

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»

*Национальная конференция с международным участием*  
**Международная научно-техническая  
конференция молодых ученых  
БГТУ им. В.Г. Шухова,  
посвященная 300-летию Российской академии наук**



*Сборник докладов*

*Часть 6*

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

Белгород  
18- 20 мая 2022 г.

УДК 005.745

ББК 72.5

М 43

М 43

**Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук: эл. сборник докладов [Электронный ресурс]: Белгород: БГТУ, 2022. – Ч. 6. – 408 с.**

ISBN 978-5-361-01020-2

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения Национальной конференции с международным участием «Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова», посвященная 300-летию Российской академии наук.

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами эффективных конструкций, материалов и организационно-технологических решений для строительства и жилищно-коммунального хозяйства, а также в учебном процессе университета.

УДК 005.745

ББК 72.5

**ISBN 978-5-361-01020-2**

©Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2022

## Оглавление

Агапов А.А.

МЕТОД УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ  
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ УГЛЕВОЛОКНОМ..... 13

Алехина А.А., Мазитова Л.Ф.

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ УСИЛЕНИЯ  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ..... 17

Амелин П.А.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ТЕЧЕНИЕ КОРРОЗИИ АРМАТУРЫ  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ  
ХЛОРИДНОЙ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ ..... 22

Анисько А.Р.

КОМПЛЕКСНОЕ БЛАГОУСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИИ НА  
ПРИМЕРЕ ОТДЕЛЬНОГО МИКРОРАЙОНА ..... 28

Аноприенко Д.С., Рафаелян А.В.

ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ,  
АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИТНОЙ И МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ  
АРМАТУРОЙ ..... 33

Асеев И.И., Нежурин В.В.

ДВУХСЛОЙНАЯ ПЛИТА ПОЛА НА ВИНКЛЕРОВСКОМ  
ОСНОВАНИИ ..... 36

Афанасьев А.А., Иванникова С.А.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА И ОЦЕНКА  
КОНСТРУКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ  
ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ..... 39

Балунский С.И.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО АНКЕРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ДЛЯ  
МОДУЛЬНОГО СВЕТОПРОЗРАЧНОГО ФАСАДА ..... 44

Бессонов А.Ю.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПАССИВНЫХ ДОМОВ .....	48
Богдан И.А., Богдан Д.Е.	
МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ КОРРОЗИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ .....	52
Богданов Д.А., Жданова К.С., Савелов И.С.	
ФОРМИРОВАНИЕ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ.....	55
Богданов Д.А., Жданова К.С., Савелов И.С.	
ОПЫТ ВЕЛИКОБРИТАНИИ И РОССИИ В ФОРМИРОВАНИИ БЕЗБАРЬЕРНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ .....	59
Бондаренко А.А.	
ПОВРЕЖДЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР.....	63
Борисов И.С.	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАРКАСНО-ОБШИВНОЙ СТЕНЫ И СТЕНЫ ИЗ ГАЗОБЕТОНА ПО ПАРАМЕТРУ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ .....	66
Бурякова Н.С., Попова Г.Н.	
ОБЪЕМНО-БЛОЧНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО: ОСОБЕННОСТИ, ПРЕИМУЩЕСТВА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ .....	70
Ватаман В.Ю.	
ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С АНТИСТАТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДИАНОВОЙ СМОЛЫ .....	77
Ватаман В.Ю.	
ОСНОВНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ .....	81
Гетманов С.Н.	

ТЕХНОЛОГИЯ И СПОСОБЫ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ .....	84
Гиренко М.Ю., Кудрявых А.Д.	
ДЕРЕВО В ИНТЕРЬЕРЕ ДОМА.....	87
Глабец П.А., Тарасов М.В.	
ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА И АРМАТУРЫ .....	91
Глабец П.А., Тарасов М.В.	
АРМИРОВАНИЕ СТЕН И ПЕРЕГОРОДОК ИЗ ПЕНОБЕТОННЫХ БЛОКОВ.....	94
Глабец П.А., Тарасов М.В.	
РАЗВИТИЕ ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В СРЕДНЕЭТАЖНОЙ МИКРОРАЙОННОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ .....	97
Глушко А.А.	
ФАКТОРЫ РАБОТЫ СТЕНКИ ДВУТАВРА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ПРИЛОЖЕНИЯ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ НАГРУЗКИ .....	101
Еремин В.О., Силаков А.П.	
ФУНДАМЕНТЫ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ НА ИСКУССТВЕННОМ ОСНОВАНИИ .....	104
Ерохина Е.Ю., Пухов И.Е.	
ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ФУНДАМЕНТОВ УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	109
Ерохина Е.Ю., Пухов И.Е.	
ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ НА ОСОБЫХ ГРУНТАХ И В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.....	114
Жданова К.С., Богданов Д.А., Савелов И.С.	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ .....	119

Зиятдинова А.Н., Троицкий Н.С.	
РЕНОВАЦИЯ КАК СПОСОБ ВОВЛЕЧЕНИЯ ГРАЖДАН В ПРОЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ .....	124
Ильченко М.Е., Горбатовская А.Н.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОЖДЕВОЙ ВОДЫ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....	128
Истомова А.А.	
ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ИХ ИЗМЕНЕНИЕ .....	132
Кайдалова А.А., Сухорученков Д.О.	
МЕТОДЫ БОРЬБЫ СО СЛОЖНЫМИ ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ФУНДАМЕНТОВ.....	137
Калаев В.П., Ирисов В.С.	
ПЛЮСЫ И МИНУСЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ ПО КАРКАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ .....	141
Кладиева П.В., Давиденко М.В.	
НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЛЕНТОЧНОГО АРМИРОВАНИЯ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БАЛОК .....	148
Колесников Е.А.	
ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА В РОССИЙСКОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКЕ .....	154
Колчев Д.В., Линец В.В.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРОЙ И СВОЙСТВАМИ ПОРОСТЕКЛОКЕРАМИКИ, ПОЛУЧЕННОЙ В СИСТЕМЕ МАТЕРИАЛОВ «СТЕКЛОБОЙ- ДИАТОМИТ-КЕРАМОГРАНИТ» .....	159
Кондакова А.В.	

ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ С ДОБАВЛЕНИЕМ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ	166
Коновалов К.Э.	
ПРИМЕНЕНИЕ СОСНОВОЙ КОРЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	170
Кочерженко А.А.	
ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ .....	173
Кроха П.А.	
УСТРОЙСТВО ПЕРЕКРЫТИЙ В ВЫСОТНОМ ЗДАНИИ.....	178
Лазарев И.В., Анфалова Е.Б.	
ТЕХНОГЕННЫЕ КАТАСТРОФЫ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ .....	183
Лазаренко Д.Ю.	
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ СОКРАЩЕНИЯ СРОКОВ ВОЗВЕДЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА .....	188
Лазаренко Д.Ю.	
О СПОСОБАХ УСКОРЕНИЯ ПРОЦЕССА ТВЕРДЕНИЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ .....	192
Ларских Е.Л., Борисова Е.А.	
ПРИМЕРЫ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	196
Левицкая К.М., Кожухова Н.И.	
НЕОБХОДИМОСТЬ И ПОДХОДЫ К ПЕРЕРАБОТКЕ ГИПСОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ .....	200
Лобачев Ю.А., Баженова О.О.	
УСТРОЙСТВО ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА ИЗ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО БЕТОНА .....	205

Лобачев Ю.А., Баженова О.О.	
ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА .....	208
Локтев А.М., Есипов С.М.	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРЯДНО-ИМПУЛЬСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	213
Ляпина М.А.	
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ БЕЗБАЛОЧНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ .....	217
Ляпина М.А.	
РАЗЛИЧИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ БЕЗБАЛОЧНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ПО РОССИЙСКИМ И ЕВРОПЕЙСКИМ НОРМАМ.....	222
Макеев Д.П.	
ПОЛУЧЕНИЕ БЕЗОБЖИГОВОГО ВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ .....	229
Мещеряков В.М.	
АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И СТЕПЕНЬ ИССЛЕДОВАННОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ БЕТОНА С ДОБАВЛЕНИЕМ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ .....	233
Мирошников Д.А.	
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ИХ ВОЗВЕДЕНИЕ ....	241
Найденов С.Л.	
ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ МАССОВОЙ ЗАСТРОЙКИ .....	248
Новиков С.В.	
ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕРНИЗАЦИИ СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	255
Новиков С.В.	



АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ И ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЮ И РЕКОНСТРУКЦИЮ СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	260
Оспищев Д.В., Богачева М.А. ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ОПОР ПУТЕПРОВОДОВ И МОСТОВ.....	265
Павлова П.О., Завадько М.Ю. АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	270
Позднякова К.А. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КЕССОННОГО ПЕРЕКРЫТИЯ В ВЫСОТНОМ ЗДАНИИ .....	273
Размерица И.С. МЕТОДЫ МОДИФИКАЦИИ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ .....	276
Ракова А.В. УСИЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	282
Ракова А.В. НЕОБХОДИМОСТЬ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ И ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ....	285
Рафаелян А.В., Аноприенко Д.С. РЕГУЛИРОВАНИЕ УСИЛИЙ В РАМЕ В СВЯЗИ С РЕКОНСТРУКЦИЕЙ ЦЕХА .....	289
Рафаелян А.В., Аноприенко Д.С. АНАЛИЗ МИРОВОГО РЫНКА КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ	293
Рекунов Н.О. ОБЗОР ВИСЯЧИХ ПОКРЫТИЙ И МЕТОД МОНТАЖА .....	297
Рубанова Э.А., Багаутдинов Р.И. ВЛИЯНИЕ ПОДАТЛИВОСТИ ПЛАТФОРМЕННОГО СОЕДИНЕНИЯ ТИПА КЭ-55 НА НДС КОНСТРУКЦИИ .....	301

Рыжих Д.А., Рыжих В.Д., Пушкарская Д.В.	
ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АГРАРНЫХ ОТХОДОВ .....	307
Рябчевский И.С., Ксаби Т.А.	
ПРОИЗВОДСТВО СУХИХ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ....	310
Рябчевский И.С., Чесноков И.А.	
НОРМАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ .....	316
Сафонов М.С., Саранчук И.А., Рязанцев В.Г.	
МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СВЕРХТОНКОМУ ИЗМЕЛЬЧЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ В РЕАКТОРЕ РОТОРНО-ВИХРЕВОГО ТИПА .....	322
Семенихина М.И.	
ЗАВИСИМОСТЬ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОТ ГЕОМЕТРИИ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ В МОНОЛИТНОМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОМ КАРКАСЕ .....	327
Сенкевич А.Д., Рыженков Е.Н.	
ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ НА ДЕЙСТВИЕ ЛОКАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ .....	331
Сериков П.В., Богачева М.А.	
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	335
Сериков П.В.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЕРАМЗИТНЫХ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	339
Сиделин В.Э., Юрченко Э.В.	
ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ЗОЛОТОГО СЕЧЕНИЯ.....	343
В АРХИТЕКТУРЕ.....	343
Скрынникова В.А.	

УСИЛЕНИЕ КИРПИЧНОЙ КОЛОННЫ .....	347
Степанова С.П.	
ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ФУНДАМЕНТОВ ПОД ОТДЕЛЬНУЮ КОЛОННУ .....	350
Сущенко Н.А.	
ПОЛУЧЕНИЕ И ФОРМОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ НА ОСНОВЕ КОМПОНЕНТНОГО ПОРОШКОВОГО ПОЛИЭФИРНОГО СОСТАВА.....	354
Тарасов М.В., Глабец П.А.	
ЖЕЛЕЗОБЕТОН В УСЛОВИЯХ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ.....	358
Тарасов М.В., Глабец П.А.	
ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ СОГЛАСНО МАЛОЭТАЖНОЙ МОДЕЛИ.....	362
Таренко Д.С.	
АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ ДЕФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ .....	366
Таренко Д.С.	
ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОГИБОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ МАТЕРИАЛОВ.....	369
Тирон О.В.	
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЫЛЕВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ ПРИ СВЕРЛЕНИИ И ВЛИЯНИЕ ПРОФИЛИРОВАНИЯ НА ПЫЛЕУНОС. ....	373
Ткачев Д.В., Тарасов М.В.	
УСИЛЕНИЕ КАМЕННЫХ ФУНДАМЕНТОВ БЕТОННЫМИ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ ОБОЙМАМИ .....	377

Умахди Х.	
ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ИНВЕСТИЦИИ В РЕКОНСТРУКЦИЮ МЕДИНЫ В МАРОККО.....	380
Фокин Д.С.	
МЕХАНИЗМЫ РАЗРУШЕНИЯ СТАЛЬНЫХ БАЛОК ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЛОКАЛЬНЫХ НАГРУЗОК.....	382
Цикунов Д.А., Овсянников В.А., Еньшина Е.В.	
ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕКРЕСТНО-КЛЕЕНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЕРЕВЯННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ФЕРМ.....	386
Черских Д.Ю., Ерохина Е.Ю.	
ОСОБЕННОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ .....	389
Чуриков А.С., Свинцова Т.В., Охрименко С.А.	
СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ БИОКОРРОЗИИ .....	393
Шевченко И.Н.	
ТЕХНОЛОГИЯ ИСПРАВЛЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ КРЕНА ЗДАНИЯ МЕТОДОМ ОПУСКАНИЯ .....	397
Эприкян В.Г.	
СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ МАНСАРДНОГО ЭТАЖА .....	400
Эприкян В.Г.	
К ВОПРОСУ О РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИИ В СФЕРЕ ЖКХ .....	404

*Агапов А.А.*

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

## **МЕТОД УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ УГЛЕВОЛОКНОМ**

Усиление конструкций зданий и сооружений - одна из самых необходимых задач в строительстве. При этом оно может потребоваться как для эксплуатируемых сооружений (по причине естественного износа), так и для только что построенных. Самыми частыми причинами для усиления конструкций являются реконструкция и перепланировка зданий, ошибки проектирования, нарушения технологии строительства, снижение фактической прочности бетона, разрушение бетона, вызванное пожаром, повышение несущих нагрузок, усадочные и силовые трещины, ранняя распалубка [2].

Усиление предусматривает увеличение прочностных характеристик строительных конструкций. Если не сделать это в нужное время, здание или сооружение имеет риск разрушиться, что приведет в лучшем случае к материальным затратам, а в худшем – к человеческим жертвам.

Существует несколько методов усиления конструкций, которые условно можно разделить на традиционные, инновационные и комбинированные.

Наиболее подходящий способ определяют исходя из результатов экспертизы объекта. Одним из самых передовых и популярных в строительстве методов является усиление конструкций углеволокном. Его сущность состоит в наклеивании на поверхность конструкции, которую следует усилить, высокопрочного углеволокна, принимающего на себя часть нагрузки и повышающего несущую способность элемента. Углеволокно представлено в виде холстов и лент. В качестве клея используются специальные конструкционные адгезивы (связующее) на основе эпоксидных смол или минерального вяжущего. Благодаря такому методу можно повысить несущую способность конструкции до 200 % от начальной без потери полезного объема помещений и увеличения собственного веса здания, так как углеволокна толщиной обычно составляют от 1 до 5 мм.

Усиление конструкций углеволокном применяется как при проектировании и строительстве зданий и сооружений, так и при их

реконструкции. В первом случае оно применяется для увеличения сейсмостойкости, прочности и надежности возводимых конструкций, во втором - для усиления конструкций при увеличении на них нагрузки, при устранении последствий от разрушения бетонных конструкций, коррозионного разрушения арматуры в результате длительного воздействия природных факторов и агрессивных сред или для обеспечения их работоспособного состояния. Углеволокно применяют для усиления как изгибаемых конструкций (ригелей, балок, плит перекрытий) в растянутой зоне и на опорных участках в зоне действия поперечных сил, так и сжатых элементов (колонн, пилонов) [6]. На (рисунках 1 и 2) показано усиление балок с применением углеволокна.



Рис. 1. Применение углепластика для устранения деформации (трещина на балке в связи с истечением срока эксплуатации) на объекте Москва Сити - Башня Федерации



Рис. 2. Усиление балок с применением углеволокна

Усиление углеволокном можно рекомендовать в случае заниженного сечения арматуры в результате неправильных расчётов или ошибки проектировщиков, снижения прочности бетона или его разрушении, изменения конструктивной или расчётной схемы здания, изменения условий эксплуатации, величины, характера и расположения нагрузок, перепланировки здания, восстановления или разрушения

конструкций. На рисунке 3 показано усиление колонн с применением углепластика.



Рис. 3. Устранение коррозионности и мелких трещин в колонне в здании жилого дома в городе Москва

На рисунке 4 показано усиление перекрытий углеволокном.

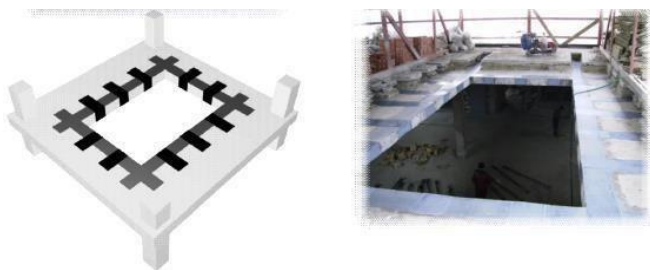


Рис. 4. Усиление отверстий с использованием углеволокна

Порядок производства работ по усилению конструкций состоит в следующем. В первую очередь происходит подготовка лент, осуществляется раскрой холстов согласно проектным решениям. Затем подготавливают связующее, смешивают компонентов клея в определенном соотношении по массе. Наносят первый слой связующего на подготовленную поверхность и затем монтируют усиливающие ленты, прикатывая их валиком, устраняя зоны непропитки и удаляя излишки связующего. Далее наносят покрывающий слой с присыпкой кварцевым песком мелкой фракции для обеспечения адгезии. И на последнем этапе наносят защитное покрытие полимерцементным составом, и выполняется дальнейшая отделка поверх усиления.

К преимуществам применения углеволокна для усиления конструкций можно отнести низкий удельный вес, низкий

коэффициент температурного расширения, химическая стойкость и высокая сила натяжения. Такой способ по сравнению с применением бетона или металла имеет низкую трудоемкость работ, так как он монтируется при помощи специального монтажного клея, который высыхает менее, чем за 6 часов, и так как нет необходимости в сварочных работах, резке металла, в бетонных работах и перерыве в 28 суток для набора прочности, возможность сохранения первоначального вида конструкции без увеличения сечения и дополнительных отверстий 3 мм углеволокна сопоставимы с 500 мм железобетона, совместную работу элементов внешнего и внутреннего армирования. Использование углеволокна обеспечивает совместную работу элементов внешнего армирования и несущей конструкции.

Усиление конструкций углеволокном является одним из самых современных методов. Результатом его использования является повышение прочностных характеристик конструкции, в том числе при чрезвычайных нагрузках, увеличение срока эксплуатации и надежности здания без применения тяжелых армирующих конструкций, металлических и железобетонных бандажей и обойм, что делает его применение одним из наиболее практичных и популярных способов усиления конструкций.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. СП 164.1325800.2014 Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования. М.: 2014.
2. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. М.: 2003.
3. Бондаренко В.М. Примеры расчета железобетонных и каменных конструкций учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Промышленное и гражданское строительство» направления подготовки дипломированных специалистов «Строительство». М.: 2007. (2-е изд., доп.)
4. Бондаренко В.М., Римшин В.И. Усиление железобетонных конструкций при коррозионных повреждениях. М.: 2009. 234 с.
5. Римшин В.И., Меркулов С. И. Элементы теории развития бетонных конструкций с неметаллической композитной арматурой. Промышленное и гражданское строительство. М.: 2015. № 5. С. 38-42.
6. Римшин В.И., Бикбов Р.Х., Кустикова Ю.О. Некоторые элементы усиления строительных конструкций композиционными



материалами. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2005. № 10. С. 381.

7. Чернявский В.Л., Хаютин Ю.Г., Клевцов В.А. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами. М.: ООО «Интераква», 2007.

8. Фролов Н.В., Полоз М.А., Ноурузи М.Ш. Анализ применения полимеркомпозитной арматуры в армобетонных конструкциях // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. №3. С. 45–50.

9. Кустикова Ю.О., Римшин В.И., Шубин Л.И. Практические рекомендации и техникоэкономическое обоснование применения композитной арматуры в железобетонных конструкциях зданий и сооружений. Жилищное строительство. 2014. № 7. С. 14-18.

10. Кустикова Ю.О., Римшин В.И. Напряженно-деформированное состояние базальтопластиковой арматуры в железобетонных конструкциях. Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 6. С. 6-9.

11. Есипов С.М. Усиление изгибаемых железобетонных элементов внешним композитным армированием с учетом условий эксплуатации: дис. канд. техн. наук. Белгород : 2020.

12. Римшин В.И., Кустикова Ю.О. Феноменологические исследования величины сцепления базальтопластиковой арматуры с бетоном. Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2011. № 1. С. 27-31.

13. Римшин В.И. Критические технологии в строительстве. Вестник Отделения строительных наук Российской академии архитектуры и строительных наук. 1998. № 4. С. 16-18.

**УДК 69.059.324.3**

*Алехина А.А., Мазитова Л.Ф.*

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

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

## **ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Как известно, строительство зданий и сооружений довольно сложный процесс. Прежде чем получить конструкцию, введенную в эксплуатацию, необходимо решить множество непростых задач. Важно,

чтобы все элементы здания или сооружения смогли выдержать нагрузки и воздействия на них на протяжении всего установленного периода службы здания. Несмотря на то, что примерный срок эксплуатации сооружения высчитывается еще на этапе постройки, в некоторых случаях может потребоваться усиление конструкций.

На сегодняшний день уже известно много способов усиления. В данной статье будут рассмотрены инновационные методы усиления железобетонных конструкций. Такими считаются: метод инъектирования, метод усиления объекта преднапряженными канатами и применение композитных средств (углепластика).

Если в несущих элементах здания или сооружения имеются пустоты и трещины, то усиление конструкций проводится методом инъектирования. Такая технология выполняется посредством внедрения раствора в пустотные места конструкций, которые «склеивают» поврежденные части строительного объекта. При проведении инъектирования фундамента организуются работы по укреплению грунта. Такой способ дает возможность не только усилить конструкцию и продлить ей срок жизни, но также создать эффективную гидроизоляцию. Необходимый тип инъекционного материала подбирается исходя из цели работ и условий, в которых будет эксплуатироваться. Материалы для инъекционной заделки трещин и устранения дефектов конструкций должны отвечать таким требованиям, как: низкие вяжущие свойства, высокая адгезия, хорошее проникновение, стойкость к коррозии, минимальные усадочные свойства после затвердения, длительный срок эксплуатации [1-3].

Достоинства данной технологии: независимость от природных условий и факторов, увеличение влаготталкивающих и несущих свойств зданий и сооружений, увеличение срока эксплуатации составов, высокие показатели эффективности. Недостатки: высокая стоимость используемых материалов и оплата услуг профессиональной бригады мастеров.

На (рисунке 1) приведены этапы выполнения работ инъектирования бетона.



Рис. 1 Этапы выполнения работ инъектирования бетона: подготовка рабочей бетонной поверхности, установка пакеров, инъектирование бетона

Второй метод усиления – метод предварительно напряженных канатов, суть которого заключается в использовании предварительно напряженных элементов, знак напряжения в которых противоположен знаку от эксплуатируемой нагрузки. При таком способе усиления железобетонных конструкций канаты располагают по его поверхности или в штрабах, которые после натяжения, как правило, дополнительно армируются и заделываются бетоном класса не ниже В15. Концы канатов фиксируются стальными цапгами, прошедшими испытания. Такой метод чаще всего используется в процессе усиления монолитных конструкций [4].

Преимущества такой технологии: увеличение трещиностойкости железобетона, уменьшение раскрытия трещин, повышение прочности конструкций, малогабаритность, легковесность и экономичность.

На (рисунке 2) приведен пример усиления железобетонных балок предварительно напряженными тязами.



Рис. 2 Усиления железобетонных балок предварительно напряженными тжжами

Метод усиления железобетонных объектов посредством композитных материалов подходит в случаях, когда следует значительно увеличить несущую способность различных элементов сооружения. Процесс усиления предусматривает использование углеволокна, которое тонкими пластинами наклеивается на усиливаемую поверхность. Следует учитывать, что толщина материала должна быть неизменной. Перед началом работ специалисты изучают текущее состояние здания или сооружения и факторы, которые влияют на износ, а также проводят анализ конфигураций, температурного воздействия при эксплуатации, факторов разницы между горючестью волокна и связующего элемента (эпоксидной смолы) [5]. Посредством зачищения от пыли и ржавчины подготавливают поверхность. По завершении углеволокно покрывают огнеупорным составом. На рынке углеволокно представлено в трех видах: углеродные ленты, углеродные ламели, углеродные сетки.

Достоинства технологии: оперативный и надежный способ армирования, большой срок эксплуатации, сокращение временных и трудовых затрат, надежность, безопасность, а также сохранение архитектурно-эстетического вида сооружения [6-7].

На (рисунке 3) изображен пример усиления конструкций здания углепластиком.



Рис. 3 Усиление конструкций здания углепластиком

По итогам выше сказанного можно сделать следующий вывод. На сегодняшний день разработано и апробировано большое количество способов усиления железобетонных конструкций. В последнее время популярность приобрели инновационные технологии. Каждая из них по-своему уникальна, обладает достоинствами и недостатками. Со временем любая железобетонная здания или сооружения может потерять свою несущую способность, поэтому необходимо изучать новые и совершенствовать старые методы усиления железобетонных конструкций.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пириев Ю.С. Технические вопросы реконструкции и усиления зданий. / Белгород: Из-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013. 89 с.
2. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения: СП 63.13330.2012 / Технический комитет по стандартизации ТК 465 «Строительство»; Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации; Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва: ФАУ «ФЦС», 2015. 168 с.
3. Маяцкая, И. А. Вопросы оптимальности при усилении строительных конструкций полимерными композиционными материалами / И. А. Маяцкая, А. Е. Федченко, Д. Б. Демченко // Строительство и архитектура — 2017: мат-лы науч.-практ. конф. — Ростов-на-Дону: Изд-во ДГТУ, 2017. 295 с.

4. Современные технологии в условиях реконструкции и геотехнического строительства /сост. Г.С. Молотков: КубГАУ, 2019. 283 с.

5. СП 164.1325800.2014. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Издание официальное. Москва: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2015. 52 с.

6. Н.В. Параничева, Т.В. Назмеева. Усиление строительных конструкций с помощью углеродных композиционных материалов. Екатеринбург, 2010. 297 с.

7. И.Г. Овчинников, Ш.Н. Валиев, И.И. Овчинников, В.С. Зиновьев, А.Д. Умиров. Вопросы усиления железобетонных конструкций композитами: Экспериментальные исследования особенностей усиления композитами изгибаемых железобетонных конструкций. Екатеринбург: Феникс, 2012. 89 с.

**УДК 69.07**

**Амелин П.А.**

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

*Белгородский государственный технологический университет*

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

## **ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ТЕЧЕНИЕ КОРРОЗИИ АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ХЛОРИДНОЙ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ**

Коррозионные повреждения стальной арматуры являются одной из главных причин снижения несущей способности железобетонных элементов. Развитие коррозии арматуры вызывают повреждения, вследствие которых уменьшается площадь поперечного сечения арматуры, изменяются свойства арматурной стали, ослабляется взаимодействие между арматурой и бетоном из-за снижения сцепления, образуются трещины, приводящие к отслоению защитного слоя бетона [1, 2]. Процесс коррозии арматуры чаще всего происходит в результате химического или электрохимического взаимодействия.

Особенно большую опасность представляет собой совместное воздействие на железобетон тока и хлоридной среды. Анализ результатов натурных обследований [3, 4] показал, что под воздействием хлоридов находятся конструкции морских сооружений, мостов и паркингов, в которых используются антиобледенители на основе каменной соли, станций обеззараживания, резервуаров, а также

химических предприятий, производящих хлор и изделия на его основе. Некоторое количество хлоридов вводится в состав бетона для ускорения твердения при зимнем бетонировании.

Согласно отечественных норм максимальное допустимое содержание водорастворимых хлоридов в бетоне для железобетонных конструкций с ненапрягаемой арматурой составляет 0,4 % от массы цемента. Однако нормы на содержание хлоридов в исходных материалах составляют до 0,1 % массы цемента, 0,15 % для песка, 0,1 % для щебня и гравия, 0,12 % для воды. При сложении общего количества содержания хлорида в бетоне его концентрация превышает предельно допустимые нормативными значениями, что может вызвать протекание коррозионных процессов в арматуре [5].

В работе [6] развитие электрической коррозии стальной арматуры железобетонных конструкций в химически неагрессивных внешних средах (под воздействием блуждающих токов) описано следующим образом:

– процесс анодной поляризации до потенциалов 0,6-0,8 В по отношению к нормальному водородному электроду на поверхности стали при общем сохранении пассивности и в динамическом равновесии характерен протеканием процессов образования пассивных гидроокисных пленок с подкислением поровой жидкости бетона, разрушение пассивных пленок при уменьшении рН ниже порога устойчивости гидроокисей железа, растворение железа на этих участках, восстановление щелочности за счет поступления ионов  $\text{OH}^-$  из глубины бетона, восстановление пассивности.

Электрический ток расходуется на процессы образования пассивных гидроксидных пленок и растворения железа, однако, анодная поляризация края на этом участке имеет небольшой наклон, что характеризует высокие защитные свойства пассивных пленок.

– при величине потенциалов 0,6-0,8 В начинает протекать реакция разряда ионов гидроксила с выделением кислорода, что находит отражение в изменении хода поляризационной кривой. Следствием этой реакции является резкое снижение рН поровой жидкости, которое уже не компенсируется поступлениями из толщи бетона. Снижение рН приводит к разрушению пассивных пленок и интенсивному растворению железа с последующим образованием ржавчины (рисунок 1);

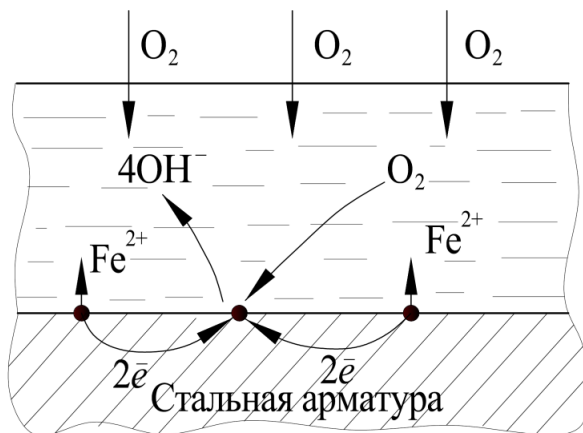


Рис. 1. Электрический механизм коррозии металла

– при достижении предельного тока  $I_{пр}$  по ионам  $OH^-$ , величина которого оценивается в несколько мкА, рост общего тока  $I_a$  происходит за счет растворения железа. Указанный характер процессов с резкой интенсификацией растворения только при  $I_a > I_{пр}$  определяют возможность нормирования безопасных потенциалов и плотностей тока. Согласно СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии» значения потенциалов «арматура-бетон» свыше 0,5 В по отношению к медно-сульфатному электроду (МСЭ) или 0,8 В являются опасности электрокоррозии стальной арматуры железобетонных конструкций в неагрессивных внешних средах.

При одновременном воздействии на железобетонные конструкции электрического тока анодного направления и хлоридных сред развитие электрокоррозии стальной арматуры происходит по иному механизму.

Для хлоридной коррозии стальной арматуры характерно два периода:

- проникновение хлорид-ионов через защитный слой бетона и накопление их у поверхности до опасной концентрации;
- развитие коррозии, электрический ток оказывает влияние на оба периода.

В электрическом поле проникновение отрицательно заряженных хлорид-ионов к арматуре, являющейся анодом, ускоряется, так как перенос в этом случае осуществляется как за счет диффузии, так и за счет миграции.



В работе С.Н. Алексеева и др. [7] перенос электрического тока в бетоне при воздействии внешних хлоридных сред осуществляется ионами  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ , при этом ионы  $\text{OH}^-$  и  $\text{H}^+$  обладают аномально высокой подвижностью по сравнению с другими ионами.

Экспериментальные данные, представленные в работе [6] по определению глубины проникновения хлорид-ионов в армированные образцы с защитным слоем бетона равным 21 мм показали, что глубина проникновения среды вглубь бетона с воздействием тока 0,2-0,6  $\text{mA}/\text{dm}^2$  составляла 3-6 мм, под воздействием тока плотностью 1  $\text{mA}/\text{dm}^2$  и 5  $\text{mA}/\text{dm}^2$  диффузия хлорид-ионов достигла глубины 10 мм и 21 мм соответственно.

На основании экспериментальных данных учеными были выведены эмпирические формулы для расчета плотности коррозионного тока при электрохимической коррозии стальной арматуры (таблица 1).

Таблица 1

№ п/п	Формула	Литературный источник, автор
1	$i_{cor} = \frac{E_c - E_a}{A_s(R + P_c + P_a)}$	[8], Н.Д. Томашов
2	$i_{cor} = \frac{E_{cor}}{R_p} = \frac{\delta_s}{0,0116t}$	[9], С. Andrade
3	$i_{cor} = \frac{27(1 - B / \Omega)^{-1,64}}{a_s} \alpha (t - T_i)^\beta$	[10], М. Stewart
4	$i_{cor} = i_0 e^{-Ct}$	[11], Н. Yalcyn
5	$i_{cor} = \frac{\delta_s \gamma_s ZF}{At}$	[12], Р. Mangat

где  $E_c$ ,  $P_c$ ,  $E_a$ ,  $P_a$  – соответственно потенциал и поляризуемость катода и анода;

$R$ ,  $R_p$  – электролитическое и поляризационное сопротивление бетона;

$t$ ,  $T_i$  – время коррозии и время иницирования коррозии;

$A_s$ ,  $\delta_s$ ,  $a_s$ ,  $\gamma_s$  – соответственно площадь поперечного сечения и глубина коррозионных повреждений стальной арматуры, величина защитного слоя бетона, объемная плотность стали;

$i_0$  – плотность коррозионного тока в начале наблюдения;

$Z$ ,  $A$  – валентность и атомный вес железа;

$F$  – константа Фарадея;  
 $\alpha, \beta, C$  – коэффициенты.

Влияние электрического анодного тока на период развития коррозии стали после проникновения хлорид-ионов через слой бетона определяется следующими положениями. Активирующее действие хлорид-ионов при коррозии стали в бетоне так же, как и при коррозии в водных растворах электролитов определяется полным или частичным вытеснением с металлической поверхности пассивирующего кислорода и образованием слабо связанных с решеткой промежуточных комплексов, в результате чего металл приобретает способность хлорид-ионов и соответственно, их активирующее действие возрастает при анодной поляризации по мере сдвига потенциала металлической поверхности в положительную сторону.

Исследования коррозионного испытания армированных бетонных образцов в средах с различным содержанием хлорид-ионов, проведенные в НИИЖБ [6], показали, что при содержании в указанных средах хлорид-ионов 0,5-1 г/л и более наблюдалось значительное увеличение (до 10 раз) скорости коррозии стали и сокращение времени до образования под действием ржавчины трещин в защитном слое бетона.

Величина поляризационного тока, а также плотность тока, которая рассчитана на полную поверхность стали, контактирующую с бетоном, увеличивается при прочих равных условиях с увеличением пористости бетона и, соответственно, истинной площади контакта стали с жидкой фазой. На начальных стадиях поляризации, когда контактная зона еще не нарушена под давлением образующейся ржавчины, прослеживается пропорциональность между поляризационным током и величиной  $\sqrt[3]{\Pi^2}$ , где  $\Pi$  – сквозная пористость бетона.

Катодная защита железобетонных конструкций при протекании электрохимической коррозии возможна в двух вариантах:

– если ее при возведении сооружения пассивность арматуры не нарушена, то достаточным будет смещение ее потенциала до значений 0,8 В, а именно области устойчивой пассивности;

– если к моменту включения катодной защиты пассивное состояние арматуры нарушено в анодных зонах под действием внешнего тока, и она подвергается коррозии, необходимо сместить потенциалы арматуры и катодную область до значения 0.79 В.

Комбинация воздействия на железобетонный элемент хлоридной агрессивной среды и электрического тока является опасным случаем коррозии, который может привести к снижению несущей способности.

Хлоридная коррозия стальной арматуры происходит благодаря проникновению хлорид-ионов через защитный слой бетона и накопление их у поверхности до опасной концентрации, глубина и скорость которого увеличивается под воздействием электрических токов.

Глубина проникновения хлоридной среды вглубь бетона с воздействием тока  $0,2-0,6 \text{ мА/дм}^2$  составляет 3-6 мм, под воздействием тока плотностью  $1 \text{ мА/дм}^2$  и  $5 \text{ мА/дм}^2$  диффузия хлорид-ионов достигает глубины 10 мм и 21 мм соответственно. Величина поляризационного тока увеличивается с увеличением пористости бетона и истинной площади контакта стали с жидкой фазой.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мигунов В.Н. Экспериментально-теоретическое моделирование армированных конструкций в условиях коррозии: моногр. / В.Н. Мигунов, И.И. Овчинников, И.Г. Овчинников. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 352 с.

2. Ищук, Я. Л. Условия протекания коррозии стальной арматуры в изгибаемых железобетонных элементах / Я. Л. Ищук, Н. В. Фролов, М. А. Павлюченко // Международный студенческий строительный форум - 2018 (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова) : Сборник докладов. В 2-х томах, Белгород, 26 ноября 2018 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. С. 69-74.

3. Овчинников И.Г. Работоспособность сталежелезобетонных элементов конструкций в условиях воздействия хлоридсодержащих сред / И. Г. Овчинников, В. В. Раткин, Р. Б. Гарибов. - Саратов: Изд-во Саратов. унта, 2002. 156 с.

4. Смоляго, Г. А. Моделирование величины коррозионных повреждений арматуры железобетонных конструкций в условиях хлоридной агрессивной среды / Г. А. Смоляго, А. В. Дронов, Н. В. Фролов // Известия Юго-Западного государственного университета. 2017. № 1(70). С. 43-49. DOI 10.21869/2223-1560-2017-21-1-43-49.

5. Розенталь, Н.К. Бетоны высокой коррозионной стойкости и нормирование их характеристик / Н. К. Розенталь, В. Ф. Степанова, Г. В. Чехний // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2017. № 3-4(218-219). С. 14-19.

6. Кравченко Т.Г. Электрокоррозия стальной арматуры железобетонных конструкций в хлоридных средах // Коррозионная

стойкость бетона, арматуры и железобетона в агрессивных средах: сб. науч. тр. – Москва : НИЖБ Госстроя СССР, 1988. 129 с.

7. Алексеев С.Н., Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость железобетонных конструкций в агрессивной промышленной среде. Москва: Стройиздат. 1976. 205 с.

8. Томашов Н.Д. Теория коррозии и защиты металлов / Н.Д. Томашов. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. 592 с.

9. Andrade C., Alonso C. Test methods for on-site corrosion rate measurement of steel reinforcement in concrete by means of the polarization resistance method // Materials and Structures. 2004. V. 37. P. 623-643.

10. Stewart M. Reliability safety assessment of corroding reinforced concrete structures based on visual inspection information // ACI Structural Journal. 2010. V. 107. P. 671-679.

11. Yalcyn H., Ergun M. The prediction of corrosion rates of reinforcing steels in concrete // Cement and concrete research. 1996. V. 26. P. 1593-1599.

12. Mangat P., Elgarf M. Flexural strength of concrete beams with corroding reinforcement // ACI Structural Journal. 1999. V. 96(1). Pp. 149-158.

**УДК 365.46**

*Анисько А.Р.*

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

## **КОМПЛЕКСНОЕ БЛАГОУСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИИ НА ПРИМЕРЕ ОТДЕЛЬНОГО МИКРОРАЙОНА**

В нашей стране большое значение имеет совершенствование планирования и управления народным хозяйством, а также повышение научной эффективности принимаемых решений. Сейчас тему благоустройства можно считать очень актуальной, ведь в современных условиях очень важен вопрос расширения территориальных возможностей, улучшения окружающей среды и повышения качества жизни населения. Благоустройство – это комплекс мероприятий, по содержанию территории, а также проектированию и размещению объектов озеленения, предназначенных для обеспечения и повышения комфорта жизни граждан, обеспечения и эстетического состояния территории. Поэтому исследования в области городского планирования, направленные на регулирование систем расселения и

предварительное планирование систематического формирования густонаселенных районов, играют все более важную роль [1].

Градостроительная деятельность включает архитектуру, социально-экономическое планирование, инженерное проектирование, научные исследования, а также законы и нормативные акты, связанные с организацией строительного производства. В зависимости от численности населения городские районы можно разделить следующим образом:

- сверхкрупные города (более 3-х млн чел.);
- крупнейшие города (от 1 млн до 3 млн чел.);
- крупные города (численность населения колеблется от 250 000 до 1 млн. чел.);
- большие города (от 100 000 до 250 000 чел.);
- средние размера (от 50 000 до 100 000 чел.);
- малые города (до 50 000 чел.).

Несмотря на различия в городском населении города должны удовлетворять потребности своих граждан в комфортном проживании. Именно за этот вопрос отвечает благоустройство территории. Фактор благоустройства – это регулирующий фактор человеческих взаимоотношений. Психологическое и эмоциональное состояние человека зависит от того, в каком районе он живет – в заброшенном, не благоустроенном, либо в комфортном микрорайоне. Окружающая среда является совокупностью материальных, культурных и нравственных ценностей, инженерно-технологических решений, ей свойственна информативность, которая влияет на мировосприятие людей, проживающих в данной среде. Ландшафтная среда высокого уровня способствует развитию моральных качеств, которые поддерживают гармонию между людьми, а также способствует реальному оцениванию направленности реформ, ее перспективам и статусу человека в экономических изменениях. Окружающая среда не пассивно отражает систему коммуникаций в обществе, наоборот, способствует развитию новых гармоничных отношений, либо усложняет эти отношения и оказывает негативное влияние на поведение граждан. В конце концов, окружающие нас вещи оказывают весомое влияние на формирование наших взглядов, привычек и нравов. Качественно благоустроенная территория обеспечивает благоприятные условия для жизни, тем самым формируя эстетические аспекты личности и заставляет человека чувствовать себя комфортно [2-6]. Таким образом, благоустройство – это не только показатель уровня социального развития, но и комплекс различных мероприятий, состоящий из многих факторов. Поэтому в рамках концепции

благоустройства рассматриваются элементы, виды и факторы, влияющие на все процессы (рисунок 1).

На примере микрорайона «Новый-2» города Белгорода можно рассмотреть, что архитектурно-планировочное решение по застройке территории выполнено с учетом решений генерального плана, правил землепользования и застройки, а также с учетом инженерно-геологических и экологических ограничений, инженерно-геодезических изысканий. Основой планирования микрорайона является решение сохранить уникальную природу ландшафта территории. Главную застройку решено было выполнить вытянутыми волнистыми домами с переменным количеством этажей (6-10 этажей), которые плавно повторяют рельефные изгибы, органично вписываются и поднимаются на вершину природного плато. В центре композиции, расположены три усеченных 17-этажных жилых здания, которые имеют высотный акцент и, кажется, держат всю застройку [7].



Рис. 1. Элементы благоустройства

Формирование жилой среды характеризуется большим количеством жилой площади. Во общем говоря, предлагаемая структура территориального развития определяется удобной связью. Пешеходные соединения обеспечивают жителям удобный доступ к жилым зданиям, местам хранения транспортных средств и зонам общественного обслуживания. Для благоустройства дворового

пространства в зонах общественного отдыха населения и общественных центрах используются малые архитектурные формы, искусственное освещение, газоны с деревьями и кустарниками. Выбранные типы деревьев и кустарников устойчивы в этих климатических условиях, и при выборе учитываются возможности местных питомников, откуда их и берут. В местах зон отдыха размещаются детская игровая площадка, площадка для отдыха, физкультурная площадка и площадка для спортивного инвентаря. Малые архитектурные формы, такие как игровые и спортивные снаряды, скамьи также размещены на площадках [8].

С введением понятий «комфортный город» и «городская среда» благоустройство района как одной из городских общественных услуг становится практически необходимым для развития города. Это общегородское явление-тенденция. Здесь, по сравнению с советской эпохой, понятие «благоустройство» претерпело очень серьезные изменения. Реформирование этой структуры без коренного изменения смысла и принципов управления не приведет к серьезным изменениям [9].

Сегодня очень важно накапливать опыт взаимодействия с городской средой и применять их на практике для решения и предотвращения некоторых проблем. Возможности в строительной отрасли расширяются с каждым годом. Внедряются новые технологии для обеспечения дорожного и уличного движения с использованием инновационных материалов. В городском плане «Формирование современной городской территории в Белгородском районе на период с 2018 по 2024 год» одной из главных стратегических целей развития города Белгорода является создание эстетичных и комфортных жилых зон. Комфортное жилье, высокоразвитая транспортная и социальная инфраструктура, а также высокий уровень благоустройства позволяют жителям осваивать городскую среду не только функционально, но и по эстетическим критериям. Тем самым, благоустройство является не только качеством состояния территории, но и комплексом мероприятий, направленных на создания комфортных условий проживания.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Рябчевский И.С., Корякина А.А., Левшина Д.Э. Светящиеся декоративные бетоны с использованием отходов камнедробления горных пород // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 8-16.

2. Лукутцова Н.П., Постникова О.А., Пыкин А.А., Ласман И.А., Солодухина М.Ю., Бондаренко Е.А., Сулейманова Л.А. Эффективность применения нанодисперсного диоксида титана в фотокатализе // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 54-57.

3. Сулейманова Л.А., Агеева М.С., Малюкова М.В., Анучкин Я.А., Шураков И.М. Оптимизация параметров вибропрессования плит бетонных тротуарных // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 56-60.

4. Сулейманова Л.А. Декоративные элементы как способ эстетического осмысления пространства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 109-115.

5. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Погорелова И.А., Корякина А.А. Формирование пространственной среды с учетом колористики // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 62-66.

6. Сулейманова Л.А., Гридчин А.М., Малюкова М.В., Морозова Т.В. Повышение архитектурной выразительности плит бетонных тротуарных // В сборнике: Научные технологии и инновации. Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 347-353.

7. Ромашева М.Н. Особенности благоустройства территорий в условиях нового строительства и реконструкции территорий // В сборнике: Дни студенческой науки. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 2017. С. 325-328.

8. Комарова К.С., Шарапов О.Н. Комплексное благоустройство городского парка с применением систем автоматических поливов и разработка конструктивных решений малых архитектурных форм гидротехнического назначения // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 362-366.

9. Зиятдинова А.Н., Шарапов О.Н. Озеленение и благоустройство эксплуатируемых крыш // В сборнике: Образование. Наука. Производство. Материалы X Международного молодежного форума с международным участием. 2018. С. 65-68.



*Аноприенко Д.С., Рафаелян А.В.*

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

## **ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИТНОЙ И МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ АРМАТУРОЙ**

На сегодняшний день при армировании бетона в современном строительстве используются композитные стержни из углепластика, стеклопластика и т.п. Однако на данный момент повсеместно заменить металлическую арматуру на композитную не представляется возможным из-за нецелесообразности и неэффективности ее использования во всей конструкции. Для того, чтобы внедрить композитную арматуру повсеместно необходимо: разработать стандарты, регламентирующие требования к качеству арматуры, строительные нормы, регламентирующие правила расчета и конструирования композитобетонных конструкций, разработать типовые решения, которые обеспечат требуемый уровень композитобетонных конструкций, произвести стандартизацию гнутых изделий. Применять композитную арматуру надо в случае необходимости в ее свойствах: химической прочности, радиопрозрачности, некоторыми более высокими техническими характеристиками и диэлектрическими свойствами [1].

Композитная арматура – неметаллические стержни из стеклянных, базальтовых, углеродных или арамидных волокон, пропитанных термореактивным или термопластичным полимерным связующим и отвержденных. Из огромного разнообразия композитных арматур выделяют следующие:

- углепластиковая арматура (состоит из углеродных волокон);
- стеклопластиковая арматура (состоит из стеклянных волокон).

Благодаря некоторым своим физико-механическим характеристикам композитная арматура является альтернативой для замены металлической арматуры. Сравним некоторые виды арматур с металлической в (таблице 1) [2].

Таблица 1 – Сравнение металлической, углепластиковой и стеклопластиковой арматур

Технические показатели	Металлическая арматура	Стеклопластиковая арматура	Углепластиковая арматура
Прочность на растяжение, МПа	390	1000	2000...3000
Огнестойкость, °С	до 600	до 300	до 600
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	7850	2200	1600
Устойчивость к коррозии	корродирует	высокая	высокая
Теплопроводность, Вт/(м°С)	56	0,35	1,0
Упругость, ГПа	до 200	до 45	до 350

Металлическая арматура – это изготовленный из нержавеющей стали прутовидный элемент, который имеет разную форму поверхности. По ряду признаков данную арматуру можно разделить: от характера нагрузок бывает поперечной и продольной, от условий применения делится на напрягаемую и ненапрягаемую. За целые десятилетия применения в строительной отрасли металлическая арматура зарекомендовала себя как прочный, долговечный, надежный материал в строительных конструкциях. Несмотря на высокую теплопроводность, подверженность коррозионным процессам, стальные стержни обладают высокой прочностью, высоким модулем упругости, большой долговечностью в конструкции, и именно поэтому является наиболее популярной на сегодняшний день практически во всех конструкциях.

Стеклопластиковая арматура – это арматура, которая состоит из ориентированных стеклянных волокон и полимерного связующего. Данный вид арматуры имеет гораздо более низкую теплопроводность, нежели металлическая арматура. Из-за диэлектрических свойств очень часто применяется в таких зданиях и сооружениях, как больницы, аэропорты, радиолокационные станции, военные сооружения. Не подверженность коррозионному воздействию в большинстве агрессивных сред, малая плотность и сохранение своих свойств при самой различной температуре – все это является бесспорным преимуществом стеклопластиковой арматуры при использовании в строительстве [3, 4].

Углепластиковая арматура – это арматура, которая производится из переплетенных нитей углеродного волокна. Данная арматура очень часто используется в качестве дополнительного усиления конструкции. Модуль упругости арматуры из углеродных волокон близок по

значению к стальной арматуре, при этом углепластиковая арматура обладает высокой прочностью на растяжение вместе с другими положительными свойствами, что делает её одной из самых перспективных арматур в бетонных конструкциях, несмотря на дороговизну самой арматуры.

Технические характеристики арматуры – одна из важнейших проблем в строительной отрасли. Обычно использование композитной арматуры обосновывается высоким сопротивлением коррозии, долговечностью, высокой прочностью на растяжение и низкой теплопроводностью. Именно теплопроводность является важным вопросом при строительстве зданий. Благодаря этому стеклопластиковые и углепластиковые арматуры приобрели свою популярность. Во время использования данных арматур тепловой поток по внутреннему и наружному контурам снижается по сравнению с арматурами из стали, а также повышается температура стены. Именно композитные арматуры имеют гораздо меньшую теплопроводность, нежели чем металлические [5-8].

Хотя повсеместное применение таких композитных арматур и невозможно из-за ряда недостатков перед традиционной металлической арматурой, но такие положительные свойства, как: малая плотность и, как следствие, вес всей конструкции; требование малых затрат на транспортировку и монтаж; меньшая теплопроводность, долговечность и надежность – делают композитные арматуры перспективным направлением в строительной отрасли.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузеев Е.А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. – М.: Стройиздат, 1980. 536 с.

2. Каданцева, А.И., Тверской В.А. Углеродные волокна: учеб. пособие. – М.: МИТХТ им. М.В. Ломоносова, 2008. 55 с.

3. Блазнов А.Н., Волков Ю.П., Луговой А.Н., Савин В.Ф. О химической стойкости стеклопластиковой арматуры // Проектирование и строительство в Сибири. 2003. №3(15). С. 34-37.

4. Терешанцев С.А., Ярошук Е.Д. Исследование деформационных характеристик стеклопластиковой арматуры // В сборнике: VI Всероссийский фестиваль науки. Сборник докладов в 2-х томах. Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. 2016. С. 84-86.

5. Беккер А.Т., Уманский А.М. Перспективы применения композитной арматуры // Вологдинские чтения. 2012. № 80. С. 23-25.

6. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 9-16.

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

8. 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.

**УДК 691.87**

***Асеев И.И., Нежурич В.В.***

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

## **ДВУХСЛОЙНАЯ ПЛИТА ПОЛА НА ВИНКЛЕРОВСКОМ ОСНОВАНИИ**

К полам производственных зданий предъявляются специальные требования. Прежде всего необходимо сопротивление механическим воздействиям в виде динамических или статических нагрузок. Кроме того, необходимы: химическая стойкость при воздействии агрессивных сред; бесшумность, малоистираемость поверхности, обеспечивающей отсутствие пыли при работе напольного транспорта и др. Конструкция пола также должна удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям.

Конструктивными элементами пола промышленного здания являются подстилающий слой, распределяющий нагрузки на основание, прослойка и покрытие. Физическую модель определим в виде двухслойной плиты с поперечной неоднородностью на упругом основании. Поперечные связи считаем абсолютно жесткими [1,2].

В качестве модели грунта избрано винклеровское основание [3]. Вертикальные перемещения  $w$  при этом прямо пропорциональны интенсивности нагрузки  $p$ :  $p = kw$ , где  $k$  – коэффициент постели.

Как видно, применение этой модели предполагает, что грунт обладает упругими свойствами и его деформация пропорциональна нагрузке. Кроме этой гипотезы принимаются следующие допущения:

– трение между основанием и балкой отсутствует;

- между поверхностью балки и основанием предполагается неразрывная связь, вследствие чего в основании могут возникать и растягивающие усилия;
- упругое основание по всей длине и ширине балки однородно.

Деформирование двухслойной плиты на винклеровском основании описывает математическая модель в виде дифференциального уравнения:

$$\overline{D}\nabla^2\nabla^2 w + kw = q, \tag{1}$$

где  $q$  – вертикальная нагрузка, распределенная по поверхности плиты,  $\overline{D}$  – цилиндрическая жесткость.

Учитывая, что коэффициент Пуассона  $\nu$  изменяется в довольно узких пределах, для упрощения расчета примем его постоянным, не изменяющимся по толщине плиты.

Пусть  $t_1$  – толщина подстилающего слоя;  $t_2$  – толщина прослойки (рисунок 1),  $E_1$  и  $E_2$  – модули продольной упругости соответственно.

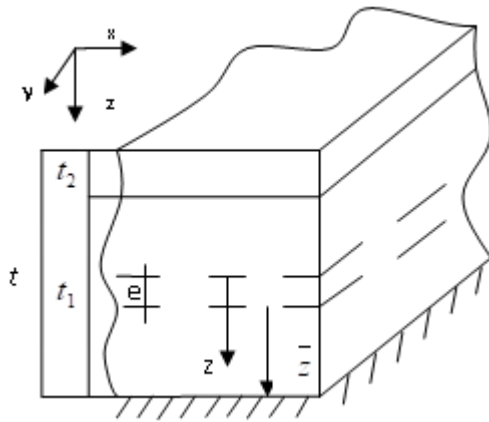


Рис. 1. Двухслойная плита

Нейтральный слой отклоняется от серединной поверхности. Принимая, что  $E_1 > E_2$ , то этот слой смещается на расстояние  $e$  в направлении оси  $z$ . За положительное принимаем направление оси  $z$  вниз, в направлении перемещений плиты. Для вычисления величины смещения  $e$  воспользуемся уравнением равновесия в виде суммы

равенства нулю продольной силы вдоль оси  $x(y)$ . Условие равновесия  $\sum X = 0$  при наличии гипотезы прямых нормалей представим в виде уравнения:

$$\frac{k_x + \nu k_y}{1 - \nu^2} \int_{-t/2}^{t/2} E(z)(z - e) dz = 0, \quad (2)$$

где  $k_x(k_y)$  – кривизна волокон, параллельных оси  $x(y)$ , приближенное значение которое не зависит от  $z$ .

Итак,

$$e = \left( \int_{-t/2}^{t/2} E(z) z dz \right) / \left( \int_{-t/2}^{t/2} E(z) dz \right). \quad (3)$$

В данном частном случае величину  $e$  можно определить:

$$e = [(E_1 - E_2)t_1 t_2] / [2(E_1 t_1 + E_2 t_2)]. \quad (4)$$

Выражение для цилиндрической жесткости в общем случае принимает вид:

$$\bar{D} = \frac{1}{1 - \nu^2} \int_{-t/2+e}^{t/2+e} E(\bar{z}) \bar{z}^2 d\bar{z}, \quad (5)$$

а в данном частном случае:

$$\bar{D} = \frac{1}{1 - \nu^2} \left\{ E_1 \left[ \frac{t_1^3}{12} + t_1 \left( \frac{t_2}{2} - e \right)^2 \right] + E_2 \left[ \frac{t_2^3}{12} + t_2^2 \left( \frac{t_1}{2} + e \right)^2 \right] \right\}. \quad (6)$$

Формула (6) подтверждает зависимости между моментами инерции относительно параллельных осей.

Дифференциальное уравнение (1), можно решить одним из известных способов, например, методом конечных разностей при разбивке двухслойной плиты сеткой на малые элементы.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Юрьев А.Г., Панченко Л.А., Эммануэль Я. Расчет сталебетонных плит с односторонним армированием // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2007. № 2. С. 29 –31.
2. Панченко Л.А. Строительные конструкции с волокнистыми композитами. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013.184с.
3. Юрьев А.Г. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности. М.: Изд-во МИСИ, 1975. 363с.
4. Кончковский З. Плиты: статические расчёты /Пер. с пол. М.В. Предтеченского; Под ред. А.И. Цейтлина. М.: Стройиздат, 1984. 480с.

**УДК 69.059.4**

*Афанасьев А.А., Иванникова С.А.*

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

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА И ОЦЕНКА КОНСТРУКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

В процессе проектирования надежность железобетонных конструкций зданий и сооружений обеспечивается расчетами на силовые воздействия и созданием условий для нормальной эксплуатации. Но результаты обследования железобетонных конструкций зданий свидетельствуют о том, что во время эксплуатации под действием различных воздействий (температуры, влажности, агрессивной среды) их несущая способность и жесткость может значительно снизиться, вследствие неточностей и ошибок проектирования, низкого качества строительно-монтажных работ, деградации свойств материалов и изделий.

На данный момент в эксплуатации находится значительное количество зданий и сооружений, отработавших свой нормативный срок эксплуатации. Аварии, обрушение данных объектов могут

привести как к экономическим потерям, так и к существенному нанесению ущерба окружающей среды и здоровью человека.

В связи с этим, всё большей степени встает вопрос об оценке конструктивной безопасности эксплуатируемых зданий и сооружений, и определении их остаточного ресурса, а также возможности увеличения срока их эксплуатации. Конструктивная безопасность зданий и сооружений в свою очередь обеспечивается способностью их отдельных строительных конструкций противостоять переходу в аварийное состояние, определяемое текущим остаточным ресурсом и техническим состоянием объекта; степенью изменения объекта (старением конструкционных материалов, перестройки, перепланировки, реконструкции, капитальной ремонт и т.п.), воздействия окружающей среды как природного, так и техногенного характера.

Прогнозирование остаточного ресурса позволяет предупреждать возможные отказы и непредвиденные достижения предельных состояний, а также более обоснованно планировать режимы эксплуатации и ремонтные мероприятия обслуживающими организациями [1].

В обязательном порядке должны быть учтены все повреждения, дефекты и фактические свойства материалов исследуемых конструкций. И лишь после этого с учетом всех имеющихся параметров возможен качественный анализ эксплуатационных свойств конструкции и расчет их остаточного ресурса [2].

Оценка остаточного ресурса конструкций зданий и их отдельных несущих элементов является актуальной и информативной задачей. Это особенно актуально в нынешних экономических реалиях, когда стоимость объектов недвижимости достаточно велика, а экономические ресурсы ограничены.

В зависимости от требуемой достоверности прогноза, наличия и возможностей получения информации, времени и поставленной задачи применяют различные методики по оценке остаточного ресурса зданий и сооружений, однако универсальная для всех возможных случаев методика на данный момент отсутствует.

Согласно [3], все методы оценки и прогнозирования остаточного ресурса строительных конструкций, с учетом коррозионных и иных повреждений, можно разделить на следующие основные группы: статистические, детерминированные, физико-статистические и экспертные.

Статистические методы требуют полной информации по текущей наработке и отказам строительных конструкций за предшествующий



период времени считая от момента начала эксплуатации. Однако в действительности такая информация отличается фрагментарностью и неопределенностью, что сдерживает применение данных методов при расчете остаточного ресурса изгибаемых железобетонных элементов.

Детерминированные методы используют аналитические зависимости, связывающие время до наступления предельного состояния с внутренними усилиями возникающих от внешних нагрузок и показателями коррозионных и иных повреждений конструкционных материалов железобетонных изгибаемых элементов. В данной группе методов не учитываются спонтанные факторы, что ограничивает их применение в тех задачах, где есть высокий риск возникновения внезапных отказов.

Физико-статистические методы учитывают влияние силовых и агрессивных средовых воздействий на строительные конструкции с позиций теории вероятностей. Данные методы позволяют определять остаточный ресурс изгибаемых железобетонных элементов, с учетом воздействия на них окружающей среды, наиболее близко к его действительной величине.

Экспертные методы основываются на заключениях специалистов в области обследования строительных конструкций.

Довольно часто для принятия решения по тому или иному объекту важным фактором становится время проведения оценки конструктивной безопасности и прогнозирования остаточного ресурса здания или сооружения. В этом случае экспертный метод имеет преимущество перед другими. С другой стороны, на достоверность результатов влияет субъективность эксперта, его уровень квалификации, знания и опыт, что создает риск принятия нерациональных решений.

Наиболее перспективным и приемлемым для оценки и прогнозирования остаточного ресурса является физико-статистический подход, который применительно к изгибаемым железобетонным элементам, находящимся в условиях силового и средового воздействий, в настоящее время разработан недостаточно углубленно [2].

Важно понимать, что остаточный ресурс железобетонных конструкций может быть выражен как в единицах времени, тогда под ним понимается остаточный (предельно допустимый) срок службы, так и в относительных единицах силового сопротивления, которые диктуются нормами расчета по двум группам предельных состояний, тогда под ним понимается некоторый запас (прочности, устойчивости, деформативности и др.), при исчерпании которого наступит предельное состояние.

Для железобетонных изгибаемых элементов остаточный ресурс можно определить, как минимальный коэффициент запаса из всех рассчитанных по простой инженерной формуле (1).

$$r_i = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{M_{max}}{M_u} \\ 1 - \frac{Q_{max}}{Q_u} \\ 1 - \frac{f}{M_u} \\ 1 - \frac{a_{crc}}{a_{crc,u}} \end{array} \right. , \quad (1)$$

где  $M_{max}$  и  $Q_{max}$  – максимальные значения изгибающего момента и поперечной силы, возникающих в сечении элемента от внешней нагрузки;

$M_u$  и  $Q_u$  предельный изгибающий момент и поперечная сила, которые могут быть восприняты сечением в рассматриваемый момент времени;

$f$  и  $a_{crc}$  – прогиб и ширина раскрытия трещин от действия внешней нагрузки в рассматриваемый момент времени;

$f_u$  и  $a_{crc,u}$ , – предельно допустимые значения прогиба и ширины раскрытия трещин, принимаемые по нормам проектирования.

Данное выражение при необходимости дополняется другими видами расчетов по предельным состояниям и конструктивным требованиям [4]. Значение большее нуля предполагает, что конструкция находится в исправном состоянии. Временной промежуток, за который произойдет исчерпание запаса по одному из параметров до нулевого значения (предельного состояния), определяет остаточный срок службы конструкции.

Располагая данными о фактическом состоянии конструкций, можно на основе расчета по предельным состояниям II-ой группы прогнозировать остаточный срок службы и резервы по трещиностойкости и деформативности железобетонных конструкций в произвольный момент времени [5].

На основе всего выше сказанного по расчету остаточного ресурса и оценке конструктивной безопасности изгибаемых железобетонных элементов с коррозионными и иными повреждениями можно сделать выводы:

– в настоящее время существует достаточное многообразие расчетных методик по определению остаточного ресурса, однако считать какую-либо из них универсальной будет нерационально ввиду наличия огромного числа факторов, влияющих на прогноз остаточного ресурса железобетонных конструкций;

– определение остаточного ресурса наиболее целесообразно выполнять на основе данных о фактическом состоянии конструкций и натурных обследований железобетонных конструкций, с выявлением коррозионных и иных повреждений бетона и арматуры в каждом расчетном сечении железобетонных изгибаемых элементов;

– для получения достоверных результатов по расчету остаточного ресурса и оценке конструктивной безопасности целесообразно выполнять расчет по ряду методик. Состав методов и особенность расчета по той или иной методике будет зависеть от требуемой достоверности прогноза, наличия и возможностей получения информации, сроков проведения оценки остаточного ресурса конструкций зданий и сооружений.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Пшеничкина В.А., Сухина К.Н., Бабалич В.С., Сухин К.А. Оценка остаточного ресурса несущих железобетонных конструкций эксплуатируемых промышленных зданий. Москва: Изд-во АСВ, 2017. 176 с

2. Остаточный ресурс конструкций зданий и сооружений / А. Н. Дегтярь, И. Р. Серых, Л. А. Панченко, Е. В. Чернышева // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 10. – С. 94-97.

3. Смоляго, Г. А. Современные подходы к расчету остаточного ресурса изгибаемых железобетонных элементов с коррозионными повреждениями / Г. А. Смоляго, Н. В. Фролов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019.

4. Смоляго, Г. А. Прикладной способ прогнозирования коррозионных повреждений и остаточного ресурса изгибаемых железобетонных элементов с учетом опыта эксплуатации объектов-аналогов / Г. А. Смоляго, Н. В. Фролов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2019. – № 2. – С. 49-54.

5. Смоляго, Г. А. К оценке ресурса конструктивной безопасности железобетонных конструкций по предельным состояниям II-ой группы / Г. А. Смоляго, А. А. Крючков // Известия Орловского

государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. – 2007. – № 2-14. – С. 176-180.

**УДК 624.014.9**

**Балунский С.И.**

**Научный руководитель: Зданчук Е.В., ст. преп.**

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
г. Санкт-Петербург, Россия*

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО АНКЕРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ДЛЯ МОДУЛЬНОГО СВЕТОПРОЗРАЧНОГО ФАСАДА**

Для навесных светопрозрачных фасадов выбирают стойки весом от 1-5 кг. Нагрузка от собственного веса на расчетную схему получается несущественной, однако известно много случаев, когда внешние нагрузки (например: ветер) вырывали часть фасадной конструкции. Во избежание таких случаев расчет постоянной нагрузки от собственного веса светопрозрачной конструкции, а также от внешних нагрузок, необходимо учитывать, чтобы обеспечить достаточный запас несущей способности анкерного крепления. Для достижения поставленной цели произведем расчет двух типов анкерного соединения. А именно для стальных и химических анкеров, анкерных и тарельчатых дюбелей. В каждом из этих типов рассмотрим стойки по 2 кгс/п.м и 2,5 кгс/п.м. Расчет будем производиться методом определения несущей способности и в программном комплексе SCAD++.

Величина несущей способности:

$$P_{\text{исп}} = P_{\text{п}} \cdot m, \quad (1)$$

где  $m$  – коэффициент надежности по материалу, по табл. 2 СТО 44416204-010-2010 [1] принимаем 3 для стальных и химических (клеевых) анкеров, а также 5 для анкерных и тарельчатых дюбелей.

Вырывающее усилие от действия собственного веса металлической конструкции:

$$P_{\text{п}} = \frac{Q \cdot a}{x}, \quad (2)$$

где  $a$  – вылет кронштейна

$x$  – расстояние от анкера до равнодействующей опорной реакции

$$Q = l \cdot g_{\text{подс}}, \quad (3)$$

$$g_{\text{подс}} = p \cdot \gamma_f, \quad (4)$$

где  $Y_f$  – коэффициент надежности по нагрузке, для металлической конструкции принимаем 1,05

$P$  – вес 1 погонного метра направляющей, принимаем 2 кгс/м.п. и 2,5 кгс/м.п.

Проведем расчет химического анкера весом стойки 2 кгс/м.п.:

$$g_{\text{подс}} = 2 \cdot 1,05 = 2,1 \text{ кгс/м.п.}$$

$$Q = 3,9 \cdot 2,1 = 8,19 \text{ кгс}$$

$$P_{\text{п}} = \frac{8,19 \cdot 0,4}{0,084} = 38,025 \text{ кгс} = 0,373 \text{ кН}$$

$$P_{\text{исп}} = 0,373 \cdot 3 = 1,118 \text{ кН}$$

Сведем все расчеты в (таблицу 1).

Таблица 1

Усилия	Стальные и химические анкеры для стойки 2 кгс/м.п.	Стальные и химические анкеры для стойки 2,5 кгс/м.п.	Анкерные и тарельчатые дюбели для стойки 2 кгс/м.п.	Анкерные и тарельчатые дюбели для стойки 2,5 кгс/м.п.
$P_{\text{п}}, \text{кН}$	0,373	0,466	0,373	0,466
$P_{\text{исп}}, \text{кН}$	1,118	1,397	1,863	2,329

Проведем расчет усилий от ветровой нагрузки в ПК SCAD++:

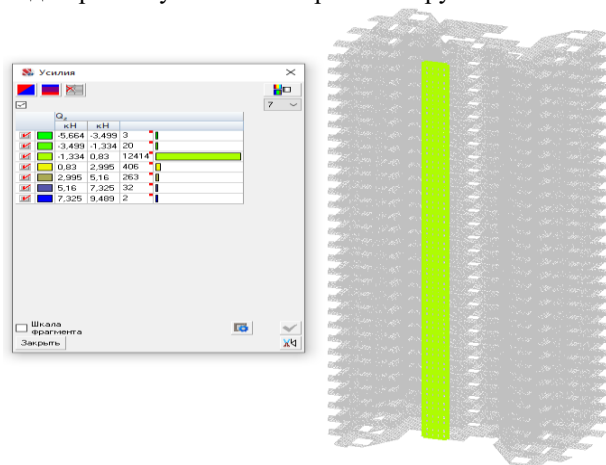


Рис. 1 Усилия от ветровой нагрузки

Получаем значения усилий на вырывание от ветровой нагрузки 1,334 кН.

Анализируя полученную информацию, химический анкер должен обладать стойкостью более 1,334 кН на вырывание, а механический 1,863 кН. Учитывая, что в двух случаях применяется стойка 2 кгс/м.п. Несмотря на характеристику химического анкера, которая нуждается в меньших усилиях на вырывание, чем механического в полтора раза, нужно также выяснить как эти два типа анкеровки влияют на продолжительность выполнения работ.

$$T = \frac{Q_{\text{чел.ч}}}{8 \cdot n \cdot r} \quad (5)$$

где 8 – длительность смены, час;

$n$  - число смен в сутки;

$r$  – количество рабочих в бригаде (пользуясь ЕНиР 4-1-42 будут задействованы 2 рабочих с нормой времени на один болт 0,62)

$Q_{\text{чел.ч}}$  – количество человеко-часов на объем работы

Для примера посчитаем продолжительность работ для 100 болтов:

$$T = \frac{0,62 \cdot 100}{8 \cdot 2 \cdot 2} = 2 \text{ дн}$$

Для механических анкеров потребуется два дня на устройство 100 болтов, при этом фасадную систему в таком случае возможно устанавливать сразу. Это обеспечивает непрерывность выполнения работ, а значит и меньшие сроки по устройству светопрозрачных фасадов. Химические анкера нуждаются в схватывании и затвердевании, поэтому время от их устройства до начала работ со светопрозрачными фасадами зависит от температуры окружающей среды. По СП 131.13330.2020 для Санкт-Петербурга средняя температура в холодный период года -24 °С, а для теплого периода 23,2 °С. Для сравнения возьмем химический анкер компании Hilti – HIT-RE 500, характеристики которого указаны в (таблице 2).

Таблица 2

Температура окружающей среды	Время схватывания	Время затвердевания
-5	4 ч	72 ч
0	3 ч	50 ч
+10	2 ч	24 ч
+20	30 мин	12 ч

+30	20 мин	8 ч
+40	12 мин	4 ч

В теплое время года полное затвердевание займет чуть больше 12 часов, в холодное 72 часа. Разница между двумя сезонами оказывается значительной из-за чего продолжительность работ в зимний период, по сравнению с механическими анкерами, будет больше в три раза, а в летний полтора.

Таким образом, можно сделать вывод, что характеристика химического анкера нуждается в меньших усилиях на вырывание, чем механического в 1,5 раза, что делает его более надежным. Однако из-за потребности в затвердевании продолжительность выполнения работ значительно увеличивается. Выбирая механический анкер, хоть и большего диаметра, будет обеспечиваться непрерывная работа в максимально короткие сроки.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. СТО 44416204-010-2010
2. Галямичев, А. В. Специфика определения нагрузок на ограждающие конструкции и её влияние на результаты их статического расчёта / А. В. Галямичев // Интернет-журнал Науковедение. – 2015.
3. Тухарели, В. Д. Строительство зданий с использованием легких металлических конструкций: Учебное пособие / В. Д. Тухарели, А. В. Тухарели, Т. Ф. Чередниченко; Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2018.
4. Вахрушев, С. И. Навесной вентилируемый фасад: конструкции фасадного анкера и технология обшивки линейными панелями / С.И. Вахрушев, И. О. Суворов // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2018.
5. СП 131.13330.2020.

*УДК 69.001.5*

*Бессонов А.Ю.*

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

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПАССИВНЫХ ДОМОВ**

Основополагающим для безопасного, здорового, комфортного проживания людей в экодоме становится реализация принципов, обеспечивающих санитарную и экологическую безопасность конструкций и материалов, использование безвредных для здоровья человека строительных материалов и конструкций.

Одну из важнейших ролей в строительстве приобретает технологичность всех компонентов пассивного строительства, от которых, собственно, и зависит достижение высокой энергоэффективности. Принятые объемно-планировочные решения при проектировании пассивных домов не всегда могут отвечать всем необходимым требованиям, поэтому изучение рационализации принятых решений может дать огромный прорыв в сфере энергоэффективного домостроения и повышения качества выбора объемно-планировочных решений [1...3].

Само собой разумеется, что каждый дом должен быть: комфортным, экономичным, экологически чистым, уютным и, прежде всего, энергоэффективным. Все эти критерии полностью соблюдаются в пассивных домах, где главным принципом является предотвращение потери тепла. Последнее особенно актуально и важно для России в холодные зимние месяцы.

Пассивный дом - это энергоэффективное сооружение, где минимальное использование энергии способно сочетаться с комфортным микроклиматом. Экономить энергетические ресурсы можно по средствам инноваций. Они должны быть экономически обоснованными, технически осуществимыми и не менять привычный образ жизни людей, но при этом соответствовать экологическим и социальным требованиям.

Экономия энергии хорошо сказывается на состоянии окружающей среды, так как помогает сокращать ее загрязнение природы отходами и выбросами. Исходя из выводов ученых-экологов, экономить энергию в



5 раз выгоднее с экономической стороны, чем вырабатывать такое же количество энергии. [3].

Опираясь на данные Мировой энергетической конференции можно сказать, что 1/3 всей существующей энергии в странах с умеренным климатом тратится на отопление сооружений.

В обычных домах более 90% энергии используется на осуществление отопительного сезона и подачи горячей воды (ГВС), причем на второе расходуется от 15 % дохода до 30 %. Исходя из этого, можно сказать, что пассивный дом начинается с сокращения энергопотребления.

Энергосбережение и эффективное использование ресурсов являются важнейшими факторами развития и укрепления российской экономики, основой стратегии страны, ее устойчивого развития. Все действия по повышению энергетической эффективности экономики России должны быть воплощены в национальную идею, ориентированную на экологичность и сбережение ресурсов, базирующуюся на действующем законодательстве [4].

Переход на энергоэффективные технологии в строительной отрасли дает возможность не только снизить потребление тепла на единицу продукции, но и повысить производительность отрасли. При этом необходимо учитывать то обстоятельство, что энергоемкость, уровень теплозащиты и долговечность продукции строительства тесно связаны между собой, поэтому энергетическая эффективность отрасли в целом зависит от суммарных затрат энергии при строительстве зданий и их эксплуатации. В одних случаях замена более энергоемких ограждающих конструкций зданий на менее энергоемкие дает положительный эффект. В других, наоборот, – такая замена менее энергоемких на менее энергоемкие и долговечные также может дать экономию энергозатрат. Внедрение энергосберегающих технологий часто требует дополнительных капитальных и энергетических затрат. Только при совместном рассмотрении влияния энергоемкости, долговечности и теплозащиты компонентов строительной продукции можно получить экономию энергии за длительный (более 100 лет) срок службы здания [5].

Использование в строительстве современных высококачественных, ресурсосберегающих материалов, изделий и конструкций позволит значительно снизить материалоемкость и энергоемкость строительных объектов и существенно повысить эффективность строительной отрасли [6].

Пассивный дом, энергосберегающий дом или экодом (нем. *passivhaus*, англ. *passive house*) — сооружение, основной особенностью

которого является отсутствие необходимости отопления или малое энергопотребление — в среднем около 10 % от удельной энергии на единицу объема, потребляемой большинством современных зданий. В большинстве стран существуют собственные требования к стандарту пассивного дома [1...3].

Показателем энергоэффективности объекта служат потери тепловой энергии с квадратного метра ( $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ ) в год или в отопительный период. В среднем составляет 100—120  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ .

Энергосберегающим считается здание, где этот показатель ниже 40  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  [2].

В процессе эксплуатации зданий и сооружений строительные конструкции находятся под воздействием разнообразных силовых и средовых факторов. Данный аспект также очень важен при проектировании пассивных домов [7].

Архитектурная концепция пассивного дома базируется на принципах: компактности, качественного и эффективного утепления, отсутствия мостиков холода в материалах и узлах примыканий, правильной геометрии здания, зонировании, ориентации по сторонам света. Из активных методов в пассивном доме обязательным является использование системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией [6].

Одним из наиболее важных факторов пассивного дома является его объемно-планировочное решение.

Под объемным планированием подразумевают расположение и компоновку зданий в соответствии с экономическими, функциональными, техническими и архитектурно-художественными требованиями.

Планировочное решение дома принимается в соответствии с ориентацией по сторонам света: гостиная, кухня-столовая, детские обращены на юг и имеют большую площадь остекления, на север выходят тамбур, гараж, гардероб. Примерно так выглядит идеальная планировка пассивного дома.

Пассивные дома всегда стремятся к компактности. Стены, крыша и фундамент являются оболочкой здания, через которую так или иначе уходит ваше тепло. Внутреннее же пространство считается полезным. Также очень важна компактность (это соотношение площади ограждающих конструкций/оболочки здания и всего объема здания/его полезной площади). Чем меньше площадь ограждающих конструкций по отношению к полезной площади здания, тем компактнее будет оно.

Именно поэтому существующие пассивные дома специфичны по своей форме: они в большей мере угловаты, а иногда могут напоминать полушарие, стоящее ровной гранью на земле [5].

Что касается окон – уже понятно: юг допускает широкие остеклённые площади, даже эркеры, север оставляем буферным, однако балконов в пассивных домах не планируется в принципе. Следует подчеркнуть, что излишняя открытость способствует большей светопередаче зимой, вместе с тем, летом может навредить вам излишне знойным солнцепёком, так что большие окна приветствуется сопровождать карнизами и прочими выступающими элементами.

А процентном отношении, размещение окон должно выглядеть так: около 70-80% – на южной стороне, 20-30% – на восток, до 10% можно отвести для запада, остекление же на севере исключено.

Согласно этим указаниям нужно обустроить и жилое пространство. Внутри помещения обычно делится на жилые и буферные (вспомогательные) зоны. Причём вспомогательные зоны располагаются на северной стороне, поскольку в них возможна температура ниже, чем в жилых. Соответственно, для жизни обустраиваются юго-восточные зоны, в то время как на севере расположены кладовки, подсобные помещения, где можно разместить рекуператор и прочие коммуникации [4].

Также нельзя недооценивать значения колористического образа архитектурной среды, которую мы регулярно визуально воспринимаем. Современные исследования и разработки помогают совмещать высокие эксплуатационные, декоративные и колористические свойства [8].

Стоит отметить, что в России стоимость строительства энергоэффективных домов завышена, в связи с недостаточным освоением специалистами новых энергоэффективных методик. Из этого можно сделать вывод о том, что основной задачей отечественных специалистов является адаптация европейских наработок и практик к местным условиям и разработка собственных технологических решений.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Баттаев Шамиль Азрет-Алиевич, Джанкулаев Адам Амерханович, Атабиева Мариам Мурадиновна Пассивные и энергоэффективные дома // Вопросы науки и образования. 2018. №29 (41).

2. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Перспективы повышения энергетической эффективности жилых зданий в России // Вестник МГСУ. 2011. №3-1. С. 192-200.

3. Пахомова Анна Ивановна. Современные экогорода: опыт и перспективы развития // Вестник ИрГТУ. 2010. №5 (45). С. 312-316.

4. Гертис К. Здания XXI века - здания с нулевым потреблением энергии // Энергосбережение. 2007. № 3. С. 36-47.

5. Горшков А.С., Дерунов Д.В., Завгородний В.В. Технология и организация строительства здания с нулевым потреблением энергии // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 3 (8). С. 12-23.

6. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2017. №1. С. 9-15.

7. Бадьин Г.М. Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома. - СПб.: БХВ-Петербург, 2017. - 464 с.

8. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Погорелова И.А., Корякина А.А. Формирование пространственной среды с учетом колористики // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2016. №10. С. 62-66.

#### **УДК 620.19**

***Богдан И.А., Богдан Д.Е.***

***Научный руководитель: Хახалева Е.Н., канд. техн. наук, доц.***

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

### **МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ КОРРОЗИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

Одной из главных задач при обеспечении безопасности эксплуатируемых зданий и сооружений является оценка конструктивной безопасности строительных конструкций и конструктивных систем, подверженных повреждениям. Под воздействием средовых и силовых воздействий в процессе эксплуатации зданий происходит развитие различных повреждений строительных конструкций, т.к. зачастую эксплуатация происходит при неблагоприятных для материалов конструкций условиях [1]. Ведущую роль среди строительных материалов имеет железобетон. При правильном проектировании, изготовлении и применении железобетон

как материал отличается многими положительными эксплуатационными свойствами, в том числе высокой коррозионной стойкостью. Однако при эксплуатации бетонные и железобетонные изделия и конструкции подвержены воздействию различных агрессивных сред. Под влиянием химических реакций и физико-химических явлений наблюдаются процессы разрушения, преждевременного коррозионного повреждения железобетонных конструкций [2].

При анализе состояний конструкций из железобетона, можно сделать вывод, что причиной их повреждений в неагрессивной или слабоагрессивной среде чаще всего является коррозия арматуры и низкая морозостойкость бетона. Коррозионные повреждения приводят к образованию и развитию трещин, к снижению жесткости конструкций, к развитию значительных деформаций. Безопасная эксплуатация конструкций может быть достигнута повышением способности бетона длительно обеспечивать защиту для арматуры. Однако, бетон защищает, но не изолирует арматуру от окружающей среды, поэтому необходимо давать оценку особенностям коррозионного поведения арматуры [3].

При хорошей водо- и газопроницаемости бетона, а также при наличии в нём трещин шириной 0,2 мм и более может начаться коррозия арматуры независимо от коррозии бетона. Чаще всего коррозия арматуры начинается при недостаточной толщине защитного слоя бетона и в местах с дефектами укладки бетона и вызвана, как правило, воздействием на железобетон атмосферно-химических факторов, обусловленных как агрессивными компонентами атмосферы (сульфаты, карбонаты, хлориды), так и частыми циклами мороз–оттепель. Снижение способности бетона препятствовать коррозии арматуры может быть спровоцировано несколькими процессами, результатом которых является невозможность бетона поддерживать пассивное состояние стали вследствие понижения степени щелочности межфазной жидкости или проникания в нее ионов – стимуляторов коррозии. Как правило, это происходит при воздействии сред, содержащих хлориды [4]. Особенную опасность коррозия несёт при проявлении её в конструкциях, подвергающихся значительным нагрузкам.

Продление срока эксплуатации железобетонной конструкции возможно, предусмотрев все меры защиты входящей в состав арматуры. Но стоит учитывать появление коррозии ещё во время заливки бетона в форму.

Основой защитного действия цементных бетонов на арматурную сталь является щелочной характер влаги в капиллярно-пористом теле бетона, способствующий сохранению химически пассивного состояния поверхности стали. Таким образом, при высокой плотности бетона, надлежащей толщине защитного слоя и отсутствии его повреждений (трещины, сколы, каверны и пр.) арматура в бетоне сохраняется в химически пассивном состоянии долгие годы и десятилетия [5]. Добиться повышения плотности можно с помощью химических добавок. Они не дают проникать вовнутрь структуры агрессивным средам, что так же защищает и арматуру.

Повышение прочностных характеристик бетона происходит при воздействии на него кислых газов и жидкостей, например, углекислого газа, содержание которого в атмосфере промышленных предприятий превышает 0,03%, или теплого влажного воздуха, упрочняющего цементный бетон.

Что касается защиты арматуры, существует метод омического ограничения для её защиты. Суть данного метода заключается в контроле влажности бетонного монолита. Она не должна превышать равновесное значение при показателе относительной влажности воздуха в 60%. В таком случае коррозия арматуры тормозится из-за появления высокого омического сопротивления, которое демонстрируют пленки влаги возле поверхности арматуры. Однако, данный метод сложен и не дает эффекта в регионах с частыми осадками и повышенной влажностью [6].

На сегодняшний день самым эффективным методом считается использование мигрирующих ингибиторов коррозии, которые можно добавлять в жидкий или твердый бетон. Ингибиторы проходят через трещины в бетоне и поры до металлической поверхности, впитываются в металл, создавая защитный мономолекулярный слой. Так тормозятся процессы коррозии, перекрывается к металлу доступ влаги и воздуха. Ингибиторы замедляют процесс появления ржавчины в среднем в 5-13 раз. Если использовать средство до начала процесса корроирования, время до запуска окисления металла увеличивается в 2-3 раза. Чтобы использовать ингибиторы, поверхность нужно очистить от грязи и масла, грибка и асфальта, грунтовок и других составов. Потом ингибитор наносят малярным валиком либо с применением пульверизатора. Обычно выполняют в 2 этапа с промежутком по времени (около 8 часов).

Коррозия бетона и арматуры в конструкциях – актуальная проблема, которая значительно ухудшает эксплуатационные характеристики и сокращает срок службы здания или сооружения. Для

наиболее эффективной защиты бетонного монолита и стальных каркасов внутри лучше всего использовать несколько методов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Меркулов С.И. Конструктивная безопасность эксплуатируемых железобетонных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2009. № 4. С. 53-54.
2. Жуков Е.М., Кропотов Ю.И., Лугинин И.А. Коррозия железобетонных конструкций и причины ее возникновения // Молодой ученый. 2016. № 7 (111). С. 78-80.
3. Алексеев С.Н., Иванов Ф.М. Долговечность железобетона в агрессивных средах. М.:Стройиздат, 1990. 325 с.
4. Меркулов С.И. Повреждения железобетонных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. Курск. гос. ун-т. Курск, 2012. С. 147-151.
5. Подвальный А.М. Физико-химическая механика – основа научных представлений о коррозии бетона и железобетона // Бетон и железобетон. 2000. № 5. С. 23-27.
6. Защита арматуры бетона от коррозии [Электронный ресурс] / Учебные материалы онлайн. URL:[https://studwood.net/1694943/nedvizhni-most/zaschita\\_armatury\\_betona\\_korrozii](https://studwood.net/1694943/nedvizhni-most/zaschita_armatury_betona_korrozii).

УДК 614.2

*Богданов Д.А., Жданова К.С., Савелов И.С.*

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

## ФОРМИРОВАНИЕ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ

На сегодняшний день на протяжении жизни каждый встречается с проблемами нарушения здоровья. На данный момент в России маломобильные группы населения составляют 13 млн. человек, среди них 50 000 людей рождается уже с инвалидностью и это число неуклонно возрастает. Плохая экологическая среда и рост травматизма послужили в развитии ухудшения здоровья населения страны. Государство старается помочь, выплачивая пенсии, пособия и льготы,

однако не трудоспособные граждане нуждаются не только в материальной поддержке. Важную роль играет оказание им действенной физической, психологической и другой помощи. И поэтому создание наилучших условий для успешной адаптации инвалидов является важнейшей задачей как государственных, так и общественных структур.

Инвалидность - это тяжелое испытание для человека, и чтобы ему помочь нужно создать безбарьерную среду, давая возможность людям жить жизнью, без каких-либо ограничений.

Жилая среда, доступная для инвалидов — это такая же среда, адаптированная для удовлетворения потребностей, возникающих в связи с инвалидностью, и позволяющая людям с ограниченными возможностями вести независимую жизнь.

При создании доступной среды для людей с ограниченной подвижностью необходимо учитывать ряд факторов:

1. Возможность без каких-либо препятствий передвигаться с помощью трости, костылей, инвалидной коляски, собаки-поводыря, а также использование личного, профессионального и общественного транспорта;

2. Создание тактильной, звуковой и визуальной информации;

3. Создание пространственных территорий, где обеспечивается доступность всех зданий, а также вся информационная среда [1].

В жилых массивах, как правило, необходимо поэтапно формировать безбарьерную среду, заботясь о:

– Развитию хозяйственных услуг, общественного питания и досуговой деятельности, ориентированных на удовлетворение потребностей всех групп населения, в том числе инвалидов;

– Разнообразию жилья и возможности его приспособления к потребностям людей с ограниченными возможностями;

– Обеспечить удобные и безопасные пересечения транспортных и пешеходных маршрутов [1].

Формирование безбарьерной среды является обязанностью местных федеральных и региональных органов власти. Законодательство Российской Федерации обязывает органы власти формировать и реализовывать городские и районные программы по обеспечению доступности объектов городской инфраструктуры.

Для организации формирования безбарьерной среды необходимы определенные ресурсы: правовые, финансовые, материально-технические и информационные ресурсы [2].



Правовые – это документы, которые принимаются на уровне фирмы или подразделения, отражающие приоритет и важность доступной среды и принуждающие к ее выполнению.

Материально-технические и информационные ресурсы - это конкретные материальные устройства и услуги, обеспечивающие комфортное передвижение и информированность маломобильных групп населения. К ним относятся информационные системы, доступные знаки (информационные и предупредительные), аудио и видеосигналы, контрастные знаки, крупнокнопочные телефоны, мнемосхемы, информационные табло и знаки, навигационная система, микролифтовые столы, информационные терминалы, FM-системы, видеоувеличители, проектирование парковок для инвалидов и др. (рисунок 1).

Для людей с нарушениями опорно-двигательного аппарата двери с автоматическим открыванием, внедрение вспомогательной вызывной системы, противоскользкие накладки, мобильные и лестничные подъемники.

Крупные города России (Москва, Санкт-Петербург) лучше всего оснащены имеющимися материально-техническими и информационными ресурсами, в других городах столь существенных изменений не наблюдается [3].

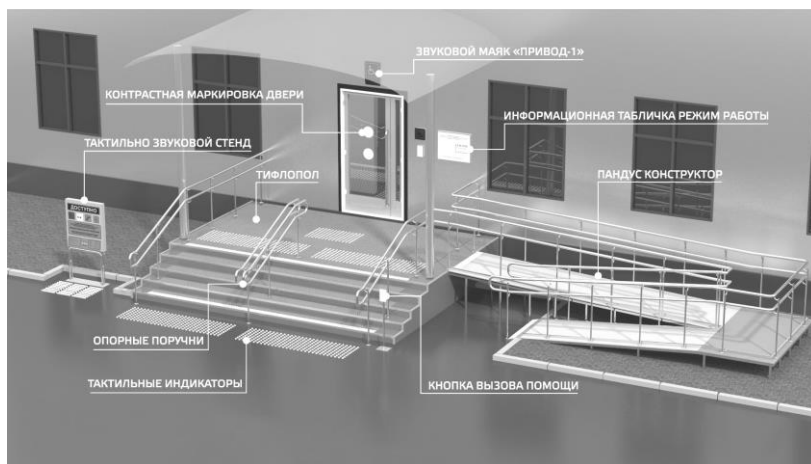


Рис.1 Материально-технические и информационные ресурсы

Финансирование ресурсов для создания доступной среды сегодня будет осуществляться в первую очередь за счет бюджетных средств и в рамках реализации программы «Доступная среда».

В последние годы в России проводятся семинары и тренинги высокого уровня для представителей архитектурно-строительных, социальных и транспортных служб муниципальных и региональных органов власти, социальных учреждений по обучению их в области эффективного развития доступной среды инвалидов в России [4].

Одним из важнейших компонентов формирования доступной среды являются правовые регуляторы. Они направляют формирование доступной среды во взаимодействии с людьми с ограниченными возможностями. Различают следующие уровни правовых регуляторов:

Первый уровень - учредительные акты, конвенции, пакты, резолюции и рекомендации международных организаций;

Второй уровень - правовые акты федерального значения, в том числе федеральные законы, постановления Президента и Правительства РФ;

Третий уровень – деятельность муниципальных и региональных учреждений, которая руководствуется нормативными правовыми актами субъектов Российской Федерации [5].

Чтобы сделать среду доступной для людей с ограниченными возможностями, необходимо учитывать потребности таких людей при проектировании зданий. В результате был принят нормативный документ «Проектирование зданий и сооружений с учетом доступности для маломобильных групп населения», утвержденный Постановлением Госстроя РФ от 16 июля 2001 г. № 70.

Таким образом, сегодня в России осуществляется институционализация механизма формирования доступной среды для маломобильных групп населения. Комплекс принимаемых мер направлен на то, чтобы сделать среду удобной и комфортной для всех людей. Ведется последовательная работа по обеспечению социальной защиты людей с инвалидностью, а также по повышению их социального статуса, увеличению доходов и улучшению качества их жизни.

Программный подход к формированию доступной среды привел к повышению интереса со стороны научного сообщества к созданию безбарьерной среды для инвалидов. Достижение поставленных целей требует нормативной корректировки в сфере доступности, комплексной, планомерной и детальной работы различных служб, ведомств и организаций.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Косухин М.М., Кузнецов А.В., Косухин А.М., Сватных А.В. Современные материалы для реализации государственной программы «Доступная среда». Наука и инновации в строительстве (к 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова): сб. докл. Междунар. научн.- практ. конф. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. С. 156-161.
2. Наберушкина, Э. К. Доступность городской среды для инвалидов / Э.К. Наберушкина // СОЦИС. 2010. № 9. С. 28-31.
3. Шерстникова Т. А. Особенности адаптации маломобильных групп граждан в городской среде // Молодой ученый. 2012. № 6. С. 18-21.
4. Мельникова О. Г., Рыбников Е. В. Доступная среда для инвалидов Волгоград: РО ООИ РСИ ВАНС «Надежда», 2014. С. 45-47.
5. Терскова С. Г. Реабилитация инвалидов как направление региональной социальной политики: монография. Новокузнецк, 2012. С. 14.

УДК 314.174

*Богданов Д.А., Жданова К.С., Савелов И.С.  
Научный руководитель: Косухин А.М., ст. преп.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия*

### **ОПЫТ ВЕЛИКОБРИТАНИИ И РОССИИ В ФОРМИРОВАНИИ БЕЗБАРЬЕРНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ**

В настоящее время количество людей с инвалидностью составляет около 9% населения земного шара (700 млн человек), что делает адаптацию инвалидов в городской среде актуальной проблемой. Обеспечение их беспрепятственного передвижения, доступа к объектам социальной инфраструктуры является важнейшей задачей. В большей степени именно среда определяет влияние инвалидности на повседневную жизнь человека. Иными словами, человек неполноценен, если он исключен из сфер социальных благ и институтов (образование, семейная жизнь, занятость, участие в социальных и политических процессах, движение). Доступная среда для людей с инвалидностью

включает транспорт, жилье, работу, образование и культуру и является необходимым условием их самостоятельной жизни. Доступная среда для людей с инвалидностью – это нормальная среда, приспособленная к потребностям, вытекающим из инвалидности, позволяющая таким людям вести самостоятельный образ жизни.

Одним из примеров активного развития доступной среды для людей с ограниченными возможностями является опыт Великобритании. В этой стране в 2016 году насчитывалось около 11 миллионов инвалидов, что составляет одну шестую часть населения страны. Люди с инвалидностью полностью вовлечены во все аспекты активной жизни, побуждая их преодолевать жизненные барьеры. Неудивительно, что именно Великобритания заложила основы параолимпийского движения [1].

В Великобритании нет такого понятия, как степень инвалидности – все рассчитывается индивидуально. Пособие по инвалидности состоит из двух частей: суточной и мобильной. Человек может получить либо одну, либо обе эти части в зависимости от состояния своего здоровья. Каждая из двух частей может быть оплачена одним из двух тарифов. Первая – стандартная ставка, ее назначают, если способность человека выполнять повседневные действия и его подвижность не сильно ограничены физическими или умственными недостатками. Второй – улучшенный тариф, он выплачивается, когда способность человека выполнять повседневные действия и его подвижность сильно ограничены физическим или психическим состоянием [1].

Сравним субсидию, выплачиваемую в Великобритании и России, в Великобритании человек получает минимальную ставку 711 фунтов стерлингов в месяц, что составляет 61 268 рублей. А максимальная субсидия составляет 1876 фунтов стерлингов, что равняется 161625 рублям. В России минимум – 8 608 рублей в месяц, а максимум – 21 110 рублей [2].

Таким образом, социальная политика Великобритании направлена на удовлетворение потребностей людей с инвалидностью, создание для них доступной среды, уважение их прав и создание многогранной среды для полноценной жизни, где государство осуществляет жесткий контроль. Общественные организации инвалидов, а их насчитывается более 250, не допускают дискриминации инвалидов со стороны органов власти, бизнес-структур и общества и защищают их права. Национальный институт исследований и реабилитации инвалидов Министерства образования США предоставляет гранты штатам и поощряет исследования, направленные на улучшение доступной среды в стране для людей с ограниченными возможностями [3].

США считаются самой благоприятной страной для жизни с ограниченными возможностями. Эта тенденция поддерживается и развивается тем, что в обществе преобладает толерантность, активная пропаганда гуманистических ценностей для людей с ограниченными возможностями. Улицы города приспособлены по всем нормам для движения инвалидных колясок, также повсюду есть пандусы и подъемники. На каждом перекрестке часть тротуара спускается к асфальту, что позволяет инвалиду беспрепятственно пересечь дорогу. Автобусы оборудованы специальными приспособлениями для перевозки инвалидов. Машины пропускают людей с ограниченными возможностями, а парковки и отведенные места в транспортных средствах, где есть знак инвалидной коляски, никогда не будут заняты, так как за этим следует штраф до 500 долларов [4].

Одним из аспектов повседневной жизни, на которую инвалиды имеют ровно такое же право, как и другие, являются нормальные для данного общества экологические и жилищные стандарты.

Рассматривая общественные места, следует отметить, что они должны иметь следующие удобства:

- входная зона должна быть оборудована пандусом шириной 1 метр и углом наклона не более 35 градусов);
- для слабовидящих людей в лифте должны быть указатели со шрифтом Брайля; лифт должен иметь нижнее расположение кнопок на панели; специальная парковка; наличие специальных ограждений; противоскользкая накладка на ступеньки [3].

Создание комфортных условий проживания может повлиять на качество жизни всех граждан, даже не имеющих физических ограничений. Плавный спуск, выезд и установленный пандус могут помочь не только инвалидам. Другим горожанам удобнее подниматься или спускаться по склону. Поручни нужны также пожилым людям, беременным женщинам и детям. Даже очень подвижные люди, не имеющие физических ограничений, в непогоду или гололед предпочитают пользоваться теми лестницами, которые оборудованы перилами. Контрастные знаки, которые необходимы людям с нарушениями зрения, помогут другим людям свободно ориентироваться, а звуковые сигналы, создаваемые на пешеходных переходах для слабослышащих.

В настоящее время доступность среды для людей с ограниченными возможностями здоровья в Российской Федерации находится на начальном этапе своего развития. До недавнего времени практика градостроительства, проектирования и строительства жилья, объектов гражданского и промышленного назначения, организации транспорта и информационного обслуживания не учитывала специфических

потребностей людей с ограниченными возможностями здоровья и во многом была направлена на создание доступной среды в системе специализированных учреждений социального обслуживания. То есть сложилась традиционная форма, характеризующаяся созданием комфортных условий для инвалидов в школах-интернатах, детских домах и специальных жилищах для инвалидов.

По российскому законодательству инвалидом признается «лицо, имеющее стойкое нарушение двигательной функции вследствие болезни, последствий травм или пороков, приводящих к ограничению жизнедеятельности и вызывающее потребность в социальных услугах». Инвалидность определяется как «полная или частичная потеря человеком способности заботиться о себе, общаться, самостоятельно передвигаться, учиться, ориентироваться, контролировать свое поведение и участвовать в трудовой деятельности» [4].

На современном этапе в Российской Федерации создается безбарьерная среда для инвалидов. Действует государственная программа Российской Федерации «Доступная среда». Целью этой программы является создание экономических, правовых и институциональных условий, способствующих интеграции людей с ограниченными возможностями в общество и повышению уровня их жизни, которая позволит учесть особенности потребностей инвалидов и маломобильных групп [4].

Российское государство принимает различные меры для создания безбарьерной и доступной среды. Процесс формирования такой среды идет недостаточно быстро и равномерно, но есть положительные результаты. России важно практиковать опыт зарубежных коллег по толерантному отношению к потребностям человека на всех уровнях жизни, без него невозможно решить проблему обеспечения достойной и качественной жизни человека с инвалидностью. Практический опыт создания доступной среды в зарубежных странах показывает, что люди с ограниченными возможностями свободно передвигаются по улицам, пользуются общественным транспортом, метро, посещают театры, кафе, музеи, библиотеки.

Развитая доступная среда позволяет всем людям, включая людей с ограниченными возможностями, пользоваться окружающим пространством независимо от чьей-либо помощи. Для инвалидов это возможность участвовать в различных сферах жизни общества, получить квалифицированную работу и достойное образование, жить полноценной жизнью.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глебова, А. В. Безбарьерная среда. Анализ зарубежного опыта / А. В. Глебова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова. 2014. С. 100–104.
2. Официальная статистика. Инвалидность: [Электронный ресурс]: Федеральная государственная служба статистики. – Режим доступа: <http://www.gks.ru>.
3. Куликова А.И. Жизнь людей с ограниченными возможностями в России и США // Символ науки 2016. № 3-1 С. 90 – 93.
4. Косухин М.М., Кузнецов А.В., Косухин А.М., Сватных А.В. Современные материалы для реализации государственной программы «Доступная среда». Наука и инновации в строительстве (к 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова): сб. докл. Междунар. научн.- практ. конф. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. С. 156-161.

*УДК 699.81*

*Бондаренко А.А.*

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

## **ПОВРЕЖДЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР**

В настоящее время металлические конструкции являются одним из самых распространенных вариантов строительных конструкций, особенно, когда речь идет о больших пролетах и высоких нагрузках.

Широким использованием данный вид строительных конструкций обязан прежде всего своими преимуществами, к числу которых относятся легкость, технологичность, простота монтажа, высокая пространственная прочность и жесткость.

Любое сооружение в ходе эксплуатации может подвергаться различными воздействиями, в том числе, и воздействию высоких температур. Величина повреждения при этом зависит от многих факторов, ключевыми из которых являются: температура нагрева, длительность воздействия высокой температуры и вид материала, из которого изготовлена конструкция. Так, например, при большой интенсивности огневого воздействия каменные и железобетонные

конструкции частично сохраняют свои эксплуатационные качества, а деревянные и металлические – теряют свою несущую способность [1-4].

Высокотемпературное воздействие меняет физические и механические свойства материала, в результате чего его прочность значительно снижается, возникают различного рода деформации, что ведет к ухудшению эксплуатационных качеств здания, происходит разрушение или же полное уничтожении конструкции.

Одной из характерных особенностей металлических конструкций является способность размягчаться при нагревании и восстанавливать свои физико-механические свойства при охлаждении. К сожалению, это свойство является их большим недостатком, поскольку при пожаре металлические конструкции очень быстро нагреваются. В результате роста деформаций материала несущая способность теряется, и здание приходит в негодность.

Рассмотрим последовательность разрушения при воздействии высоких температур на металлические конструкции:

1. этап: до температуры 400°C разрушается лакокрасочное покрытие металлов. Прочность конструкции снижается на 5%;

2. этап: при непродолжительном воздействии температуры 400-600°C на поверхности металла образуется светлая окалина и возникает небольшое коробление. Прочность снижается на 15%;

3. этап: при непродолжительном воздействии температуры 700-900°C на поверхности конструкции образуется трудно очищаемая окалина, коробление становится сильнее. Прочность при таком воздействии снижается на 30%;

4. этап: при длительном воздействии температуры 900-1400°C слой окалины начинает отслаиваться, на поверхности материала образуется пленка серовато-синего или черного цвета, а также возникают язвы губчатого строения. Ненагруженные элементы конструкции провисают под собственным весом, а нагруженные сильно деформируются, в следствии чего возникают изломы. Прочность конструкции снижается на 65% и более, она теряет несущую способность и становится непригодна к использованию.

Критическая температура в зависимости от толщины элементов стальных конструкций равна 500°C, а фактический предел огнестойкости составляет всего 15 минут, в то время как требуемое число от 30 до 210 минут. Для обеспечения нужного показателя существуют различные способы повышения огнестойкости металлических конструкций [5]:



– обшивка металла несгораемыми материалами, которые имеют высокие теплозащитные показатели. В качестве облицовок могут быть использованы теплоизоляционные плиты, кирпич, штукатурка и другие материалы;

– применение вспучивающихся огнезащитных покрытий, имеющих свойство увеличиваться в объеме на несколько сантиметров при нагревании;

– охлаждение металлических конструкций водой, которая может подаваться как на саму поверхность материала, так и внутрь ее. Чтобы избежать при этом коррозии применяют стойкие к ней стали, либо добавляют в воду специальные антикоррозионные добавки;

– применение защитных подвесных потолков, состоящих из негорючих материалов. Предел огнестойкости в таком случае может достигать до двух часов в зависимости от толщины металлических конструкций и вида материала.

В заключении хотелось бы отметить, что при выборе защиты металлических конструкций от воздействия высоких температур нужно подходить индивидуально к каждому зданию и сооружению. Важно учитывать множество факторов: функциональное назначение конструкции, ее технические характеристики, сроки службы, температурно-влажностные условия, экологические и эстетические требования. Только в этом случае будущее сооружение будет отвечать всем требованиям безопасной эксплуатации, надежности и долговечности [6-7].

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Орлова С.С. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре. М.: Изд-во АСВ, 2015. 131 с.

2. Корольченко, А.Я. Пожарная опасность материалов для строительства. М.: 2009. 217 с.

3. Корольченко, А.Я. Пожарная опасность строительных материалов. М.: 2005. 232 с.

4. Барабанщиков, Ю.Г. Строительные материалы и изделия. М.: 2012. 416 с.

5. Страхов В.Л., Кругов А.М., Давыдкин Н.Ф. Огнезащита строительных конструкций. М.: Изд-во ТИМР, 2000. 436 с.

6. Дегтярь А.Н., Серых И.Р., Панченко Л.А., Чернышева Е.В. Остаточный ресурс конструкций зданий и сооружений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 94-97.

7. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Стагинов В.В., Чернышева А.С. Актуальные проблемы промышленной безопасности / Zbornik radova: visoka tehnička škola strukovnih studija. Niš. Serbia. 2016. December. P. 164-165.

*УДК 692.232.7*

*Борисов И.С.*

*Научный руководитель: Беляева С.В., ст. преп.*

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
г. Санкт-Петербург, Россия*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАРКАСНО-ОБШИВНОЙ СТЕНЫ И СТЕНЫ ИЗ ГАЗОБЕТОНА ПО ПАРАМЕТРУ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ**

Активное строительство в наши дни требует применение эффективных, современных, а главное оригинальных технологий, которые не только ускорят, но и упростят строительство. Одним из сравнительно новых методов строительства наружных ограждающих конструкций в нашей стране является устройство каркасно-обшивных стен (КОС), теплотехнические свойства и связанные с ними аспекты, которых все еще являются обширным полем для исследования.

Цель работы. Произвести сравнительный анализ теплоизолирующих свойств двух составов элементов несущих стен, каркасно-обшивной стены и стены из газобетона, с учетом расположения объекта строительства в одном регионе, для последующего выбора наиболее выгодной конструкции с точки зрения сбережения тепла.

Для достижения поставленной задачи был проведен теплотехнический расчет в виде подбора толщины утеплителя для обоих составов ограждающих конструкций с последующим моделированием в программном комплексе.

Теплотехнический расчет производился согласно положениям СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»:

$$\delta_{\text{из}} = \lambda_{\text{из}} \cdot \left( \frac{R_0^{\text{ТР}}}{r} - \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} - \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right), \quad (1)$$

где:  $\delta_i$  — толщина слоя;  $R_0^{TP}$  — требуемое сопротивление теплопередаче ( $R_0^{TP} = 3,08 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ );  $r$  — коэффициент теплотехнической, учитывающий влияние стыков, откосов, проемов и других теплопроводных включений (согласно таблице 6 [1]  $r = 0,85$ );  $\alpha_n$  — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности (согласно таблице [1]  $\alpha_n = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ );  $\alpha_{вн}$  — коэффициент теплоотдачи к внутренней поверхности (согласно [1]  $\alpha_n = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ );  $\lambda_i$  — коэффициент теплопроводности материала слоя.

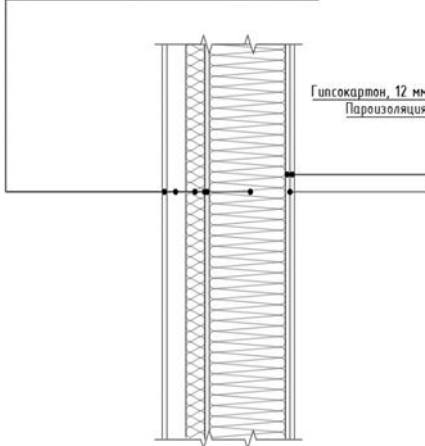
Выбранная для исследования каркасно-обшивная стена относится к классу А типу 3, согласно классификации [3]. Данный класс отличителен тем, что опирание происходит полностью на низлежащее перекрытие, а типаж отличается от остальных, установкой дополнительного теплоизоляционного материала в пространство между внешней обшивкой каркасно-обшивной стены и подконструкцией облицовки. Дополнительный теплоизоляционный слой утепляет в том числе боковую грань перекрытия, что в свою очередь позволяет избежать образования мостика холода.

Результаты теплотехнического расчета толщины утеплителя и составы сравниваемых стен приведены в (таблице 1).

Таблица 1 — Состав элементов стен

Наименование материала	Толщина, мм	Наименование материала	Толщина, мм
Каркасно-обшивная стена		Стена из газобетона	
Гипсокартон	12	Газобетон D300	200
Гипсокартон	12	Минеральная вата «Rockwool Лайт Баттс»	100
Пароизоляция	-	Гидроветрозащитная пленка	-
Минеральная вата «Rockwool Лайт Баттс»	200	Вентилируемый зазор	50
Плита АКВАПАНЕЛЬ	12,5	Керамогранитные плиты	12
Минеральная вата «Rockwool Лайт Баттс»	50		
Гидроветрозащита	-		
Вентилируемый зазор	50		
Керамогранитные плиты	12		

Керамогранитные плиты, 12 мм  
 Вентилируемый зазор 50 мм  
 Минеральная вата "Rockwool Лайт Баттс", 50 мм  
 Гидро-ветрозащитная пленка  
 Плита АКВАПАНЕЛЬ, 12,5 мм  
 Минеральная вата "Rockwool Лайт Баттс", 200 мм



Керамогранитные плиты, 12 мм  
 Вентилируемый зазор 50 мм  
 Гидро-ветрозащитная пленка  
 Минеральная вата "Rockwool Лайт Баттс", 100 мм  
 Газобетон D300, 200 мм

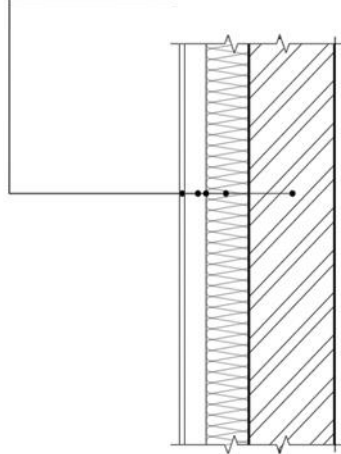


Рис. 1 Состав элемента каркасно-обшивной стены (слева) и стены из газобетона (справа)

Для сравнительного анализа произвели моделирование распределения температурных полей в программном комплексе ELCUT для двух составов элементов стен (рисунок 2 – рисунок 3).

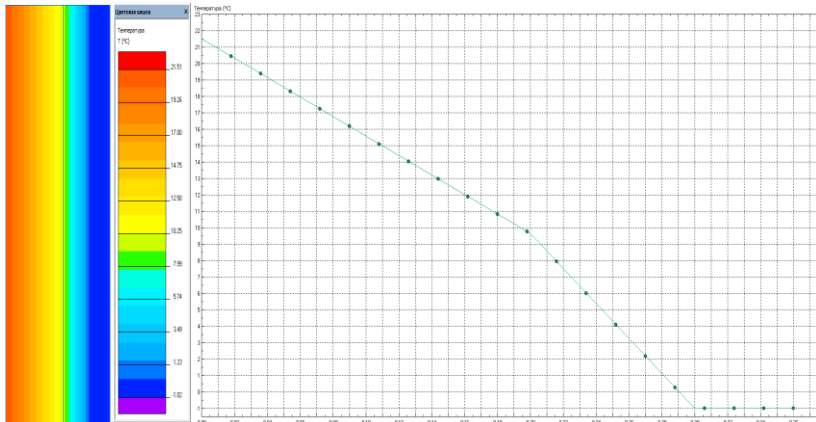


Рис. 2 Температурные поля и график распределения температур стены из газобетона

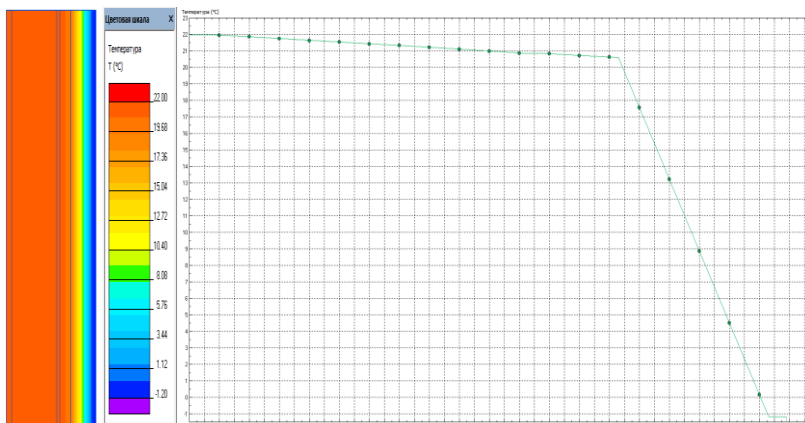


Рис. 3 Температурные поля и график распределения температур каркасно-обшивной стены

Характеристики обогреваемой поверхности соответствуют параметрам температуры жилого помещения, принятым по [1], а именно  $22^{\circ}\text{C}$ , параметры охлаждаемой поверхности были заданы согласно [3] —  $-1,2^{\circ}\text{C}$ .

Модели не отображают большое количество мостиков холода, расположенных горизонтально и вертикально на перфорированных профилях, а также зоны пересечения стоек ригелей, влияние которых описано в [6], показывая только идеализированный случай.

Вывод. По результатам моделирования, видно, что температуру, поддерживаемую в комнате здания, лучше сохраняет каркасно-обшивная стена, на границе первого изолирующего слоя температура падает всего на  $1^{\circ}\text{C}$ , в то время как в стене из газобетона на границе газобетона температура снижается на  $11^{\circ}\text{C}$  по сравнению с изначальной. Теплоизоляционные свойства выбранной каркасно-обшивной стены, согласно [4], при правильном подборе толщин основной и дополнительной теплоизоляции могут быть повышены на 25-120%, что является большим преимуществом по сравнению с обычной стеной из газобетона с одним теплоизоляционным слоем. Перепад температур между внутренней поверхностью стены и температурой воздуха помещения удовлетворяют требованиям [1], однако согласно исследованиям, описанным в [5], на легкие ограждающие конструкции (КОС) имеет влияние воздухопроницаемость, что искажает результаты полученных данных и создает потребность в испытаниях в реальных условиях.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – М.: Минрегион России, 2012 – 31 с.;
2. ГОСТ Р 58774-2019 Стены наружные каркасно-обшивные самонесущие и несущие с каркасом из стальных холодногнутых оцинкованных профилей. Общие технические условия. – М.: Минрегион России, 2019 – 36 с.;
3. СП 131.13330.2018 Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99\*. Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2018. – 113 с.;
4. Местников А.Е., Корнилов Т.А., Егорова А.Д., Рожин В.Н. Легкие ограждающие конструкции жилых зданий для резко континентального климата Севера // Жилищное строительство. 2010. №1;
5. Шалагин И.Ю. Аспекты теплотехнического расчета легких ограждающих конструкций // ИВД. 2015. №2-2.
6. Безбородов Е.Л. Наружные стены с каркасом из легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) // Инновации и инвестиции. 2018. №2.

**УДК 693.28**

***Бурякова Н.С., Попова Г.Н.***

***Научный руководитель: Складнев А.И., д-р техн. наук, проф.***

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет», г. Липецк, Россия*

### **ОБЪЕМНО-БЛОЧНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО: ОСОБЕННОСТИ, ПРЕИМУЩЕСТВА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ**

В настоящее время остаются актуальными индустриальные методы в строительстве, способствующие сооружению объектов с высокими эксплуатационными качествами в условиях ограниченных временных и финансовых возможностей, что подтверждается рядом правительственных мер, таких, как национальный проект «Жилье и городская среда». Одним из решений проблемы повышения индустриализации строительного производства является строительство зданий из объемных блоков, основанное на укрупнении строительных элементов и обеспечении их максимальной степени готовности.

Сущность метода заключается в перенесении 65 % технологических операций в заводские условия, что сокращает сроки строительства в 2-3 раза, стоимость – на 10-15 %, число типоразмеров – в 5-6 раз [1].

Укрупнение сборных элементов представлено крупноблочным строительством, развивавшимся в нашей стране с 1930-х гг. [2]. Дальнейшая индустриализация привела к разработке в СССР в 1950-х гг. конструкции объемных блоков с последующим внедрением в 1960-1970-х гг.

Объемные блоки представляют собой пространственные тонкостенные конструкции для разделения здания на законченные ячейки с преимущественно готовым набором оборудования и инженерных сетей, отделкой, производящиеся из бетонных и небетонных, а также смешанных материалов. Ограждения являются слоистыми и состояются из двух стенок и воздушной прослойки между ними. Распространено следующие конструктивное решение: наружный слой из керамзитобетона (70 мм), теплоизоляционный слой из пенополистирола (190 мм), внутренний железобетонный слой (70 мм). Сравнительный анализ данной стеновой конструкции с панельной толщиной 300 и 350 мм показывает соответствие теплотехническим и санитарно-гигиеническим нормам для жилых зданий [3].

Габаритные размеры объемных блоков принимаются в зависимости от грузоподъемности рабочего оборудования, ограничений при транспортировке и выбираются кратными укрупненным модулям 6М (600 мм) и 3М (300 мм).

Объемные блоки классифицируют *по назначению* (комната, кухня и т.д.); *по размерам* (на комнату и несколько помещений); *по замкнутости объема* (замкнутые и незамкнутые); *по степени заводской готовности* (полной и неполной готовности); *по конструктивно-технологическому типу*: «колпак», «стакан», «лежащий стакан», «труба», «стол», «кольцо» [4].

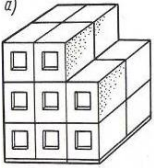
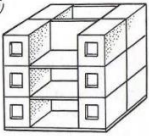
Разработаны различные объемно-блочные конструктивные системы: объемно-блочная, блочно-стеновая, каркасно-блочная и ствольно-блочная. Комбинации с условиями опирания (точечным и линейным опиранием) и конструктивным решением (каркасным или бескаркасным) способствуют большей универсальности конструкций.

Особенности работы конструкции в здании зависят от деления на несущие и ненесущие блоки, причем вторая разновидность воспринимает лишь полезные нагрузки с собственным весом и может выполняться из энергоэффективных облегченных материалов как многослойная конструкция, что решит вопрос теплоизоляции. Работа несущих блоков под нагрузками обеспечивается усилением углов

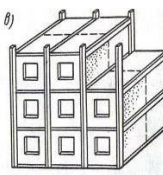
вугами и специальными вертикальными ребрами (при точечном опирании); стенами блоков (при линейном опирании). Звукоизоляция предусматривается введением раствора или наложением упругих прокладок на межблочные стыки.

Анализ особенностей и сфер применения различных конструктивных систем приведен в (таблице 1):

Таблица 1 – Конструктивные схемы объемно-блочного строительства

	Планировочные приёмы	Преимущества	Сферы применения	Схема
Объемно-блочная	Соосное расположение, продольный и поперечный сдвиг, поворот блоков на 90°, раздвижка, выдвигание из фасадной плоскости, установка поперек нижележащих блоков	Свобода ориентации блоков в пространстве, многообразие архитектурно-планировочных решений, функциональность	Устройство галерей, террас, эркеров, лоджий в различных типах жилых зданий до 16 этажей при залегании обычных и сложных грунтов	
Блочно-стеновая	Опирающие панельные перекрытия на продольные и (или) поперечные стены, на объемные блоки, на объемные блоки и панельные стены	Разнообразие планировочных решений квартир с габаритами помещений до 6 м, короткие сроки возведения, меньшая трудоемкость	Большие пролеты и пространства помещений, индустриализация крупнопанельных сооружений	



Каркасно-блочная	<p>Стойчный безригельный каркас, полный стоечно-ригельный каркас и прочие комбинации</p>	<p>Четкое распределение функций несущих и ненесущих блоков, эффективная теплоизоляция, облегчение ненесущих элементов, замена блоков при эксплуатации</p>	<p>Проектирование больших протяженных площадей, зданий повышенной этажности, уникальных сооружений</p>	
------------------	--	---	--	---

С точки зрения архитектурной выразительности объемно-блочные здания не уступают другим строительным объектам за счет возможности применения современных пространственных композиций, глубинно-пространственных приемов компоновки фасадов. Гармоничное сочетание с другими архитектурно-конструктивными решениями позволяет запроектировать комфортную городскую среду.

Сферы применения объемно-блочного строительства: массовое жилищно-гражданское строительство за счет возможности стабилизации композиционных решений индивидуальных квартир; возведение нежилых сооружений (административно- и культурно-бытовых), общественных зданий ячеечного типа, в том числе с временным пребыванием людей (санаторно-курортные учреждения, гостиницы и др.).

Способ строительства из объемных блоков находит применение в сейсмически опасных, труднодоступных районах и зонах вечной мерзлоты, где целесообразно использование блоков неполной заводской готовности.

Преимуществами объемноблочного строительства являются:

- возможность ограждения помещений различной конфигурации в плане (прямоугольной, косоугольной, прямолинейной), трансформации блоков, многочисленные вариации блоков в зависимости от наличия и комбинации граней, разнообразная ориентация блоков в пространстве;
- сокращение временных, финансовых, трудовых затрат, снижение трудоемкости за счет применения блоков типовых унифицированных габаритных размеров наибольшей степени заводской готовности;

– механизация и индустриализация строительных процессов, уменьшение отрицательного воздействия внешних условий на строительной площадке на качество работ;

– отсутствие необходимости выполнения отделочных работ для ряда изделий;

– особенности работы конструкции позволяют применять энергоэффективные материалы.

Производственная база объемно-блочных конструкций в России представлена Краснодарским заводом ОБД, заводом «Выбор-ОБД» в Воронеже, ОАО АПСК «Гулькевичский», Московским экспериментальным заводом объемных инженерных сооружений «ЭЗОИС» и др. Сравнительный анализ отечественной базы ОБД приведен в (таблице 2):

Таблица – 2

Наименование	Технология	Конструктивный тип	Стеновая конструкция	Этажность	Наибольшие размеры блока, мм
Краснодарский завод ОБД	«Лежащий стакан»	Блочный	Трехслойная	16	6000 х 3600, 7200 – с балконом
Завод «Выбор-ОБД» (Воронеж)	«Колпак»	Блочный	Утепленные минеральной ватой, вентфасад	17	6000 х 3600, 7200 – с балконом
ОАО АПСК «Гулькевичский»	«Лежащий стакан»	Блочно-панельный	Трехслойная	16	6000 х 3300, 7200 – с балконом

Однако сооружение зданий из объемных блоков имеет ряд трудностей, к которым относятся необходимость применения техники повышенной грузоподъемности, особые требования к подъездным путям строительной площадки и сложности транспортировки блоков в крупных городах. Указанные факторы в совокупности замедляют

темпы развития объемно-блочной технологии строительства в массовом домостроении.

В связи с этим предлагаются возможные пути развития данной технологии:

1. Восстановление и расширение профильного производства блоков и панелей «на комнату» с установленными в заводских условиях коммуникациями, что ускорит темпы современного строительства.

2. Создание новых и восстановление имеющихся предприятий ОБД и КПБ. Развитие заводов, ориентирующихся на выпуск объемных блоков, должно зависеть от конкретного региона. Так, в промышленных центрах, городах металлургического профиля целесообразно строительство крупных стационарных заводов с расчетом на возможность применения отходов промышленности при изготовлении блоков. В сельской местности и малых населенных пунктах альтернативой станет наличие простейших полигонов.

3. Внедрение инновационных решений объемных и крупных блоков. Так, были проведены исследования, доказывающие целесообразность новой конструктивной системы крупноблочного домостроения из клееной древесины [5]. Возможна модернизация ранее использовавшихся материалов, применение современных и экспериментальных видов бетона, рассмотренных в ряде научных исследований, например, самовосстанавливающегося бетона [6].

– анализ разновидностей и преимуществ объемно-блочного домостроения доказывает целесообразность дальнейшего развития технологии;

– к сферам применения крупноблочного строительства относятся массовое жилищное, общественное, промышленное строительство;

– прогрессивность применения объемных блоков состоит в снижении трудоемкости процессов на строительной площадке за счет механизации и индустриализации, сроков возведения зданий и стоимости строительства; повышении производительности труда;

– для дальнейшего развития рассматриваемой технологии необходимо наладить и расширить промышленный выпуск блоков и панелей «на комнату» с установленными коммуникациями, проанализировать особенности районов строительства, определив тем самым различные пути развития объемно-блочного домостроения; возможно внедрение инновационных решений блоков.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тешев И.Д. Объемно-блочное домостроение / И.Д. Тешев, Г.К. Коростелева, М.А. Попова. – Текст: электронный // Жилищное строительство. – Москва: ООО Рекламно-издательская фирма «Стройматериалы», 2016. – С. 26-33. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obemno-blochnoe-domostroenie> (дата обращения: 28.03.2022).

2. Крупноблочное строительство в Ленинграде / К. Д. Халтурин, И. М. Чайко, С. Л. Голубев [и др.]; под общ. ред. Б. Д. Васильева; Академия строительства и архитектуры. Ленинградский филиал. – Ленинград: Государственное Издательство литературы по строительству и архитектуре, 1957. – 97 с.: ил., табл., схем. – Библиогр.: с. 92-94 – На обороте тит. л. авт.: архитекторы К. Д. Халтурин, И. М. Чайко, инж. С. Л. Голубев и др. – 8000 экз. – Текст: непосредственный.

3. Ализаде С.А. Объемно-блочное домостроение: опыт и перспективы развития / С.А. Ализаде. – Текст: электронный // Архитектура и дизайн. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «НБ-Медиа», 2017. – № 1. – С. 38 - 52. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obemno-blochnoe-domostroenie-opyt-i-perspektivu-razvitiya> (дата обращения: 28.03.2022).

4. Пономарёв В.А. Архитектурное конструирование: учебник для вузов / В.А. Пономарёв. – Москва: «Архитектура-С», 2008. — 736 с.: ил. – ISBN: 978-5-9647-0138-5. – Текст: непосредственный.

5. Турковский С.Б. Новая конструктивная система крупноблочного домостроения из клееной древесины / С.Б. Турковский, А.А. Погорельцев. – Текст: электронный // Вестник НИЦ «Строительство». – Москва: АО «НИЦ «Строительство», 2021. – С. 55-62. – URL: <https://vestnik.cstroy.ru/jour/article/view/119/119> (дата обращения: 28.03.2022).

6. Ребриков С.А. Самовосстанавливающийся бетон в строительстве / С.А. Ребриков. –Текст: непосредственный // Материалы областного профильного семинара «Школа молодых ученых» по проблемам технических наук. – Липецк: ЛГТУ, 2021. – С. 84-85.

7. Плотникова Д. Ю. Влияние благоустройства города на жизнь человека / Д.Ю. Плотникова, М.А. Рогатовских. – Текст: непосредственный // Сборник трудов научно-практической конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2020. – С. 99-101.

8. Грачева Е.К. Модульная технология в строительстве / Е.К. Грачева. – Текст: непосредственный // Материалы областного профильного семинара «Школа молодых ученых» по проблемам технических наук. – Липецк: ЛГТУ, 2021. – С. 44-46.

*УДК 678*

*Ватаман В.Ю.*

*Научный руководитель: Наумова Л.Н., доц.*

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

## **ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С АНТИСТАТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДИАНОВОЙ СМОЛЫ**

XXI век – век композитных материалов, прочно входящих во все области и сферы жизнедеятельности человека. Природные и синтетические материалы прошлых лет не удовлетворяют требованиям конструкторов, архитекторов и технологов современного времени.

Преимущество композиционных материалов заключается в том, что в сочетании различных веществ проявляются их лучшие стороны, в той степени, в которой это требуется для определенной области.

Наибольшим спросом для строительной промышленности пользуются полимерные композиционные материалы (ПКМ), проявляющие защитные свойства, не только антикоррозионные, но антистатические [1].

Целью данной работы являлось получение полимерного композиционного материала для строительной промышленности на основе полимерной матрицы с применением эпоксидной смолы, токопроводящего наполнителя и природных хризотилowych волокон.

Полимерные композиционные покрытия в настоящее время являются наиболее востребованными в различных отраслях промышленности и определяют уровень научно-технического прогресса. В настоящее время быстрыми темпами развивается производство порошковых красок. По технологичности, удобству применения и эксплуатационным характеристикам покрытий во много превосходят жидкие лакокрасочные материалы. Современные порошковые лакокрасочные материалы за относительно короткий промежуток времени не исчерпали все возможности

совершенствования рецептур и расширения ассортимента, а также модернизации технологии их производства и нанесения. Получение порошковых красок методом напыления на основе полиэфирного связующего и наполнителя на основе природных волокон до настоящего времени является актуальным.

Пластмассы – это материалы на основе полимеров, содержащие различные присадки, улучшающие физико-химические и эксплуатационные свойства материала.

### 1. Дисперсные наполнители

Группа дисперсных наполнителей является наиболее разнообразной по свойствам. Более или менее эффективно используются практически любые поддающиеся измельчению продукты как неорганического, так и органического происхождения.

Из органических дисперсных наполнителей наибольшее распространение получила древесная мука, представляющая собой тонкоизмельченную и высушенную древесину волокнистой структуры. Размеры ее частиц составляют менее 100 мкм, насыпная плотность – 150 кг/м<sup>3</sup>. Древесная мука используется для производства пресс-порошков и алкидных линолеумов. Ее достоинства – низкая стоимость, хорошая пропитываемость растворами, а недостатки – невысокая химическая и тепловая стойкость, гидрофильность.

Порошкообразные синтетические полимеры, например, тонкодисперсный фторопласт Ф-4 относятся также к дисперсным наполнителям. Он используется в качестве антифрикционного наполнителя для терморезистивных матриц.

Из неорганических тонко- и среднедисперсных наполнителей наибольшее распространение получили сажа, мел, каолин и природный диоксид кремния.

Хризотил продолжают применять для наполнения термо- и реактопластов. Он повышает прочность пластмасс, увеличивает их сопротивляемость старению и горению. В качестве антипиренов используют также сульфаты бария и кальция [2].

### 2. Волокнистые наполнители

Волокнистые наполнители по разнообразию ассортимента существенно уступают дисперсным. Наиболее распространёнными среди них являются, углеволокна, хлопчатобумажные и синтетические волокна, а также отходы их производства.

Волокна бывают рублеными и непрерывными в виде войлока или ровницы. Поэтому волокнистые наполнители могут проявлять свойства как близкие к дисперсным материалам, так и усиливающие. Использование рубленого волокна, особенно коротковолокнистого,

позволяет перерабатывать полимерные материалы в изделия методами экструзии или литья под давлением. Оптимальная концентрация свойств рубленых волокнистых наполнителей приходится на 40-50%.

Традиционным волокнистым наполнителем являются стекловолокна (СВ). К недостаткам стекловолокон относят их хрупкость и наличие аппретирующих покрытий, снижающих адгезию к полимеру.

Углеродное волокно (УВ) получают высокотемпературной обработкой синтетических волокон из полиакрилонитрила, пека или других полимеров в среде инертного газа. Поэтому УВ обладает лучшими характеристиками по сравнению с СВ [3].

### 3. Типы структур армирования

Под структурой армирования понимается расположение усиливающего наполнителя в матрице связующего полимера. Типы структур армирования:

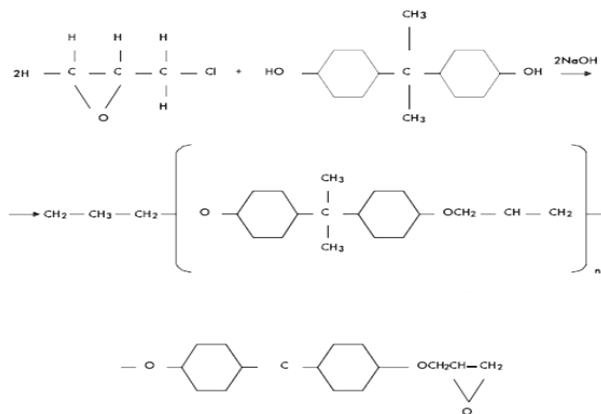
1. Однонаправленное – элементы наполнителя ориентированы по одной из пространственных осей.

2. Армирование в двух направлениях (плоскостное) – достигается укладкой тканых или листовых наполнителей.

3. Армирование в трех направлениях – достигается созданием каркасной или сотовой структуры.

Для получения полимерного композита с антистатическими свойствами использовали в качестве полимерной матрицы эпоксидную смолу с отвердителем, в качестве токопроводящего элемента – графит и волокна хризотила – для придания композиту специальных свойств.

Наибольшее применение находят эпоксидные смолы, получаемые из дифенилолпропана и эпихлоргидрина, называемые диановыми (смолы типа ЭД). Обычно эпоксидные смолы – твердые продукты или высоковязкие жидкости, растворимые в большинстве полярных растворителей. Для получения эпоксидных смол применяют эпихлоргидрин и дифенилолпропан. Реакция получения эпоксидной смолы протекает по следующей схеме:



Реакция протекает в щелочной среде в присутствии раствора NaOH.

Преимущества использования эпоксидных смол:

1. Возможность получать связующие в жидком и твердом состоянии;
2. Способность отверждаться в широком диапазоне температур; и подложек;

Получение композита проводили в лабораторных условиях и приготавливали несколько составов, а именно:

В пластмассовую формочку налили 10г эпоксидной смолы, 0,2 г графита и равномерно перемешали, после чего добавили 2г отвердителя и оставили на 24 часа при комнатной температуре.

В пластмассовой формочке смешали 10г эпоксидной смолы с 3,2 г ацетона и перемешали в течение 1-2 мин, после чего добавили 2г отвердителя и оставили на 24 часа при комнатной температуре.

В пластмассовой формочке смешали 10 г эпоксидной смолы, 0,2 графита, 0,2 хризотил асбеста и добавили 2 г отвердителя, перемешивали в течение 1-2 мин и оставили на 24 часа при комнатной температуре.

В пластмассовой формочке смешали 10 г эпоксидной смолы и 3,2 г ацетон, перемешивали в течение 1-2 минут, после чего добавили уже перемешанные 0,2 г графита и 0,2г хризотил асбеста, перемешали и добавили 2 г отвердителя. Оставили на 24 ч при комнатной температуре.

По прошествии срока отвердевания, полученные образцы извлекли без повреждений из пластмассовых форм. Дальнейшие эксперименты



будут направлены на изучение свойств полученного композита как обладающего токопроводящими свойствами, так и специальными за счет модифицирования полимерной матрицы, так и компонентов самой композиции.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Голубчиков И.А. Композиционные материалы // В сборнике: Современное состояние, проблемы и перспективы развития отраслевой науки. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. 2017. С. 19-21.

2. Наумова Л.Н., Сухоребров Д.Г. Использование электроповерхностных свойств хризотила в производстве композиционных материалов // В сборнике: Образование, наука, производство. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 130-132.

3. Кочнева А.В., Малкина К.А. Регулирование свойств композиционных материалов на основе волокнистых наполнителей // В сборнике: IX Международный молодежный форум "Образование. Наука. Производство". 2017. С. 99-103.

4. Петрова Н.С., Саерова К.В., Байгильдеева Е.И. Эпоксидная смола. Её применение и модификация // В сборнике: Актуальные вопросы теории и практики развития научных исследований. сборник статей Международной научно-практической конференции. 2019. С. 123-126.

**УДК 694**

***Ватаман В.Ю.***

***Научный руководитель: Шорстова Е.С., асс.***

*Белгородский государственный технологический университет*

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

## **ОСНОВНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ**

Главным методом изучения повреждений и причин их появления представляется исследование эксплуатируемых конструкций, позволяющее более точно изобразить вид дефектного состояния и главных факторов его возникновения [1].

Биологические и механические повреждения больше всего распространены в деревянных конструкциях [2].

– Биопоражение деревянных конструкций

Биологические повреждения древесины представляют собой ухудшение ее внешнего вида [3] или снижение прочности под воздействием биологических факторов.

Биологические повреждения показывают, как ухудшился внешний вид древесины или снизилась прочность под действием биологических факторов [3].

Самыми вероятно страшными вредителями древесины представляются насекомые. В результате их действия возникают червоточины и прожилки. Еще имеется состав паразитных растений и животных, даже птицы.

– Насекомые

Дереворазрушающие насекомые – насекомые, разрушающие древесину подрастающих деревьев и древесину при её выдерживании и использовании. Древесину разрушают всевозможные насекомые – усачи, златки, короеды, долгоносики, дровосеки, бабочки, термиты, муравьи и др.

Температура, подходящая для жизнедеятельности насекомых 18-20 градусов, условная влага атмосферы 60-80%. Личинки насекомых делают в древесине проходы и отверстия – червоточины. Данный характер повреждения инициируют короеды - разносчики спор грибов, они упрощают ход воздуха и улетучивание воды, а это – подходящие обстоятельства для формирования грибов.

– Механические повреждения древесины.

Согласно стандарту 2140-71 главными пороками древесины являются: сучки и трещины.

– Сучки

Сучки — это оставшиеся в древесине начала ствола веток — жизнеспособных либо омертвевших во время жизнедеятельности древесины. Сучки представляют собой обязательную принадлежность всех круглых лесоматериалов, и всегда составляют какую-то долю в деталях, шпоне и др.

По своему происхождению сучки разделяются на первичные и вторичные. Первичные сучки — основания боковых ветвей, образованных в следствии формирования ростовых почек. Вторичные сучки образуются в следствии формирования превентивных почек, что размещаются в нижней части отростка и отступают от середины ствола.

По физиологическому значению сучки делятся на живые и отмершие. Живые сучки объединены с функциональными ветвями, отмершие сучки появляются в следствии отмирания веток древесины и располагаются в нижней части.

По степени загнивания сучки делятся на здоровые и гнилые.

Здоровые сучки — сучки без признаков мягкой гнили, которые сохраняют хорошую твердость, окраску и структуру. Здоровые сучки делятся на светлые, т. е. не отличаются по цвету от самой древесины и темные, т. е. пропитанные смолой, дуоильными веществами и более темнее самой древесины, намного твёрже чем светлые.

Гнилые сучки имеют измененный цвет и структуру и делятся на окрашенные, загнившие, гнилые и табачные.

Загнивший сучок охвачен здоровой древесиной, он не меняет форму, но теряет свое изначальное строение и размягчается. Цвет становится серым с вкраплениями черного или белого.

Гнилой сучок, полностью либо наполовину разложившийся с изменением структуры и твердостью, легко разрушается. Цвет такого сучка бывает грязно-серым, бурым или пёстрым.

Табачный сучок — сучок, абсолютно разложившийся и преобразовавшийся в бурую или белую массу, расщепляющийся в порошок при растирании пальцами.

Сучки проявляют негативное воздействие на качество дерева, потому что они инициируют искажение годовых слоев и нарушают однородность [4]. Присутствие сучков усложняет механическую обработку, содействует неровному изнашиванию, приводит к увеличению расхода древесины в связи с созданием достаточного запаса прочности, сокращает выход деталей из пиломатериалов.

– Трещины.

Трещины делятся на разновидности:

- По типам: морозная, трещина усушки, отлупная, метиковая.
- По положению в сортименте: боковая, кромочная, торцовая.
- По глубине: несквозная (неглубокая и глубокая), сквозная.

Трещины возникают в дереве по мере роста. На их устройство действуют естественные условия и внутренние напряжения, образовавшиеся в стволе. По видам трещины разделяют на: метиковые, морозные и отлупные.

Морозные трещины возникают в следствии расширения внутренней влажности при больших морозах. В итоге появляются сквозные трещины, направленные радиально.

Нормативы признаков пороков, терминология каких зависит от их важности, популярности и присутствия корреляционной связи с показателями прочности, заложены в действующие ГОСТы. В сегодняшнее время главным нормативным документом, который регламентирует условия к качеству древесных конструкций - СНиП II-25-80, согласно данному документу в конструкциях подбает

использовать древесину 1-, 2- и 3-го сортов по ГОСТ 2695-81, ГОСТ 9462-71, ГОСТ 8486-86 и ГОСТ 9462-71 на пиломатериалы и круглые лесоматериалы [5].

Известно, что ключевыми сортообразующими пороками представлены сучки. Их удельный вес среди главных пороков представляет 69-98%.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гуров А.Ф., Фокин В.Н. Основные пороки древесины осины и березы и их влияние на выход деловой древесины // Лесной вестник (1997-2002). 2000. № 4. С. 92-95.

2. Клевцова Е.Ю., Дубраков С.В. Виды дефектов деревянных конструкций // В сборнике: Наука молодых - будущее России. сборник научных статей международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 3 томах. Юго-Западный государственный университет. 2016. С. 44-46.

3. Пауль Э.Э., Звягинцев В.Б. Древесиноведение с основами лесного товароведения // Учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальностям "Технология деревообрабатывающих производств", "Лесоинженерное дело" / Минск, 2015.

4. Губенко Л.А., Хандов М.Г. Оценка прочности на растяжение деревянных элементов при наличии сучков // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2015. № 1 (343). С. 103-107.

5. Кунцев А.С., Овсянников С.И. Комплексное использование лесных ресурсов белгородской области // В сборнике: Современные технологии деревообрабатывающей промышленности. Материалы международной научно-практической онлайн- конференции. 2018. С. 235-243.

**УДК 694**

**Гетманов С.Н.**

*Научный руководитель: Шорстова Е.С., асс.*

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

## ТЕХНОЛОГИЯ И СПОСОБЫ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

Древесина, применяемая в строительстве различных домов из бревна, профилированного и двойного бруса предварительно

подвергается специальной обработке сушкой. Данный процесс осуществляется за счёт удаления влаги из древесины путём испарения. Без него любые изделия из древесины рассыхаются и деформируются. Технология сушки древесины проводится различными способами. [1]

Древесину можно сушить естественным способом на открытом воздухе. Этот процесс занимает несколько месяцев и требует специально подготовленного места. Поэтому большей популярностью пользуются сушка в специальных сушильных камерах. Этот способ используют большинство предприятий. Однако он приводит к появлению трещин и значительно снижает качество изделий. Наиболее оптимальной является конденсационное высушивание.

Как уже было сказано, естественный процесс сушки занимает длительное время. Это наиболее щадящий процесс, при котором появляется минимум трещин и других дефектов. Для организации данного метода подготавливают специальное место, где древесина будет защищена от попадания прямых солнечных лучей и осадков.

Естественные условия способны снизить влажность древесины до 18-22%, с учётом, что свежесрубленное дерево имеет влажность от 50 до 100% в зависимости от породы и климатических условий произрастания. Это легкая и доступная организация сушки, которая не требует специального оборудования и соблюдения температурного режима. Главным минусом является маленькая интенсивность и длительность процесса. [3]

Искусственная сушка в камерах - это более быстрый и выгодный вариант. Он способен снизить влажность древесины до 10-18%, позволяет контролировать сам процесс и регулировать температуру. Для правильной работы камеры пиломатериалы укладывают в штабеля, которые должны состоять из изделий одной породы и иметь одинаковую толщину.

Главное преимущество заключается в оперативности. Весь процесс занимает около недели. Кроме того, в процессе материал можно обработать специальными защитными средствами, которые защитят материал от негативного влияния окружающей среды. Такая обработка защищает брус или другой материал от гнили, плесени и растрескивания.

Главным недостатком искусственного метода можно выделить появление больших трещин в материале. В камере из-за высокой температуры влага испаряется слишком быстро, а древесина высушивается неравномерно. Влага внутри материала испаряется медленнее, чем с поверхности. Это приводит к образованию трещин и при изготовлении, и в процессе эксплуатации. [3]

Современный способ с использованием оборудования, передающего тепло с помощью инфракрасного излучения – инфракрасная сушка. Это один из самых быстрых вариантов сушки пиломатериалов, который занимает от 3 до 7 дней в зависимости от вида дерева. Время сушки опилок составит полчаса. Данный процесс протекает при температуре 50-60 градусов, что сохраняет структуру дерева и защищает его от растрескивания.

Инфракрасные камеры способны равномерно удалять влагу из древесины, а так же являются экономичными и комфортны в использовании. Однако при использовании камеры в помещении из-за отсутствия воздушных потоков на некоторых участках пиломатериалов возможно появление плесени. Поэтому сушить следует на открытом воздухе под навесом.

Вакуумная сушка древесины предполагает использование камеры, в которой образуется вакуум. Этот универсальный способ подходит для любого вида пиломатериалов и древесины. Он совмещает в себе использование старых и современных технологий. Данный способ выделяется высоким качеством и оперативностью. На сушку бревна диаметром 250 мм или на брус сечением 150x150 требуется от 17 до 20 часов.

Сушка в вакууме протекает равномерно и не приводит к растрескиванию дерева. Кроме того, из древесины удаляется смола. Вакуумные сушильные камеры просты в использовании, но при этом они не пользуются спросом, так как имеют высокую стоимость и тратят много электроэнергии. Всё это повышает затраты на производство и на готовые пиломатериалы. [2]

Конденсационная сушка древесины, является популярным методом, в котором сочетаются оптимальная стоимость и исходное качество. Древесина сохнет при низких температурах с использованием печи и холодильного оборудования. Удаление влаги происходит за счёт образования конденсата, что делает сушку равномерной и в меру щадящей. Поэтому изделия получаются качественными и прочными, кроме того они не имеют трещин и производственного брака.

Сушка при помощи конденсата потребляет умеренное количество энергии, что делает исходные пиломатериалы доступными и недорогими. Бревна и брус получаются ровными и эстетически привлекательными без трещин и других дефектов. Однако использование такой сушка не рационально для мелких пиломатериалов и изделий. Она больше подходит для крупногабаритных лесоматериалов с большим сечением, которые нуждаются в бережной и щадящей сушке.

Для каждого вида пиломатериалов и задач выбирается собственная технология. Так на пример для качественной сушки доски, сушки лиственницы, сосны, осины, липы, бука, дуба, других ценных пород, бруса, топяка выбирается именно вакуумная технология. Сушилки превосходно справляются с сушкой хвойных, твердолиственных пород. Снижают сроки сушки и уменьшают себестоимость продукции. [4]

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Киселева А.В. тексты лекций для студентов специальности 250403 - Технология деревообработки / Воронеж, 2009.

2. Галяветдинов Н.Р., Мухаметзянов Ш.Р., Хакимзянов И.Ф., Кайнов П.А. Деревообрабатывающая промышленность. 2015. № 2. С. 16-20.

3. Сафин Р.Р., Кайнов П.А., Сафин Р.Г. Актуальные проблемы лесного комплекса. 2004. № 8. С. 255-257.

4. Кушцев А.С., Овсянников С.И. Комплексное использование лесных ресурсов белгородской области // В сборнике: Современные технологии деревообрабатывающей промышленности. Материалы международной научно-практической онлайн- конференции. 2018. С. 55-81

**УДК: 694.7**

*Гиренко М.Ю., Кудрявых А.Д.*

*Научный руководитель: Шорстова Е.С., асс.*

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

## **ДЕРЕВО В ИНТЕРЬЕРЕ ДОМА**

Ни для кого не секрет, что деревянные изделия и декор гармонично дополняют дизайн помещения, придавая ему солидный вид. Именно дерево вносит в наш дом уют, позволяя комфортно себя чувствовать. В интерьере с древесными изделиями всегда чувствуется связь с природой. Этот материал является натуральным, экологичным и абсолютно безопасным для здоровья, он продолжает жить и дышать, придавая помещению особенно приятную атмосферу [3]. Также дерево является универсальным материалом для постройки, обладающим высокой прочностью, легкостью в обработке и долговечностью [5].



Рис.1 Дерево в интерьере

Часто используемыми породами древесины в отделке и декоре интерьера являются сосна, ясень и дуб. Наиболее универсальной является сосна. Это бюджетная порода, которая отлично впитывает влагу и рассыхается, устойчива к короблению, хорошо поддается всем видам обработки и легко окрашивается. Древесина дуба отличается своей дороговизной, обусловленной высокой прочностью породы, влагостойкостью и широким диапазоном цветовой палитры. Ясень выделяется своей пластичностью, позволяющей делать сложный декор, впрочем, древесина дуба и ясеня в работе ведет себя схоже.

Дерево предоставляет нам возможность смело мыслить и экспериментировать со всеми дизайнерскими задумками. Можно менять фактуру от шершавой до почти зеркальной, цветовая палитра настолько богата, что цвета можно выбирать от белого до глубокого черного, от нежного молочного до насыщенного каштанового. Исходя из всего этого, дерево можно использовать для реализации самых интересных и необычных идей создания интерьера.

Современные специалисты разрабатывают большое количество дизайнерских решений, например, сейчас в Европе набирают популярность использование потолочных балок из дерева. Дело в том, что они создают в жилище ощущение прочного строения с богатой историей. Такие деревянные балки смотрятся очень эффектно, особенно находясь в контрасте со стенами и потолком.



Также трендом при оформлении жилища стали так называемые «деревянные обои». Они могут быть гладкими или фактурными, иметь узор или же не иметь его. Такие обои прекрасно подходят для оформления кухонь, спален и гостиных.

Еще одним смелым и необычным решением является декор из элементов дерева [4]. Например, для оформления журнального столика или столешницы может быть использован торцевой спил дерева, на каминной полке будут отлично смотреться различные коряги или корень старого дерева, а необычно и изящно изогнутая древесная ветвь, прикрепленная к стене, может заменить целое панно. Они подарят тепло и создадут неповторимую уютную атмосферу в доме.

Конечно, элементы дерева очень выигрышно смотрятся в композиции помещений, но все равно главную роль играет мебель. В век развития промышленности и высоких технологий экологичность мебели считается серьезным преимуществом. Натуральное дерево является экологически чистым, в нем отсутствуют вредные вещества, негативно сказывающиеся на здоровье человека. Тем не менее, у каждой породы древесины есть своя собственная энергетика. Дуб, сосна, бук, акация, береза, рябина и клен являются деревьями-донорами, т.е. они делятся своей природной энергией с человеком, тем самым поддерживая его жизненную силу. А вот осина, тополь, ива, каштан и черемуха считаются деревьями-вампирами, они приносят в помещение дополнительную визуальную нагрузку, которую порой человек не может воспринимать, что сказывается на здоровье. Большинство остальных деревьев являются нейтральными и никак не воздействуют на самочувствие человека.

После того, как дизайнеры и заказчики определились с породой дерева, из которой будет изготовлена мебель, стоит учесть несколько особенностей планировки:

1. Древесные изделия очень тяжелые и перемещать их довольно проблематично, особенно если речь идет о массивном гарнитуре. Поэтому лучше сразу определить место расположения.

2. Качество дерева может испортиться из-за неправильных условий эксплуатации. Нанести вред внешнему виду дерева могут следующие негативные факторы — холодный воздух, частые перепады температур и повышенная влажность.

При выборе мебели из древесины стоит учитывать и стиль помещения, и его назначение [1].

Так в прихожей будет уместна стеновая отделка. Если комната небольшая, то стоит обратить внимание на материалы светлых тонов, для визуального расширения пространства. Важно, чтобы стеновая

отделка и напольное покрытие не были одного цвета, иначе будет ощущение нахождения в коробке.

Для оформления гостиной используют дорогие и качественные материалы, так как очень важно создать в этой комнате торжественную и одновременно уютную атмосферу. Предпочтение следует отдать мебели строгих линий, так как она отлично впишется в различные стили (лофт, минимализм, кантри и классика). Разнообразить помещение можно оригинальными декоративными деревянными панелями с интересной структурой. Дерево теплых тонов будет отлично сочетаться с холодными материалами (металл, стекло) и натуральной кожей или экокожей.

Спальня — место для дневного отдыха и ночного сна, именно поэтому здесь следует располагать мебель светлых тонов, способную создать приятную расслабляющую атмосферу. Если спальня маленькая, то можно использовать глянцевые поверхности, так комната будет казаться выше, а благодаря светлой мебели и шире [2].

В оформлении кухни дерево обычно используется в качестве мебельных гарнитуров. В большой просторной кухне можно смело устанавливать темный гарнитур, сочетая его с отдельными яркими элементами. Также на кухне будет уместна деревянная резная посуда, кухонная утварь и разнообразные сувениры из дерева.

Ванная комната — помещение с повышенной влажностью, поэтому в этом случае дерево используют редко. Здесь будет более уместными пластиковые панели или керамическая плитка. Однако в местах, на которые не попадает вода, могут быть использованы изделия из бука, вяза, дуба или бразильского ореха, прошедшие специальную обработку.

Отделка помещения, мебель и предметы декора приносят в квартиру или дом живую энергию, уют и тепло. Деревянные элементы органично вписываются в любой дизайн, необходимо лишь помнить о том, что древесину нужно подбирать с учетом декоративных и функциональных условий помещений, для которых она предназначена.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Дьяченко, В. Ю. Тенденции дизайна в формообразовании мебели / В. Ю. Дьяченко, С. И. Овсянников // Современные технологии деревообрабатывающей промышленности: Материалы международной научно-практической онлайн-конференции, Белгород, 15–16 февраля 2018 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. – С. 82-88.

2. Солманидина, Н. В. Эстетика цвета в архитектуре и дизайне / Н. В. Солманидина, А. О. Шепталина // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2019. – № 2-1. – С. 101-104. – DOI 10.24411/2500-1000-2019-10542.

3. Кашина, И. В. Применение экологически чистых материалов в строительстве, архитектуре и дизайне / И. В. Кашина, В. А. Забейворота // Актуальные проблемы науки и техники. 2019: Материалы национальной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 26–28 марта 2019 года. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2019. – С. 797-798.

4. Чурляев, Б. А. Современная архитектура и дизайн: Учебное пособие по направлению подготовки 07.03.01 "Архитектура" / Б. А. Чурляев. – Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2019. – 112 с.

5. Краснова, Т. В. К вопросу использования дерева в интерьере / Т. В. Краснова, Р. Б. Шамсудинова // Творческое пространство образования: Сборник материалов внутривузовской (очно-заочной) научно-практической конференции, Магнитогорск, 15–16 мая 2018 года. – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2018. – С. 38-42.

*УДК 691.328.1*

*Глабец П.А., Тарасов М.В.*

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

## **ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА И АРМАТУРЫ**

Большую роль играет влияние высоких температур на такие строительные материалы как бетон и арматура так как они являются наиболее распространенными и чаще всего используются в процессе строительства [1].

В обычных условиях работы бетонные и железобетонные конструкции часто подвергаются воздействиям не силового характера, вызывающим изменения их деформированного состояния. Действие температуры существенно меняет характер работы сооружения. Под

влиянием повышенных температур в сооружении возникает неоднородность бетона, обусловленная изменением его свойств.

Проблема расчета железобетонных сооружений с учетом температуры состоит в разработке методов, учитывающих физическую нелинейность деформирования железобетона в условиях существенной неоднородности и анизотропии материала, а также особенности развития температурно-усадочных и упругих деформаций бетона.

При нагреве бетона выше 400°C резко увеличиваются его пластические деформации, причем, чем выше напряжение и температура его нагрева, тем больше величина этой деформации (таблица 1). Увеличение деформативности бетона при высоких температурах нагрева является следствием нарушения и изменения его структуры. При последующем нагреве высококачественного бетона до 800°C упругие деформации увеличиваются больше, чем пластические. Предельные деформации сжатия высококачественного бетона при нагружении после нагрева до температур 200, 400 и 600°C соответственно равны 2,6; 5 и 7%. Модуль деформации при сжатии уменьшается при температуре 200°C на 20-30%, при 400°C - на 40- 70%, при 600°C - на 70-90% [2].

Таблица 1 – Изменение прочности бетона

№	t°C	Изменение прочности	Явление
1	+100°C	Уменьш. на 30%	Увеличение упругих деформаций
2	+200°C	Уменьш. на 20-30%	Увеличение упругих деформаций
3	+300°C	Уменьш. на 60%	Увеличение упругих деформаций
4	+400°C	Уменьш. на 70%	Увеличение упругих деформаций
5	+500°C	43% от начальной	Повышение деформативности и увеличение упругих деформаций
6	+600°C	18% от начальной	Повышение деформативности и увеличение упругих деформаций

Необходимо отметить, что деформации бетона, нагреваемого под действием нагрузки или при ее отсутствии - различны. Так, например, резкому увеличению деформаций нагреваемого под нагрузкой бетона способствует образование продольных трещин, характерных для начала разрушения при центральном сжатии. Большая деформативность

бетона создает условия для значительно перераспределения напряжений по высоте сжатой зоны. В случае если бетон нагревается под нагрузкой, его деформации больше, чем при нагреве в ненагруженном состоянии и последующем нагружении [4].

Железобетонные конструкции состоят из бетона и арматуры, поэтому здесь имеет место совместное воздействие высоких температур, за счет которого возникают внутренние напряжения. Они вызваны различными коэффициентами деформации цементного камня, заполнителя и стальной арматуры. При постоянном воздействии на железобетон высоких температур происходит снижение прочности бетона. Как правило, он разрушается при длительном нагреве до 500-600° С и последующем охлаждении. Происходит снижение прочности сцепления арматуры периодического профиля с бетоном на 30%. Сцепление гладкой арматуры с бетоном резко уменьшается уже при 250° С. Под влиянием высоких температур происходит разрушение железобетонных балок, как следствие разрыва растянутой арматуры, нагретой до предельной температуры [3].

Повышение температуры до 700°С практически не оказывает влияния на прочность и вязкость малоуглеродистой и горячекатаной высокопрочной стали. Защитный слой бетона является эффективным средством теплозащиты. Критической температурой для бетона можно считать 400°С, когда силикат кальция в составе цемента начинает превращаться в окись кальция.

Воздействие высоких температур на бетон и арматуру приводит к отрицательным последствиям, в результате чего происходит потеря прочностных свойств и несущей способности. Для того чтобы защитить материалы от воздействия высоких температур необходимо создавать защитные слои из огнестойких материалов, либо использовать для изготовления конструкций и оборудования специальные особо прочные материалы, предназначенные для применения в высокотемпературных средах.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Изотова Д.Е. Влияние высоких температур на прочность строительных материалов (бетон, железобетон, металл) // Материалы VIII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум»
2. В. И. Андреев, Л.С. Полякова, Влияние повышенных температур на механические свойства бетона. Строительство: новые технологии - новое оборудование №10 2018. 2018;10.

3. Меркулов С.И. Живучесть железобетонных конструкций и конструктивных систем // Вестник Белгородского Государственного Технологического Университета им. В.Г. Шухова. 2015. №3. С. 58-61.

4. Прочность, трещиностойкость и долговечность конструкционного бетона при температурных и коррозионных воздействиях : монография : в 2 ч. Ч. 1 / С. Н. Леонович [и др.], под ред. С. Н. Леоновича. – Минск : БНТУ, 2016. – 393 с. – ISBN 978-985-550-776-6 (Ч. 1).

5. Леонович С.Н., Зайцев Ю.В., Доркин В.В., Литвиновский Д.А. Прочность, трещиностойкость и долговечность конструкционного бетона при температурных и влажностных воздействиях: Монография. М.: ИНФРА-М, 2018. 258 с.

**УДК 69.07**

***Глабец П.А., Тарасов М.В.***

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

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

## **АРМИРОВАНИЕ СТЕН И ПЕРЕГОРОДОК ИЗ ПЕНОБЕТОННЫХ БЛОКОВ**

Пенобетонные блоки представляют собой материал, предназначенный для строительства стен и перегородок. Отличительной чертой пеноблоков является распределение воздуха по всему объему блока.

Часто пеноблок называют ячеистым бетоном. На сегодняшний день этот строительный материал очень популярен не только в России, но и в странах с похожими климатическими условиями. Выпускаются несколько видов пенобетонных блоков, в зависимости от вида бетона. Бывает: теплоизоляционный бетон; конструкционный бетон; конструкционно-теплоизоляционный бетон, которые подразделяются на классы. Пенобетон классифицируется по прочности, по морозостойкости и другим показателям. [1]

Кладка, выполняемая из пеноблоков, требует дополнительного укрепления путём армирования. Такое решение необходимо для улучшения эксплуатационных свойств возводимой стены.

Правильно подобранное и размещенное арматурное изделие может не только эффективно воспрепятствовать появлению трещин в кладке и разломов в блоке, также сделать стены намного прочнее и надёжнее.

Больше всего необходимо армировать межкомнатные стены, поскольку они не имеют большой толщины как, например, внешние.

Наиболее доступные, распространённые и действенные методики армирования стен из пеноблоков (рисунок 1).

Армирование кладки из пеноблоков необходимо для улучшения защиты конструкции от появления и развития трещин и повышения общей устойчивости стен.

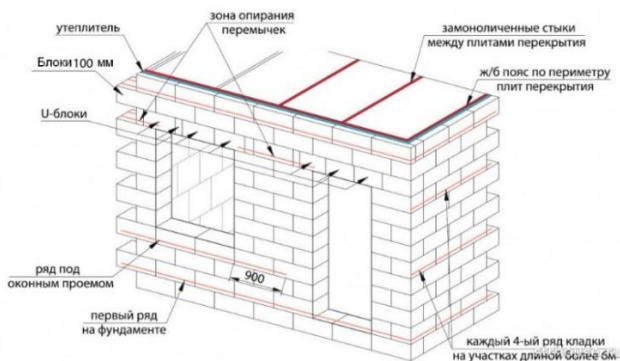


Рис.1 Методика армирования пеноблоков

Увеличение несущей способности стен из пеноблоков, которые будут впоследствии воспринимать нагрузку от тяжёлых железобетонных плит, необходимо для эффективного снижения точечных воздействий на стены. Для этого необходимо выполнить армированный бетонный пояс, расположенный по периметру стен. Высота при этом должна достигать 140-220 мм. [2]

Армированный пояс, формируемый в пеноблочной стене, значительно укрепляет её, равномерно распределяет вертикальную нагрузку и способствует выравниванию кладки (Рис.2).

Если в конструкции пеноблоки сочетаются с кладкой из кирпича, следует делать пояс больше высоты двух кирпичных рядов. По завершении укрепляющих работ необходимо дождаться набора проектной прочности материала и только затем приступать к следующим этапам строительного-монтажных работ.

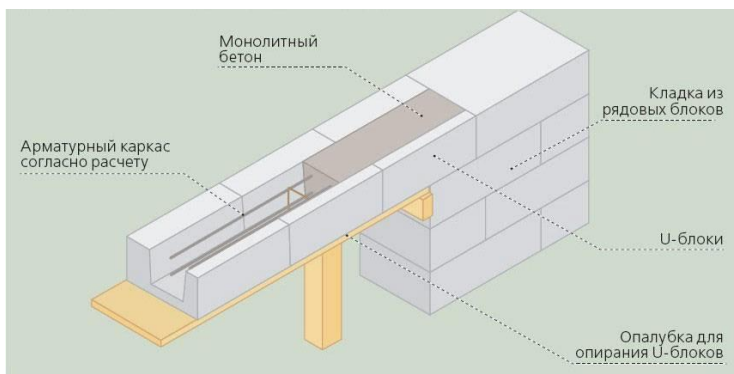


Рис. 2 Схема армированного пояса

Необходимо сказать, что обеспечивать прочность стены из пеноблоков следует даже в том случае, если для ее возведения использовался так называемый армированный пеноблок. Данным термином обозначают материал, в котором бетон связан фиброволокном. [4]

Перечень участков, которые нужно будет усилить:

1. Стены и перегородки в целом (отдельное внимание следует обратить на углы и зоны примыкания перегородок к стенам).
2. Области над дверными и оконными проемами (устройство перемычек).
3. Участки опирания плит перекрытия на стены (создается армопояс)

Существует ещё много методов армирования стен, выполненных из пеноблочного материала. Представленные выше способы являются более эффективными по всем показателям. Эти методы несложны в применении, поэтому практически каждый может воспользоваться ими и выполнить качественное самостоятельное армирование. [3]

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Донченко О.М., Дегтев И.А., Пириев Ю.С. Конструкции наружных стен гражданских зданий из пенобетона // Вестник БГТУ им. В.Г. 2003. №4. С. 78-84
2. Ружинский С.И. Все о пенобетоне. Издание второе улучшенное и дополненное. Санкт-Петербург: Изд-во ООО «Строй-Бетон», 2006. 631 с.



3. Пириев Ю.С. Применение современного пенобетона в современном строительстве // Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г.Шухова. 2019. С. 90-93.

4. Удачкин И.Б. Ключевые проблемы развития производства пенобетона // Строительные материалы. 2002. №3. С. 8.

5. Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А., Чепенко А.С. Особенности процессов гидратации высокодисперсных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №12. С. 46-47.

*УДК 711.4-112*

*Глабец П.А., Тарасов М.В.*

*Научный руководитель: Салтанова Е.В., ст. препод.*

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

## **РАЗВИТИЕ ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В СРЕДНЕЭТАЖНОЙ МИКРОРАЙОННОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ**

Среднеэтажная микрорайонная городская среда сформирована застройкой первого этапа индустриального домостроения (конец 1950-х — 1960-е гг.). В основном это пятиэтажные панельные, блочные и кирпичные секционные дома по типовым проектам. Они зачастую выходят торцами на главные и второстепенные улицы и не формируют уличный фронт. Расчетный эксплуатационный период таких домов — 50 лет. По истечении этого срока они требуют капитального ремонта с заменой всех инженерных систем или сноса.

Для территорий среднеэтажной микрорайонной среды характерны кварталы большого размера (10–50 га), средняя плотность населения (250 чел./га) и невысокая плотность застройки (8 тыс. м<sup>2</sup>/га). Низкая плотность улично-дорожной сети (4 км/км<sup>2</sup>) отчасти компенсируется высокой плотностью внутриквартальных проездов (18,7 км/км<sup>2</sup>). Доля объектов общественно-деловой инфраструктуры в среднем составляет 20%. Из них 10% приходится на объекты дошкольного, начального и среднего образования и здравоохранения, и столько же на объекты торговли и услуг [1].

В данной статье рассматривается два сценария развития среднеэтажной микрорайонной городской среды: сжатие и рост (Рис.1). Сценарий сжатия применим в городах с убывающим населением и направлен на снижение расходов муниципального бюджета на

содержание избыточного жилого фонда и на повышение качества жизни горожан. Такой сценарий закладывает основу для размещения новой застройки в случае прироста населения в будущем. Сценарий роста применим к территориям, хорошо обеспеченным транспортной инфраструктурой, при потребности в новом жилищном строительстве.

При разработке решений для конкретных территорий необходимо учитывать их индивидуальные параметры [2].

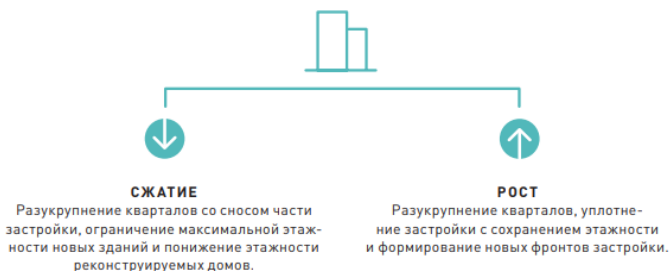


Рис. 1 Сценарии развития городской среды

Так как большинство жилых домов были возведены при СССР, и по прошествии большого количества времени, в настоящее время, наблюдаются следующие положения:

бветшавшая отделка домов, разнородные балконы, низкое качество входных групп и благоустройства площадок перед ними.

аличие неиспользуемых и неорганизованных территорий, отсутствие четких границ частных и общественных пространств.

апутанная система проездов и отсутствие навигации. Неорганизованная парковка во дворах.

изкое качество благоустройства

Рассмотрим первый сценарий развития территорий «Сжатие» (Рис.2):

еконструкция домов со снижением этажности, увеличение площади квартир и организация террас для жителей первых этажей.

асселение и снос аварийных домов или домов со значительным количеством пустующих квартир.

еткое функциональное зонирование открытых пространств с помощью элементов благоустройства.

омпактное размещение плоскостных парковок.



Рис. 2 Сценарий развития территории «Сжатие»

Алгоритм разработки принципиальных планировочных и объемно-пространственных решений застройки территории.

- Определение новой планировочной структуры территории.

Определение территорий под расселение и снос. Выделение кластеров застройки, которые лягут в основу новых кварталов. Формирование красных линий и комплексное межевание территории

- Формирование системы открытых общественных пространств.

Определение типов, существующих открытых общественных пространств. Выбор участков для размещения новых улиц, районного парка, сквера и местных площадей.

- Определение пространственных конвертов будущей застройки.

Пространственные конверты позволяют разместить малоэтажную многоквартирную или блокированную застройку по периметру квартала.

Результат преобразования территории

Благоустройство существующих улиц и строительство новых согласно установленным типам. Благоустройство районного парка, сквера и местных площадей. В долгосрочной перспективе возможно замыкание сформированных кварталов новой застройкой [3].

Рассмотрим второй сценарий развития территорий «Рост» (Рис.3): еконструкция домов с реорганизацией первых этажей и обустройством эксплуатируемых кровель.

плотнительная застройка с нежилой функцией, формирующая периметр квартала.

азукрупнение кварталов и организация улиц вместо проездов.

еткое функциональное зонирование открытых пространств с помощью элементов благоустройства.



Рис. 3 Сценарий развития территории «Рост»

Алгоритм разработки принципиальных планировочных и объемно-пространственных решений застройки территории [5].

– Определение новой планировочной структуры территории.

Выделение кластеров застройки, которые лягут в основу новых кварталов. Снос домов, препятствующих разукрупнению кварталов. Формирование красных линий и комплексное межевание территорий.

– Формирование системы открытых общественных пространств.

Определение типов, существующих открытых общественных пространств. Выбор участков для размещения новых улиц, районного парка, сквера и местных площадей.

– Определение пространственных конвертов будущей застройки.

Конфигурация пространственных конверторов предполагает размещение среднетажной многоквартирной застройки до 6 этажей по периметру квартала. Вдоль главной улицы районного значения возможна застройка до 9 этажей. Определение мест для размещения уникальной застройки.

Результат преобразования территории

Благоустройство существующих улиц и строительство новых согласно установленным типам. Благоустройство районного парка, сквера и местных площадей. Замыкание периметра образованных кварталов новой застройкой. Реконструкция существующих домов с пристройкой коммерческих помещений [6].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- тандарт комплексного развития территорий. Книга 2. Стандарт застроенных территорий. Редакция от 15 марта 2019 г. По заказу Фонда ДОМ.РФ
- ончарова Е.Ю. Регулирование предельных параметров застройки в исторической городской среде: интеграция подхода Form based code в российскую систему регулирования застройки: выпускная квалификационная работа. М.: «Высшая школа экономики», 2015.
- радостроительный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 29.12.2004 №190-ФЗ (ред. от 23.04.2018).
- радостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89. СП 42.13330.2016. Утверждены приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30.12.2016 №1034.
- ейл, Ян. Города для людей / Ян Гейл; перевод с английского А. Токтонов, Кроет. — Москва, 2012.
- ашенко А.В., Перькова М.В. Проблемы развития общественных пространств в малых городах // Вестник Белгородского Государственного Технологического Университета им. В.Г. Шухова.

### УДК 69

*Глушко А.А.*

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

## **ФАКТОРЫ РАБОТЫ СТЕНКИ ДВУТАВРА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ПРИЛОЖЕНИЯ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ НАГРУЗКИ**

Наиболее часто встречающимся сечением для изгибаемых элементов является сварной или прокатный двутавр [1]. Согласно действующим нормам [2], расчет на прочность стенки балки, не укрепленной ребрами жесткости, при действии местного напряжения в местах приложения нагрузки к верхнему поясу, а также в опорных сечениях балки, следует выполнять по формуле (1):

$$\sigma_{loc} = \frac{F}{l_{ef} \cdot t_w \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1; \quad (1)$$

где:  $F$  - сосредоточенная сила;  
 $l_{ef} = b + 2h$  - эффективная длина участка;  
 $t_w$  - толщина стенки изгибаемого элемента;  
 $R_y$  - расчетное сопротивление стали стенки;  
 $\gamma_c$  - коэффициент условий работы балки.

При поэтажном сопряжении элементов конструкции (например, балки/балок настила и главной балки или подкрановой балки и рельса) согласно данной формуле, основным фактором, влияющим на величину местных напряжений, является грузовая площадь, через которую сосредоточенная нагрузка с верхнего элемента передается на нижний. И хотя многолетний опыт проектирования зданий подтверждает состоятельность данного подхода к расчету локальных напряжений, но все же данный способ не учитывает ряд факторов, часть из которых может оказать критической при определении прочности стенки балки.

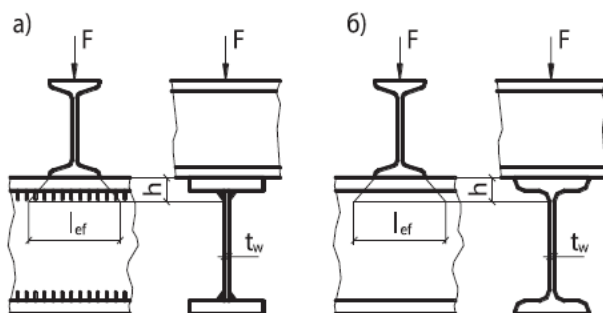


Рис. 1 Схемы распределения сосредоточенной нагрузки на стенку балки: а) - сварная балка; б) - прокатная балка [2]

*Первое.* Формула 1 предполагает неразрезную схему опирания балок настила на главную балку (рис.2). В этом случае стенка верхнего элемента пересекает стенку нижнего, за счёт чего усилие практически в полной мере передается от стенки верхней балки на стенку нижней балки. Но в строительстве также используется вариант, когда на главную опирается две балки настила. При такой схеме между балками есть монтажный зазор и стенки не пересекаются, в результате чего нагрузка с балок настила через полки передается на полки главной балки, а затем за счёт работы полок усилие передается на стенку

главной балки, что, в теории, должно уменьшать величину локальных напряжений. [3]

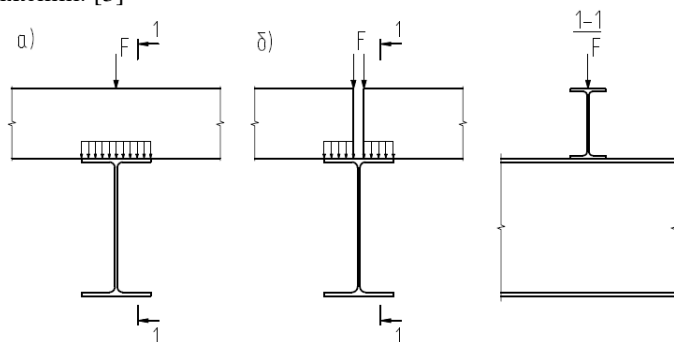


Рис. 2 Варианты приложения сосредоточенной нагрузки на балку:  
а) – неразрезная схема; б) – разрезная схема

*Второе.* В разрезной схеме опирания возможны случаи, когда балки настила расположены несимметрично относительно оси стенки главной балки. В этом случае кроме напряжений в стенке, вызванных действием локальной силы, приложенной по оси стенки главной балки, появятся напряжения от местного кручения.

*Третье.* При переходе от клепанных к сварным подкрановым балкам потребовалось введение прокладок из материалов с низким модулем упругости. Расчеты показывают, что использование низко модульной прокладки позволяет увеличить длину распределения локального давления ( $l_{ef}$ ) в 3,4 раза [4], что согласно формуле 1 приведет к снижению локальных напряжений. Можно предположить, что применение стальных прокладок также может оказать влияние на характер и значения эпюры местных напряжений.

*Четвертое.* Соотношение толщин полок балок настила и главной балки может меняться в довольно широком диапазоне. В этой связи возникает вопрос, оказывает ли данный факт влияние на величину локальных напряжений.

*Пятое.* В расчётах с использованием низко модульных прокладок учитывались изгибные жесткости прокладок, рельсов и балок. Можно ожидать, что введение данной величины в расчёты также повлияет на значение локальных напряжений.

*Шестое.* Согласно формуле 1, нагрузка, которая передается на нижний элемент от верхнего, является равномерно распределенной по всей ширине верхнего элемента. Логично предположить, что это не так, и, фактически, данная нагрузка неравномерная и имеет максимальные

значения под стенкой балки настила и сравнительно малые значения на краях полок, что, несомненно, также влияет на форму и значения эпюры местных напряжений.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солодов Н.В. Напряженно-деформированное состояние болтового соединения в упругопластической стадии/ Солодов Н.В., Шевченко А.В., Алейников М.В.// Промышленное и гражданское строительство. –2007. –№8.–С. 33-34.
2. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\* (с Поправкой, с Изменением N 1,2,3).
3. Мячкина А.Д. Факторы действительной работы стенок в балках двутаврового сечения при действии локальных нагрузок // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Материалы конференции. Белгород, 2021. С. 1591-1595.
4. Сабуров В.Ф. Использование моделей упругого основания для анализа распределения локальных напряжений в стенке стальных составных балок // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. Т. 14. № 4. С. 15-20.

*УДК 692.115*

*Еремин В.О., Силаков А.П.*

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

## ФУНДАМЕНТЫ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ НА ИСКУССТВЕННОМ ОСНОВАНИИ

Разнообразие грунтов с различными физико-механическими характеристиками формируют их строительные свойства для различных зданий и сооружений, которые необходимо учитывать на базе инженерной геологии [1].

Преобразование физических и механических свойств слабых грунтов является первостепенной задачей при заложении фундамента, ведь из-за неверного применения методов искусственной подготовки слабых оснований происходит деформация объектов строительства [2].



Также стоит учесть, формирование кадастровой стоимости земли, расположенной на таких грунтах, ведь возникает потребность в учете финансовых затрат, которые напрямую зависят от повышения свойств грунтов. Поэтому ведутся разработки критериев оценки риска освоения территории по техногенным и природным факторам, которые позволят более объективно оценивать кадастровую стоимость земельных участков [3]. В настоящее время есть различные методики по закреплению грунтов. Все различные способы установления искусственных оснований подразделяют на три категории:

- 1) механическое изменение свойств грунтов основания;
- 2) полная или частичная замена грунтов основания или их переработка;
- 3) физико-химическое улучшение свойств грунтов основания.

В данной статье будут подробно изложены положения о группах устройств искусственных оснований, о технологиях и методах работы используемых устройств.

Сначала рассмотрим группу – механическое изменение свойств грунтов основания. В (таблице 1) представлены основные методы этой группы: укатка, трамбование, вибрирование.

Укатка осуществляется при помощи катков на пневмоколесном ходу и кулачковыми. Катки с гладкими вальцами основном используют на завершающей стадии уплотнения верхнего слоя подушки. Катками на пневмоколесном ходу могут быть уплотнены все виды грунтов.

Таблица 1 – Механические изменения грунтов

Разновидность	Подходящие грунты	Преимущества/ Недостатки
Укатка	Для уплотнения связных и малосвязных грунтов (суглинков, супесей).	Сдерживание регулировки неподвижной нагрузки, статические машины гарантируют нужное уплотнение в верхних слоях материала / Имеются дополнительные условия по грунтам
Трамбование	Песчаные, песчано-гравелистые грунты.	Дешевизна по сравнению со свайными фундаментами, быстрые сроки выполнения работы по установке оснований в сложных земельных условиях / Скорый износ механизма лебедки и тросов [4]

Вибрирование	Крупнообломочного грунта, песка и гравия, глинистые грунты.	Почти полная бесшумность, простота в использовании, подвижность / Ограничение по влажности грунта, неравномерное распределение плотности грунта на разных уровнях глубины [5]
--------------	---	---

При трамбовании идет уплотнение грунта из-за динамической энергии груза, который падает с определенной высоты. Этот способ используют при доуплотнении насыпей без их разборки, в сложных обстоятельствах. За несколько проходов техники можно уплотнить основания большой толщины.

Вибрационные уплотнители взаимодействуют с контактной поверхностью за счет очень быстрых ударов, следующих поочередно, откуда волны сжатия действуют на нижележащий материал, чтобы частицы пришли в движение, это обеспечивают более высокую плотность и больший глубинный эффект. Вибрационное оборудование сейчас очень популярно (70 % рынка).

Следующая группа, рассмотренная в этой работе - полная или частичная замена грунтов основания или их переработка (таблица 2).

Таблица 2 - Полная или частичная замена грунтов основания или их переработка

Разновидность	Подходящие грунты	Преимущества/ Недостатки
Грунтовые подушки	Ил, связные грунты в текучем состоянии, торф, заторфованные, насыпные и пучинистые грунты	Низкая стоимость, доступность / Проседание под большим весом, размывание при значительном объеме воды
Грунтовые сваи	Водонасыщенные пески, содержащие органические примеси, и лессовые просадочные грунты	Экономичность, образовывается уплотненное основание с посредственным модулем деформации / Потребность уплотнения песка, уместно применять при оптимальной влажности просадочных грунтов

При расположении слабых грунтов около поверхности, появляется возможность их удалить и заменить на другие, которые имеют необходимые при строительстве качества. При изъятии слабых грунтов их заменяют на песок, гравий, щебень, образуя песчаные (гравийные) подушки. Отсыпка грунта производится слоями по 15—20 см, каждый такой слой необходимо увлажнить и уплотнить трамбованием. Если есть риск вымывания грунтовыми водами грунта, то песчаные подушки не рекомендуется применять. Высоту подушки исходит из расчета, чтобы давление, передаваемое на подстилающий слой, не превышало расчетного сопротивления для этого слоя. Устойчивость песчаной подушки обеспечивается при угле  $\alpha=45\text{—}60^\circ$  между линиями, проведенными из углов подошвы фундамента к углам нижнего основания песчаной подушки, и горизонталью.

Глубинное уплотнение просадочных грунтов грунтовыми сваями осуществляется путем устройства скважин с созданием вокруг них уплотненных зон и последующим заполнением скважин грунтом с уплотнением.

И последний метод - физико-химическое улучшение свойств грунтов основания (таблица 3).

Таблица 3 - Физико-химическое улучшение свойств грунтов основания

Разновидность	Рекомендуемые грунтовые условия	Преимущества/ Недостатки
Уплотнение водопонижением	Мелкие и пылеватые пески	Применим не ко всем типам грунта, способ эффективен при использовании на больших площадях
Силикатизация	Пески, пылеватые пески (пльвуны), лессовые, просадочные грунты	Надежность, долговечность, экономичность, невозможность влияния агрессивных сред / ограничение во влажности грунта, высокая цена реагента
Цементация	Гравелистые, крупные и среднезернистые пески, глины	Высокая скорость, экологическая чистота, долговечность, доступность/ дорогое оснащение [5]

Цементация грунтов – группа методов технической мелиорации грунтов, основанная на введении в грунт гидравлических вяжущих. Один из методов технической мелиорации грунтов.

Силикатизация – это метод, при котором под подошву фундаментов погружают инъекторы из стальных перфорированных труб диаметром 19–38 мм, через которые подается жидкое стекло под давлением 0,3–0,6 МПа. Сущность метода заключается в том, что в массив закрепляемого грунта через специальные перфорированные трубы (инъекторы) нагнетается раствор силиката натрия (жидкого стекла) и некоторых других химических реагентов, в результате чего образовывается гель кремниевой кислоты, который цементирует частицы грунтов и значительно повышает их прочность.

Таким образом, метод устройства искусственных оснований, технология и методы работы необходимо учитывать при проектировании фундаментов и при выполнении различных технологических операций. Это позволит учесть критерии оценки риска освоения территории по техногенным и природным факторам, повысить качество выполненных строительных работ и снизить стоимость объекта.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Оноприенко Н.Н., Сальникова О.Н., Ашихмин П.С. Инженерная геология: учеб. пособие. Белгород, 2021. 117 с.
2. Оноприенко Н. Н. Учет инженерно- геологических факторов в формировании кадастровой стоимости земли// Вектор ГеоНаук. 2018. №3. С. 73- 79.
3. Калачук Т.Г., Калачук А.И. Анализ причин деформации зданий и сооружений и мероприятия по их устранению. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 101-104.
4. Абелев М. Ю., Романов Н. В., Коптева О. В. Уплотнение грунтов тяжелыми трамбовками // Промышленное и гражданское строительство. 2018. №4. С. 16-21.
5. Игошева Л.А., Гришина А.С. Обзор основных методов укрепления грунтов основания // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2016. Т. 7. № 2. С. 5–21.

*Ерохина Е.Ю., Пухов И.Е.*

*Научный руководитель: Оноприенко Н.Н., канд. техн. наук, доц.*

*Белгородский государственный технологический университет*

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

## **ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ФУНДАМЕНТОВ УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Благодаря быстрому развитию общества, появляются новые потребности, одной из таких является строительство уникальных зданий и сооружений. Высотные строения служат для возможности совмещения многих процессов в одном здании, где могут быть объединены офисные и торговые помещения, жилые апартаменты, подземная парковка, шоурумы. Также небоскребы помогают решить проблему нехватки территорий для застройки в крупных городах. Передаваемые ими нагрузки на грунты сегодня требуют новых подходов в фундаментостроении.

Формально, аспекты зданий и сооружений, причисляемых к уникальным, изложены в п.2. ст. 48.1 Градостроительного кодекса Российской Федерации. По состоянию на 01.01.2017 к уникальным относятся объекты капитального строительства, в проектной документации которых учтена хотя бы одна из последующих характеристик:

- 1) высота более чем 100 м;
- 2) пролеты более чем 100 м;
- 3) присутствие консоли более чем 20 м;
- 4) заглубление подземной части (полностью или частично) ниже планировочной отметки земли более чем на 15 м.

При проектировании и строительстве уникальных зданий инженеры и архитекторы, как правило, применяют, адаптируют или создают для решения своих задач многообразные современные технологии.

Для разработки фундаментов небоскребов существует несколько принципов:

1. Принцип компенсации нагрузки.
2. Принцип опирания на прочные грунты.
3. Принцип выравнивания деформаций.

Подбор конструкции фундаментов, помимо вышперечисленных принципов, зависит от физико-механических данных и характера напластования грунтов основания и нагрузок, передаваемых для них,

формы и размеров высотного здания, габаритов строительной площадки, присутствия окружающих зданий и т.п [1].

Существуют следующие варианты фундаментов, которые передают высокие нагрузки высотных зданий на грунт:

1) Отдельный фундамент, где нагрузки передаются на грунт через фундаментную плиту;

2) Глубокие фундаменты, где нагрузка от высотного здания передается на глубокие несущие горизонты через фундаментные сваи или элементы стен ограждения;

3) Свайно-плитный фундамент, где нагрузка распределяется в более заглубленный слой грунта частично через плиту фундамента, частично через сваи [1...2].

Далее в данной статье мы рассмотрим варианты данных фундаментов.

1) Массивные фундаментные плиты.

Единая железобетонная фундаментная платформа применяется, как правило в грунтах с хорошей несущей способностью, представленными песчаными или гравийными речными отложениями. Данный тип фундамента можно возводить на плавучих грунтах, переуплотненных глинистыми грунтами, а также на скальных грунтах. Фундаментные плиты армируются в два или более слоев, затем бетонируются, что позволяет создать необходимую жесткость конструкции и отличное распределение нагрузки. Для возведения используются разборно-переставные мелкощитовые и крупнощитовые опалубки, а также унифицированная опалубка из инвентарных щитов и несъемная опалубка из железобетонных плоских плит [2].

От взаимосвязи инженерно-геологических условий, а также от размерности и точек приложения нагрузки на конструкцию, толщина фундаментной плиты может составлять от 1,0 - 2,5 м (рисунок 1, а). Для убавления толщины платформы в местах воздействия наибольших поперечных и продольных сил, как и от изгибающих моментов конструируются ребра жесткости (рисунок 1, б). Которые в свою очередь располагаются, либо по осям сооружения или в местах уширения колонн (рисунок 1, в). Также железобетонная плита может представлять собой коробчатую конструкцию (рисунок 1, г), которая выполняется при возведении консолей (вылете фундаментной плиты за очертание здания) [2].

Отдельный фундамент продолжает оставаться самым экономичным вариантом для высотных конструкций.

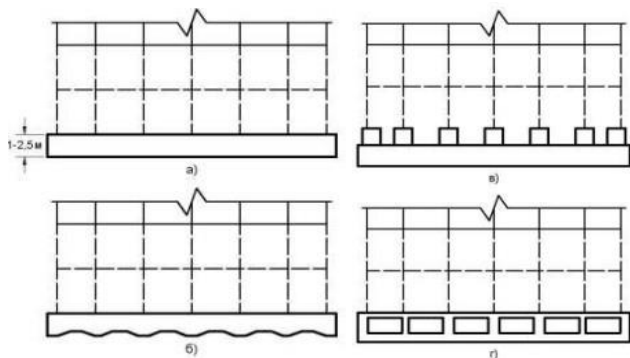


Рис. 1 Конструкции единой монолитной железобетонной плиты.

## 2) Буровые опоры больших диаметров.

Буровые опоры наибольшего диаметра (барреты) – представляют собой глубокие опоры, выполненные в толще грунта, похожие на набивные сваи увеличенной несущей способности (рисунок 2).



Рис. 2 Процесс изготовления буровых опор большого диаметра.

Баррета является основным несущим элементов при заложении фундамента. Данные опоры используются для грунтов с низкой несущей способностью или неоднородного грунта. Для их устройства грейфером под защитой суспензии отрывается траншея, в которую далее спускается арматурный остов и выполняется бетонирование [2...4].

Барретные фундаменты используются при огромных строительных нагрузках сооружений и в затруднительных условиях работы, что характерно для строительства небоскребов. Барреты вследствие относительно немалых габаритов могут принимать большие нагрузки по материалу и по грунту [2].

Опоры позволяют избежать неравномерных осадок сооружения,

связанных с ним усилий в надземных и фундаментных конструкциях, вследствие большой несущей способности, так как они рассчитываются как сваи-стойки [1].

#### 1) Свайно-плитные фундаменты.

Свайно-плитный фундамент предполагает введение в работу, как свай, так и плиты. Данное отличие конструкций от других в том, что плита фундамента, непосредственно опирается на сваи, что позволяет возводить здания в сейсмоопасных зонах, на проблемных грунтах (при значительной глубине промерзания, пучинистые грунты). Размеры свайно-плитного фундамента определяются при помощи моделирования взаимодействия грунта и здания [3...4].

СПФ обладает следующим отличительным свойством:

– передача части нагрузки здания на более глубокие уровни грунта большей жесткостью через фундаментные сваи-стойки за счет боковой поверхности трения [1].

При проектировании СПФ приходится обдумывать связь между грунтом основания, сваями и ростверком. В отличие от традиционных методов расчет и конструирование СПФ требует использования больше трудоемких модификаций взаимодействия между основанием и сооружением [2].

Минусом комбинированной опорной системы являются: отсутствие обустройства и благоустройства подвального помещения, а также длительность строительства и дорогостоящая стоимость конструкции.

#### 2) Метод «стена в грунте».

Способ «стена в грунте» используется при возведении фундаментов под тяжелые здания и сооружения, а также строения со сложной формой геометрии. Данный метод заключается в том, что сначала по контуру будущего здания в грунте, в грунте отрывается тесная полая траншея, которая затем заполняется бетонной смесью или сборными железобетонными элементами. Возведенная подобным образом стена может служить конструктивным компонентом фундамента, ограждением котлована или стеной углубленного помещения. Возведение данного типа фундамента наиболее целесообразно в водонасыщенных грунтах при высоком уровне грунтовых вод, что позволяет отказаться от водоотливов или глубинного водопонижения [5...8].

Данный метод позволяет безопасно проводить строительные работы в условиях тесной застройки без нарушения устойчивости существующих вблизи строений, а также совместить фундамент с подземной частью стен сооружения.



Рассмотренные в данной статье основные типы фундаментов уникальных зданий и сооружений, позволяют понять нам всю сложность возведения конструкций на разных типах грунта. Самым экономичным и простым вариантом, не требующий сильных затрат, является монолитная фундаментная плита, дорогостоящим решением являются буровые опоры, свайно-плитный фундамент и «стена в грунте», они позволяют строить на проблемных грунтах.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Харитонов В.А. Проектирование, строительство и эксплуатация высотных зданий: монография. М.: Издательство АВС, 2014. 352 с.
2. Ещенко О. Ю., Мариничев М. Б., Чумак М.В. Основания и фундаменты уникальных зданий и сооружений: учеб. пособие. Краснодар: КубГАУ, 2017. 78 с.
3. Шулятьев О.А. Фундаменты высотных зданий // НИИОСП им. Герсеванова Н.М., ОАО «НИЦ «Строительство», Москва, 2014. 43 с.
4. Безруков З.С. Особенности проектирования фундаментов высотных зданий с учетом грунтовых условий // Вестник науки и образования №22 (часть 1). 2020. 7 с.
5. Ухов С.Б., Семенов В.В., Знаменский В.В. и др. Механика грунтов, основания и фундаменты: учеб. пособие для строит. спец. вузов под ред. Ухова С.Б. 4-е изд., М.: Высш. шк., 2007. 378-405 с.
6. Оноприенко Н.Н., Сальникова О.Н., Ашихмин П.С. Инженерная геология: учеб. пособие. Белгород, 2021. 117 с.
7. Калачук Т.Г., Калачук А.И. Анализ причин деформации зданий и сооружений и мероприятия по их устранению. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. 101-104 с.
8. Кочерженко В.В., Сулейманова Л.А., Мирзоев А.А. Исследование влияния изменчивости свойств песчаных и глинистых грунтов на напряженно-деформированное состояние оболочек опускных колодцев при их погружении. Вектор ГеоНаук. 2018. Т. 1. № 2. С. 38-47.

*Ерохина Е.Ю., Пухов И.Е.*

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

## **ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ НА ОСОБЫХ ГРУНТАХ И В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

В настоящее время строительство является активно развивающейся отраслью. Появилось множество новых конструкций, материалов, технологий и технического оборудования. С ростом населения человечество нуждается в увеличении количества жилых домов, требуется возведение новых производственных зданий, сооружений, активно идёт освоение северных территорий нашей страны. Именно поэтому строительство производится в самых разнообразных условиях: на склонах, в условиях вечной мерзлоты, на пучинистых грунтах, в поймах рек, на мягких грунтах и пльвунах. На проектировщиков возлагается огромная ответственность – правильно подобрать конструкцию здания под заданные климатические и геологические условия. Фундамент является такой частью здания, изменения в которой повлекут за собой изменения во всём здании. Только надежная работа фундамента может обеспечить нормальную эксплуатацию здания. В этой статье мы рассмотрим некоторые геоморфологические условия строительства и возможные варианты возведения фундаментов в них, включая особые грунты.

– Строительство на пучинистом грунте

Пучинистый грунт – это дисперсный грунт, состоящий из отдельных частиц, который при переходе из талого состояния в мерзлое увеличивается в объеме из-за образования льда. Основной проблемой таких грунтов является предотвращение разрушения и деформации фундамента, а значит и самого сооружения.

Если при строительстве на пучинистом грунте глубина залегания первого водоносного слоя меньше, чем глубина промерзания, тогда при зимнем вспучивании при незначительной глубине заложения фундамента, здание будет подниматься. Это происходит за счет перехода подземных вод из жидкого состояния в твёрдое. Вода превращается в лёд, плотность которого меньше, а объем, занимаемый льдом больше, из-за чего зимой здание будет подниматься, а весной оседать.

Существует несколько типов фундаментов, возможных при строительстве в таких условиях:

1. Фундамент глубокого заложения. Такой вид фундамента возводят с помощью винтовых свай или сваебойных машин. Для пучинистого грунта отлично подходят винтовые сваи, ведь благодаря им можно возводить прочный фундамент даже при сложном рельефе местности. Чтобы сваи не подвергались силам пучения при отрицательных температурах, их заглубляют ниже глубины промерзания грунта [1].

2. Плитный фундамент. Он представляет собой единую монолитную конструкцию, которую размещают выше расположения уровня грунтовых вод, поэтому при отрицательных температурах он будет подниматься вместе со всем зданием, а при оттаивании вновь оседать.

3. Замена грунта в месте строительства. В таком случае пучинистый грунт, особенно с глинистыми включениями, заменяют на песок (крупнозернистый гравелистый или песок средней зернистости). Такой грунт будет хорошо пропускать воду в нижележащие слои, не будет давать ей застаиваться [2].

– Строительство фундамента на склонах

Обычно здания строятся на достаточно ровных поверхностях, однако иногда перед инженерами стоит задача построить здание на холмистой местности. В некоторых ситуациях есть возможность выровнять участок для строительства и затем начинать возводить здание. Но мы рассмотрим возможность возведения здания без выравнивания склонов.

При строительстве на склонах необходимо учесть ряд факторов: уклон склона, подвижки почвы, уровень залегания грунтовых вод, качество грунта на месте строительства [3].

1. Вариант - свайный фундамент. В грунт устанавливается свая – вертикальная опора, на которую с помощью ростверка закрепляется монолитная плита. Также можно использовать сваи как поддержку для отдельных архитектурных элементов. Этот вид фундамента обладает рядом преимуществ: грунтовые и ливневые воды не причиняют неблагоприятных воздействий, можно устанавливать на различных типах грунтов (пучинистых, нестабильных, при глубоком уровне промерзания), можно использовать как для более тяжелых, так и для более легких зданий [4].

2. Вариант - ленточный фундамент. Он представляет собой замкнутый контур, который состоит из железобетонных балок. Для наклонных площадок, на которых будет возводиться ленточный

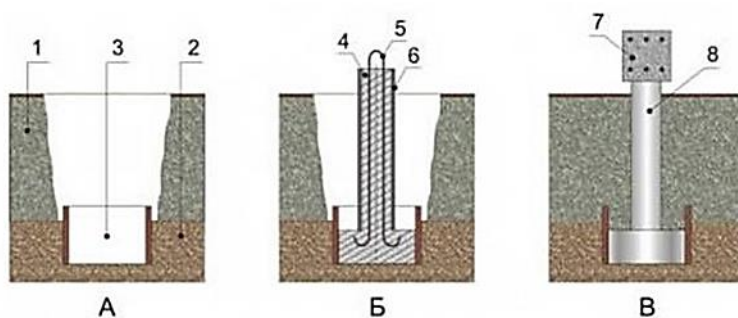
фундамент, действует следующее правило: ширина фундамента, умноженная на четыре – это максимальная высота цокольной части в самой низкой точке. По этой причине очень сильно повышается стоимость такого фундамента, потому целесообразней возводить его при наличии небольшого уклона [2].

3. Вариант - ступенчатый фундамент. Такой тип фундамента используют при значительных уклонах. Основное отличие ступенчатого основания здания – оно закладывается одинаковыми ступенями под всей площадью здания. При возведении этого варианта фундамента мы получим очень прочное основание здания, которое сможет воспринимать большие нагрузки.

– Строительство фундамента на пльвуне и торфяном грунте

Пльвун – насыщенный водой грунт, который в большом количестве содержит очень мелкие частицы (глинистые и коллоидные). Такой грунт обладает хорошими гидрофильными свойствами и слабо отдаёт воду. Пльвуны обычно имеют вытянутую форму и содержат в себе воду в связанном состоянии. Встречается такой грунт чаще всего в болотистых местах.

При возведении зданий часто сталкиваются с ситуациями, когда под слоем мягко грунта обнаруживают пльвун. В этих случаях, как правило, предпочтение отдают свайному фундаменту. Сваи заглубляют сквозь толщу пльвуна до твердого грунта (рисунок 1) [5].



**А - установка опалубки; Б - создание опоры; В - опора с лентой ростверком;**

1 - торф; 2 - пльвун; 3 - опалубка; 4 - бетон; 5 - арматура;  
6 - асбоцементная труба; 7 - лента ростверк; 8 - опора.

Рис. 1 Устройство фундамента на торфе с пльвунем

Но иногда бывают случаи, когда толщина пльвуна слишком большая и длины сваи не хватает. Тогда можно возвести ленточный

фундамент. При строительстве такого фундамента сталкиваются с проблемой капиллярного подъёма воды. Для того, чтобы это избежать, вводят дренажную систему. Под фундаментом создают щебеночную подушку, на которую насыпают слой крупнозернистого песка. Для такого типа фундамента используют бетон высокого качества, в связи с контактом с водой [6].

Ещё одним вариантом является плитный фундамент. Сначала возводят опалубку, затем выполняют армирование и заливают бетоном. В результате получается монолитная плита, которая будет подвижна при пучении грунта.

– Строительство фундамента в поймах рек

Строительство у водоёмов отличается от строительства на обычной местности. В этом случае необходимо учитывать небольшую глубину залегания грунтовых вод, подвижность грунта, возможные затопления территории весной, высокую влажность воздуха. Необходимо учитывать тип почвы у реки, ведь часто состав грунта в таких местностях неоднороден. Для такой местности строительства выбор можно сделать в сторону свайного фундамента. В зависимости от материала постройки, её этажности и прочности грунта производят подбор свай по нормативным документам. Такой фундамент подходит как для жилых, так и для промышленных объектов. Ещё одним положительным качеством такого типа основания здания является отсутствие необходимости проведения земляных работ, что значительно снижает затраты на строительство [3].

– Строительство фундамента на вечномёрзлых грунтах

В настоящее время активно осваиваются и заселяются северные территории нашей страны для развития экономики страны. Для строительства в такой местности необходим особый подход из-за вечной мерзлоты и низких температур. Для того, чтобы возвести фундамент в таких климатических условиях следует учитывать, что вечномёрзлый грунт состоит из двух слоёв: поверхностный, который оттаивает при положительных температурах, и вечномёрзлый [7].

При проектировании зданий в северных территориях следует детально изучить условия местности, рассчитать глубину заложения фундамента, провести мероприятия по снижению возможных деформаций. Обычно при строительстве на вечномёрзлых грунтах предпочтение отдают свайному фундаменту, потому что такой тип основания зданий сохраняет грунт в естественном состоянии. В результате мы можем получить два вида фундамента на сваях: свайные опоры и свайный фундамент [8]. Пример этих фундаментов представлен на (рисунок 2).

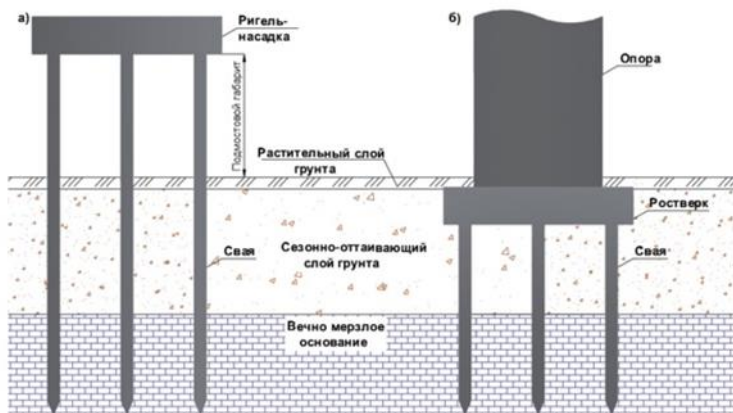


Рис. 2 Виды свайного фундамента:  
*а)* - свайные опоры; *б)* - свайный фундамент

Таким образом, фундамент является очень важной частью здания, которая воспринимает все нагрузки здания. Для грамотного проектирования основания здания необходимо провести тщательное изучение грунтов, их характеристик, уровня подземных вод. Часто при исследовании местности под строительство обнаруживаются сложные геоморфологические условия и особые характеристики грунтовых оснований. В этих ситуациях проектировщики должны грамотно подобрать фундамент, который подойдёт под нужные условия эксплуатации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Макаров А.В., Журавлев А.В., Тяг В.Ю. Особенности строительства фундаментов в вечномёрзлых грунтах. Волгоград, 2019. С. 3-10.
2. Кочерженко В.В., Сулейманова Л.А., Мирзоев А.А. Исследование влияния изменчивости свойств песчаных и глинистых грунтов на напряженно-деформированное состояние оболочек опускных колодцев при их погружении // Вектор ГеоНаук. 2018. Т.1. №2. С. 38-47.
3. Кайдалова Д.С., Оноприенко Н.Н. Территории со сложными инженерно-геологическими условиями на примере Белгородской области. В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Посвящена 165-

летию В.Г. Шухова. Белгород, 2018. С. 672-688.

4. Пенчук В.А., Овсянкин В.В. Особенности и достоинства технологии сооружения фундаментов на микросваях в сложных геоморфологических условиях Украины. Донбасс, 2010.С. 2-7.

5. Железков В.Н., Качановская Л.И. Винтовые сваи в строительстве // Геотехника: актуальные теоретические и практические проблемы: сборник трудов. Санкт-Петербург, 2006. С. 37-43.

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

7. СП 25.13330.2020 «СНиП 2.02.04-88 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах». 2021. С. 1-135.

8. Авдеева А.А., Суботина С.А., Шлыкова И.Д. Особенности устройства фундаментов в условиях крайнего севера. Санкт-Петербург, 2017. С. 9-10.

#### **УДК 697.7**

*Жданова К.С., Богданов Д.А., Савелов И.С.*

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

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

В статье рассматривается эффективность использования солнечных коллекторов на территории Белгородской области.

Россия расположена в северо-восточной части материка в умеренном и субарктическом поясе, что свидетельствует о холодном климате. На производство тепловой энергии для систем отопления расходуется около 30% всего потребления первичной энергии в стране. Выход из этой проблемы – заменить ее альтернативными источниками энергии.

В настоящее время самым дешевым источником энергии, экологически чистым и, что немаловажно, неисчерпаемым является Солнце. В течение семи дней количество солнечной энергии, достигающей поверхности Земли, превышает энергию всех мировых запасов, таких как нефть, газ, уголь и уран. В будущем солнце станет основным источником энергии на планете, а солнечная энергия будет

обеспечивать 19-26% мировых потребностей в электроэнергии. Во многих регионах Российской Федерации солнечная энергетика стремительно развивается, и Белгородская область не исключение [1].

Необходимость ускоренного развития альтернативных источников энергии в стране и регионах очень важна.

– Большая часть страны с населением около 21 млн человек находится вне систем централизованного энергоснабжения. А энергоснабжение там осуществляется в основном автономными электростанциями, которые требуют довольно дорогого топлива, а выбросы негативно сказываются на окружающей среде.

– Более половины регионов нашей страны имеют реальный энергодефицит, что вынуждает их получать энергию из других регионов.

– Высокие цены на все виды топлива и электроэнергии, а также ограничения на подключение к электрическим и газовым сетям во многих регионах страны привели в последние годы к стихийному развитию в стране малотоннажного производства электроэнергии.

– Во многих регионах до сих пор существуют экологические проблемы, которые могут быть существенно решены альтернативными источниками энергии.

Солнечная энергия широко используется для нагрева различных хладагентов, для выработки электроэнергии и в других целях. Существующее мнение о том, что Россия, расположенная преимущественно в средних и высоких широтах, не обладает значительными ресурсами солнечной энергии для ее эффективного использования, не соответствует действительности. На (рисунке 1) представлена карта распределения солнечных ресурсов по территории России, разработанная специалистами ОИВТ РАН с использованием данных российских актинометрических станций и Международной базы климатических данных НАСА, полученных в результате многолетних спутниковых наблюдений [2].



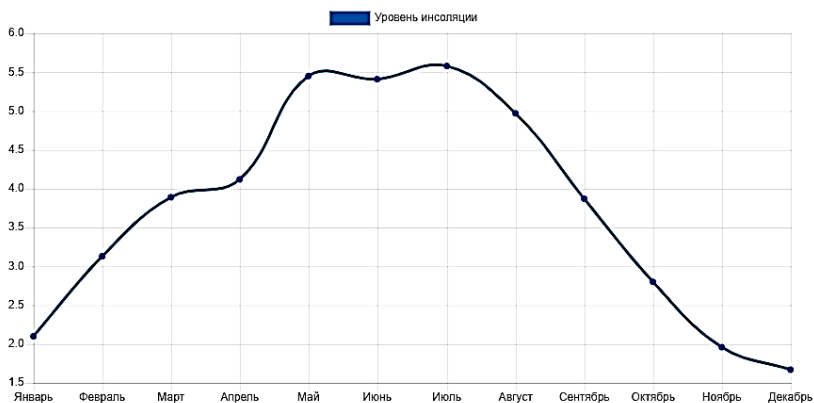


Рис.1. Распределение годовых средних поступлений солнечной энергии по территории России

Солнечная энергия доступна каждому, а солнечное излучение, поскольку исходит от источника с температурой около  $6500^{\circ}\text{C}$ , является качественным первичным источником, преобразуемым в электроэнергию с высоким КПД. Количество солнечной энергии, попадающей на поверхность Земли, называется солнечной инсоляцией. В разных регионах России годовая инсоляция находится в пределах от  $700 \text{ кВт}\cdot\text{час}/\text{м}^2$  до  $2000 \text{ кВт}\cdot\text{час}/\text{м}^2$ . С точки зрения природного потенциала и ресурса солнечной инсоляции в Белгородской области развитие солнечной энергетики экономически целесообразно. В таблице приведены оптимальные углы наклона солнечных панелей относительно земли для г. Белгорода (50,7173, 37,8891). Что позволит рассчитать максимальный КПД для любого времени года.

Таблица 1 – Значение и уровень солнечной инсоляции в г. Белгород (Белгородская область)

	Солнечная инсоляция, кВт*ч/м <sup>2</sup>	Оптимальный угол наклона, °
Январь	2,10	66
Февраль	3,13	59
Март	3,89	45
Апрель	4,12	28
Май	5,45	16
Июнь	5,41	11
Июль	5,58	13
Август	4,97	25
Сентябрь	3,87	40
Октябрь	2,80	54
Ноябрь	1,96	64
Декабрь	1,67	68
<b>Среднее за год</b>	<b>3,37</b>	<b>40,6</b>



Высокие темпы продвижения альтернативных источников энергии на энергетические рынки многих регионов во многом обусловлены заботой об энергетической и экологической безопасности. Системы, использующие солнечную энергию, очень разнообразны по количеству вырабатываемой энергии и проектным характеристикам. Особое значение они имеют для туристических и рекреационных зон. Как и санатории и другие медицинские учреждения, расположенные в рекреационных зонах, где использование локальных котельных может привести к негативным последствиям. Система солнечных коллекторов не приводит к порче эстетического вида зданий, получаемая энергия является экологически чистой [3].

Наиболее развитыми регионами нашей страны в отрасли солнечной генерации можно назвать Республику Алтай, Краснодарский край и Белгородскую область. Первая станция была построена в 2010

году в Белгородской области мощностью 100 кВт. На сегодняшний день крупнейшая отечественная электростанция мощностью 5 МВт запущена в 2014 году в Республике Алтай. Не уступает ему и Крымская СЭС. Из-за геополитических проблем и отсутствия необходимой инфраструктуры Крымский полуостров вынужден полагаться на альтернативные источники энергии. Перово — крупнейшая солнечная электростанция в Крыму мощностью 105 МВт. [2]

Важно отметить, что большая часть территории страны от южных до северных границ, независимо от широты, имеет одинаковые солнечные ресурсы: от 3,5 до 4 кВтч/м<sup>2</sup> в сутки. Для сравнения на юге Германии, где сегодня идет активное внедрение гелиоустановок – 3,5-4 кВтч/м<sup>2</sup> сутки. Таким образом, данные опровергают распространенное мнение о бедности территории России солнечными ресурсами. Солнечная энергетика имеет огромный потенциал во всем мире, а ее запасы превышают все существующие ресурсы, но в России развитие солнечной генерации идет очень медленно. Основные причины – неразвитость инфраструктуры, дороговизна ее модернизации, длительный срок окупаемости инвестиций. Все это приводит к тому, что рентабельность солнечных электростанций в нашей стране низкая и не подходит для частных предпринимателей – отрасль в основном развивает государство.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Косухин М.М. К вопросу о роли процессов теплопередачи в повышении эффективности тепловой защиты фасадной изоляции гражданских зданий / М. М. Косухин, А. М. Косухин // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2017. № 12. С. 17-26.

2. О целевом видении стратегии развития электроэнергетики России на период до 2030 года. Москва, Российская академия наук, 2007, 120 с.

3. Кашкаров А. П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. М.: ДМК Пресс, 2011. 14 с.

*Зиятдинова А.Н., Троицкий Н.С.*

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

## **РЕНОВАЦИЯ КАК СПОСОБ ВОВЛЕЧЕНИЯ ГРАЖДАН В ПРОЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ**

Если смотреть на процесс реновации чуть шире, чем как на процесс обновления и восстановления городской застройки и облика города в целом, то можно выявить наиболее актуальные и выраженные проблемы, с которыми сталкивается большинство горожан в повседневной жизни [1...2].

Проекты развития территорий должны наилучшим образом соответствовать потребностям горожан: безопасность, комфорт и доступность, разнообразие жилой застройки (77% жилищного фонда составляют типовые серии домов советского периода и современная массовая застройка, (таблица 1). Для решения этих задач необходимо выявить проблемы и потенциал территории, текущие сценарии ее использования и запросы на новые сценарии и функции. Ключевые источники такой информации — жители города, чьи интересы необходимо учитывать в проектной работе.

Таблица 1 – Статистика общего числа построенных жилых домов в Белгороде по годам

Год постройки	Суммарная площадь, м <sup>2</sup>	Число домов	Количество квартир	Жилая площадь, м <sup>2</sup>
2010-2019	1245133,14	113	13242	813808,92
2000-2009	2603216,39	248	28158	1796495,57
1990-1999	2112787,16	213	23326	1590215,63
1980-1989	1940529,43	190	28048	1467306,18
1970-1979	1554634,26	333	23908	1146380,23
1960-1969	1058264,92	334	16736	769932,96
1950-1959	165634,53	151	1699	121305,20

С точки зрения распределения ролей при принятии решений в ходе разработки и реализации проектов можно выделить два подхода: традиционный (ступенчатый) и партисипаторный. Применительно к проектам развития территорий традиционный подход означает, что горожанам отводится роль потребителей готовых решений. Потенциал

территории при таком подходе не может быть раскрыт полностью, так как проектные решения не являются прямыми ответами на запросы жителей. Это приводит к ряду негативных последствий, в частности к появлению невостребованных общественных пространств и конфликтам между различными категориями пользователей.

Партисипаторный подход к принятию решений получил развитие в европейской и американской практиках в середине XX в. как альтернатива традиционному. Применительно к проектам развития территорий этот подход называется соучаствующим проектированием. Он реализуется через вовлечение горожан в работу над проектом с самых ранних стадий и вплоть до его реализации, а также через участие горожан в дальнейшем событийном наполнении территории [3].

Вовлечение горожан в работу над проектами развития территорий — это деятельность по созданию механизмов проектирования, в которых все заинтересованные стороны включены в процесс разработки, принятия и реализации проектных решений. Цель этой деятельности — формирование востребованных городских территорий, отвечающих запросам горожан и способных эффективно функционировать с максимальным использованием своего потенциала.

Основные задачи вовлечения горожан в проекты развития территорий:

- 1) определение сторон, заинтересованных в развитии территории;
- 2) выявление запросов заинтересованных сторон относительно будущего проектируемой территории;
- 3) интеграция выявленных запросов в проектные решения.

В основе практики вовлечения лежит технология формирования сообщества горожан, доверяющих друг другу, готовых к сотрудничеству с представителями муниципалитета и другими заинтересованными сторонами и участвующих в развитии территории на протяжении всего проекта и после его реализации [4...7]. В ходе вовлечения создаются условия для ответа на запросы всех заинтересованных сторон.

Полноценное вовлечение жителей в проекты развития территорий строится на пяти базовых принципах:

- 1) простота участия и доступность информации;
- 2) равные условия участия;
- 3) участие с ранних этапов работы над проектом;
- 4) гибкость и вариативность условий участия;
- 5) возможность оценки эффекта от участия.

Задачи каждого из этапов вовлечения горожан в проекты развития территорий решаются посредством набора различных инструментов.

Каждый инструмент целесообразен к применению на одном или нескольких уровнях вовлечения: публикации в прессе, репортажи и анонсы на радио и телевидении, онлайн-ресурсы, лекции, дискуссии, экскурсии, обучающие программы, интервью с заинтересованными сторонами, встречи с пользователями, рабочая группа из представителей заинтересованных сторон, сбор идей и предложений на онлайн-платформах

При выборе инструментов важно руководствоваться принципом гибкости и вариативности возможностей участия для горожан. Необходимо своевременно информировать горожан о ходе проекта и возможностях участия, создавать условия для того, чтобы городские активисты и лидеры сообществ могли включиться в обсуждение видения развития территории и проектных решений, а в случае готовности — взять на себя часть ответственности за принятие решений и их реализацию.

9 декабря 2021 года в Точке кипения — Белгород» прошла публичная лекция главного инженера института «Ленгипрогор» Юрия Перельгина, который представил концепцию по реновации исторического квартала в границах Свято-Троицкого бульвара – проспекта Богдана Хмельницкого – проспекта Славы – улицы 50-летия Белгородской области.

Для реализации концепции за основу взято мнение жителей города. Чтобы будущий квартал был функциональным, анализировались интересы белгородцев с точки зрения различных социально-общественных групп: горожан, бизнесменов, активистов, краеведов (рисунок 1).



Рис. 1. Предлагаемая перепланировка квартала в границах Свято-Троицкого бульвара – проспекта Богдана Хмельницкого – проспекта Славы – улицы 50-летия Белгородской области

Проект включает в себя общее изменение планировки. Некоторые дома и здания снесут, немного поменяется расположение митрополии (бывший мужской монастырь), оно станет таким, как было построено изначально, на месте монастыря проведут археологические раскопки.

Перепланировка позволит расширить пространство, между всеми объектами будет зелёные насаждения. В центре концепции будет ТЦ, вокруг которого и будут располагаться другие объекты.

Планируется, что зона будет пешеходной, чтобы снизить нагрузку на квартал, а парковку на 900 мест сделают подземной. С разных сторон будет три въезда (рисунки 2).

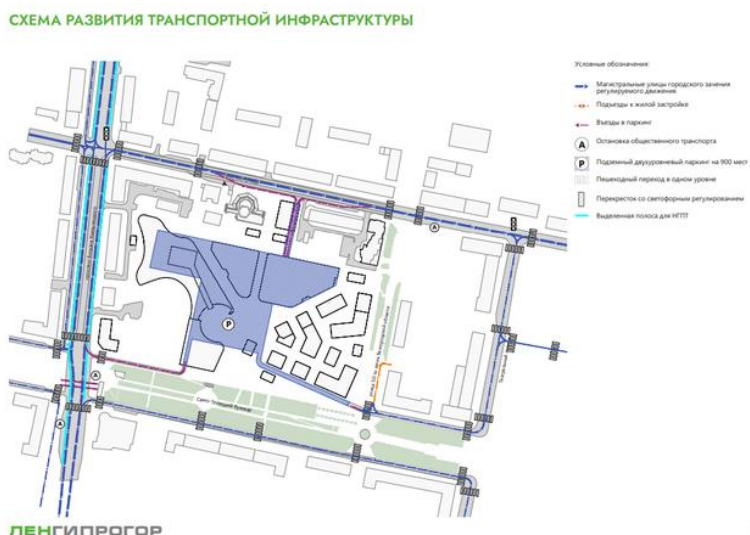


Рис. 2. Схема развития транспортной инфраструктуры квартала в границах Свято-Троицкого бульвара – проспекта Богдана Хмельницкого – проспекта Славы – улицы 50-летия Белгородской области

Организатором работы по вовлечению горожан в проекты развития территории может выступать подразделение органа местного самоуправления, муниципальное учреждение, специализированная коммерческая организация, команда разработчиков градостроительной или проектной документации. Принципы и уровни вовлечения горожан универсальны для проектов развития территории любого масштаба. Однако способы организации общественного участия зависят от состава работ и задач каждого этапа того или иного проекта.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мозгоев А.М., Кузьмичева К.И. Реновация жилищного фонда города Москвы // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. 2017. №4 (23). С. 70–74.
2. Коренькова Г.В., Митякина Н.А., Черныш Н.Д. Градостроительная концепция развития и преобразования городской среды Белгорода // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Градостроительство: сб. статей [Электронный ресурс]. Самарский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 130–135.
3. Прохорова Е.А. Зарубежный опыт реализации проектов реновации жилой застройки // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2019. №3. С. 45–53.
4. Градостроительная деятельность и архитектура. Нормативно-правовое регулирование [Электронный ресурс]. URL: <http://www.minstroyrf.ru/trades/gradostroitelnayadeyatelnost-i-arhitektura/>. pdf (дата обращения: 25.04.2022)
5. Прохорова Е.А. О реализации программы реновации в городе Москве // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2019. №3. С. 37–44.
6. Кострикин П.Н. Проблемы эффективности реализации государственных (муниципальных) программ обновления жилищного фонда // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 11 (110). С. 1221–1228.
7. Владимирова И.Л., Фокин А.Э. Внедрение механизма государственно-частного партнерства жилого фонда // Российское предпринимательство. 2015. Т. 16. №6. С. 887–902.

УДК 628

*Ильченко М.Е., Горбатовская А.Н.*

*Научный руководитель: Шеремет Е.О., доц.*

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.*

*Шухова, г. Белгород, Россия*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОЖДЕВОЙ ВОДЫ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В настоящее время всё чаще стал подниматься вопрос, касающийся экологии, в частности, рационального и экономного использования пресных запасов воды и водных ресурсов. Как показали



многочисленные исследования, количество пресной воды во всём мире постепенно уменьшается. Это связано с тем, что водные объекты постоянно загрязняются промышленными отходами, а питьевая вода используется крайне нерационально [1]. Если рассматривать бытовую деятельность человека, то около 95% объёма воды расходуется на смывание бачков унитаза, мойку машин, полов, посуды, на стирку белья и на полив растений [2]. Что касается современных промышленных предприятий, то практически ни один завод не обходится без использования водных ресурсов в своих целях, как правило, объёмы затраченной воды просто огромны. Например, завод капронового волокна расходует столько воды, сколько потребляет ее город с населением 120 тыс. человек [3]. Такой подход к использованию водных ресурсов непременно загрязняет окружающую среду и в дальнейшем может спровоцировать серьёзную экологическую и экономическую проблемы, а также дефицит самой питьевой воды. В связи с этим, актуальным является вопрос поиска альтернативных источников получения воды, которую можно будет использовать в различных сферах человеческой деятельности.

К одним из таких альтернативных источников относится дождевая вода. Такую воду при незначительной очистке можно использовать в бытовых целях, что позволило бы в значительной степени сэкономить не только природный ресурс, но и затраченные средства на использованную воду. В современных же реалиях отслеживается прямая зависимость химического состава атмосферных осадков от уровня загрязнённости воздуха и территории. Как правило, основными источниками загрязнения являются промышленные объекты и выхлопные газы, которые выбрасывают в воздух такие элементы как: сера, угарный газ и окислы азота, а также соединения ртути, свинца, мышьяка. Значительное превышение этих веществ в атмосфере может спровоцировать кислотные дожди. Поэтому необходимо учитывать санитарно-эпидемиологические нормы, что подразумевает высокую степень очистки и фильтрации дождевой воды, так как недостаточно очищенная вода может представлять большую угрозу не только для здоровья человека, но и для техники, которая может выйти из строя из-за оседающего налета.

Как правило, наиболее популярными очистителями воды являются песок, щебень или же активированный уголь, но на сегодняшний день количество методов и способов очистки в значительной мере стало больше. Например, высокий процент очистки дождевых сточных вод имеет метод очистки с использованием тонкодисперсных сорбционных материалов. Такой способ очистки позволяет очистить воду на 86-94%,

в зависимости от размеров частиц сорбентов [4]. Способ очистки жидкости ультрафиолетом является одним из самых безопасных и эффективных, так как при высокой степени очистки (90%) такая жидкость сохраняет вкусовые качества и микроэлементы. К ещё одному альтернативному методу очистки относится технология Health Light, позволяющая обеспечить чистоту воды, используя солнечный свет для нейтрализации вокруг себя токсичной дождевой и паводковой воды (рис. 1). Такой очиститель компактен, прост и удобен в эксплуатации, он не требует проведения сложных технологических работ для его настройки. Очиститель может устанавливаться даже на водостоках крыш [5]. Оптимальный вариант для такого способа очистки – двухскатная крыша из материалов, не содержащих асбест или свинец.

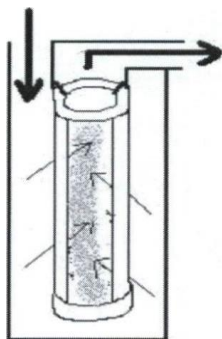


Рис. 1. Схема миниочистителя

Другой способ очистки - это использование фильтров. Первичный устанавливается непосредственно у водосборников, после него идет уже вторичный фильтр. Очистка вторичным фильтром может быть более грубой или же тонкой, в зависимости от того, для каких нужд в дальнейшем будет использоваться дождевая вода. В качестве первичного фильтра могут быть использованы различные виды фильтрующих насадок. В качестве примера можно взять насадки из пенополиуретановых или известняковых гранул, базальтовой крошки или древесных опилок [6].

Но для того, чтобы применять дождевую воду на практике, нужно осуществить её сбор и хранение. На данный момент, на рынке представлены два основных типа систем для использования дождевой воды. По сути они отличаются лишь габаритами резервуаров и способом установки. Первый тип – наиболее основательный. Как правило, такие ёмкости зарываются в землю, имеют большой объём и

выполнены из бетона. Второй тип более компактный, лёгкий и удобный. Имеет разные формы, размеры и выполнен из крепкого пластика. Такие системы часто устанавливают непосредственно в подвале или в саду частных домов. У каждого такого типа есть свои преимущества и недостатки, но на этапе проектирования не стоит забывать о возможной проблеме наличия избыточного количества жидкости в резервуарах. Поэтому в конструктиве системы должно учитываться водоотведение, слив, осуществляющийся в канализацию.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что перспектива использования дождевых осадков в качестве дополнительного источника пресной воды в быту постоянно растёт. Частичный переход на бесплатную влагу сократит финансовые расходы, а также позволит более экономно тратить природный ресурс, что, в свою очередь, будет положительно влиять на экологию.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свергузова Ж.А. Мониторинг водных объектов и аналитический контроль сточных вод предприятий белгородской области / Свергузова Ж.А., Дудина С.Н., Благадырева А.М., Лашина О.Д., Кирюшина Н.Ю. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2008. – №1. – С. 92–96.

2. Букалова Н.П. Исследование возможности использования дождевых вод в системах технологического водоснабжения / Букалова Н.П., Прошутинский В.В., Терентьев С.А. // Дневник науки. – 2020. – № 11 (47). – С. 22.

3. [https://studbooks.net/1857086/matematika\\_himiya\\_fizika/ratsionaln\\_oe\\_ispolzovanie\\_vody](https://studbooks.net/1857086/matematika_himiya_fizika/ratsionaln_oe_ispolzovanie_vody)

4. Свергузова Ж.А. О возможности использования отхода сахарной промышленности для очистки сточных вод / Свергузова Ж.А., Ельников Д.А., Свергузова С.В. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2011. – №3. – С. 128 – 133.

5. Стяжкова В.В. Экологический инновационный проект очистки дождевой воды. Стяжкова В.В., Кудряшова Н.Ю., Николенко Т.А. ТюмГНГУ. – 2012. – №4. – С. 169–173.

6. Matsak A. Using different filter media of stormwater treatment performance / Matsak A., Tsytlshvili K. // Norwegian Journal of development of the International Science. – 2018. – № 20. – p. 19–22.

УДК 691.328

*Истомова А.А.*

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

## **ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**

В процессе эксплуатации зданий и сооружений строительные конструкции находятся под воздействием разнообразных силовых и средовых факторов. Повреждения конструкций вызываются совокупностью нескольких причин, причем часто они носят взаимно усиливающий характер [1].

Особое внимание следует уделить железобетону и конструкциям из него, так как современный уровень гражданского и промышленного строительства трудно представить без использования железобетонных изделий.

Железобетон — сочетание бетона и стальной арматуры, монолитно соединённых и совместно работающих в конструкции. Термин «железобетон» нередко употребляется как собирательное название железобетонных конструкций и изделий. Идея сочетания двух крайне различающихся по свойствам материалов основана на том, что прочность бетона при растяжении значительно меньше, чем при сжатии, поэтому в железобетонной конструкции он предназначается для восприятия сжимающих усилий. Сталь же, обладающая высоким временным сопротивлением при растяжении и вводимая в бетон в виде арматуры, используется главным образом для восприятия растягивающих усилий. Взаимодействие столь различных материалов весьма эффективно: бетон при твердении прочно сцепляется со стальной арматурой и надёжно защищает её от коррозии [2...3].

Прочность бетона — ключевой показатель его качества, определяющий назначение и параметры использования ЖБИ. Процесс проектировки конструкций осуществляется таким образом, чтобы изделия могли выдерживать соответствующие нагрузки на сжатие. Этот показатель определяется классом и маркой бетона, которые могут быть определены через 28 суток после заливки.

Предел прочности выражается в кг/см<sup>2</sup>. СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» устанавливает следующие марки:

а) для обыкновенных бетонов: 25, 35, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500 и 600;

б) для легких бетонов: 10, 15, 25, 35, 50, 75, 100, 150, 200 и 300 [2].

Прочность бетона зависит от активности цемента, качества песка, щебня или гравия, воды, а также от условий перемешивания, транспортировки, укладки, твердения и возраста бетона.

Так как в железобетонных конструкциях бетон преимущественно используется для восприятия сжимающих усилий, то естественным в качестве основных прочностных характеристик принять прочностные характеристики на сжатие.

За основную прочностную характеристику бетона принимают так называемую кубиковую прочность – прочность при осевом сжатии стандартного куба 15x15x15 см, который был изготовлен, набирал прочность и испытан в соответствии с ГОСТом 10180-2012 [4].

Прочность бетона обладает свойством статистической изменчивости, то есть прочность  $n$  кубов не будет одинаковой из-за множества случайных и не поддающихся учету факторов, обусловленных, главным образом, неоднородностью бетона.

Для выявления единой прочностной характеристики прибегают к статистической обработке результатов испытаний, в результате которой находят кубиковую прочность с обеспечения 95%, значение которой принимают в качестве класса бетона В по прочности на сжатие.

«Прочитать» класс бетона, например, В20, можно следующим образом: если с завода привезли бетон класса В20, то прочность стандартных кубов при испытании на сжатие будет не менее 20 МПа с вероятностью 95% [3...5].

Класс по прочности на сжатие устанавливают для всех несущих конструкций; его назначают в проекте, контролируют на производстве и непосредственно на объекте.

Опыты показывают, что наличие сил трения, развивающихся на опорных гранях кубов и подушками пресса, создает препятствие для развития свободных поперечных деформаций (возникает так называемый «эффект обоймы»). Учитывая, что бетон разрушается, в первую очередь, от развития именно поперечных деформаций, то эффект обоймы создает сопротивление разрушению куба. Эффектом обоймы объясняется, также, характер схемы разрушения куба – «песочные часы»: чем дальше от подушек пресса, тем менее ощутимо влияние сил трения [6].

К основным технологическим факторам, определяющим прочность бетона, относят:

– активность цемента;

- содержание цемента;
- соотношение цемента и воды;
- тип и качество наполнителей;
- параметры уплотнения;
- возраст бетона;
- характеристики отверждения;
- применение повторного вибрирования.

Цементы повышенной активности, которая определяется зависимостью  $R_b = f(R_{II})$ , традиционно обладают большей прочностью и применяются в строительстве многоэтажных, промышленных зданий, в дорожном и инженерном строительстве. Такие марки обладают большим сроком эксплуатации, надежны и не подвержены механическим и биологическим повреждениям. Марочная прочность определяется видом используемых легких или тяжелых бетонов. Использование сульфатостойких цементов позволяет получить высокую прочность бетона при воздействии внешних факторов, в качестве которых выступают различные агрессивные среды. Практическая сфера применения легирующих добавок актуальна при формировании на основе смеси для конструкций, задействованных при строительстве домов, несущих конструкций гражданского или промышленного назначения, мостов [5...7].

Тяжелый бетон характеризуется повышенным показателем объемного веса, который изменяет свое значение в пределах 2200 – 2800 кг/м<sup>3</sup> в зависимости от вида заполнителя. В качестве последнего могут применяться карбонатные, кварцевые, гранитные породы. При формировании опор в виде фундаментов находит применение бетон марки 100, для монолитных конструкций в виде колонн, перекрытий и балок - марки 150, обычные сборные конструкции формируются на основе марок 200-250. Монолитные конструктивы с предварительным напряжением могут армироваться марками от 300 до 600, в то время как наиболее высокие марки редко находят практическое применение.

Количественный показатель содержания цемента в бетонной смеси также определяет ее прочностные характеристики - он растет до определенного уровня с повышением концентрации цемента. Следует помнить, что излишек цемента в составе смеси снижает ее устойчивость к усадке и увеличивает ползучесть. Максимально допустимым количеством считается до 600 кг цемента в 1 кубометре товарного бетона [3...6].

Соотношение воды и цемента в составе смеси также влияет на ее прочностные характеристики – чем оно выше, тем ниже прочность. При правильной технологии для затвердения и обеспечения прочности

требуется воды в объеме 20% от массы цемента. Однако в случае с ЖБИ расход воды увеличен, поскольку смесь не должна быть слишком пересушенной для формирования равномерной и плотной смеси.

Бетон тем прочнее, чем более крупные наполнители использованы в процессе его приготовления. Не рекомендуется превышать рекомендованное количество песка, исходное сырье необходимо максимально очистить от глины и мелкозернистых фракций. Крупнозернистый заполняющий состав способствует лучшему проникновению цементного теста в образовавшиеся пустоты и обеспечению лучших параметров сцепления всех составляющих будущего изделия. Форма заполнителя играет определяющую роль. Сцепление обеспечивается намного лучше с заполнителями неправильной геометрии, в то время как округленность либо разгрянение заполнителя оказывает обратный эффект [1,4,5].

Применение некачественных составляющих бетона, нарушение технологии приготовления бетонной смеси, ее укладки, нарушение технологии ухода за бетоном приводят к снижению заданной прочности и плотности композита [8].

Тщательность вымешивания смеси также отражается на прочностных показателях. Для ЖБИ важен также порядок укладки бетонных смесей, который подразумевает промывку и обработку стыков, от чего зависит прочность, предотвращающая сколы и появление трещин.

Показатели прочности бетона оцениваются в возрасте 28 суток и зависят от температуры, при которой происходило отверждение смеси в соотношении с пределом достигаемой прочности при застывании при температуре +20°C:

+5°C – 65%;

+10°C – 80%;

+30°C – 115%.

Повторное вибрирование, выполненное до завершения процесса полного схватывания, позволяет увеличить показатели прочности до 20%, это единственный технологический процесс, способный качественно повлиять на эксплуатационные характеристики. Технология производства может предусматривать разнообразные методики виброштампования, вибрирования под нагрузкой или вибропроката, которые направлены на усовершенствование прочностных показателей бетона.

В результате повторного вибрирования повышается плотность и увеличивается скорость процесса гидратации входящего в состав смеси цемента [5-7].

Исходя из всего вышеперечисленного, можно сделать выводы что на прочность конструкций из железобетона влияют различные факторы. В современном строительстве используются все виды железобетонных конструкций в зависимости от их конкретных преимуществ. Важной особенностью является соблюдение всех этих факторов, правил и норм при проектировании, чтобы гарантировать необходимые прочностные характеристики конструкций.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Римшин Владимир Иванович, Меркулов Сергей Иванович, Есипов Станислав Максимович Бетонные конструкции, усиленные композитным материалом // Вестник ИШ ДВФУ. 2018. №2 (35).
2. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003 (с Изменением N 1).
3. Чумичёва Марина Михайловна Прочность железобетонных элементов // Природообустройство. 2009. №2.
4. ГОСТ 10180-2012" Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. N 2071-ст).
5. Плевков Василий Сергеевич, Малиновский Анатолий Павлович, Балдин Игорь Владимирович Оценка прочности и трещиностойкости железобетонных конструкций по российским и зарубежным нормам // Вестник ТГАСУ. 2013. №2 (39).
6. Васильев А. А. Оценка прочности бетона и ее прогнозирование для бетонных и железобетонных конструкций // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. 2005. №4 (23).
7. Стародубцев В.Г., Колтунов М.С. Оценка прочности бетона заводского приготовления, используемого в железобетонных конструкциях, произведённых в условиях строительной площадки // Auditorium. 2017. №3 (15).
8. Смоляго Г.А., Фролов Н.В., Дронов А.В. Анализ коррозионных повреждений, эксплуатируемых изгибаемых железобетонных конструкций зданий и сооружений // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2019. №1. С. 52-56.



*Кайдалова А.А., Сухорученков Д.О.*

*Научный руководитель: Оноприенко Н.Н., канд. техн. наук, доц.*

*Белгородский государственный технологический университет*

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

## **МЕТОДЫ БОРЬБЫ СО СЛОЖНЫМИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ФУНДАМЕНТОВ**

Строительство является одной из активно развивающихся отраслей. Из-за быстрого увеличения численности населения Российской Федерации появляется потребность в большем возведении зданий и сооружений различного назначения. К сожалению, из-за разнообразия и неоднородности рельефа, часто приходится сталкиваться со строительством в не самых благоприятных условиях. Одной из частых проблем, с которыми сталкиваются строители – это пльвуны. Особенно часто данное сложное инженерно-геологическое условие встречается в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области [1].

Пльвун – это насыщенный водой грунт, который при вскрытии приобретает свойства текучего тела. Такими свойствами могут обладать пески, глинистые пески и супеси.

Грунт переходит в пльвунное состояние, если одновременно сочетаются следующие факторы:

- определенный состав горных пород;
- наличие разностей напоров подземных вод;
- благоприятные условия для залегания грунта (обнаженность пород, которые вскрыты горными выработками, буровыми скважинами и т.д.);
- определенное состояние рыхлых пород [2].

Существует два вида пльвунов – ложные и истинные. К ложным пльвунам относятся породы, которые не имеют структурных связей. Обычно они представляют собой пески, которые переходят в пльвунное состояние под действием высокого гидродинамического давления потока подземных вод. К истинным пльвунам относятся породы с коагуляционными или смешанными связями (например, глинистые пески, супеси, суглинки). В данном случае структурные связи обусловлены наличием глинистых частиц с высокими гидрофильными свойствами.

Крайне важно уметь определять наличие пльвунов на земельном участке и их вид для того, чтобы предпринять правильные действия по борьбе с ними [3].

Для строительства на территории, где обнаружены пльвуны необходимо учитывать: глубину их залегания, геоморфологические условия, уровень подземных вод, состав, физико-механические свойства, форму залегания и мощность пльвунных пород [4].

На данный момент существуют следующие виды борьбы с пльвунами: замораживание, силикатизация, использование шпунтовых ограждений, водопонизительные скважины, электроосушение, установка иглофильтров.

Искусственное замораживание. Данный метод применяется для придания временной прочности пльвунам. Существует два вида замораживания пльвунных грунтов – рассольный (по контуру будущего тоннеля забуривают вертикальные, наклонные или горизонтальные замораживающие скважины. В скважины помещают замораживающие колонки и питающие трубки, по которым циркулирует охлажденный до 253-248 К рассол хлористого кальция  $\text{CaCl}$ ) и безрассольный (основан на получении холода в результате испарения сжиженных газов непосредственно в замораживающих скважинах без промежуточных хладоносителей. При этом в качестве хладагента используют жидкий азот, пропан, фреон, аммиак.) (рисуцнок 1).

В результате грунт охлаждается от  $-20$  до  $-40^\circ\text{C}$ , что позволяет закреплять грунты различных пород, а также создает стену, не требующую крепления, но важно помнить, что данный метод применяется для временного закрепления грунта.

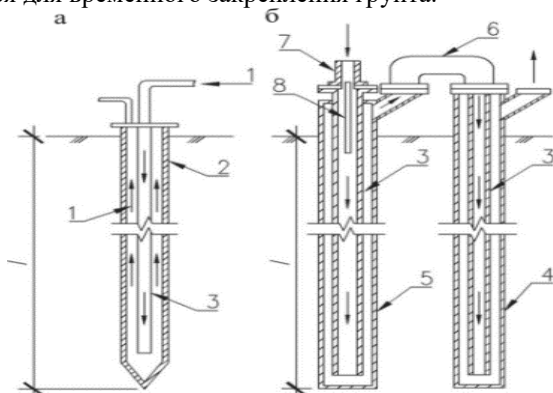


Рис. 1. Конструкции замораживающих скважин при рассольном (а) и безрассольном (б) способах замораживания: 1 — направление движения

рассола; 2 — замораживающая колонка; 3 — питающая труба; 4 — колонка для газообразного азота; 5 — колонка для жидкого азота; 6 — соединительная труба; 7 — входная труба; 8 — теплопроводное устройство; / — глубина скважины

Силикатизация. Суть данного метода состоит в том, что в сухие и водонасыщенные песчаные грунты поочередно добавляются растворы силиката натрия и хлористого кальция, после чего образуются нерастворимые основания, из-за которых повышается прочность грунта.

Шпунтовые ограждения. Метод борьбы с пльвунами заключается в том, что вокруг будущей выемки забиваются шпунты (бетонные или металлические), которые образуют сплошной забор (рисунок 2). Благодаря данной системе выемка защищена от попадания пльвуна. Сваи необходимо забивать в водоупор таким образом, чтобы предотвратить подплывание породы в котлован под шпунтовочный ряд.



Рис. 2. Использование шпунтового металлического ограждения

Водопонизительные скважины. Суть метода состоит в том, что скважины оборудуются специальными насосами, в которых периодически откачивают воду. Благодаря этому процессу происходит образование депрессионных воронок, которые объединяются между собой и происходит понижение уровня подземных вод в месте строительства (рисунок 3).

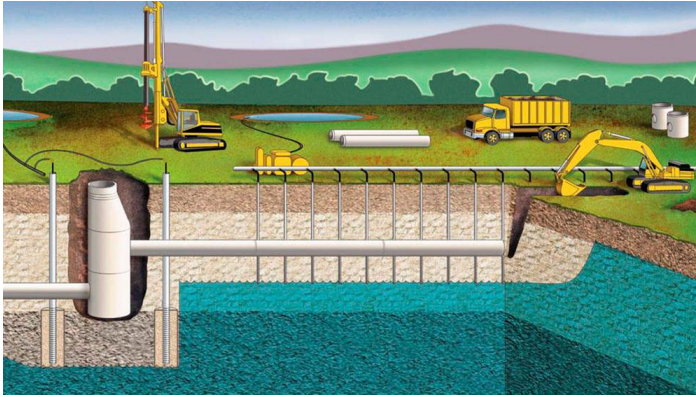


Рис. 3. Использование водопонизительных скважин

Электроосушение. Данный способ заключается в том, что по периметру котлована устанавливают специальные устройства, которые пропускают ток через водонасыщенный глинистый грунт за счет чего вода начинает передвигаться от анода к катоду. Уровень напора в массиве грунта понижается при откачке воды.

Установка иглофильтров. Суть метода заключается в том, что создается вакуум самовсасывающими насосами, которые помещены в грунт и соединены с помощью резиновых шлангов с коллектором. Благодаря этому вода откачивается насосами за пределы осушаемой площади [5].

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод о том, что плавун – это особое состояние грунта, которое требует особого внимания со стороны инженеров. Если проигнорировать опасность данного геологического явления, то здание или сооружение, воздвигнутое при данных условиях может попросту «затянуть» в почву. Из-за этого пойдут трещины по фундаменту и стенам, поскольку они лопнут под воздействием собственного веса. Поэтому крайне необходимо предпринимать меры, нивелирующие недостаточную стойкость грунта.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кайдалова Д.С., Оноприенко Н.Н. Территории со сложными инженерно-геологическими условиями на примере Белгородской области. В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Посвящена 165-

летию В.Г. Шухова. Белгород, 2018. С. 672-688.

2. Карякин В. Ф., Пири С. Д., П. С. Ашихмин. Инженерная геология: учеб. пособие. Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. 116 с.

3. Кузнецова Н. Н., Мохначева М. С., Козикова И. Н. Устройство фундаментов на пльвунах // Материалы XVII Международной научно-технической конференции. 2019. С. 186-189.

4. Лупандина А. А., Калачук Т. Г. Индивидуальные жилые дома на сложном рельефе // Будущее науки. 2018. С. 326-330.

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

*УДК 694*

*Калаев В.П., Ирисов В.С.*

*Научный руководитель: Кислякова Ю.Г., канд. пед. наук, доц.*

*Ижевский государственный технический университет*

*имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск, Россия*

## **ПЛЮСЫ И МИНУСЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ ПО КАРКАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ**

На малоэтажное жилье в России приходится чуть больше половины от общего объема жилищного строительства [1]. Переломным моментом по данным Росстата стал 2021 год, когда объемы в индивидуальном жилищном строительстве превысили объемы многоквартирного строительства, а прирост составил 35 % к 2020 году [2].

Одним из факторов, который повлиял на рост доли малоэтажного строительства – это карантин, введенный в 2020 году в условиях новой коронавирусной инфекции. Увольнения, переводы на удалённую работу привели не только к снижению затрат на посещение ресторанов, обеды в столовых, путешествия, поездки в общественных и личных транспортах, но и к смене места жительства многих людей. Студенты и молодежь начали возвращаться в деревни к родителям. Люди начали понимать, что собственное загородное жилье означает больше личного пространства, лучшую экологию. Тем более в XXI веке благодаря наличию высокоскоростного интернета есть возможность работать и учиться дистанционно. Не стоит забывать и о введении программы ипотечного кредитования «Сельская ипотека» со ставкой до 3 %. По

сообщению в пресс-службе Минсельхоза на реализацию программы дополнительно выделено 500 млн руб., а с учетом ее крайней популярности и востребованности министерство прорабатывает вопрос увеличения суммы финансирования [3]. Сельская ипотека позволяет купить участок под строительство жилого дома или уже построенный дом только в сельской местности. Для семей, где растут дети, родившиеся после 1 января 2018 года, даже если у них только один ребенок, действует семейная ипотека со ставкой до 6 % годовых на покупку земельного участка или дома [4]. Молодым врачам дали возможность получить подъемные по программе «Земский доктор» на сумму 1 млн. руб. [5].

По данным исследования Рослесинфорга, в большинстве случаев, жители России предпочитают строить деревянные дома по каркасной технологии. Ее доля в строительном сегменте занимает почти половину рынка (46 %). Далее идут бревенчатые дома, на третьем месте дома из клееного бруса [6].

Использование дерева в качестве основного строительного материала на территории России экономически целесообразно. По сообщению пресс-службы Рослесхоза, Российские леса содержат в себе 102,2 млрд. кубометров древесины [7]. Дерево обладает уникальными экологическими свойствами: различные смолы, которые выделяются из хвойных пород, благоприятно влияют на общее состояние организма человека, повышают иммунитет, имеют бактерицидные свойства. По сравнению с кирпичными и монолитными домами дом из дерева возводится значительно быстрее, в деревянном доме наиболее благоприятный воздух, а также имеет небольшой вес, высокую прочность, устойчивость к воздействию солей, кислот, масел, обладает низкой теплопроводностью.

Теперь рассмотрим, что же так выделяет каркасные дома на фоне других домов.

– Относительно низкая цена. До повышения цен на строительные материалы каркасные дома и дома из газоблока были наиболее доступными технологиями строительства загородной недвижимости, говорят эксперты компании DOM TECHNONICOL (спецпроект «Технониколь») [8]. Но несмотря даже на резкий скачок цен строительных материалов, каркасные дома до сих пор являются самыми доступными, хоть и цена на такие дома теперь не сильно отличается от домов из других строительных материалов. Стоимость 1 кв. м в 2020 и 2021 годах в зависимости от применяемого строительного материала приведена в (таблице 1).

Таблица 1 – Стоимость строительства домов в 2020-2021 годах

Вид строительства дома	Стоимость 1 м <sup>2</sup> , тыс. руб. (2020 г.)	Стоимость 1 м <sup>2</sup> , тыс. руб. (2021 г.)	Годовая динамика, %
Клееный брус	48	52	16,6
Кирпич	40	52	30
Каркасный дом	24	44	83
Газобетон (без утепления)	25	42	68
Газобетон (с утеплением)	27	47	74

– Сокращение сроков строительства. Неоспоримым преимуществом в каркасном домостроении является значительное сокращение сроков возведения дома. Средняя продолжительность строительства таких домов составляет 2-3 недели без учета фундамента. Если рассматривать стройку под ключ, то между закладкой фундамента и фактическим заселением может пройти всего 1–2 месяца. А в свою очередь, для домов из бревна потребуется в среднем от 1 до 2 лет, так как отделку помещений можно выполнять только на второй год после постройки дома. Стоит так же учесть, что в течение первого отопительного сезона в доме поддерживают температуру не выше 10°C [9]. В этом случае древесина будет сохнуть медленно, а осадка будет идти равномерно без серьезных деформаций. По мере снижения влажности древесины, он будет садиться на протяжении 8 лет. В связи с этим во время основной усадки дома необходимо будет производить регулировку креплений стропильных ног к мауэрлату, компенсаторов усадки на вертикальных опорах не менее одного раза в два месяца. А дома, построенные по каркасной технологии, не имеют усадки и пригодны к проживанию сразу после окончания строительства, что немало важно для потенциального спроса, поскольку заказчик хочет в максимально кратчайшие сроки воплотить свои желания в реальность и как можно скорее заселиться в новый дом.

– Экономия на фундаменте. Экономия идет не только на материалах надземной части жилого дома, но и на этапе закладки фундамента, ведь дерево и все утеплители являются легкими материалами. Поскольку конструкция обладает малым весом, имеется возможность строить дома на слабых грунтах. В большинстве случаев экономия достигается за счет уменьшения толщины стенок фундамента и применения свайных фундаментов. В процентном выражении экономия может достигнуть до 23 % [10].

– Энергосбережение. Одним из резервов энергетической эффективности является теплоизоляция дома. Использование каркасной технологии дает возможность построить относительно недорогой «термос», который зимой будет сохранять внутри тепло, а летом, наоборот, не будет пропускать тепло с наружи, что обеспечит прохладу внутри дома. Для наглядности сравним теплотехнические характеристики стены каркасного дома с наружными стенами домов из клееного бруса и газобетона. Зададим для них одинаковые климатические параметры, характерные для г. Ижевска:

– расчетная зимняя температура наружного воздуха холодной пятидневки – 34 °С;

– средняя температура отопительного периода – 5,6 °С;

– продолжительность отопительного периода – 222 суток;

– зона влажности – сухая.

А) Конструкция стены индивидуального жилого дома из клееного бруса. На территории Удмуртии в основном строят из клееного бруса толщиной 150-200 мм. Для расчета примем брус толщиной 200 мм, расчетное сопротивление теплопередаче данной стеновой конструкции составляет 1,49 м<sup>2</sup> °С/Вт. По результатам расчета получается, что ограждающая конструкция не удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормам по тепловой защите: 1,49 м<sup>2</sup> °С/Вт = 1,49 м<sup>2</sup> °С/Вт. Ограждающая конструкция не удовлетворяет нормам по тепловой защите: 1,49 м<sup>2</sup> °С/Вт < 3,44 м<sup>2</sup> °С/Вт. Эксплуатация такой конструкции без утепления недопустима. Потери тепла через 1 м<sup>2</sup> за отопительный сезон составляют 90,20 кВт·ч. Как видно из (рисунка 1), «точка росы» находится ближе к внутренней стене, что негативно влияет на эксплуатационные качества клееного бруса.

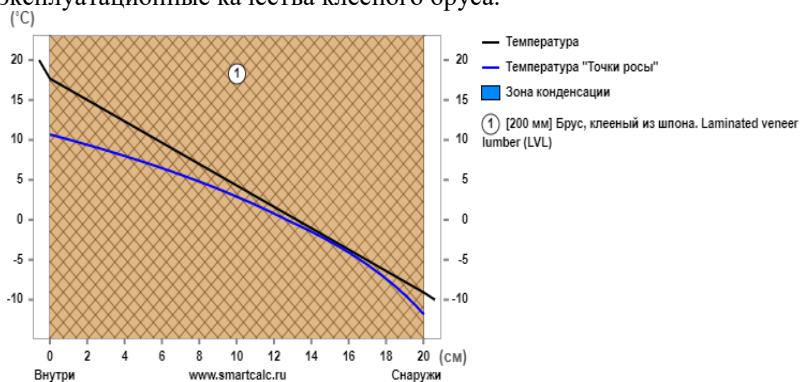


Рис. 1 Схема к теплотехническому расчету наружной стены из бруса



Б) Конструкция стены индивидуального жилого дома из газобетона. Для расчета примем газоблок толщиной 300 мм. Расчетное сопротивление теплопередаче данной стеновой конструкции составляет  $2,03 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ . По результатам расчета получается, что ограждающая конструкция удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормам по тепловой защите:  $2,03 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт} > 1,49 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ . Ограждающая конструкция не удовлетворяет нормам по тепловой защите:  $2,03 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт} < 3,44 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , что приводит к значительным затратам на отопление. Потери тепла через  $1 \text{ м}^2$  за отопительный сезон составляют  $66,17 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ . Как видно из рисунка 2, «точка росы» находится ближе к внутренней стене здания, что не очень хорошо для такого гигроскопичного материала, как газобетон.

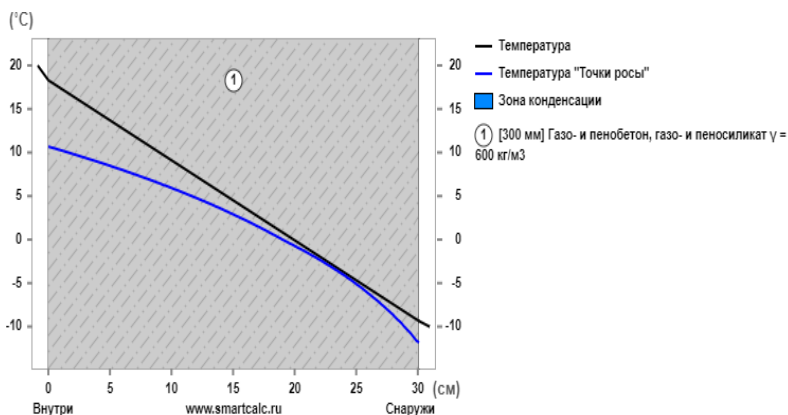


Рис. 2 Схема к теплотехническому расчету наружной стены из газоблока

В) Каркасный индивидуальный жилой дом. Для расчета возьмем в качестве утеплителя минеральную вату с плотностью  $25\text{-}45 \text{ кг/м}^3$  и толщиной 150 мм. Расчетное сопротивление теплопередаче данной стеновой конструкции составляет  $4,29 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ . По результатам расчета получается, что ограждающая конструкция удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормам по тепловой защите:  $4,29 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт} > 1,49 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$  и удовлетворяет нормам по тепловой защите вне зависимости от иных требований. На рисунке 3 видно, что «точка росы» находится в зоне влаго-ветрозащитной мембраны, зазор между утеплителем и обшивкой исключает образование конденсата и способствует отводу влаги, что благоприятно влияет на срок службы каркасного дома.

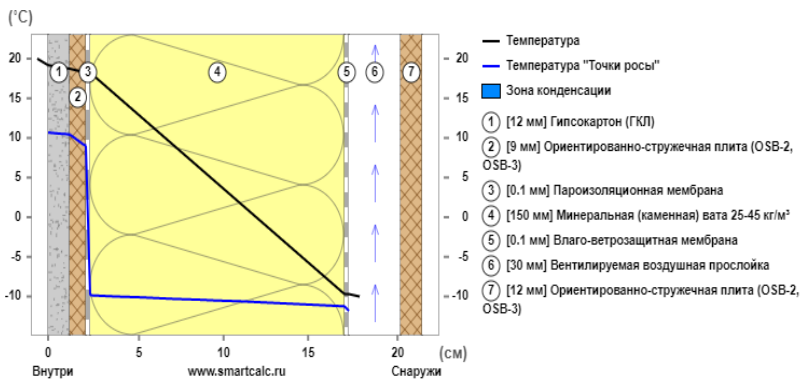


Рис. 3 Схема к теплотехническому расчету стены по каркасной технологии

– Сейсмостойчивость. Каркасный дом обладает очень высокими показателями по сейсмостойчивости, такой дом способен выдержать землетрясения до 9 баллов по шкале Рихтера. Это доказывает распространенное строительство каркасных домов в Японии. В качестве примера также можно привести испытания каркасных домов в Калифорнии, где строительство каркасных домов имеет высокую популярность. Прочность каркасных конструкций считается достаточной для эксплуатации в этом сейсмоактивном регионе [11].

Кроме плюсов, каркасные индивидуальные жилые дома обладают и минусами.

1. Отсутствие профессиональных навыков и опыта в строительстве каркасных домов. Трудно найти высококвалифицированных специалистов, которые не просто строят каркасные дома, но и полностью владеют технологией строительства. А прибегая к услугам «первых попавшихся» работников, которые совершают непоправимые ошибки, люди начинают винить в этом саму технологию.

2. Отсутствие качественных материалов для каркасного строительства по разумным ценам. Для постройки каркасных деревянных домов необходимо использовать только высушенные материалы, но дерево, которое предлагаю на рынке, в основном сырое [12]. Даже если удастся найти сухое, то оно стоит значительно дороже. Если все же по каким-то причинам купили сырые доски, то их необходимо обязательно высушить, хотя бы естественным способом.

3. В каркасных домах применяются горючие материалы. Основным и неоспоримым минусом деревянных каркасных строений является то, что они состоят из горючих материалов. Для того, чтобы

уменьшить риск возгорания, перед использованием, все деревянные элементы необходимо обработать пропиткой. Во время прокладки в дом электричества нужно следить за тем, чтобы все провода были в специальном гофре. При повышении температуры гофра сжимается, тем самым блокирует доступ воздуха к очагу возгорания. Для утепления использовать негорючие материалы.

Таким образом, рассмотрев плюсы и минусы каркасных индивидуальных жилых домов в условиях современного рынка, можно говорить о том, что дома, возведенные по каркасной технологии, на данный момент являются самым оптимальным выбором, ввиду таких ключевых достоинств, как высокая скорость возведения дома, низкая стоимость, высокая теплоизоляция и сейсмостойчивость. Недостатки в большинстве случаев связаны с нарушением технологии строительства, установкой различных коммуникаций не по правилам и неправильным выбором строительного материала.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кутырев В.Г., Стеклов А.М. Перспективы индивидуального жилищного строительства в России. Современные проблемы науки и образования // Scholar. №3, 2014. С 1-6.
2. Россияне полюбили частное жилье. – URL: <https://www.vedomosti.ru/opinion/artic-les/2022/02/10/908808-chastnoe-zhile/> (дата обращения 13.04.2022). – Текст: электронный.
3. На реализацию программы льготной сельской ипотеки дополнительно выделено 500 млн рублей. – URL: <https://mcx.gov.ru/press-service/regions/na-realizatsiyu-programmy-igotnoyselskoy-ipoteki-dopolnitelno-vydeleno-500-mln-rublej-57142/> (дата обращения 13.04.2022). – Текст: электронный.
4. Как воспользоваться «Семейной ипотекой». – URL: <https://спроси.дом.рф/instructions/semeynaya-ipoteka/> (дата обращения 13.04.2022). – Текст: электронный.
5. Как воспользоваться программой «Земский доктор». – URL: <https://спроси.дом.рф/instructions/kak-vospolzovatsya-programmoj-zemskiy-doktor/> (дата обращения 13.04.2022). – Текст: электронный
6. Названа самая популярная технология строительства деревянных домов. – URL: <https://roslesinfor.ru/news/in-the-media/6263/> (дата обращения 14.04.2022). – Текст: электронный.
7. Общий запас древесины в России составляет 102,2 млрд. кубометров. – URL: <https://rg.ru/2021/01/25/obshchij-zapas-drevesiny-v->

rossii-sostavliaet-1022-mlrd-kubometrov.html / (дата обращения 13.04.2022). – Текст: электронный.

8. Каменный или деревянный: какой дом выгоднее строить после скачка цен. – URL: <https://realty.rbc.ru/news/61323b189a79473b383d9f35> / (дата обращения 14.04.2022). – Текст: электронный.

9. Строки строительства домов: от справки до заселения. – URL: <https://everestdom.com/bl-og/sroki-stroitelstva-domov> / (дата обращения 15.04.2022). – Текст: электронный.

10. Зыбинский Е.А. Достоинства и недостатки каркасных домов // Инновации. Наука. Образование. №45. 2021. С 427-429.

11. Каркасный дом. – URL: [https://xn----7sbq3aejdlfk8a.xn--plai/karkasnyi\\_dom\\_pliusy\\_i\\_minusy/](https://xn----7sbq3aejdlfk8a.xn--plai/karkasnyi_dom_pliusy_i_minusy/) (дата обращения 13.04.2022). – Текст: электронный.

12. Осипова Л.С., Зенькова К.В. Каркасный способ строения домов // Образование XXI ВЕКА. 2012. С 280.

#### **УДК69.04**

***Кладиева П.В., Давиденко М.В.***

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

### **НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЛЕНТОЧНОГО АРМИРОВАНИЯ ЯЧЕЙСТОБЕТОННЫХ БАЛОК**

Изгибаемые ячеистобетонные элементы принято армировать либо дисперсно, путем распределения по объему большого количества стержней малого диаметра, либо дискретно - отдельными арматурными элементами. Дискретное армирование ячеистобетонных конструкций однозначно имеет преимущества перед дисперсным за счет более технологичного локализованного распределения армирующих элементов в объеме пористой конструкции, а также их большего включения в совместную работу бетона и арматуры. Но при этом, основной проблемой изгибаемых ячеистобетонных конструкций со стержневым армированием является достаточно низкое удельное сцепление на границе арматуры с бетоном, негативно влияющее на выдергивание арматуры из пористого массива и приводящее к преждевременной потере несущей способности конструкции в целом [1].

В данной статье рассматриваются результаты сравнительного анализа фактического напряженно-деформированного состояния моделей ячеистобетонных балок, армированных дискретной стержневой и ленточной арматурой, и дается оценка количественного влияния инновационного армирования, обладающего более развитой боковой поверхностью, на несущую способность изгибаемых конструкций из ячеистого бетона [2].

Расчет в нелинейной постановке выполнен методом конечных элементов в ПК Лири-САПР 2020 для 2 армоячеистобетонных балок прямоугольного сечения размерами 150×250 мм, изготовленных из ячеистого бетона D500 В3,5.

Модель экспериментальной балки армирована инновационной арматурой, выполненной в форме стальной перфорированной ленты шириной 30 мм с перфорацией 10×20 мм через каждые 20 мм по всей длине ленты при толщине металла 0,1 мм (рис. 1). Вторая конструкция армирована традиционно, продольными стержнями приведенного диаметра  $d_{4,5}$  мм А500 эквивалентным площади боковой поверхности ленты.

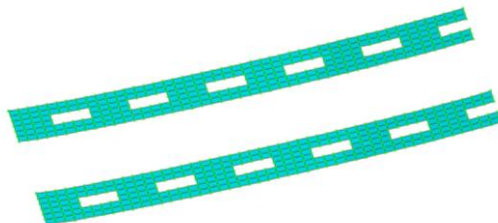


Рис. 1. Внешний вид стальной зубчатой ленты, принятой в расчет

Прочностные и деформативные характеристики ячеистого бетона и стальных конструкций принимались согласно СП 63.13330.2018 и СП 351.1325800.2017, а также СТО НААГ 3.1–2013. Параметры кусочно-линейного закона деформирования материалов конструкций балок и графическое отображение установленной зависимости напряжений  $\sigma$  в бетоне и стали от относительных деформаций  $\varepsilon$ , определяющих проектные возможности сопротивлению нагрузке, представлены на (рисунке 2).



Рис. 2. Кусочно-линейные диаграммы деформирования материалов конструкций балок: бетона (слева) и арматурных элементов (стальной зубчатой ленты, стержней) (справа)

Значение равномерно распределенных нагрузок, приложенных к моделям балок в верхнем поясе, приняты по результатам экспериментальных испытаний несущей способности алогичных балок, представленных в исследованиях ОАО «Бонолит – Строительные решения», и обладают интенсивностью 8 кН/м.

Далее представлены полученные результаты расчета, позволяющие сделать вывод о возможности и рациональности применения ленточного армирования в изгибаемых ячеистобетонных конструкциях [3].

Несущая способность балок по 2 группам предельных состояний обеспечена, расчетные значения напряжений не превышают предельно допустимых нормативных значений прочностей на растяжение для ячеистого бетона 0,18 МПа и 435 МПа для стали.

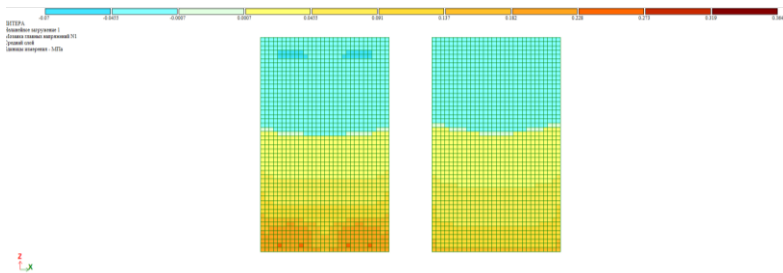


Рис. 3. Расчетные главные напряжения в бетоне численных моделей равномерно нагруженных балок, армированных стальными лентами (слева) и стержневой арматурой круглого сечения (справа), МПа

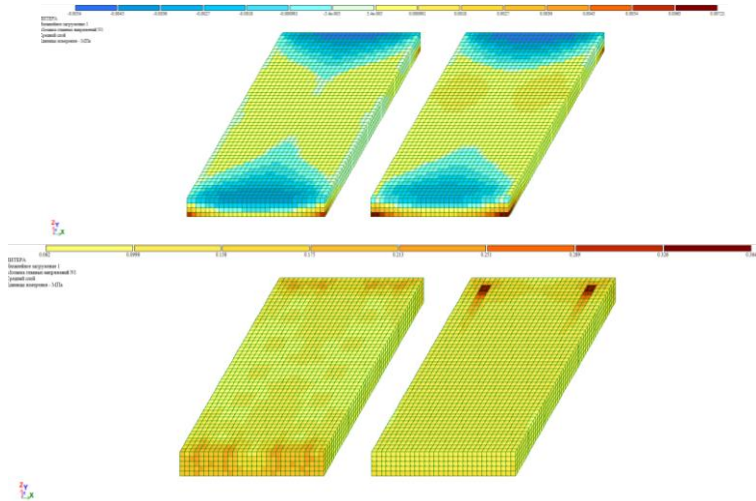


Рис. 4. Расчетные главные напряжения в слоях бетона выше сжатой (вверху) и ниже растянутой (внизу) арматуры численных моделей равномерно нагруженных балок, армированных стальными лентами (слева) и стержневой арматурой круглого сечения (справа) равного продольного сечения, МПа

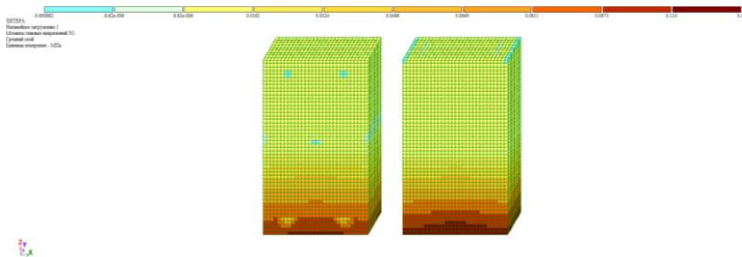


Рис. 5. Расчетные главные напряжения в бетоне численных моделей равномерно нагруженных балок, армированных стальными лентами (слева) и стержневой арматурой круглого сечения (справа) равного поперечного сечения в пролете, МПа

Сечения балок, приведенные на (рисунках 3-5) показали заметно меньшую концентрацию напряжений в приарматурных слоях бетона для балок, армированных ленточной арматурой [4]. В то время как для бетона балок со стержневой арматурой значения главных продольных напряжений в отдельных участках составило до 0,364 МПа, преимущественно сосредоточившись в пределах одного-двух конечных элементов от стержневой арматуры (рисунок 4 снизу), что превышает

нормативную прочность ячеистого бетона класса В3,5 на растяжение до трех раз, и, очевидно, разрушив приарматурный слой, вызовет продергивание арматуры в реальных балках при проведении натурного эксперимента [5]. Балка, армированная лентами, продемонстрировала существенно более равномерное распределение главных напряжений в аналогичных сечениях, максимально составляющих 0,18 МПа, что сопоставимо с нормативной прочностью ячеистого бетона на растяжение [6]. Также можно отметить, что в сечениях балки, армированной зубчатыми лентами более выражена сжатая зона бетона (рисунки 3, 4 верхний).

Анализ внутренних усилий арматурных элементов представлена на (рисунке 6). Продольные усилия в стержневых элементах составили 0,261 кН растяжения/сжатия, что при площади принятого арматурного стержня  $d4,5 A_s = 16 \text{ мм}^2$  составит 16,3 МПа, в то время как расчетные продольные напряжения в зубчатых пластинах, моделирующих ленточное армирование той же площади сечения составляют 15,3 МПа. Таким образом, примерно равный уровень внутренних усилий арматурных элементов ячеистобетонных балок подтверждает возможность замены стержневого армирования на ленточное, эквивалентное по приведенной площади [7].

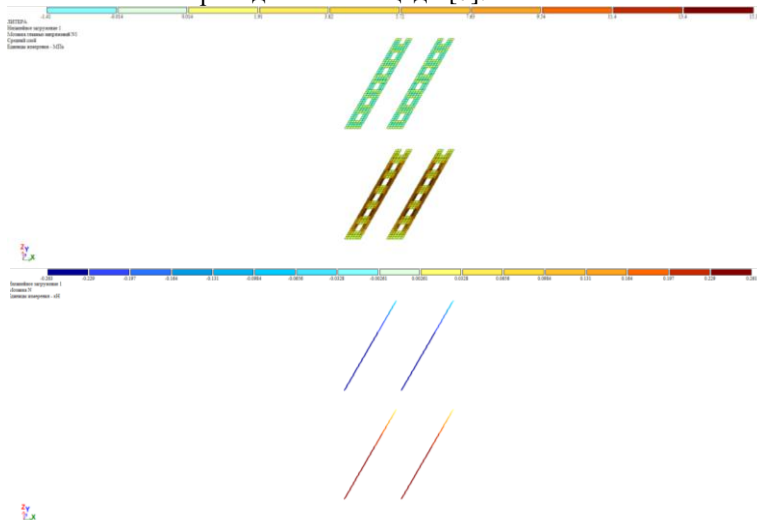


Рис. 6. Расчетные продольные усилия и напряжения в арматурных элементах численных моделей равномерно нагруженных балок, армированных стальными лентами (вверху) и стержневой арматурой круглого сечения (внизу) равного поперечного сечения, кН, МПа, МПа



Реализация численного эксперимента позволяет убедиться в возможности и эффективности применения инновационного ленточного армирования для изгибаемых ячеистобетонных конструкций, решить задачу подбора оптимального соотношения площади боковой поверхности элементов армирования к площади поперечного сечения, и как следствие определить рациональные значения геометрических показателей стальных зубчатых лент для последующей верификации полученных данных натурным экспериментом [8].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кладиева П.В., Мозговой В.М., Моисеев М.В. Теоретическое обоснование повышения эффективности армирования изгибаемых ячеистобетонных конструкций / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. № 6. С. 27-35.

2. Кладиева П.В. Особенности деформирования ячеистых бетонов / В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Материалы конференции. Белгород, 2021. С. 724-728.

3. Dolzhenko A.V., Naumov A.E., Shevchenko A.V., Simonov N.A. Strength and deformation of bendable plastic-concrete-tubal structures / Materials Science Forum. 2020. Т. 974 MSF. С. 589-595.

4. Кладиева П.В. Направления совершенствования методических подходов к выбору рациональной теории прочности при проектировании изгибаемых армированных ячеистобетонных конструкций / Аспирант. 2020. № 5 (56). С. 157-160.

5. Kladieva P.V., Koshlich Yu.A. Improvement directions of technical regulations in the field of reinforced cellular concrete structures / В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. BUILDINTECH BIT 2020. INNOVATIONS AND TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION. 2020. С. 012059.

6. Кладиева П.В., Давиденко М.В., Мозговой В.М. Нормативное обеспечение проектирования армированных ячеистобетонных конструкций / В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов V Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Белгород, 2021. С. 53-58.

7. Кладиева П.В. Направления совершенствования технологии армирования газобетонных несущих конструкций / Проектирование и строительство: Сборник научных трудов 4-ой Международной научно-

практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистрантов и бакалавров [13 марта 2020 г.] / Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020, - 320 с. с. 143-146.

8. Кладиева П.В., К вопросу учета нелинейности ячеистого бетона при проектировании несущих конструкций / В сборнике: VI Международный студенческий строительный форум - 2021. Сборник докладов. В 2-х томах. Белгород, 2021. С. 59-64.

**УДК 666.94:621.926**

*Колесников Е.А.*

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

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА В РОССИЙСКОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКЕ**

Бетон в последние десятилетия является основным конструкционным материалом, который применяется в строительстве, причем его высокопрочные марки отличаются особыми свойствами, которые пока не нашли распространения в строительной практике. Высокопрочным, согласно требованиям ГОСТ 25192-2012 «Бетоны. Классификация и общие технические требования», считается бетон класса прочности при сжатии В55 и выше [1].

К числу достоинств высокопрочных марок бетона в научной и практической литературе относят его более высокую плотность, морозостойкость, долговечность, водо- и газопроницаемость, устойчивость к агрессивным химическим факторам, износостойкость [5, с. 101]. Высокопрочный бетон также отличается повышенной антикоррозионной защитой арматуры, что важно в условиях повышенной влажности или создании конструкций мостов, плотин и тому подобных сооружений. Важным фактором при выборе для строительства высокопрочных марок бетона является такое их свойство, как высокая выносливость на сжатие и растяжение, что особенно важно при сооружении не только технологических объектов, но и высотного строительства [10].

При этом применение при строительстве высокопрочных бетонов для создания основных несущих конструкций в литературе отмечается как эффективное [3, с. 24]. В работах [6, 7] отмечается, что в результате

использования бетона высокопрочных марок растет несущая способность основных несущих конструкций, уменьшается размер сечения конструкций, снижается расход и арматуры, и собственно бетона, конструкции отличаются также меньшим весом и большей компактностью.

Все эти достоинства применения высокопрочного бетона подтверждаются не только опытом практической работы, но и результатами исследований И.Т. Мирсаяпова и А.Г. Тамразян [7, с. 53]. Эти исследователи доказали, что применение в элементах железобетонного каркаса высокопрочного бетона В100 по сравнению с использованием бетона марок В20 и В30 отличается снижением расхода стали и уменьшает раскрытие трещин практически в два раза. Использование высокопрочного бетона также дает возможность при проектировании зданий и сооружений уменьшить размер поперечного сечения колонн и ригелей, что приводит к уменьшению объема бетона, который требуется для изготовления основных конструктивных элементов, что приводит к снижению стоимости строительства [6, 7].

В российской строительной практике несмотря на то, что разработаны и опробованы технологии, позволяющие получать высокопрочные бетоны, отличающиеся уникальными свойствами, они почти не применяются. Как отмечается в исследовании агентства РА Эксперт, в Российской Федерации строительство основного объема зданий и сооружений по-прежнему осуществляется из материала с классом прочности В10-В35 [4]. На это обстоятельство не слишком сильно повлияло даже массовое увеличение этажности строительства, и сегодня, как и в 1990-2000-х годах, массовое строительство использует только материалоемкие бетоны низких марок.

Как отмечает Ю.М. Баженов, одним из технологических условий получения высокопрочных бетонов является создание такой его структуры, которая бы отличалась особой плотностью, прочностью и монолитностью. Этого можно добиться при соблюдении нескольких условий [2, с. 226]:

- применение высокопрочных цементов и заполнителей;
- предельно низкое водоцементное отношение;
- высокий предельно допустимый расход цемента;
- применение суперпластификаторов и комплексных добавок, которые способствуют получению плотной структуры этого материала;
- особо тщательное перемешивание и уплотнение бетонной смеси.

Разработка модифицированных бетонов основывалась на появлении суперпластификаторов и микрокремнеземов – высокодисперсных кремнеземсодержащих материалов техногенного

происхождения. Использование этих материалов и сочетание с ними небольших количеств других органических и минеральных материалов позволяет модифицировать структуру материала на микроуровне таким образом, чтобы придать бетону свойства, которые обеспечивали бы ему эксплуатационную надежность конструкций [3, с. 24].

При изготовлении высокопрочных бетонов применяются суперпластификаторы – синтетические полимеры, основное назначение которых – повышение текучести и подвижности бетонной смеси. Объем суперпластификатора составляет 0,1-1,2% от массы цемента. Основное назначение суперпластификатора – воздействие на структуру на коагуляционной стадии изготовления бетона, изменение реологических, то есть связанных с текучестью, свойств материала, что оказывает влияние на кристаллизационную структуру бетона [10].

Микрокремнезем – это очень мелкие шарообразные частицы аморфного кремнезема, их средняя удельная поверхность составляет около 20 кв. м/г, а средний размер частицы – 0,1 микрона, то есть примерно в сто раз меньше зерна цемента. Смысл добавления в бетонную смесь микрокремнезема состоит в том, что его частицы окружают каждое зерно цемента, заполняя пустоты прочными продуктами гидратации и улучшая сцепление с заполнителями [10].

При изготовлении высокопрочных порошковых бетонов в бетонную смесь вводят каменную муку, которая повышает как действие суперпластификатора, так и влияет на свойства реологической матрицы самого бетона. Это позволяет и уменьшить количество воды, и увеличить прочность получившегося материала, добавление каменной муки фактически приравнивается к увеличению объема цемента в бетонной смеси [10].

Технология изготовления высокопрочного легкого бетона основана на том, что бетонная смесь имеет специальный состав, в который входят цемент, наполнитель – микросферы, кварцевый песок, пластификатор и вода плюс минеральная часть, которая состоит из кремнеземистых компонентов. При этом этот бетон не содержит крупный наполнитель, снижение средней плотности материала происходит за счет введения в него сферических частиц микрометрического размера – углекислого газа в твердой непористой оболочке, как правило, это стеклянные или алюмосиликатные микросферы. В сочетании со специально подобранными компонентами цементно-минеральной составляющей бетона и специальными модифицирующими добавками полый наполнитель формирует одновременно прочную и плотную структуру бетона с насыщенной закрытой пористостью [5, с. 101].

Технология изготовления высокопрочного дисперсно-армированного фибробетона основана на модификации материала на двух уровнях. На микроуровне – через применение комплексных добавок (суперпластификаторы, реакционно-активные наполнители и гидрофобизаторы), которые вводятся совместно с клинкером, на макроуровне – добавкой армирующих волокнистых элементов (0,3-2%). Различают две группы фибробетона: металлическая (применяются стальные волокна различной формы и размера) и неметаллическая (используются такие материалы, как стекло, полиэтилен, углеродные волокна и так далее) [9, с. 52]. Такая технология повышает прочность бетона при сжатии (на 4,14% при использовании синтетических, и на 6,16% – стальных волокон) и растяжении (на 10,45 и 14,53% соответственно), а также стойкость к образованию трещин и ударную вязкость [7, с. 185].

В литературе отмечается, что применение супер- и гиперпластификаторов, каменной муки, микрокремнезема и золы позволяет повысить уровень прочности получившихся бетонов до 150-200 МПа. Но повышение прочности имеет свои недостатки: повышается хрупкость, снижается коэффициент поперечной деформации (или коэффициент Пуассона) до 0,14-0,17, что влечет за собой риск внезапного разрушения конструкции [10].

Таким образом, разработка новых, современных технологий позволяет изготавливать высокопрочные бетоны нового поколения, к сожалению, как отмечают эксперты [4], все эти возможности в России не реализуются, отставание в этом плане от передовых стран уже очень значительно и с каждым годом нарастает.

Между тем, за рубежом именно при использовании всех этих технологических достижений становится возможным строительство зданий высотой до 500-800 м, однопролетных автомобильных и железнодорожных мостов с длиной пролета до 2 км, нефтяных и газовых платформ для добычи полезных ископаемых на морском шельфе и других сооружений.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. ГОСТ 25192-2012 Бетоны. Классификация и общие технические требования [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «Кодекс».
2. Баженов Ю.М. Технология бетона: учеб. пособие / Ю.М. Баженов. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1987. – 415 с.

3. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны в практике современного строительства / В.Г. Батраков, С.С. Каприелов, А.В. Шейнфельд, Е.С. Силина // Промышленное и гражданское строительство. – 2002. – №9. – С. 23-25.

4. Высокоэффективные порошковые и реакционно-порошковые высокопрочные и сверхпрочные бетоны и фибробетоны // Эксперт РА. – 2017. – 20 февр. – URL: <https://raex-a.ru/database/inno/44445>

5. Иноземцев А.С. Особенности реологических свойств высокопрочных легких бетонов на полых микросферах / А.С. Иноземцев, Е.В. Королев // Вестн. МГСУ. – 2013. – №6. – С. 100-108.

6. Лесовик В.С. Энергоэффективные газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства / Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К.А. // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2012. – №3. – С.10.

7. Мирсаяпов И.Т. Технико-экономическая оценка влияния повышения прочности и выносливости бетона за счет применения высокопрочного бетона на расход материалов в железобетонных каркасах по серии 1.020-1/83 / И.Т. Мирсаяпов, А.И. Фаттахова // Изв. Казанского гос. архитектурно-строительный ун-та. – 2017. – №4. – С. 185-188.

8. Симакина Г.Н. Высокопрочный дисперсно-армированный бетон: автореф. дис. канд. техн. наук / Г.Н. Симакина. – Пенза, 2006. – 161 с.

9. Сташевская Н.А. Обзор и анализ исследований применения высокопрочного фибробетона для высотного строительства / Н.А. Сташевская, Г.Э. Окольников, Д.М. Асиков // Системные технологии. – 2017. – №23. – С. 51-55.

10. Уразова А.А. и др. Технология производства и применения высокопрочных бетонов [Электронный ресурс] / А.А. Уразова, Е.Д. Конов, М.О. Коровкин, Н.А. Ерошкина // Современные науч. иссл. и инновации. – 2017. – №2. – URL:

11. Пералес Б. Д. С. Применение высокопрочного бетона в российской строительной практике // Актуальные исследования. 2020. №9 (12). Ч.1. С. 40-43. URL: <https://apni.ru/article/741-primenenie-visokoprochnogo-betona-v-rossijskoj>

Колчев Д.В., Линец В.В.

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

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРОЙ И СВОЙСТВАМИ ПОРОСТЕКЛОКЕРАМИКИ, ПОЛУЧЕННОЙ В СИСТЕМЕ МАТЕРИАЛОВ «СТЕКЛОБОЙ– ДИАТОМИТ–КЕРАМОГРАНИТ»

Получение теплоизоляционных строительных материалов, обладающих вместе с тем высокой конструкционной прочностью, в настоящее время для материаловедов является весьма важной задачей. Такой материал должен обладать минимальным водопоглощением, обеспечивающим высокую морозостойкость, и высокой химической устойчивостью, определяющую инертность к кладочным цементным растворам. Одним из таких материалов является пеностеклокерамика. Инертность ее к цементным растворам связана с пониженным, в сравнении с традиционным пеностеклом, содержанием в составе щелочных компонентов. Она обладает пониженной плотностью в сравнении с другими традиционными конструкционными материалами, но сравнима с ними по значениям предела прочности при сжатии, поэтому весьма перспективна для сооружения малоэтажных зданий с низкими значениями потерь тепла в окружающую среду через ограждающие конструкции [1].

Для получения экспериментальных образцов использовались отходы шлифовки и полировки керамогранита, природный диатомит и технологические отходы листового стекла, химические составы которых приведены в (таблице 1).

Таблица 1 – Химический состав материалов, использованных в исследованиях

Сырьевые материалы	Содержание оксидов, мас. %							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	TiO <sub>2</sub>
Стекольный бой	72,5	1,5	14	-	9	0,1	3	-
Диатомит	65,9	23,7	5,6	3,1	0,5	0,5	0,4	0,4
Керамогранит	77,2	13	0,1	1,8	1,5	3,6	2,2	0,5

Содержание компонентов в вещественных составах экспериментальных сырьевых смесей (таблица 1) было определено экспериментально в проведенных ранее исследованиях [2].

Таблица 2 – Вещественные составы экспериментальных шихт

Номер состава	Сырьевые материалы, мас. %		
	Стеклобой (СБ)	Диатомит (ДМ)	Керамогранит (КГ)
1	40	32	28
2	42	44	14

Расчетный химический состав экспериментальных смесей приведен в (таблице 3).

Таблица 3 – Химический состав экспериментальных смесей

Номер состава	Содержание оксидов, мас. %							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	TiO <sub>2</sub>
1	74,58	8,59	7,42	1,56	4,24	1,3	2,03	0,29
2	71,67	11,25	8,36	1,65	4,24	0,79	1,78	0,26

Получение экспериментальных образцов проводилось при вариации следующих параметров: концентрация порообразователя (карбида кремния) [2], температура термообработки смесей, обеспечивающая достижения ими пиропластичного состояния (температура Литтлтона), и время выдержки при этой температуре. Скорость нагрева смесей была постоянной и составляла 250 °С/ч.

При моделировании экспериментальных составов (таблица 3) ставилась задача не только определения долевого участия в формировании пористой структуры и свойств материалов компонентов системы, но параметров их получения (таблица 4).

Таблица 4 – Условия получения образцов пеностеклокерамики

Номер образц а	Температура выдержки, °С	Время выдержки τ, ч	Количество порообразователя, %
1.1; 2.1	1150	1	0,1
1.2; 2.2	1125	2	0,2
1.3; 2.3	1150	2	0,2
1.4; 2.4	1125	1,5	0,3



1.5; 2.5	1125	1	0,3
-------------	------	---	-----

Изменение общей пористости экспериментальных образцов 1 и 2 представлено на (рисунке 1).

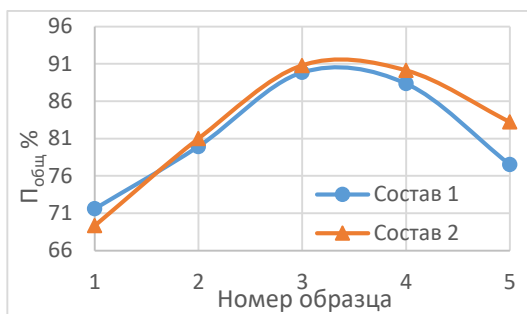


Рис. 1 Значения пористости образцов составов 1 и 2

При проведении исследований было установлено, что наиболее активное влияние на размер пор оказывает температура поризации; так при снижении температуры с 1150 °С до 1125 °С размер пор уменьшается, при этом кажущаяся плотность образцов связана с пористостью обратно пропорциональной зависимостью (рисунк 2).

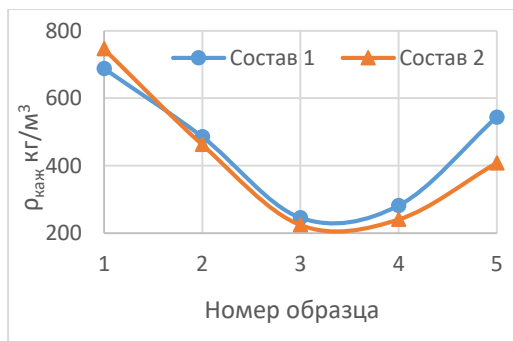


Рис. 2 Значения кажущейся плотности составов 1 и 2

При увеличении содержания газообразователя до 0,3% и уменьшении времени выдержки до 1 часа, пористость образцов возрастает до максимального значения, а кажущаяся плотность,

наоборот, приближается к минимуму, относительно других экспериментальных образцов. (рисунок. 1 и 2).

Макрофотографии экспериментальных образцов 1.1 и 2.1 (Рис.3) позволяют говорить о том, что размер пор в образце 1.1 (Рис. 3, а) колеблется в диапазоне 0,05...1,2 мм. Средняя «плотность» пор в этом образце не превышает 60 шт/см<sup>2</sup>.

Диапазон размеров пор в образце 2.1 (рисунок 3, б) находится в интервале 0,3...1 мм, «плотность» пор в нем ~ 80 шт/см<sup>2</sup>. Следует отметить, что в этом образце отмечается градиент пор от внешних слоев внутрь образца, что свидетельствует о том, что внутренние слои не успели достаточно прогреться и достичь температуры пиропластичного состояния, когда поризация протекает наиболее интенсивно.

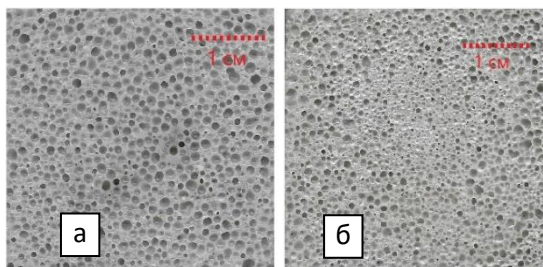


Рис. 3 Структура и размер пор в образцах 1.1 и 2.1

При увеличении концентрации газообразователя до 0,2 мас. % и времени выдержки до 2 ч при одновременном снижении температуры поризации до 1125 °С, характер пор и их размеры изменяются (рисунок4).

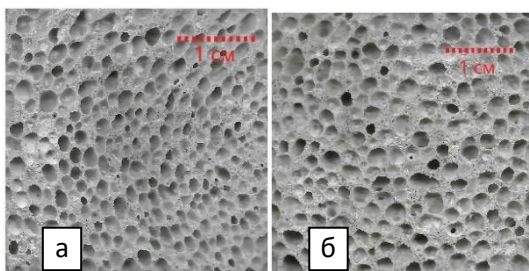


Рис. 4 Структура и размер пор в образцах 1.2 и 2.2

На (рисунок 4), а отчетливо видно, порообразование осуществлялось достаточно активно, поскольку поры имеют бóльшие

размеры и эллипсоидальную форму. Размер пор находится в диапазоне 1,5...2,2 мм, толщина межпоровых перегородок составляет от 0,2 до 2,0 мм, в которых находится определенное число пор малых размеров, что, в свою очередь указывает на нереализованный потенциал поризации образцов этих составов при указанных параметрах.

«Плотность» пор в образцах 1.2 и 2.2 составляет 25 шт/см<sup>2</sup> и 15 шт/см<sup>2</sup>, соответственно.

Повышение температуры поризации с 1125 °С до 1150 °С при сходных с образцами 1.2 и 2.2 другими параметрами обеспечило резкий прирост пор и структуру образцов в целом. Так на макрофотографии образца 1.3 (рисунок. 5, а) видно, что размер пор находится в диапазоне 4...8 мм. Толщина межпоровых перегородок колеблется от 0,2 до 4 мм. Как и в предыдущем случае в межпоровых перегородках значительное число пор малых размеров.

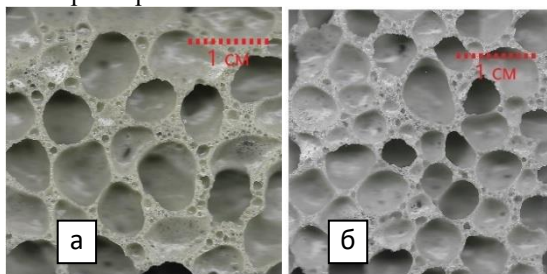


Рис. 5 Структура и размер пор в образцах 1.3 и 2.3

Увеличение концентрации газообразователя до 0,3 мас. %, температуре поризации 1125 °С и времени 1,5 ч способствовало совершенствованию структуры образцов (рисунок. 6, а и б).

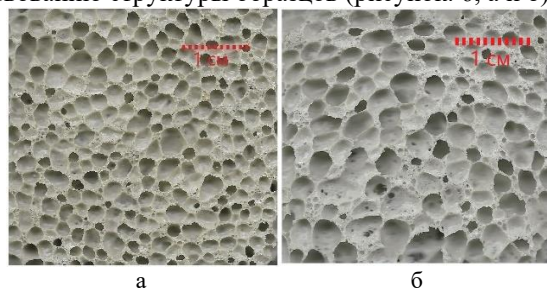


Рис. 6 Структура и размер пор в образцах 1.4 и 2.4

Размер пор в образце 1.4 находится в диапазоне 0,5...2,0 мм, в образце 2.4 – 1,0...5, мм. Структура пор в этих образцах по форме

близка к классической «сотовой», обеспечивающей межпоровым перегородкам минимальную толщину. «Плотность» пор в образце 1.4 и 2.4, без учета их нахождения в межпоровых перегородках, составила 25 шт/см<sup>2</sup> и 14 шт/см<sup>2</sup>, соответственно.

Снижение времени поризации с 1,5 ч до 1 ч обеспечило уменьшение размера пор (рисунок 7, а и б) до диапазона 0,5...1,5 мм в образце 1.5 и 1,2...2,8 мм в образце 2.5. «Плотность» пор в этих образцах составила ~100 шт/см<sup>2</sup> (образец 1.5) и ~50 шт/см<sup>2</sup> (образец 2.5)

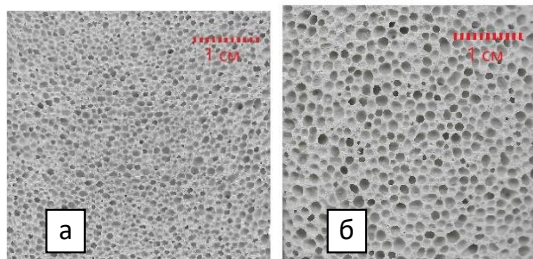


Рис. 7 Структура и размер пор в образцах 1.5 и 2.5

Следует отметить тот факт, что конфигурация пор в экспериментальных образцах различная. Так, в образцах 1.1 и 2.1, 1.4 и 2.4 поры замкнутые, в основном, шарообразной формы. С точки зрения изоляционных свойств такая пена не представляет интереса, поскольку для нее характерны большая объемная масса и высокий коэффициент теплопроводности, поэтому такую пену можно рассмотреть, как промежуточную форму [3], однако с точки зрения конструктивно-теплоизоляционных материалов такая структура весьма приемлема [4].

Подтверждение этому являются физико-механические свойства экспериментальных образцов, представленные в (таблице 4).

Таблица 4 – Физико-механические свойства экспериментальных образцов пеностеклокерамики

Номер состав а	Наименование свойств						
	Коэффициент вспенивания К <sub>в</sub>	Кажущаяся плотность Р <sub>каж</sub> , кг/м <sup>3</sup>	Открытая пористость Потк, %	Закрытая пористость П <sub>зак</sub> , %	Общая пористость П <sub>общ</sub> , %	Водопоглощение W, %	Предел прочности при сжатии σ, МПа
1.1	1,09	688	9,47	62,12	71,58	9,47	6,49
1.2	1,6	486	58,76	21,17	79,94	58,76	1,65

1.3	2,03	246	46,91	42,95	89,85	46,91	-
1.4	1,07	282	30,31	58,06	88,37	30,31	1,11
1.5	3,00	544	57,59	19,94	77,53	57,59	9,8
2.1	2,00	746	8,42	60,90	69,32	8,42	4,66
2.2	1,25	463	59,36	21,62	80,98	59,36	3,35
2.3	1,2	224	36,38	54,40	90,78	36,38	-
2.4	1,34	240	66,49	23,62	90,12	66,49	5,5
2.5	3,33	408	32,23	50,98	83,22	32,23	2,15

В качестве выводов следует отметить, что установлены возможности не только получения пеностеклокерамики в системе «стеклобой–диатомит–керамогранит» с приемлемыми для конструкционно-теплоизоляционных материалов свойствами, но и гибкого их регулирования путем вариаций состава сырьевой смеси, концентрации порообразователя, температуры и времени поризации.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ерофеев В. Т., Родин А. И., Кравчук А. С., Ермаков А. А. Физико-механические и теплофизические свойства пеностеклокерамики на основе кремнеземсодержащей породы // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. № 5. С. 8-15.

2. Колчев Д.В. Исследование возможности получения поростеклокерамики в системе материалов «керамогранит-диатомит-стеклобой» // XII Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство». 2020. С. 803-807.

3. Демидович Б.К. Пеностекло. Минск. «Наука и техника», 1975, 286 с.

4. Onishchuk V.I., Korobanova E.V., Doroganov V.A., Glivuk A.S. Multifunctional building material from non-recycled glass waste. В сборнике: Digital Technologies in Construction Engineering. Selected Papers. Сер. "Lecture Notes in Civil Engineering" 2022. С. 39-45. DOI: 10.1007/978-3-030-81289-8\_6

*Кондакова А.В.*

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

## **ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ С ДОБАВЛЕНИЕМ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ**

Одной из важнейших проблем в практике проектирования и эксплуатации зданий является улучшение физико-механических характеристик конструкций, выполненных из современных (новых) материалов, подверженных воздействию различных внешних факторов. Также основными актуальными вопросами, стоящими перед исследователями ряда стран, являются вопросы повышения гидроизоляционных свойств, что позволяло бы эксплуатировать конструкции покрытия без применения рулонных изоляционных материалов; снижение веса готовых элементов; улучшение восприятия ударных нагрузок и повышение сопротивления агрессивным средам [1].

В настоящее время наблюдается широкое применение конструкций из железобетона при строительстве как жилых, так и промышленных зданий, в связи с чем остро стоит вопрос улучшения свойств конструкций, применяемых при строительстве и увеличение срока эксплуатации. Так, многие исследователи полагают, что добавление резиновой крошки в состав бетонной смеси способно повысить основные физико-механические характеристики готовых элементов, а также частично решить экологический вопрос, связанный с утилизацией техногенных отходов [2].

В настоящее время в большинстве зарубежных стран активно ведутся исследования в области применения конструкций, выполненных из бетонов с добавлением резиновой крошки, согласно которым многие аспекты характеристик бетона получилось значительно улучшить.

Так, по результатам работы Али Халу, частицы резины, состоящие из стружки шин, резиновой крошки и комбинации стружки шин и резиновой крошки использовались для замены минеральных заполнителей в бетоне. Эти частицы заменяли 12,5%, 25%, 37,5% и 50% общего объема минерального заполнителя в бетоне. Были изготовлены бетонные образцы цилиндрической формы диаметром 15 см и высотой

30 см. Свежий прорезиненный бетон оказался с меньшим удельным весом и лучшей обрабатываемостью по сравнению с обычным бетоном. Результаты испытания на одноосное сжатие, проведенного на бетонных образцах, показали снижение прочности и тангенциального модуля упругости. Максимальный показатель ударной вязкости, указывающий на прочность бетона после разрушения, наблюдался в бетонах с содержанием каучука 25%. В отличие от обычного бетона, разрушение в прорезиненном бетоне происходило мягко и равномерно, не вызывая каких-либо расслоений в образце. Ширина трещин и скорость их распространения в прорезиненном бетоне была ниже, чем в обычном бетоне. Ультразвуковой анализ показал значительное снижение ультразвукового модуля и высокое звукопоглощение бетона с добавлением резиной крошки [3].

В своих экспериментальных исследованиях Л. Чжэнь провел испытания на одноосное сжатие бетона с низким объемным содержанием каучука. Были созданы и дополнительно усовершенствованы модели одноосного сжатия малообъемного прорезиненного бетона за счет включения резиновых частиц, эквивалентных коэффициенту соотношения песка, для прогнозирования зависимости напряжений и деформаций прорезиненного бетона и возможности применению такого материала при проектировании конструкций. Удалось установить, что добавление резиновой крошки может повысить деформируемость, усталостные характеристики, долговечность, вибро- и шумоподавление бетона. Также резиновая крошка смогла повысить количество циклов замораживания-оттаивания (марку по морозостойкости), ударную прочность и вязкость. Помимо этого, Л. Чжэнь обнаружил, что распространение трещин в исследуемом бетоне было явно медленнее, чем в обычном, что согласуется с результатами, полученными другими исследователями [4].

Исследования, приведенные в работах О. Онуагулучи [5], направлены на изучение возможности использования резиновых частиц, полученных из переработанных отходов, в качестве заполнителей для замены мелких и крупных природных заполнителей в производстве бетона с целью восстановления ресурсов и защиты окружающей среды во Вьетнаме. Экспериментальные результаты показали, что обрабатываемость свежего прорезиненного бетона улучшалась в процессе замены природного мелкого заполнителя (песка) мелкими резиновыми частицами (2,5-5 мм) при заменяющих пропорциях 30-50% от общего объема, а при замене природного крупного заполнителя (щебня) крупнозернистыми резиновыми

частицами (5-20 мм) пропорции составляли 10-30% от объема. Что касается механических свойств затвердевшего прорезиненного бетона, было обнаружено, что прочность бетона на растяжение увеличивается в образцах с высокой долей замещения мелкозернистого заполнителя. Однако, наблюдалось снижение прочности при сжатии и изгибе в следствии замены крупнозернистого заполнителя во всех пропорциях. Также результаты исследования показали, что использование мелких частиц каучука для замены мелкого природного заполнителя при низкой доле замещения (до 10%) может не оказать существенного влияния на прочность прорезиненного бетона на сжатие и изгиб. Но, тем не менее, О. Онуагулучи сделал важное заключение в данной области – бетон с добавлением резиновой крошки обладает значительно более высоким электрическим сопротивлением [5].

Ф. Эрнандес-Оливарес провел свое экспериментальное исследование, результаты которого изложил в своих научных трудах. Так, в одной из своих статей он обобщил экспериментальные результаты механического поведения при статических и динамических нагрузках образцов, изготовленных из бетона, заполненного небольшими объемными фракциями измельченной резины и короткими волокнами полипропилена, через 7 и 28 дней после затвердевания. Результаты эксперимента Ф. Эрнандес-Оливарес сравнил с результатами конкретных образцов с аналогичными характеристиками без волокон или резиновой крошки. Результаты микроскопического исследования границы раздела цемент-резиновое волокно включены для анализа их совместимости. Были проведены статические испытания на сжатие, косвенное растяжение и изгиб, а также динамические испытания на сжатие. Результаты динамических испытаний были использованы для расчета способности этого материала рассеивать упругую энергию из-за низкочастотных динамических воздействий. Динамические и усталостные характеристики бетона с добавлением резиновой крошки также оказались значительно выше, чем у обычных бетонных образцов [6].

Исследование, проведенное Г. К. Ли, было направлено на оценку механических характеристик бетона с добавлением резиновой крошки. Целью исследования также являлось выявления изменений механических свойств бетона. В этом исследовании песок был заменен резиновой крошкой с 5%, 10%, 15% и 20% от общего объема. Оценивались такие свойства, как прочность на сжатие и изгиб, прочность на растяжение, удельный вес, скорость ультразвукового импульса и водопоглощение. Прочность на сжатие оценивали через 7 и 28 дней после затвердевания. Были проанализированы свойства свежего



и уже затвердевшего бетона. На основании экспериментальных результатов проведенного исследования установлено, что энергопоглощающая способность бетона увеличилась за счет добавления резиновой крошки. Также обнаружено, что ударная вязкость улучшилась после добавления частиц резины, а хрупкое разрушение сменилось пластичным [7].

На основании проведенных исследования можно сделать вывод, что до сих пор в литературе были описаны обширные экспериментальные исследования, касающиеся изменения прочности бетона после добавления в его состав резиновых частиц. Однако модель, учитывающая влияние отдельных факторов или их комплексное воздействие на какой-либо материал, пока не разработана. Предыдущие исследования доказали, что применение резиновой крошки значительно повышает прочность на растяжение и изгиб, долговечность, ударопрочность и вязкость бетона, в то же время предотвращая распространение трещин.

Бетонные образцы с добавлением резиновой крошки обладают отличающимися физико-механические характеристики по сравнению с обычным бетоном. Что же касается дальнейшего развития этого материала, то следует отметить перспективность исследования НДС железобетонных конструкций, в том числе изгибаемых, выполненных с добавлением резиновой крошки. Уникальность свойств такого бетона, практически повсеместная доступность компонентов, экономичность, долговечность, возможность повторного использования отходов делают его перспективным для изучения и применения в практике строительства.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смоляго Г.А., Ищук Я.Л., Чередниченко А.П. Усиление изгибаемых железобетонных элементов углеволокном с учетом истории нагружений // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов Международной научно-практической конференции (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова). Белгород. 2018. С. 120-124.

2. Обернихин Д.В., Никулина Ю.А. Численные исследования прочности изгибаемых железобетонных элементов трапециевидного и прямоугольного сечений // Вестник гражданских инженеров. 2014. №5 (46). С. 77-84.

3. Khaloo A.R., Dehestani M., Rahmatabadi P. Mechanical properties of concrete containing a high volume of tire-rubber particles // Waste Management. 2018. Vol. 28. Pp. 2472-2482.

4. Zheng L., Huo X.S., Yuan Y. Strength, modulus of elasticity, and brittleness index of rubberized concrete // Journal of Materials in Civil Engineering. 2008. Vol. 20. Pp. 692-699.

5. Onuaguluchi O., Panesar D.K. Hardened properties of concrete mixtures containing pre-coated crumb rubber and silica fume // Journal of Cleaner Production. 2014. Vol. 82. Pp. 125-131.

6. Hernandez-Olivares F., Barluenga G., Bollati M. Static and dynamic behaviour of recycled tire rubber-filled concrete // Cement and Concrete Research. 2012. Vol. 32. Pp. 1587-1596.

7. Li G. Q., Garrick G., Eggers J., Abadie C., Stubblefield M. A., Pang S. S. Waste tire fiber modified concrete // Composites Part B: Engineering. 2015. Vol. 35. Pp. 305-312.

**УДК 674.8**

**Коновалов К.Э.**

*Научный руководитель: Микрюкова Е.В., канд. техн. наук, доц.*

*Поволжский государственный технологический университет,*

*г. Йошкар-Ола, Россия*

## **ПРИМЕНЕНИЕ СОСНОВОЙ КОРЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Утилизация отходов всегда была одной из главных проблем деревообрабатывающих производств, и останется еще на долгое время. Так, при производстве любых изделий из древесины в большом количестве образуются отходы. Одним из главных видов отходов являются отходы в виде древесной коры, образующиеся при окорке бревен. Проблема переработки древесных отходов не теряет свою актуальность по сей день.

Сосна одна из многих пород древесины у которой кора составляет большой объем. Объем коры у сосны составляет от 10 до 16 % от объема ствола [4]. В настоящее время сосновая кора не нашла достойного применения, её часто используют в качестве ландшафтного ресурса или применяют в качестве лечебного компонента для народной и традиционной медицины [5], предлагается использование и для плитных материалов [3], но большая ее часть вывозится в отвалы, где создаются очаги возникновения пожаров.

Таким образом, проблема промышленного использования древесной коры является не только производственной, но и экологической задачей.

Целью нашей работы стало изучение технологии изготовления и свойств плитного материала из сосновой коры.

Для производства плит из сосновой коры использовали следующий технологический процесс: сбор сосновой коры, ее сушка и измельчение, сортировка по размеру, смешивание со связующим веществом, создание ковра, прессование, технологическая выдержка, обрезка по периметру.

Измельченная сосновая кора была высушена до влажности 6-8%. Перед прессованием плит был произведен процесс сортировки коры по размеру частиц. Для дальнейших исследований были отобраны частицы коры размером 20-30 мм. В качестве связующего был использован клей на основе поливинилацетатной дисперсии. Прессование осуществлялось холодным способом при комнатной температуре в гидравлическом прессе. Преимущество этого способа прессования заключается в экономии энергии на нагрев плит пресса.

После полного отверждения клея и технологической выдержки плиты был произведен раскрой ее на образцы для изучения физико-механических характеристик.

На данный вид плитного материала нет соответствующих стандартов, поэтому испытания производились на основе стандартов для ближайших аналогов – древесностружечных плит. Из полученных плит для определения предела прочности при статическом изгибе согласно ГОСТ 10635-88 [2] и ГОСТ 10633-2018 [1] были выпилены образцы длиной 250 мм, шириной 50 мм и толщиной, равной толщине плиты (рисунок 1).



Рис. 1. Образцы плит из сосновой коры

Полученные образцы плит толщиной около 13,5 мм и средней плотностью около 505 кг/м<sup>3</sup> имеют предел прочности при изгибе 4,17 МПа. Плитный материал из сосновой коры имеет более низкую плотность по сравнению с древесностружечными плитами и соответственно более низкие показатели прочности.

Как конструкционный материал плиты из сосновой коры с применением поливинилацетатной дисперсии в качестве связующего будут иметь ограниченное применение. Такой материал можно использовать в качестве звукоизолирующего материала или в качестве теплоизоляционного материала как отдельно, так и в многослойных ограждениях и конструкциях.

Предлагаемая технология получения плитных материалов из сосновой коры позволит не только получать экологически безопасный материал, но и позволит вовлечь в переработку дополнительные древесные ресурсы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 10633-2018. Плиты древесностружечные и древесноволокнистые. Общие правила подготовки и проведения физико-механических испытаний. М.: Изд-во стандартов, – 2019. – 5 с.
2. ГОСТ 10635-88. Плиты древесностружечные. Методы определения предела прочности и модуля упругости при изгибе. М.: Изд-во стандартов, – 1989. – 5 с.
3. Микрюкова, Е.В. Изготовление плитных материалов из сосновой коры /Е.В. Микрюкова, С.В. Куклин, С.Р. Ахмедов // В сборнике: Современные технологии деревообрабатывающей промышленности. Материалы международной научно-практической онлайн-конференции. – 2018. – С. 126-130.
4. Уголев, Б. Н. Древесиноведение и лесное товароведение. – М.: Издательский центр «Академия», – 2006. – 272 с.
5. Успешное применение коры сосны в медицине и садоводстве [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.url: https://glav-dacha.ru/uspešnoe-primeneniye-kory-sosny](http://www.url:https://glav-dacha.ru/uspešnoe-primeneniye-kory-sosny) – 10.05.2022.

Кочерженко А.А.

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

## ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В условиях реконструкции зданий и сооружений подача бетонной смеси в конструкции может выполняться следующими способами [1]:

- подача бетонной смеси с помощью самоходного стрелового крана;
- подача бетонной смеси с помощью мостового крана (в промышленном здании);
- подача бетонной смеси с помощью крана «в окно» и ленточного конвейера;
- подача бетонной смеси с помощью автобетононасоса.

В зависимости от объема работ и грузоподъемности самоходного крана выбирают вместимость бады (рисунок 1).

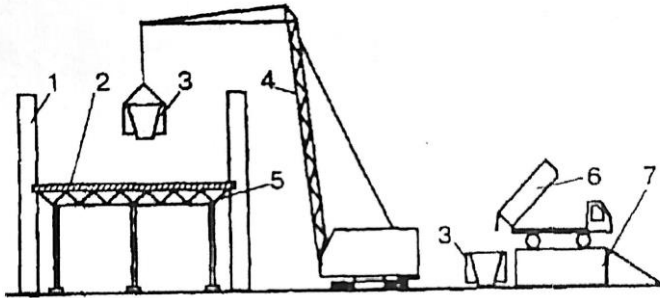


Рис.1. Схема подачи бетонной смеси с помощью самоходного стрелового крана.

Мостовые краны используются при реконструкции промышленных зданий в основном для бетонирования фундаментов под оборудование. При этом бетонная смесь с помощью эстакады

загружается в бадью, которая мостовым краном подается к месту бетонирования (рисунок 2).

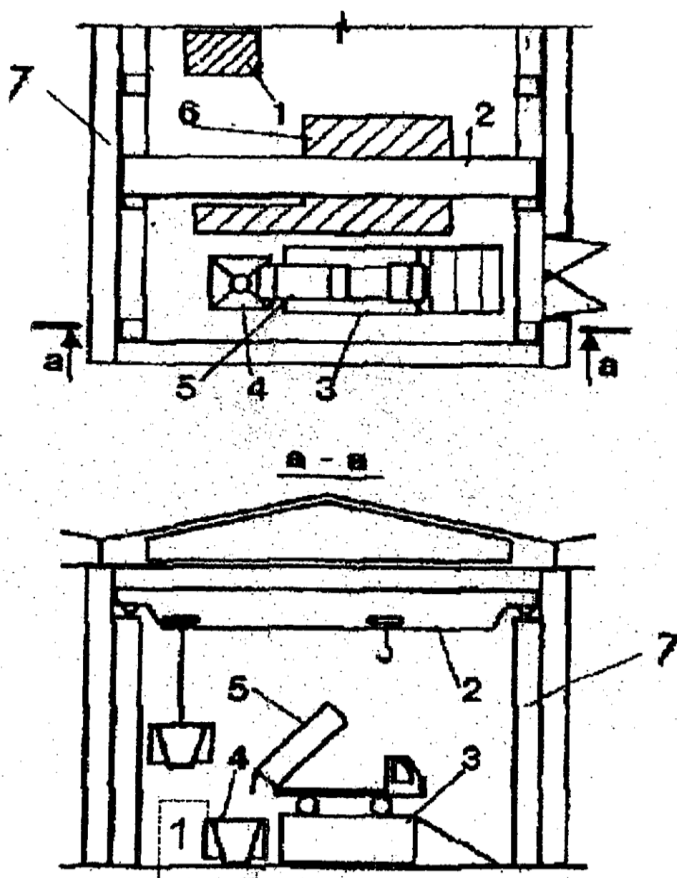


Рис.2. Схема подачи бетонной смеси с помощью мостового крана (в промышленном здании);

В условиях значительной стесненности реконструируемых объектов и отсутствия технологического транспорта возможна подача бетонной смеси с помощью ленточных конвейеров в сочетании с монтажным краном (рисунок 3). При этом бетонную смесь, выгруженную с автосамосвала в бункер, поднимают краном «в окно» и через оконный проем подают внутрь здания. После этого её выгружают

в приёмный бункер ленточного конвейера и подают к месту укладки в опалубку (рисунок 3).

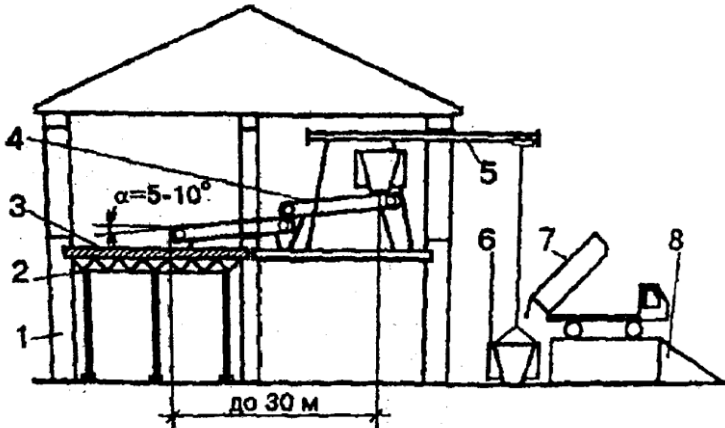


Рис.3. Схема подачи бетонной смеси с помощью крана «в окно» и ленточного конвейера.

Достаточно эффективным способом подачи бетонной смеси внутрь объекта при реконструкции является использование автобетононасосов (рисунок 4). Такой способ незаменим при устройстве монолитных конструкций в зданиях, где исключена возможность использования грузоподъёмных механизмов. Автобетононасосы используются в комплекте с автобетоносмесителями [2, 3, 4].

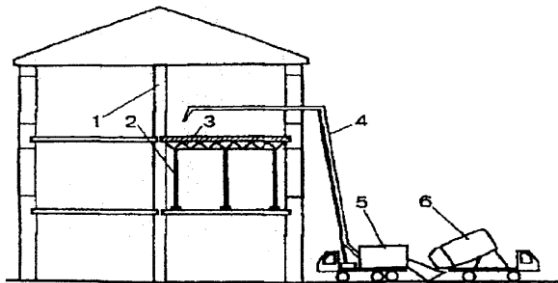


Рис.4. Схема подачи бетонной смеси с помощью автобетононасоса.

Целью данной работы является обоснование и выбор рационального способа производства бетонных работ в условиях реконструкции зданий и сооружений.

Для достижения поставленной задачи необходимо было решить следующие задачи:

- сопоставить производительности рассматриваемых 4-х способов подачи бетонной смеси с использованием различных технологических комплексов;

- установить себестоимость укладки  $\text{м}^3$  бетона при использовании рассматриваемых способов подачи бетонной смеси;

- рассмотреть удельные приведенные затраты на подачу бетонной смеси рассматриваемыми способами;

- установить рациональный способ производства бетонных работ в условиях реконструкции зданий и сооружений.

В результатах определения производительности, рассматриваемых технологических комплексов при подаче бетонной смеси при реконструкции зданий и сооружений, получим данные предоставленные в таблице (таблица 1) [5, 6].

Таблица 1 – Производительность подачи бетонной смеси ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) при использовании рассматриваемых технологических комплексов

Технологические комплексы				
Кран-бадья (МКГ-25.01Б)	Мостовой кран (при разгрузке одного самосвала)	Ленточный конвейер (ТК-11, ТК-12)	Автобетононасос С-252	
12-15	12,5	15-20	30-40	

Установленная себестоимость укладки  $\text{м}^3$  бетонной смеси при использовании рассматриваемых методов подачи её в конструкции приведена на (рисунке 5).

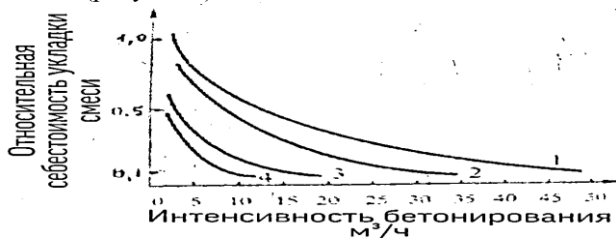


Рис.5. Схема отношения относительной себестоимости укладки бетона к интенсивности бетонирования.



Согласно [3] удельные приведенные затраты на подачу бетонной смеси различными технологическими комплексами (1 м<sup>3</sup>/руб) составляют от 2,12 до 3,06 и приведены в таблице (таблица 2).

Таблица 2 – Удельные приведенные затраты на подачу бетонной смеси (1 м<sup>3</sup>/руб) различными технологическими комплексами

Технологические комплексы			
Кран-бадья (МКГ-25.01Б)	Мостовой кран	Ленточный конвейер (ТК- 11, ТК-12)	Автобетононасос С- 252
3,06	2,42	2,40	2,38

Анализ полученных результатов показывает, что использование автобетононасоса (С-252) позволяет достичь производительности подачи бетонной смеси до 30-40 м<sup>3</sup>/ч, при этом относительная себестоимость укладки составляет 1,25. Ленточный конвейер (ТК-12) позволяет достичь темпа укладки бетона 15-20 м<sup>3</sup>/ч, при этом относительная себестоимость его не достигает 0.1. Оставшиеся два способа кран-бадья и использование мостового крана проигрывают по производительности подачи бетонной смеси (см. табл. 1) и по относительной себестоимости бетонирования (см. рис. 5). Кроме того, эти технологические комплексы проигрывают по удельным приведенным затратам (см. табл. 2).

Таким образом, из рассмотренных 4-х технологических комплексов подачи бетонной смеси в условиях реконструкции зданий и сооружений наиболее рациональными являются применение автобетононасоса (С-252) и ленточного конвейера (ТК-12).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бетонные и железобетонные работы / В.Д. Тончий, Б.В. Ждановский, Л.А. Широкова и др.; Под ред. В.Д. Тончия – М.: Стройиздат, 1980. – 200с.
2. Косенков Е.Д. Строительство инженерных высотных сооружений из монолитного железобетона. Киев, «Будівельник», 1977. – 184с.
3. Кочерженко В.В. Технология и организация возведения многоэтажных зданий и сооружений из монолитного железобетона: учебное пособие / В.В. Кочерженко, Л.А. Сулейманова. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. – 225с.

4. Кочерженко В.В. Технология производства работ при реконструкции: учебное пособие / В.В Кочерженко, А.В. Кочерженко. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. – 243с.

5. Лебедев В.М. Технология и механизация процессов городского строительства и хозяйства: учебно-справочное пособие / В.М Лебедев. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. – 471с.

6. СП 435.1325800. Свод правил. Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. 2018. Правила производства и приемки работ. М.: Стандаринформ, 2018.

*УДК 69.07*

*Кроха П.А.*

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

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
г. Санкт-Петербург, Россия*

## **УСТРОЙСТВО ПЕРЕКРЫТИЙ В ВЫСОТНОМ ЗДАНИИ**

На сегодняшний день консольные этажи в жилых и общественных зданиях являются часто встречающимся конструктивным решением, так как позволяют увеличить полезную площадь на этажах, упрощают объемно-планировочные решения, способствует созданию неповторимого архитектурного облика.

Цель исследования – определение эффективного решения по устройству консольных этажей в высотном монолитном здании.

Для достижения цели необходимо решить ряд задач:

- рассмотреть конструктивные решения устройства консолей и дать оценку их применимости к объекту исследования;
- проанализировать преимущества и недостатки консольных перекрытий разного вида;
- выбрать два варианта возведения перекрытий для исследования и выполнить расчёты по 1ПС и 2ПС;
- определить наиболее релевантную конструктивную модель.

Объект исследования – консольные перекрытия высотного здания. Размеры здания в осях 40 м x 48 м; этажность: 26 наземных этажей, 2 подземных; высота этажей в надземной части здания – 4,2 м, а в подземной части – 2,8 м. Вылет консолей – от 1,5 м до 4 м.

Существует множество конструктивных решений по устройству консольных этажей. Рассмотрим наиболее популярные из них.

Железобетонное балочное перекрытие снижает материалоемкость элементов и при этом минимизирует трудоемкость их изготовления. Консольно-балочная система обеспечивает нечувствительность к неравномерным осадкам опор, обладает более высокой жесткостью и меньшим расчётным моментом. Недостатком такой системы является то, что, увеличение поперечного сечения конструкции повышает нагрузку от собственного веса на каркас. Это приводит к незначительному увеличению несущей способности конструкции и к возрастанию вертикальных прогибов. Поэтому существует ограничение на применимость балок [1].

Плоская безбалочная консоль представляет собой железобетонную плиту, которая непосредственно опирается на колонну. Безбалочные перекрытия обеспечивают хорошую инсоляцию. Плоская плита имеет худшее рассеяние звука. Такое решение, в сравнении с другими, требует меньше опалубки, что сокращает сроки строительства. Основной недостаток – необходимость восприятия усилий на продавливание. В такой системе необходимо использование жесткой арматуры в зоне продавливания [2].

Сталежелезобетонные конструкции (композитные) - это конструкции, выполненные из железобетона и стальных балок или железобетона и профлиста, в которых обеспечена их совместная работа. Сталежелезобетонные конструкции способны обеспечить большую ширину пролета без опор [3]. Обеспечивают гибкость конструкции. Такая конструкция способна выдерживать большие статические и динамические нагрузки.

В отличие от железобетонных балок, стальные балки лучше работают при растяжении [4]. Композитная конструкция с профилированным настилом обладает значительной несущей способностью [5]. Недостатком перекрытия по профилированному настилу является невозможность повышения предела огнестойкости за счет окрашивания настила огнезащитными красками. При возведении такой конструкции требуется частая установка балок в перекрытии или временных опор, а также необходимы затраты на крепление настила между собой по всей длине и на жесткое соединение между настилом и стальными балками.

Рассмотрим две конфигурации консолей и выполним расчеты методом конечных элементов. Произведём расчет для плоского железобетонного перекрытия (схема 1) и железобетонного перекрытия по стальным балкам (схема 2).

Для расчёта вертикальных прогибов перекрытий с консолями необходимо рассмотреть плиты на разных отметках. Полученные

результаты сведём в (таблицу 1).

Таблица 1 – Общие вертикальные перемещения

Параметр для анализа	Схема 1	Схема 2
Изополя перемещение в уровне второго этажа		
Вертикал. перемещение в уровне второго этажа	От -66 до -174	От -64 до 99
Изополя перемещение в уровне 14-го этажа		
Макс. вертикал. перемещение в уровне 14-го этажа	От -91 до -212	От -91 до -189
Изополя перемещений в уровне кровли		
Макс. вертикал. перемещ. в уровне кровли	От -101 до -228	От -101 до -134

Распределение изополей перемещений в каждом уровне перекрытий практически идентичны. Но по мере увеличения высоты здания максимальные и минимальные перемещения точно концентрируются у вертикальных несущих элементов. Колонны и стены последнего этажа несут в себе нагрузку только от кровли и имеют максимальные перемещения в больших пролетах. Вертикальные несущие конструкции нижележащих этажей воспринимают все нагрузки от вышележащих элементов. По этой причине с уменьшением высоты здания локальные участки максимальных прогибов расширяют свои границы, присоединяя к себе малые соседние пролёты. Это приводит к тому, что наибольшая разница в перемещениях по оси Z будет видна в самом нижнем перекрытии. Поэтому для наиболее точного расчета необходимо рассматривать перекрытия в уровне второго этажа.

Выполним расчеты по второй группе предельных состояний (Таблица 2). Согласно СП 20.13330.2017 необходимо выполнение следующего условия:

$$f < f_u, \quad (1)$$

где  $f$  – наибольший вертикальный прогиб конструкции;

$f_u$  – предельный вертикальный прогиб конструкции.

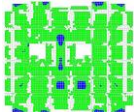
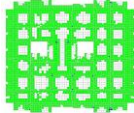
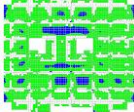

Таблица 2 – Расчёт по 2ПС

Параметр для анализа	Схема 1	Схема 2
Общие вертикальные перемещения	От -174 мм до -66 мм	От -99 мм до -64 мм
Длина пролёта с макс. прогибом	6,866 м	5,793 м
Предел вертикал. перемещений	$f_u = 33,92$ (мм)	$f_u = 29,47$ (мм)
Максимальный вертикальный прогиб	$f = 105,998$ мм	$f = 16,876$ мм
Проверка условия	$f > f_u$	$f < f_u$
Горизонт. перемещения по оси X	От -2 мм до 123 мм	От -73 мм до 3 мм
Горизонт. перемещения по оси Y	От -217 мм до 3 мм	От -117 мм до 2 мм
Предел горизонт. перемещений	$f_u = 229,6$ мм	$f_u = 229,6$ мм
Макс. значение горизонт. перемещений	$f = 249,297$ мм	$f = 137,305$ мм
Проверка условия	$f > f_u$	$f < f_u$

Вывод: устройство плоского перекрытия недопустимо. Возведение композитной конструкции из железобетонных плит и стальных балок является потенциально возможным.

Для оценки прочности здания из композитной конструкции выполним подбор армирования (Таблица 3). По результатам подбора была принята фоновая арматура А500 Ø 12 мм, шагом 200 мм; арматура усиления А500 Ø 14 мм, с шагом 200 мм. Максимальный % армирования по X – 0,747. Максимальный % армирования по Y – 0,922. Максимальная ширина продолжительного раскрытия трещины – 0,3 мм. Максимальная ширина непродолжительного раскрытия трещины – 0,4 мм.

Таблица 3 – Расчёт армирования схемы 2

Интенсивность	Поля армирования
Нижняя по X (зелёный цвет – от 0,002 до 1,927 см <sup>2</sup> /м, синий – от 1,907 до 3,853 см <sup>2</sup> /м)	
Верхняя по X (зелёный цвет – до 5,65 см <sup>2</sup> /м, синий – от 5,65 до 11,948 см <sup>2</sup> /м)	
Нижняя по Y (зелёный цвет – до 1,694 см <sup>2</sup> /м, синий – от 1,694 до 3,388 см <sup>2</sup> /м)	
Верхняя по Y (зелёный цвет – до 5,65 см <sup>2</sup> /м, синий – от 5,65 до 11,39 см <sup>2</sup> /м)	

Вывод: для обеспечения прочности перекрытия не требуется арматура большого диаметра. Коэффициент армирования устанавливается в пределах единицы. Предельная ширина раскрытия трещин не превышает 0,4 мм. Анализ расчета по 2ПС доказал, что в здании обеспечивается нормальная эксплуатация, конструкция является долговечной, арматура является коррозионно-стойкой.

Таким образом композитные конструкции из железобетонных плит и стальных балок являются наиболее оптимальным решением для возведения высотного здания с консольными перекрытиями. Несомненно, в схеме с применением стальных балок существуют недостатки, но такое решение может быть альтернативой классическому перекрытию по железобетонным балкам.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скачков Ю. П., Снежкина О. В., Ладин Р. А. Зависимость прочности железобетонных балок от их геометрических характеристик в зоне действия поперечных сил //Региональная архитектура и строительство. – 2019. – №. 1. – С. 56-61.

2. Кузнецов В. С., Максяшкина Е. А., Шапошникова Ю. А. Прогибы монолитного безбалочного перекрытия с постнапряжением

при различных соотношениях сторон ячейки плиты //Инженерный вестник Дона. – 2020. – №. 2 (62). – С. 37.

3. Виноградова Н. А., Швец Г. А. Исследования сталежелезобетонных изгибаемых конструкций (обзор) //Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. – 2020. – №. 1 (42).

4. Кузнецов В. С., Шапошникова Ю. А. Оптимизация применения стальных балок в комплексных железобетонных перекрытиях //Инженерный вестник Дона. – 2019. – №. 7 (58). – С. 37.

5. Ургалкина Д. А. Применение деформационной модели к расчету железобетонных перекрытий по стальному профилированному листу //Мировая наука. – 2019. – №. 6. – С. 527-531.

#### **УДК 504.054**

*Лазарев И.В., Анфалова Е.Б.*

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

### **ТЕХНОГЕННЫЕ КАТАСТРОФЫ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ**

Рост потребления энергии, вызванный техническим прогрессом, привел к увеличению насыщения производства. Сложность технологических цепочек, включение в процесс большого количества различного оборудования и технических устройств связаны с повышенным риском несчастных случаев. В то же время необходимость предупреждать и предотвращать подобные события породила целую отрасль человеческой деятельности – промышленную безопасность. Увеличение производственных мощностей в XIX и XX веках породило техногенные объекты, которые опасны не только для рабочих данных предприятий, но и для окружающих жилых и промышленных районов, населения и природной среды. Сложность технологии привела к тому, что они не смогли предвидеть все возможные риски производства, их взаимное влияние и поведение человека в критической ситуации. Это, в свою очередь, увеличило вероятность несчастных случаев, которые с постоянным увеличением масштабов производства были названы техногенными катастрофами.

Статистика показывает, что вероятность крупных промышленных аварий и катастроф увеличивается с каждым годом [1-7]. Особенно опасны крупные техногенные катастрофы и несчастные случаи со

смертельными исходами, которые сопровождаются значительным ущербом для экологии планеты и экономики целых стран. Наиболее опасными считаются стихийные бедствия и связанные с ними техногенные аварии.

К самым крупным техногенным катастрофам XX-XXI веков можно отнести:

– попадание в атмосферу диоксида, произошедшего в итальянском городе Севезо в 1976 году. Тогда пострадали около тысячи человек, произошла массовая гибель фауны, резко возрос уровень заболеваемости раком. Полностью была эвакуирована восемнадцатикилометровая зона заражения;

– в 1984 году в индийском городе Бхопал произошел выброс огромного количества метилизоцианата в следствие аварии на химическом заводе. Результатом данной катастрофы была гибель 18 тысяч человек, сильный всплеск заболеваемости раком и генетических отклонений;

– авария на Чернобыльской АЭС в городе Припять в 1986 году стала крупнейшей техногенной катастрофой тогда еще Советского Союза, результатом которой стала гибель сотен человек, а в последствии в результате лучевого поражения нескольких тысяч. Огромная часть территории была заражена радиоактивными веществами, что привело к переселению более 130 тысяч человек, увеличению числа раковых заболеваний в близлежащих регионах;

– в 2009 году в результате аварии на Саяно-Шушенской ГЭС в российском городе Саяногорске произошло разрушение турбин. В результате был затоплен машинный зал, погибли 75 сотрудников, 85 получили травмы. Масштабность катастрофы была обусловлена еще и тем, что произошла утечка 450 тонн продуктов нефтепереработки, что вызвало массовую гибель рыбы в реке Енисей;

– взрыв на буровой платформе в Мексиканском заливе у побережья США и Мексики в 2010 году привел к разливу нефти на поверхности моря в 75 тысяч квадратных километров и загрязнению 1100 км побережья. Подводное извержение нефтяного фонтана продолжалось 152 дня. Результат – масштабная гибель птиц и морских животных, нарушение течения холодной части Гольфстрима;

– авария на атомной электростанции в японском городе Фукусима в 2011 году привело к радиоактивному заражению воздуха, прибрежной зоны и морского шельфа. Более тридцати сотрудников станции получили радиационные ожоги и травмы, заражены морские животные региона.

Все перечисленные выше техногенные аварии и катастрофы продемонстрировали свою главную особенность - все они



обладают трансграничным и международным характером. Катастрофы всегда выходят за пределы страны или региона, а их последствия затрагивают несколько стран. В связи с этим могут возникать осложнения в международной обстановке, поскольку нанесение как экологического, так и морального, а также прямого материального ущерба соседнему государству нарушают отношения между странами.

Каждый год в биосферу Земли поступает огромное количество загрязнителей. К ним относятся, например, около 100 миллионов тонн нефтепродуктов, более 250 миллионов тонн пыли, 113 миллионов тонн серы и диоксида серы. Все эти загрязняющие вещества ежегодно выбрасываются в атмосферу. Более 35 кубических километров неочищенных или плохо очищенных сточных вод из промышленных установок сбрасываются в воды планеты, загрязняя их.

Главная причина всех техногенных аварий и катастроф является, во-первых, несовершенство имеющегося оборудования для уборки и технологий, во-вторых, безответственность, небрежное отношение и открытое воровство со стороны владельцев, руководителей и сотрудников промышленных предприятий. Во всем мире с каждым годом увеличивается количество факторов, негативно влияющих на среду обитания. Основываясь на данных Всемирной организации здравоохранения, можно утверждать, что на сегодняшний день более 600 тысяч химических веществ, используемых и выброшенных промышленностью, не были должным образом изучены и утилизированы. Кроме того, в 75% случаев о токсичности вещества нет исчерпывающей информации, что в конечном итоге также приводит к большим проблемам. Не дает покоя и тот факт, что руководителями многих потенциально опасных производственных объектов становятся обычные финансовые менеджеры, не обладающие специальными техническими познаниями в технологии производства. Это приводит к тому, что важные решения принимаются не техническими специалистами и руководителями компаний, а их владельцами, компетентность которых в оценке рисков используемых технологий всегда остается под вопросом. Следствием вышесказанного является отсутствие понимания потенциальной опасности технологического оборудования, а значит и должного финансирования текущего и капитального ремонта. В результате падает надежность данного оборудования, а его преждевременный износ и выход из строя становится непредсказуемым.

На территории РФ насчитывается около 3500 химически опасных производственных объектов, сотни крупных гидротехнических сооружений, более двухсот действующих ядерных установок, более

четырёхсот складов ядерных материалов, более 16 тысяч радиационных промышленных источников, более 240 тысяч км нефте- и газопроводов высокого давления, тысячи потенциально опасных объектов транспортно-логистического комплекса.

По прогнозам МЧС РФ в ближайшее время в России произойдет большое число чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Здесь речь идет о стихийных и антропогенных авариях; пожарах, взрывах на заводах нефтеперерабатывающей промышленности, коммунальных и энергетических сетях; значительных повреждениях зданий, сооружений, плотин.

В случае аварий и технических происшествий на территории Российской Федерации ежегодно выбрасываются десятки тысяч тонн загрязняющих веществ, что является следствием износа технических устройств и систем управления. Также огромное влияние оказывает человеческий фактор. Например, отсутствие необходимых знаний в области проектирования, строительства, реконструкции или ликвидации опасных производственных объектов; недостаточная компетентность при изготовлении, сборке и вводе в эксплуатацию, а затем ремонте и обслуживании используемого технического оборудования. Опасность высокого уровня представляет также небрежное отношение к безопасности труда при перевозке опасных грузов по железным и автомобильным дорогам.

Выводы: Во второй половине XX века мировое сообщество пришло к пониманию необходимости разработки правовых решений, регулирующих промышленную безопасность предприятий. После серьезной аварии в итальянском городе Севезо были приняты кардинальные решения по международной безопасности. Основываясь на анализе этой аварии, страны Европейского Союза приняли документ, который теперь является основой современного законодательства о промышленной безопасности. Данный документ носит название «Директива Севезо по предотвращению крупных промышленных аварий». Международная организация труда приняла конвенцию и рекомендации по предотвращению крупных промышленных катастроф, а в Декларации Организации Объединенных Наций по охране окружающей среды появилось требование: любая деятельность отдельно взятого государства не должна влиять на экологическое состояние среды в других странах. В нашей стране существует большое количество законов и нормативных актов, регулирующих вопросы безопасности и снижающих риск несчастных случаев на опасных производственных объектах.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.
2. 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. 2020. Vol. 95. P. 92–99.
3. 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. DOI: 10.12737/article\_5bab4a1cacc902.46271253.
4. Дегтярь А.Н., Серых И.Р., Чернышева Е.В., Панченко Л.А. Экспертиза промышленной безопасности здания насосной нефтебазы Белгородской области с целью оценки ее остаточного ресурса // Безопасность в строительстве: матер. III Междунар. науч.-практ. конф., (Санкт-Петербург, 23-24 ноября 2017 г.), СПб.: изд-во СПбГАСУ, 2017. С. 41-45.
5. 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.
6. Серых И.Р., Чернышева Е.В., Дегтярь А.Н. Определение технического состояния железнодорожного моста // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. Т. 5. №4. С. 32-39.
7. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Стаинов В.В., Чернышева А.С. Актуальные проблемы промышленной безопасности / Zbornik radova: visoka tehnička škola strukovnih studija. Niš. Serbia. 2016. December. P. 164-165.

*Лазаренко Д.Ю.*

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

## **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ СОКРАЩЕНИЯ СРОКОВ ВОЗВЕДЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

Статья посвящена аналитическому обзору методов сокращения сроков возведения многоэтажных каркасных зданий из монолитного железобетона. В статье рассмотрены теоретико-методологические основы многоэтажных каркасных зданий из монолитного железобетона.

На сегодняшний день скоростное монолитное домостроение (СМД) является одной из перспективных технологий строительства индивидуальных домов. СМД привлекателен для инвесторов и клиентов, а также подрядчиков, прежде всего тем, что позволяет возводить объекты в рекордно короткие сроки без ущерба для качества продукции и при этом экономить деньги. Однако этот вид строительства требует особого подхода – помимо прочной технической базы важными факторами являются высокий уровень применяемой техники и квалификации занятых рабочих, четкая организация, конкретные технические решения и умение оперативно управлять строительным процессом [4].

При этом границы перехода в скоростной режим более условны. Вообще любое строительство называется скоростным строительством, где нормированное время возведения объекта может быть значительно сокращено. Применительно к СМД-технологии приходится говорить о возведении точечных зданий, где скорость возведения несущей монолитной конструкции измеряется днями на этаж.

Если 10 лет назад в СМД включали дома, возводимые из расчета 6-8 дней/этаж, то сегодня этот показатель уже находится в пределах 2-4 дня/этаж, что делает одиночное домостроение сравнимым со сборными домами. Конкуренция находится в скорости строительства [2].

Несмотря на её конкурентоспособность, далеко не многие строительные компании освоили технологию СМД. Правда в том, что единого подхода к внедрению технологии СМД пока нет, и каждый бизнес достигает скоростных уровней своим путем, применяя оригинальные решения и внедряя новые способы работы. На самом деле

четкого понятия технологии SMD не существует, и не дается конкретного описания.

В связи с этим важной задачей в области индивидуального домостроения является разработка модели СМД – охватывающей организационно-технические вопросы строительства многоэтажных домов в скоростном режиме, которая будет включать все основные аспекты её экономической оценки и возможности развития производства. Оценка техник SMD, необходимых для сексуальности.

Основными проблемами при возведении высотных зданий из монолитного бетона являются:

- состав бетонной смеси зависит от конструкции и нагрузок по высоте здания и обеспечивает ускоренный процесс твердения, что позволяет вести круглогодичное строительство и сократить время распалубки, одновременно обеспечивая доставку и укладку бетонной смеси в структура;

- риск температурной усадочной деформации при твердении бетона монолитной конструкции с образованием технических трещин зависит от состава бетонной смеси и площади бетонной конструкции;

- обеспечение жесткого контроля реологических (вязкостных) свойств бетонной смеси, так как в высотных зданиях важным требованием является непрерывное производство больших количеств бетонной смеси и транспортировка на большие расстояния как по горизонтали, так и по вертикали;

- обеспечение того, что средняя прочность бетона контролируется, чтобы можно было снести конструкцию и переставить опалубку. Образец недостаточно точен для контроля качества бетона, контроль положения конструкции в процессе заливки бетона сложен, а метод неразрушающего контроля является наиболее эффективным;

- контроль качества на всех этапах возведения конструкций: от состава используемой бетонной смеси и скорости строительства, до распалубки конструкции и ухода за свежеслитым бетоном;

- обеспечение надежной ветрозащиты при работе на открытом воздухе, так как скорость ветра увеличивается в 2,5-3 раза на высоте 100 м [3].

При строительстве монолитных высотных зданий крайне важно четко организовать все технические процессы от приготовления бетонной смеси до распалубки конструкции, с целью сокращения рабочего времени, снижения трудоемкости и обеспечения Требуемое качество конструкции.

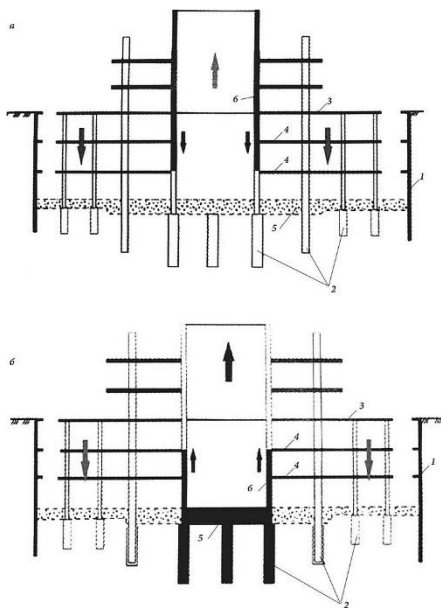


Рис. 1. Технологическая схема возведения здания декарным методом: а — закрытым способом; б — полузакрытым способом: 1 — ограждение «стена в грунте»; 2 — сваи-колонны; 3 — перекрытие над первым заглубленным этажом; 4 — междуэтажные перекрытия; 5 — фундаментная плита; 6 — ядро жесткости

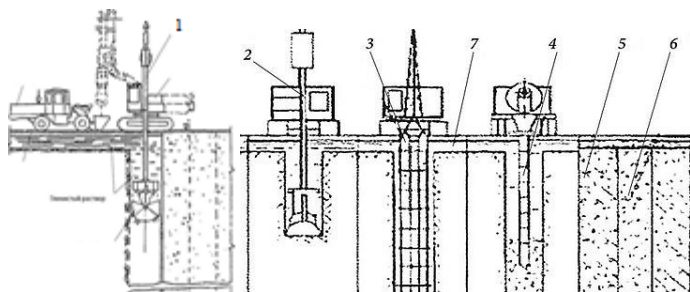


Рис. 2. Схема возведения подземных сооружений методом «стена в грунте» а — разработка грунта грейфером; б — схема работ: 1 — форшахта; 2 — разработка грунта на захватке; 3 — установка арматуры; 4 — бетонирование вертикально перемещающейся бетонолитной трубой; 5 — устройство обвязочного пояса по периметру; 6 — готовая стена; 7 — глиняный раствор

Опалубочные работы определяют график строительства. Высота здания 20-30 этажей, возможно использование разборной опалубки. Однако гарантировать скорость строительства в 3-4 слоя в месяц для такой опалубки сложно. Также на высотах более 100м их можно использовать до 4-5 дней в неделю из-за ветра и тумана, за это время нужно построить как минимум один этаж. Поэтому для строительства высотных зданий удобнее использовать скользящую и самоподъемную опалубку на гидравлическом приводе [1].

Особенности строительства высотных зданий заключаются в использовании технических элементов для обеспечения безопасных и климатических условий (ветрозащитных и экранирующих) работ при монтаже ограждающих конструкций или выполнении их работ, а также при наружном производстве [5].

Высотные здания в основном строятся в густонаселенной городской среде, с утепленными секциями под землей, часто с несколькими этажами для парковки и т. д. вниз). Краеобразным способом устанавливают сваи под ядра жесткости и колонны каркаса в надземной части здания (рис. 1).

Применяют закрытый (рис. 1 а) и полузакрытый (рис. 1 б) способы работы. При закрытом способе строительства межслойное перекрытие подземной части полностью перекрывает подземное пространство на креплении, и в нем открываются отверстия для извлечения грунта, обеспечения арматуры, опалубки, бетонной смеси и т. д. Полузакрытый способ предлагает устройство технических проемов в ручках и открытых плоскостях для армирования ядра и различных частей здания. Размер проема учитывает размер землеройной техники.

Основные этапы строительства подземной части:

а. установление стены по периметру (1) методом «заглубленной стены»;

б. устройство внутренняя труба-бетонная свая-колонна (2);

с. установить цельное покрытие (3) над подземной частью;

д. при земляных работах в горизонтальной плоскости расположение перекрытий между этажами должно быть постоянным (4);

е. устройств опорной плиты. Возведение подземной части и надземной части здания ведется одновременно после достижения бетонным покрытием подземной части 70-80% номинальной прочности.

Можно сделать вывод, что выбор того или иного способа строительства монолитного дома должен быть обоснован в каждом конкретном случае технико-экономическими расчетами. Однако при

прочих равных необходимая эффективность может быть достигнута только за счет полной механизации всех процессов, применения многократных обвязок опалубки и обязательного применения промышленных отделочных материалов для последующей отделки здания.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Pessiki S., Prior R., Sause R., Slaughter S., Review of existing precast concrete gravity load floor framing system // PCI Journal, 1995. Vol. 40. - № 2. - p. 52-67.
2. Spirol Int. Ltd. Corefloor Extrusion Systems. London: Bautech 1997. - 43 с.
3. Никулина Ю. А. Конструктивно-технологические решения, обеспечивающие сокращение сроков возведения каркасного многоэтажного здания из монолитного железобетона // Безопасный и комфортный город. Сборник научных трудов по материалам всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 111-116.
4. Издательство: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. 2018. С. 111-116.
5. Миронов С.А. Теория и методы зимнего бетонирования. М., Стройиздат, 1975.
6. Тамразян А. Г. Бетон и железобетон: проблемы и перспективы // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 7. С. 51–54.

*УДК 693.557*

*Лазаренко Д.Ю.*

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

## **О СПОСОБАХ УСКОРЕНИЯ ПРОЦЕССА ТВЕРДЕНИЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ**

Строительный сектор занимает одно из наиболее актуальных и ключевых мест в современной экономике и мире. Одной из основных задач, решение которой необходимо при строительстве в условиях низких температур или необходимости раннего демонтажа опалубки, является ускорение набора прочности бетонных конструкций.



Основной целью данной статьи является изучение способов ускорения процесса твердения монолитного бетона в условиях возведения многоэтажных каркасных зданий. Автором используются научные материалы отечественного и зарубежного авторства, а также применяются теоретические методы исследования.

В течение последних десятилетий наблюдается тенденция, выраженная в наращивании объемов строительства зданий, имеющих высоту более 5 этажей. Данная тенденция находила свое развитие в строительстве крупных и в дальнейшем многих других городов современной России, что было вызвано необходимостью повышения уровня индустриального освоения территорий и регионов. Многоэтажные каркасные здания продолжают вытеснение в современной строительной отрасли другие конструкции и строительные материалы. Также актуальность использования определяется высокой прочностью, огнестойкостью и экономичностью данных конструкций [1].

Одной из наиболее важных задач в современных условиях возведения данного рода зданий является ускорение процесса твердения, используемых при их строительстве монолитных бетонных конструкций. Современные методы ускорения твердения бетона используются в следующих случаях:

- в условиях низких температур. Строительная смесь имеет свойство равномерно затвердевать при плюсовой температуре с влажностью воздуха в 90%. При производстве работ в условиях температуры ниже нуля градусов Цельсия без применения методов ускорения бетона, может наблюдаться хрупкость конструкции и утрата ее опорных функций;

- необходимость раннего демонтажа опалубки. В данном случае использование способов ускорения твердения монолитного бетона используется с целью более быстрого перехода к следующему этапу строительства [2].

Используемые в современном строительстве способы ускорения твердения монолитного бетона градируются на три основные группы: тепловые; технологические; химические.

Наиболее распространенным способом для ускорения твердения бетона при изготовлении сборного и монолитного бетона является тепловая обработка. Основой данного способа является повышение скорости химических реакций. Набор прочности бетона напрямую зависит относительно химической реакции гидратации цемента. Исходя из этого, благодаря тепловой обработке наблюдается повышение

температуры конструкции без удаления влаги из бетона, следствием чего является ускорение затвердевания [3].

Передача тепла бетонной конструкции производится следующими основными способами:

– в среде насыщенного водяного пара. Тепло в данном случае передается посредством контакта теплоносителя с бетоном на основе теплоотдачи. Отдавая тепло пар конденсируется и накапливается в камере, исходя из этого, требуется наличие устройств, производящих сброс конденсата;

– контактный нагрев. Тепло в данном случае подается в замкнутые тепловые отсеки, в которых происходит, нагрев разделительных металлических стенок, от которых и производится отдача тепла бетону. В качестве носителя при данном способе ускорения твердения бетона используется не только водяной пар, но и горячий воздух, дымовой газ, нагретое масло и другое.

На (рисунок 1) представлен один из методов теплового способа ускорения процесса твердения монолитного бетона:



Рис. 1. Прогрев бетона методом «термоса»

Другая группа способов ускорения твердения бетона состоит из различных химических добавок. По характеру воздействия на цементное тесто различают следующие виды добавок (рисунок 2) [4]:

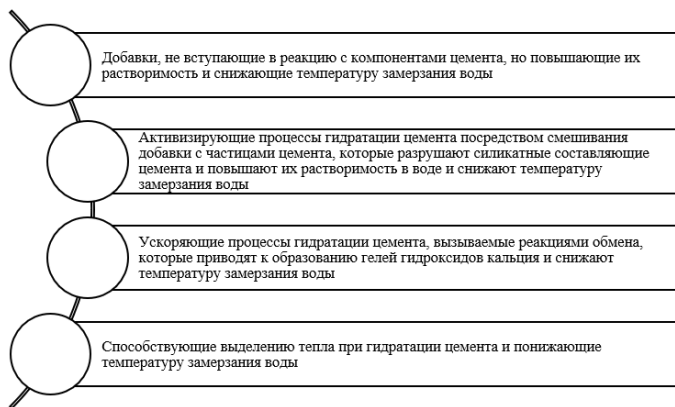


Рис. 2. Характер воздействия химических добавок

На сегодняшний день активно используется четыре основных типа добавок для ускорения твердения бетона:

– сухие добавки для упрочнения бетонной стяжки. Смеси содержат особые виды цемента и устойчивые к механическим повреждениям наполнители. Такой состав наносят на свежесуложенный бетон, в результате чего на поверхности образуется твердое покрытие;

– газо-образователи. Способствуют вовлечению воздуха в структуру материала. Средства используются при производстве газобетона. Добавление веществ снижает вес конструкции, но негативно сказывается на ее прочности. Самым распространенным представителем этой группы добавок является алюминиевая пудра;

– ускорители набора прочности. Комплексные добавки сокращают время получения высоких эксплуатационных качеств в 2-3 раза. Раннее снятие опалубки ускоряет процесс строительства. Потеря прочности бетона при использовании такого материала не наблюдается.

– ускорители схватывания. Ускоряют первичное твердение смеси. Используются при проведении аварийного ремонта, заделке отверстий в бетонных емкостях.

Таким образом, основной целью представленной работы являлось изучение способов ускорения процесса твердения монолитного бетона в условиях возведения многоэтажных каркасных зданий. В заключение необходимо отметить, что данное направление имеет достаточно высокую актуальность в рамках современных условий строительства и, в частности, активного индустриального освоения территорий северной части нашей страны. Исходя из этого, требуется улучшение

существующих и создание новых и более эффективных способов ускорения процесса твердения монолитного бетона при строительстве многоэтажных каркасных зданий.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вереин М.В., Дербасова Е.М., Муканов Р.В., Идрисов Э.Ш. Технологическое решение процесса ускоренного твердения монолитных конструкций методом ИК-нагрева // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2018.

2. Жолобов А.Л., Жолобова О.А., Сафонов И.О. Влияние высоты и этажности многоквартирных жилых зданий на предъявляемые к ним требования // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2018.

3. Белов А. И., Бабков В.В., Габитов А.И., Сахибгареев Р.Р., Салов А. С., Монолитное строительство в республике Башкортостан: от теории к практике // Вестник МГСУ 2013.

4. Усов Б.А. Бетонирование монолитных конструкций из литых смесей в зимних условиях // Системные технологии. 2016.

5. Анисимов С.А., Абакумов Р.Г. Онтология исследования закономерностей эволюции и перспектив развития монолитного строительства // Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов III Международной научно-практической конференции к 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 195-199.

**УДК 69.01**

*Ларских Е.Л., Борисова Е.А.*

*Научный руководитель: Павлова О.С., канд. искусств., доц.*

*Липецкий государственный технический университет, г. Липецк, Россия*

## ПРИМЕРЫ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Технологии 21 века активно применяются во всех сферах человеческой жизнедеятельности. Ежегодно наука совершает прогресс, появляются новые технологии, композитные и синтетические материалы, проводятся эксперименты и находят новые методы анализа, изучения, синтеза. Главная задача современной науки заключается в последовательном продвижении, расширении возможностей и их улучшении, внедрение современных технологий, как в бытовую составляющую нашей жизни, так и в главные, передовые сферы экономики и промышленности. Космическую, оборонную, фармацевтическую и многие другие.

Развивающиеся бурными темпами технологии внедряются на сегодняшний день и в строительной сфере. Научные достижения проявляются в таких аспектах, как проектирование и разработка объектов, моделирование, новые материалы для строительства, современная методика эксплуатации и обслуживания. Данные технологии позволяют значительно облегчить и улучшить процесс выполнения строительных работ. Благодаря новым разработкам сокращаются финансовые затраты, производится тщательное планирование бюджета, устанавливаются четкие временные рамки, что позволяет сократить время простоев во время работ. Все это позволяет вводить здания в эксплуатацию за наименьшие промежутки времени, с наименьшей затратой физических сил. Так же при разработке объектов, учитывается фактор энергосбережения при отоплении и освещении в помещении, что позволяет добиться максимального эффекта сбережения и рационального использования энергетических ресурсов [1].

На данный момент одной из передовых технологий является каркасный способ строительства. Его положительные стороны заключаются в следующем:

- легкая и быстрая установка, на которую требуется от одного до двух месяцев, в зависимости от объекта;
- низкая стоимость материалов;
- хорошие показатели энергосбережения и теплопроводности, которые достигаются в следствии использования современных утеплителей, что позволяет сократить расходы на отопление помещений;
- каркасные дома практически не подвержены влиянию усадки грунта;
- для дома не требуется капитальный фундамент, из-за легкости самой конструкции;
- строительство каркасных домов ведется с использованием экологичных материалов, что благоприятно влияет на окружающую среду;
- устойчивость к перепадам температур;
- использование переставной модульной опалубки. Она является бюджетной, простой в применении и экологичной;
- применение газосиликатных и пенобетонных блоков;
- использование 3D панелей и несъемной опалубки-современные композитные материалы, работа с которыми возможно в течении всего года.

Стоит отметить, что технологии развиваются не только за рубежом, но и у нас в стране. К примеру, ученые Дальневосточного федерального университета прорабатывают технологию строительства купольных домов без использования гвоздей. Оригинальность данного проекта заключается в применении технологичных конструкций (замков) между отдельными составляющими деревянной сферической конструкции. Проект предусматривает строительство данных конструкций в как можно более сжатые сроки. Данная технология заинтересовала уже несколько представителей из различных городов России [2].

Современное общество все чаще говорит о проблемах экологии и ученые так же работают в этом направлении, разрабатывая новые экологичные технологии и материалы. Так зарубежные ученые считают, что в ближайшем будущем высотные здания до 30 этажей удастся возводить из древесины. Первый прототип такого дома построен в Лондоне и представляет собой деревянную девятиэтажную постройку, высотой в 30 метров. Так же данная технология учитывает краткие сроки возведения здания. К примеру, всю надземную часть объекта в Лондоне построили 5 рабочих за 28 календарных дней. В начале 2010-х годов люди начали придавать вопросам экологии более значимое место в аспектах развития человечества.

Преимущества экологических зданий и сооружений:

- сокращение выброса вредоносных веществ, газов, мусора, сточных вод;
- расширение жилого фонда без нарушения естественной экосистемы региона;
- сохранение природных ресурсов планеты.

Австралийские ученые так же активно продвигают технологию строительства деревянных домов. Данная технология предусматривает собирание дома из “пазлов”. Данные “пазлы” – это профилированные тонкомерные стволы дерева, которые подвергаются обработке на специальном станке. Из данных конструкций можно собрать любую часть дома, в котором после высыхания дерева, составные части деформируются и происходит заклинивание элементов, что приводит к упрочнению конструкции в целом. Стоит отметить легкость данной конструкции по сравнению с кирпичными или бетонными сооружениями.

Далеко не секрет что одной из составляющих бетона являются минералы из ракушек, которые придают свойство эластичности бетону. Так ученые разработали новый тип бетона, который очень эластичен и способен выдержать многие деформации и повреждения, а также на 40-

50% легче классического бетона. Данный вид бетона устойчив к землетрясениям и деформациям. При взаимодействии воды с бетоном образуется карбонат кальция, именно благодаря этому веществу трещины в бетоне скрепляются. После снятия нагрузки на данный бетон, происходит восстановление и прочность возвращается к исходным показателям. Данный вид бетона можно активно использовать для строительства сооружений в сейсмически активных районах планеты.

Дома из соломы получили распространение во всех уголках мира. Сейчас мало кто знает, что для строительства используют прессованную солому, сделанную по современным методикам. Данная технология, базируется на лучших свойствах этого экологического материала. В таком виде солома становится отличным утеплителем, так как трубочки соломы полые внутри и содержат воздух, который сам по себе имеет низкую теплопроводность. Стоит заметить, что из-за своей пористой структуры, солома является отличной звукоизоляцией. Благодаря разработкам в области материалов, такие дома являются достаточно огнестойкими. Блоки соломы, пропитанные и покрытые штукатуркой, способны выдержать длительное воздействие открытого пламени и высоких температур. Плотность самого материала также способствует препятствованию горения.

В России с 2003 года производится “велюровый” кирпич, названный так за свою способность впитывать свет, из-за чего его поверхность становится похожа на бархат. Такое свойство обусловлено созданием на поверхности кирпича вертикальных бороздок, которые образуются после обработки металлическими щетками. Так же в зависимости от угла падения света кирпич может изменять свой окрас, за что был прозван “хамелеоном”.

Япония известна не только своей богатой культурой, но и тем, что это сейсмически активная точка на карте мира. Японские инженеры создали конструкцию, при которой дом не разрушается вследствие землетрясений. Для достижения такого свойства, здания должны располагаться не на поверхности земли, а выше. Такие дома расположены на воздушной подушке и после сигнализации датчиков о предстоящем землетрясении, дом будто висит над землей. При этом сами жильцы этого даже не почувствуют. Фундамент сделан таким образом, что не прикреплен к самим конструкциям дома. После так называемого парения дома садится на раму, расположенную по верху фундамента. Воздушная подушка, которая находится между фундаментом и конструкциями дома во время землетрясений

обеспечивает подъем здания на 3-4 см от земли. Данная новинка уже активно эксплуатируется в более чем 90 домах Японии [3].

На выставке Expo в 2020 году, которая проходила в Арабских Эмиратах, был представлен проект энергоэффективного города. Данный “умный” город полностью может обеспечивать себя всем необходимым для жизнедеятельности человека, включая электричество и воду. Данный город планируют построить недалеко от населенного пункта Аль-Авир. Это будет первый в своем роде город, который будет обеспечивать людей всем необходимым: водой, энергией, транспортом, продуктами питания. Для реализации данного проекта, в городе будет активно использоваться энергия солнца. Так же по заявлениям инженеров, город способен самостоятельно перерабатывать до 40 тысяч кубических метров сточный вод. Данный город будет расположен на площади в 14 гектар и сможет вместить в себе до 160 тысяч жителей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плюсы и минусы каркасных домов: особенности технологии, мифы и предубеждения // Выставка домов малоэтажная страна URL: <https://m-strana.ru/articles/plyusy-i-minusy-karkasnykh-domovosobennosti-tehnologii/> (дата обращения: 12.05.2021).
2. Современные технологии // Экспоцентр Москва URL: <https://www.expoctr.ru/ru/articles-ofexhibitions/17039/> (дата обращения: 12.05.2021).
3. Топ-20 инновационных строительных технологий // Главный портал Правила строительства URL: <http://www.psdom.ru/catalog/top-20-innovacionnyh-stroitelnyh-tehnologiy> (дата обращения: 13.05.2021).

**УДК 628.477.6**

*Левицкая К.М., Кожухова Н.И.*

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

## НЕОБХОДИМОСТЬ И ПОДХОДЫ К ПЕРЕРАБОТКЕ ГИПСОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

На сегодняшний день особо остро стоит вопрос переработки отходов производства. Рециклинг отходов актуален в условиях постоянного увеличения производственных мощностей, ухудшения



экологической ситуации в стране и мире, а также постоянного роста стоимости первичных сырьевых компонентов.

Эффективное использование материалов позволяет сократить затраты на сырьевые компоненты, минимизировать отходы, снизить затраты на утилизацию хранения, а также обеспечить снижение воздействия на окружающую среду и предотвратить стремительная истощение природных ресурсов.

Существуют следующие подходы к управлению отходами:

1) Утилизация. Применяется в тех случаях, когда остальные методы невозможно-чаще всего используется для опасных отходов.

2) Восстановление. Заключается в получении энергии путём сжигания.

3) Рециркуляция. Представляет собой переработку отходов в один и тот же материал (замкнутый цикл) или другой материал.

4) Повторное использование. Данный метод возможен к применению при оптимизации сбора использованных материалов.

5) Сокращение. Заключается в оптимизации состава, количество сырья, комплектующих и материалов для конкретного производства и максимального использования компонентом с высоким содержанием вторичного сырья.

Несмотря на то, что разрабатываются и внедряются все больше подходов к переработке отходов, всё ещё наиболее распространённой практикой остается складирования.

В современных экономических условиях и истощения природных ресурсов, все чаще появляется необходимость в разработке комплексных подходов к сокращению, переработке и рециркуляции отходов производств. В связи с этим, особое внимание нужно уделять производству новых материалов и изделий из отходов с характеристиками, не уступающими или превосходящие природному сырью.

Актуальность проблемы утилизации отходов подтверждается принятием «Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года» и «Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года» [1, 2].

Одним из перспективных направлений разработки методов переработки являются гипсосодержащие отходы, к которым относятся [3]:

– фосфогипс - отход производства фосфорной кислоты;

– гидрозольный гипс - отход технологической обработки целлюлозы;

- фторогипс - отходы сернокислого производства плавиковой кислоты из полевого шпата;
- борогипс - отход производства борной кислоты;
- цитрогипс - отход производства лимонной кислоты;
- и другие.

Фосфогипс – побочный продукт производства экстракционной ортофосфорной кислоты и сложных концентрированных удобрений, представляющий собой порошок материал. Среди гипсосодержащих отходов, по объёму производства фосфогипс занимает первое место [4, 5]. Это обусловлено тем, что добыча и переработка фосфатов осуществляется во многих отраслях. Прогнозируется, что мировое потребление  $P_2O_5$ , содержащегося в фосфорной кислоте, удобрениях и других продуктах, возрастёт с 47 млн. тонн в 2019 году до 50 млн. тонн к 2023 году, а, следовательно, возрастёт и количество фосфогипса [4, 6].

Фосфогипс пользуется стабильным (с тенденцией к росту) спросом в своих секторах экономики, является технологически совместимым и позволяет задействовать практически весь объем используемого сырья, а также решить вопрос освобождения значительных площадей, занимаемые отвалами данного гипсосодержащего отхода [4].

Его утилизация представляет собой одну из самых актуальных проблем для фосфатной промышленности, так как всего лишь порядка 15% данного сырья перерабатывается, остальное по-прежнему накапливается в отвалах и шламбассейнах, приводя к отчуждению значительных территорий и нанося вред экологической обстановке регионов [7].

Основным направлением по решению проблем экологической безопасности и защиты окружающей среды, оптимизации производственных затрат и повышения прибыльности предприятий является разработка и внедрение малоотходных и безотходных технологических процессов. Также стоит отметить, что применение техногенных отходов для замещения природного сырья – второй по значимости резерв снижения себестоимости строительных материалов. Для преобразования существующих или создания вышеупомянутых производств, необходимы методы рациональной переработки промышленных отходов, в том числе на уже существующих строительных площадках.

Фосфогипс возможно эффективно перерабатывать с получением на выходе следующих востребованных целевых продуктов:

1) Органоминеральные удобрения. Фосфогипс является универсальным удобрением-мелиорантом, применяемым для

восстановления и улучшения почвенного плодородия за счёт снижения засоления почв, увеличения содержания гуминовых кислот, обогащения почвы питательными веществами и исключения вымывания их в подпочвенные элементы [8, 9, 10]. В фосфогипсе содержатся следующие полезные элементы, необходимые для полноценного развития растений: кальций, фосфор, кремний, цинк и сера.

2) Редкоземельные элементы. Фосфогипс является легкодоступным, имеющим практически нулевую стоимость, не обладающим природной активностью и содержащий в себе редкоземельные элементы как цериевой, так и иттериевой групп [11, 12].

3) Гипсовые вяжущие и строительные материалы на их основе. Физико-механические свойства фосфогипса позволяют применять данный вид гипсосодержащих отходов в качестве перспективного материала при производстве строительных материалов. Фосфогипс является сырьем для таких гипсовых строительных материалов как: сухие строительные смеси, гипсокартон, гипсовые пазогребневые плиты.

4) Цементная промышленность. Фосфогипс может выступать в качестве регулятора срока схватывания цемента, минерализатора в процессе обжига цементного клинкера, для получения гидравлических добавок.

5) Дорожная промышленность. Фосфогипс может применяться в качестве материала для основания дорог [6].

Переработка фосфогипса в приведенные выше продукты не только решает вопрос складирования отходов, но и позволяет сократить потребление традиционного сырья (например, природного гипса).

Таким образом, подводя итог стоит отметить, что переработка гипсосодержащих отходов, а именно фосфогипса, является перспективным направлением для дальнейших исследований и разработки современных подходов к производству целого ряда продуктов.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года: распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р. URL: <http://government.ru> (дата обращения: 08.04.2022). Текст: электронный.

2. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года: распоряжение Правительства РФ от 25 января 2018 года N 84-р. URL: <http://government.ru> (дата обращения: 08.04.2022).

3. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. Под общей редакцией А.В. Ферронской. Изд-во АСВ, 2004. 488 с.

4. Rashad A.M. Phosphogypsum as a construction material // Journal of Cleaner Production. 2017. Vol. 166. Pp. 732–743. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.08.049.

5. Tayibi H., Choura M., Lo'pez F.A., Alguacil F.J., Lo'pez-Delgado A. Environmental impact and management of phosphogypsum // Journal of Environmental Management. 2009. Vol. 90, Iss. 8, Pp. 2377–2386. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.03.007>

6. Alfimova N.I., Pirieva S.Yu., Titenko A.A. Utilization of gypsum-bearing wastes in materials of the construction industry and other areas. Construction Materials and Products. 2021. Т. 4. №1. С. 5–17. <https://doi.org/10.34031/2618-7183-2021-4-1-5-17>

7. Алфимова Н.И., Пириева С.Ю., Елистраткин М.Ю., Кожухова Н.И., Титенко А.А. Обзорный анализ способов получения вяжущих из гипсосодержащих отходов промышленных производств // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2020. №. 11. С. 8–23.

8. Voropaev V., Alfimova N., Nikulin I., Nikulicheva T., Titenko A., Nikulichev V. Influence of gypsum-containing waste on ammonia binding in animal waste composting // Agriculture. 2021. 11. 1153. <https://doi.org/10.3390/agriculture11111153>

9. Al-Enazy A.A., Al-Barakah F., Al-Oud S., Usman A. Effect of phosphogypsum application and bacteria co-inoculation on biochemical properties and nutrient availability to maize plants in a saline soil. Arch // Agron Soil Sci. 2018. 64ю Pp. 1394–1406. <https://doi.org/10.1080/03650340.2018.1437909>

10. Nikulicheva T.B., Nikulin I.S., Pilyuk E.A., Voropaev V.S., Alfimova N.I., Nikulichev V.B., Saenko M.Yu. Recycling and disposal of gypsum-containing waste generated in the production of citric acid // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 845. 012152. doi:10.1088/1755-1315/845/1/012152

11. Артамонов А.В., Смирнова Д.Н., Смирнов Н.Н., Ильин А.П. Извлечение редкоземельных элементов из твердых отходов производства фосфорной кислоты с последующей сорбцией на катионообменных смолах // *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2017. Т. 60. Вып. 10. С. 87–93

12. Косынкин В.Д., Глебов В.А. Возрождение российского производства редкоземельных металлов - важнейшая задача российской экономики // Материалы 3- й Международной конференции «Функциональные наноматериалы и высокочистые вещества». Апатиты. 2013. С. 15–21.

**УДК 625.8**

*Лобачев Ю.А., Баженова О.О.*

*Научный руководитель: Рябчевский И.С., асс.*

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

## **УСТРОЙСТВО ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА ИЗ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО БЕТОНА**

Строительство качественных прочных дорог является актуальной и острой проблемой в современном мире.

В настоящее время интенсивное движение на дорогах требуют прочного и долговечного дорожного покрытия.

Дорожный бетон относится к тяжелым бетонам. В соответствии со своим назначением он делится на бетон для однослойных покрытий, верхний и нижний слои двухслойных покрытий и основания для усовершенствованных покрытий. К дорожному бетону предъявляются требования по прочности на сжатие, растяжению при изгибе, морозостойкости, износостойкости.

Бетон является экологичным строительным материалом и не представляет угрозы для почвы и грунтовых вод. Бетонная поверхность способна поглощать шум, а светлое покрытие особенно выгодно в темноте и в условиях повышенной влажности. По сравнению с асфальтобетоном он обладает рядом положительных качеств – он более долговечен, менее подвержен воздействию повышенных температур в жаркое время года и обладает необходимым сопротивлением трению, возникающим при интенсивном движении. Поэтому бетонные дорожные покрытия хорошо подходят для нового строительства и реконструкции автомагистралей, автобусных остановок и велосипедных дорожек.

Во многих отношениях процесс подготовки к производству асфальтобетонных и бетонных дорог одинаков, даже оборудование для строительства и ремонта дорог часто одно и то же [8, 13].

Разница лишь в технологии заливки бетона и асфальта [1, 4].

Устройство дорожного бетона включает следующие операции:

1. Подготовка почвы заключается в ее максимальном уплотнении. Грунт прикатывается катками или уплотняется виброплитами, при необходимости, с добавлением песка или щебня. Важно проводить работы на влажной почве, при необходимости – ее поливают водой, придавая ей необходимую влажность [2].

2. Устройство дренажной системы.

3. Укладка подстилающего слоя – песчаной подушки толщиной 20-40 см. Если почва мягкая, добавляется крупный гравий. Покрытие наносится слоями, тщательно раскатывается и выравнивается. Каменная начинка укреплена цементом.

4. Опалубка устанавливается по контуру будущего дорожного покрытия. Он изготавливается из дерева или стали, в зависимости от нагрузки, которую материал должен выдерживать во время заливки бетона. Чтобы сделать покрытие более плотным, используются специальные машины, которые вибрируют, уплотняя бетонную смесь во время сушки. Толщина бетона достигает 25-30 см.

5. В некоторых случаях проводится армирование для получения более прочного покрытия.

6. Когда бетон приобретет свои эксплуатационные свойства, его обрезают, чтобы компенсировать температурные расширения на площадях около 25 м<sup>2</sup>. Резиновые прокладки и прорастатель помещаются в швы глубиной 5-10 см.

7. Для увеличения трения и предотвращения скольжения на поверхность наносится насечка.

8. Наносится дорожная разметка, устанавливаются разделители, бамперы и знаки [5].

Бетон и асфальт широко используются в строительстве, поскольку они надежны и долговечны.

Между бетонными и асфальтированными дорогами, одним из главных различий является долговечность. Бетонные дороги имеют более длительный срок службы, чем асфальтовые дороги. Еще одно заметное отличие заключается в том, что бетонные дороги, по сравнению с асфальтированными, не требуют частого ремонта.

Погодные условия могут нанести больший ущерб асфальтовым дорогам, чем бетонным дорогам [6].

По сравнению с затратами бетонные дороги приводят к более высокой стоимости дорожного покрытия, чем асфальтовые дороги. Кроме того, на укладку асфальтовой дороги уходит меньше времени, чем на бетонную дорогу [7, 8].

С точки зрения безопасности, асфальтированные дороги обеспечивают лучшую безопасность для транспортных средств. По сравнению с бетонными дорогами асфальтовые дороги обладают лучшей устойчивостью к скольжению и хорошей адгезией. На асфальтированных дорогах снег тает быстрее, чем на бетонных.

С точки зрения экологических аспектов бетон является наилучшим вариантом. Известно, что асфальт при плавлении выделяет загрязняющие газы.

Бетонные дороги более долговечны, чем скребковые дороги. Бетонные дороги не требуют частого ремонта по сравнению с дорогами с твердым покрытием.

Бетонные дороги имеют более высокую стоимость покрытия, чем асфальтовые дороги. Кроме того, на укладку асфальтовой дороги уходит меньше времени, чем на бетонную дорогу. Асфальтированные дороги обладают лучшей устойчивостью к скольжению и обеспечивают хорошее сцепление с дорогой. На асфальтированных дорогах снег тает быстрее, чем на бетонных.

Дорожный цементобетон – многокомпонентный материал, который должен соответствовать не только условиям эксплуатации, но и стандартам ГОСТ. Его состав и свойства зависят от внешних факторов и подбираются в каждом конкретном случае.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Баженов Ю.М., Комар А.Г. «Технология бетонных и железобетонных изделий» М. «Стройиздат» 1984. 267 с.

2. Мюллер Х.С., Фернандес-ордоньес Д. Международная федерация по конструкционному бетону (ФИБ) и инициатива по созданию модельного кодекса 2020 (перевод с англ. яз.) Вестник НИЦ Строительство. 2018. № 1 (16). С. 143-158.

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

4. Вышеславова Н.А. Обзор инноваций в строительной индустрии // Университетская наука. 2020. № 2 (10). С. 26-30.

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

6. Леонович С.Н., Литвиновский Д.А., Будревич Н.А. Оценка стойкости бетона к воздействию высокой температуры на основе ГОСТ 29167-2020 // Бетон и железобетон. 2021. № 3 (605). С. 14-18.

7. Фаликман В.Р. Новая инициатива международного союза по конструкционному бетону (ФИБ) в развитии норм расчета и проектирования железобетонных конструкций: модельный кодекс МС 2020 // в сборнике: "Лолейтовские чтения-150". Современные методы расчета железобетонных и каменных конструкций по предельным состояниям. 2018. С. 501-506.

8. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Малюкова М.В. Высокоплотные составы вибропрессованных бетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 48-50.

### **УДК 69**

***Лобачев Ю.А., Баженова О.О.***

***Научный руководитель: Рябчевский И.С., асс.***

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

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Федеральные законы «О техническом регулировании» (184-ФЗ, 27.12.2002), «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (384-ФЗ, 30.12.2009) создали правовую базу для обеспечения безопасности строительства, фиксируя риск аварии и регулируя показатели конструктивной (механической) безопасности. Тем не менее совершенствовалась, нормативная база и механизм регуляции безопасности является важным вопросом на сегодняшний день.

В то же время повышается число несчастных инцидентов на стройках, в том числе в гражданском строительстве. Главными причинами которых являются некачественные строительные работы. Финансовые утраты при некачественном строительстве также значительны: до 5 % издержек на строительство жилья расходуется на ликвидацию недостатков и около 3 % на ранний ремонт зданий в первые годы использования [1, 2].

Строительный контроль осуществляется с использованием количественных показателей, аудиты контрольных объемов и критических значений отклонений в соответствии со статусом безопасности конструкций. Таким образом, итоги аудита не выступают полной убедительной базой для оценки соответствия стадий работ и завершеного объекта установленным требованиям. Проблема состоит



в несовершенстве научной базы, в системном подходе к качеству строительства гражданских зданий, в методах контроля и оценки с учетом показателя организации качества строительства, точности технологических процессов и показателей безопасности.

Практическая важность состоит в разработке методов контроля и оценки качества, точности технологических процессов, расчета технологических параметров, которые обеспечивают уровень качества и безопасность строящихся конструкций, а также в создании стандарта саморегулируемых организаций, региональных методических документов государственного строительного надзора, технологических регламентов и запатентованных методов работы. Эксперимент практической продажи результатов исследований указывает на вероятность и целесообразность их внедрения в строительную сферу [3].

Важность работы теории и методологии состоит в совершенствовании теоретических основ увеличения качества и безопасности строительной работы, а именно в создании математических моделей, которые прогнозируют влияние показателя организации обеспечения качества, точности процессов, а также корпоративных и технологических факторов на уровень качества и безопасность строительной продукции и безопасность гражданских зданий при их строительстве.

Строительный контроль – это процедура, которая включает в себя цепочку мер контроля за процессом строительства, реконструкции и обновления объектов. Цель – проверить соответствие работ положениям проектной документации, требованиям технических регламентов, результатам обследований, требованиям к работам, текущим на день выдачи разрешения на строительство [4-6].

Проблемы с качеством строительства традиционно подразделяются на дефекты, общие недостатки и злосчастные случаи. Дефекты качества строительства относятся к техническим показателям строительства, которые не соответствуют установленным техническим стандартам. Известные недостатки связаны с ошибками при строительстве объекта, которые воздействуют на строительные конструкции, их функции и форму. Злосчастные случаи с качеством относятся к повреждению качества с высокими потерями, которые сильно воздействуют на безопасность строительных конструкций, функций и форм во время строительства или продажи. Разные проблемы имеют четыре отличительные нюансы:

- множественные финансовые утраты;
- могут привести к жертвам;

– большие последствия, которые влияют на безопасность сооружения; реконструкция без возможности следующего использования или восстановления.

Формы недостатков с качеством строительства были и станут разными, но все предпосылки их появления можно свести к следующим аспектам.

1. Проблемы со строительными процедурами и правилами. Они включают недокументированное проектирование, строительство без чертежей или без учета которые установлены чертежей, ввод в эксплуатацию без окончательной приемки, недокументированное строительство, несанкционированные субподрядчики, несанкционированные изменения в проекте и т.д.

2. Проблемы проектирования и расчета. К примеру, формирование плана строительства (чертежа) произведено без учета внешних важных факторов, или неправильно использовалась программа структурирования объекта. Либо проблемы, которые связаны с тем, что расчетная диаграмма не соответствовала фактическому усилению, либо значение нагрузки было чересчур малым по сравнению с реальными критериями, а также промахи во внутреннем усилении и расчете потенциальных недочетов и т. д. [7, 8].

3. В дополнение к контролю за строительством и управлением:

– чертеж был нанесен на строительную площадку в спешке, без учета текущего положения объекта и внешних важных факторов;

– план был изменен без разрешения отдела прогнозирования или строительство велось по неутвержденному плану;

– строительная площадка не соответствовала стандартам качества строительства и утвержденным эксплуатационным процедурам;

– оперативный персонал не обладал базовыми знаниями для эффективной продажи разработанных планов и продажи идей потребителя;

– управление строительством было непредсказуемым, а последовательность строительства стала неправильной. Игнорирование контролем и непрерывным анализом хода строительства.

4. Воздействие природных условий по причине долгосрочного цикла проекта и использования на открытом воздухе, по причине природных условий, главная система объекта может существенно пострадать. К примеру, из—за влияния температуры и влажности, ветра, волн, наводнений, дождя и солнца – все это вероятно угрожает будущей безопасности объекта и может спровоцировать аварии на уже введенном в эксплуатацию объекте. Меры по предотвращению и

продуктивной защите должны быть приняты уже во время строительства.

#### 5. Неправильное использование ресурсов.

Если проблемы с качеством строительства все же выступают, используют следующую схему для их решения. Процедура решения проблем с качеством:

– в случае определения проблем с качеством или появления аварий все операционные строительные факторы, которые связаны с проблемной частью объекта, должны быть остановлены. В то же время о фактическом состоянии текущей обстоятельства необходимо сообщать соответствующим органам.

– главной целью такого этапа решения проблемы представляет собой определение масштаба, степени, свойств, влияния и причин обстоятельства, дабы предоставить которые необходимы данные для анализа. Исследование должно быть всеобъемлющим и беспристрастным, с учетом всевозможных, даже незначительных, факторов.

– предпосылки должны быть грамотно проанализированы на базе расследования, дабы осуществить правильные соображения и умозаключения о текущей обстоятельства. Анализ причин проблем с качеством представляет собой базой для определения схемы решения. Таким образом, правильные процесса выступают результатом правильного восприятия предпосылки проблем. Лишь с помощью детального и углубленного анализа данных можно выяснить подлинные предпосылки проблемы или аварии [9].

– разработка схемы решения проблем или несчастных инцидентов основана на анализе причин. Главными механизмами организации ремонта и ликвидации неполадок являются безопасность и надежность, техническая осуществимость, эффективность, рациональность и соответствие конструктивным функциям и установленным требованиям.

– проблемы или злосчастные случаи должны решаться по некоей схеме.

– после ликвидации неполадок все итоги должны строго контролироваться и приниматься ответственным лицом. Далее инженер по контролю и надзору за качеством обязан приготовить отчеты и изложить их знающим органам.

– Таким образом, были сделаны следующие выводы:

– проблемы решены, строительство может длиться;

– риски устранены, безопасность обеспечена;

– срок службы ограничен.

Если сложно осуществить вывод за короткое время, то необходимо провести дополнительные наблюдения и испытания на объекте. После ремонта составляется отчет об устранении аварии, который включает отчет о расследовании аварии, анализ причин ее появления, ядра, схемы, приемы и технические меры ремонта, разные оригинальные записи и информацию о процессе строительства, проверке и принятии записей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Развитие жилищного строительства в России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 17-22.

2. Бондаренко Е.Ю. Оценка состояния жилищного строительства и малоэтажного строительства // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 2-1. С. 108-125.

3. Петрова З.К., Долгова В.О. Развитие малоэтажного жилищного строительства на территории центрального федерального округа // Academia. Архитектура и строительство. 2018. № 2. С. 115-125.

4. Попов К.В. Основные показатели и тенденции развития экономики в сфере строительства в Хакасии В 2019-2020 годах // Молодой ученый. 2021. № 18 (360). С. 217-219.

5. Юрчик В.В. Ключевые споры в сфере строительства за 2020 год // Арбитражные споры. 2021. № 2 (94). С. 119-130.

6. Сулейманова Л.А., Козлюк А.Г., Глаголев Е.С., Марушко М.В. К вопросу обследования технического состояния гражданских зданий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 7. С. 32-36.

7. 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.

8. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Эффективное воспроизводство жилищного фонда России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 98-104.

9. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Нормативно-правовое регулирование жилищного строительства в России // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сборник докладов международной научно-практической конференции: в 2 т. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 196-205.

*Локтев А.М., Есинов С.М.*

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

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРЯДНО-ИМПУЛЬСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Разрядно-импульсная технология (РИТ) успешно работает в строительстве России. На сегодняшний день с использованием разрядно-импульсных технологий изготовлено более 1 млн свай-РИТ и грунтовых анкеров, процементированы тысячи метров ветхих фундаментов старинных зданий, реконструировано и построено более 1000 объектов. Среди них известные объекты (г. Москва): Старый Гостинный двор, здание Всероссийского театрального общества, комплекс зданий Большого театра, здание усадьбы Дениса Давыдова и т.д. [1].

Технология РИТ основана на эффекте Л.А. Юткина. [2]. Технологическая схема обустройство анкера представляется следующим образом. На первом этапе производится бурение до проектной отметки. На втором этапе производится заполнение скважины цементным молочком. Обычно цементное молочко попадает в скважину через полый шнек, либо через заливочную колонну. На третьем этапе производится разрядно-импульсная обработка скважины. На четвертом этапе производится установка анкерного каркаса. И на завершающем этапе, после затвердевания цементного раствора 3–5 дней, осуществляется натяжение анкеров.

Разрядно-импульсная технология позволяет работать в очень сложных условиях с точки зрения геологии. К сложным геологическим условиям относят: неустойчивые водонасыщенные грунты, так называемые «плывуны»; неоднородные грунты по физическим свойствам и химическому составу, залегающие наклонно или с выклиниванием; карстовые образования; заболоченная местность; техногенные грунты с повышенной усадкой, также к сложным условиям относят сейсмическую активность. В данном случае под сейсмической активностью понимают инженерные сооружения, которые работают в режиме знакопеременной нагрузки, к таким сооружениям относят: авто и ж/д мосты; эстакады; метрополитен и т.д. [4]. В большинстве случаев при очередной разработке котлованов

строители сталкиваются с вышеуказанными условиями, которые требуют нестандартных, инновационных инженерных решений. К одному из таких решений относится разрядно-импульсная технология.

К одной из неблагоприятных территорий, как в геологическом отношении, так и плотно застроенной геотехническими сооружениями является Москва [5]. В геологическом строении территории города, до разведанной глубины 50 м отложения представлены суглинками, супесями, песками (крупно-, средне- и мелкозернистые), глинами (красноцветные, черные и серые), трепелами, доломитами, мергелями и песчаниками.

К одним из тяжелых условий для строителей являются обводненные пески. При обустройстве свай в водонасыщенных песках, выбуренная скважина практически сразу заплывает при традиционных методах проходки. В таких случаях бурят с обсадкой, либо с обривкой. Первая и вторая технологии требуют дополнительного оборудования, что увеличивает стоимость работ. Разрядно-импульсная технология позволяет осуществить проходку традиционным шнековым бурением.

Рассмотрим процессы, возникающие при РИТ-обработке скважины. После серии электровзрывов скважина начинает расширяться. Под действием взрыва цементный раствор «вынужденно» смешивается с окружающим грунтом (песком), создавая слой «грунтоцемента». Увеличение объема скважины в зоне действия электровзрыва означает повышение плотности окружающих грунтов, т.е. за грунтоцементным слоем образуется уплотненная зона. Под действием взрыва вода фильтрует вглубь массива, т.е. взрыв «выжимает» воду из песка. В уплотненной зоне понижается пористость и водопроницаемость, т.е. данная зона препятствует попаданию воды в скважину из водонасыщенного массива [9]. Грунтоцементный слой отвечает за устойчивость скважины. Все это позволяет вести работы в водонасыщенных песках и формировать надежную конструкцию (рисунок 1).

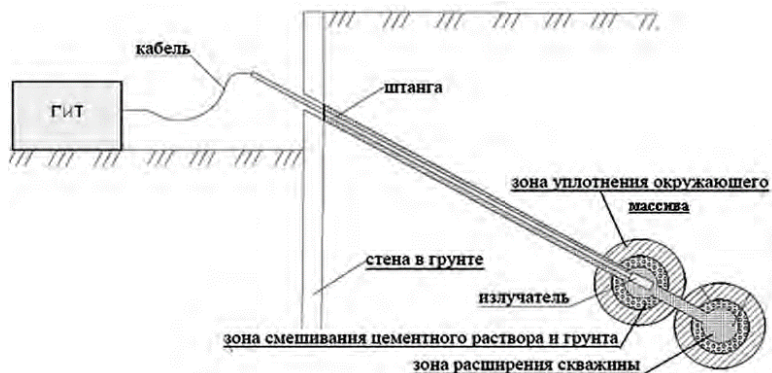


Рис. 1. Схема разрядно-импульсной обработки скважины

Разрядно-импульсная технология очень эффективна в песках. Это связано с тем, что характеристики взрыва удовлетворяют физико-механическим свойствам песков. Сваи и анкера, изготовленные по данной технологии в песках обладают высокой несущей способностью.

Среднезернистый и крупнозернистый песок — это пористая среда. Это означает, что при возведении здания в данном слое просадка фундамента неизбежна. Например, двадцатипятиэтажное здание может просесть за первый год на 5–7 см, бывают случаи до 20 см. За границей требования гораздо выше, к примеру, в Германии просадки фундаментов жилых зданий не должны превышать 20 миллиметров за первый год. Просадки фундаментов на сваях-РИТ достигают 5–15 мм. А большие просадки 7–20 см могут привести к необратимым последствиям. Поэтому использование разрядно-импульсной технологии актуально в любых песках [6].

Рассмотрим действие электровзрыва в водонасыщенных суглинках. Суглинки это самая распространенная осадочная горная порода. Существует очень много разновидностей глин и суглинков, отличающиеся физико-механическими свойствами. Физико-механические свойства, а именно несущая способность грунта, способность грунта нести в себе конструкцию.

Основной проблемой для строителей в суглинках является слабая несущая способность данной породы. Поэтому при обустройстве буронабивных свай в суглинках, бурение производят до песков. Если пески находятся на большой глубине или их совсем нет, то чтобы повысить несущую способность конструкции увеличивают диаметр и длину свай. [8] Из этого можно сделать вывод – обустройство свай большого диаметра и с глубоким заложением это трудоемкая и дорогая

работа. Разрядно-импульсная технология позволяет избежать этих проблем.

У суглинков и глин слабая несущая способность. В геомеханике есть понятие сцепление горных пород, в частности в глинах сцепление характеризуется силами связей между частицами и зависит физического состава и влажности. Сцепление во влажных глинах очень слабое. Было отмечено выше, при разрядно – импульсной обработке между скважиной и массивом формируется грунтоцементный слой, который с одной стороны, «удерживает» сваю, а, с другой «сцепляется» за массив, т.е. «склеивает» сваю с массивом. Здесь получаются две границы, которые крепко связанные между собой: граница между уплотненной зоной грунтов и грунтоцементной зоной, граница между грунтоцементной зоной и сваей. Если посмотреть на традиционную технологию, увидим одну границу между суглинком и сваей. Сцепление в этой границе очень слабое, из-за обводненной среды. При восприятии сваей нагрузки свая будет скользить по этой границе. Вот принципиальное отличие разрядно-импульсной технологии и традиционной [7].

Разрядно-импульсная технология позволяет изготавливать геотехнические конструкции, в которые обустраиваются сваи и анкера с повышенной несущей способностью, а также производить глубинное уплотнение грунтов в самых сложных условиях, где традиционные технологии малоэффективны. Необходимо отметить, что данная технология является экономически эффективной. Например, при замене буронабивных свай диаметром 600...1000 мм длиной 45...60 м на сваи-РИТ в основании строящегося цементного завода в пос. Подгоренском Воронежской области компания ОАО «Евроцемент-групп» получило снижение затрат на устройстве свайного основания на сумму более 2,2 млрд руб. [4].

Таким образом, разрядно-импульсная технология эффективна в строительстве, экономически выгодна, быстра и удобна, так как может применяться в сложных геологических условиях.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев А.Г. Промышленное и гражданское строительство. - 6 изд. - Москва: ООО "Издательство ПГС", 2007. - 48 с.
2. Еремин В.Я., Еремин А.В., Соколов В.А., Обозов В.И. Опыт усиления фундамента сваями-РИТ // Вестник строительного комплекса Подмосковья. - 2010. - №4. - С. 66-67.
3. Еремин В.Я., Еремин А.В., Буданов А.А. Атомным



электростанциям надежный фундамент / Материалы ярмарки инновационных решений для реализации проектов «АЭС-2006» и «Новая технологическая платформа». – М.: «РОСАТОМ, РОСЭНЕРГОАТОМ», «ВНИИАЭС», «ЦНИИАТОМИНФОРМ», «АТОМ-ИННОВАЦИЯ», 2007. – С. 35–39.

4. Еремин В.Я., Еремин А.В., Кубецкий В.Л. Опыт строительства на сваях-РИТ. - 2-е изд. - Волгоград: Планета, 2008. - 79 с.

5. Кочерженко В.В., Сулейманов А.Г. Устойчивость армированных грунтов в отвалах, насыпях и подпорных стенах // В сборнике: Наукоемкие технологии и инновации. Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 51-59.

6. Кочерженко В.В., Сулейманова Л.А. Увеличение устойчивости стенок траншей, заполненных глинистым раствором, при возведении зданий и сооружений вблизи существующих зданий // В сборнике: Безопасность строительного фонда России проблемы и решения. материалы Международных академических чтений. 2019. С. 69-75.

7. Мартиросян З.Г., Еремин В.Я., Буданов А.А. Исследование напряженно- деформированного состояния маловлажного песчаного грунта вокруг свай-РИТ // Вестник МГСУ. – 2008. – №2. – С. 24–36.

8. Мадатян С.А., Еремин В.Я., Еремин А.В., Раянов С.Ф., Сарафанов Н.В., Буданов А.А. Узел стыкового соединения стержней арматуры в сжатых железобетонных элементах // Бетон и железобетон. – 2008. – №2 (551). – С. 2–5.

9. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов // Инженерная геология. - 2010. - №11. - С. 43-44.

**УДК 691.328-413**

*Ляпина М.А.*

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

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ БЕЗБАЛОЧНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ**

В настоящее время строительство жилых и общественных зданий из монолитного железобетона имеет активное развитие. Использование каркасно-стеновой конструктивной системы является рациональным.

Такая система позволяет обеспечить свободные планировки помещений при соблюдении требования по необходимой жесткости и устойчивости здания. Конструкция представляет собой систему из вертикальных несущих элементов — колонн, стен и горизонтальных несущих элементов — перекрытий. [1]

Перекрытия — это горизонтальные ограждающие и несущие конструктивные элементы здания (разделяющие внутреннее пространство в вертикальном направлении), предназначенные для формирования высотных структурных элементов: этажей (уровней), а также разделения помещений по функциональному признаку в пределах строительного объема. Характеризуются монолитные перекрытия тем, что в составе конструктивной схемы плиты применяются исключительно конструктивные элементы, которые изготавливаются непосредственно на строительной площадке. В настоящее время устройство перекрытий из монолитного железобетона имеет распространенный характер для зданий и сооружений различного уровня ответственности и функционального назначения. Преимущества устройства перекрытий зданий из монолитного бетона (по сравнению со сборными железобетонными конструкциями) становятся очевидными в тех случаях, когда рассматриваются местные условия строительства с низким уровнем доступности и обеспечения сборными железобетонными конструкциями или уникальные объекты строительства, в которых предусматривается сложный формат конструктивной и/или строительной системы. Несмотря на все преимущества железобетона, недостатком таких конструкций является их критически высокий собственный вес. Для принятия нагрузок от железобетонных перекрытий требуется усиливать все несущие элементы каркаса здания. Данная необходимость приводит к увеличению расхода материалов; эскалации выбросов CO<sub>2</sub> при производстве цемента, за счёт роста объёмов его потребления; возрастает количество вредных выбросов в окружающую среду от автотранспорта, за счёт увеличения объёма бетона, доставляемого на стройплощадку. В совокупности вытекающие процессы негативно сказываются на сбережении ресурсов и экологичности всего строительного производства. [2]

Существенным отличием монолитных пустотных плит от сборных является возможность их работы на изгиб в двух направлениях. Сборные плиты рассматриваются как однопролетная балка, опирающаяся по двум коротким сторонам. Для расчета монолитных перекрытий способ приведения к балке эквивалентного сечения может применяться только для получения приблизительных, оценочных

результатов, так как не учитывается пространственная работа конструкций и неразрезность изгибаемых элементов. Многопустотные монолитные плиты рекомендуется рассчитывать в составе общей расчетной модели здания, применяя вычислительные программные комплексы, реализующие расчет методом конечных элементов. Одним из преимуществ решения задачи с применением метода конечных элементов является возможность учета различных факторов, влияющих на работу конструкций, которые трудно учесть при ручных расчетах, например, отверстий в плите или нерегулярно расположенных вертикальных несущих элементов.

Новое конструктивное решение безбалочной железобетонной плиты перекрытия (рис.1) представляет собой армированную плоскую монолитную плиту, содержащую в своей толще образованные пустотообразователями полости, главное предназначение которых заключается в снижении материалоемкости конструкции. На (рисунке 2) показана схема устройства пустотообразователей. [3]

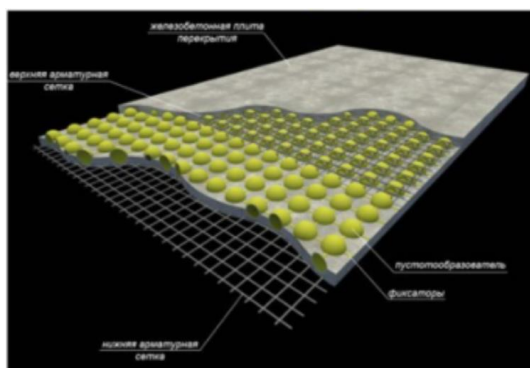


Рис. 1 Конструктивное решение безбалочной железобетонной плиты перекрытия

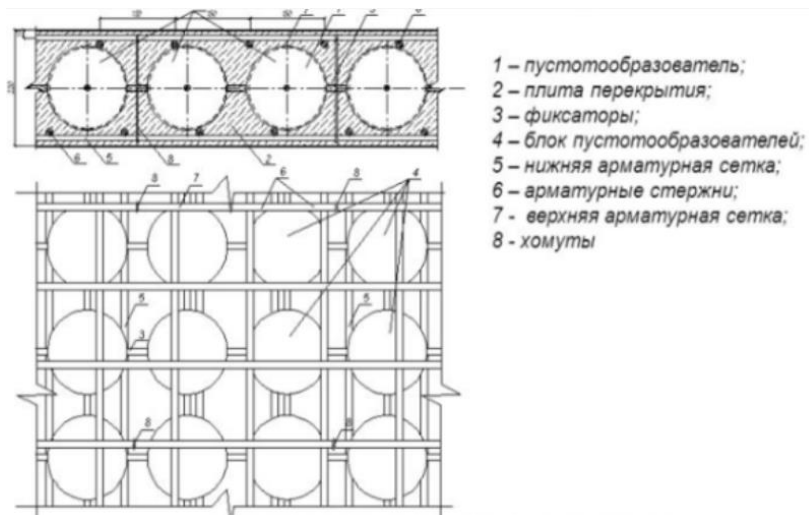


Рис. 2 Схема устройства блока пустотообразователей в плиту перекрытия

Перекрытие служит несущей конструкцией и одновременно является диафрагмой, придающей зданию необходимую жесткость и устойчивость в поперечном направлении. Многопустотные монолитные плиты относятся к плоским безбалочным перекрытиям. Они могут опираться на колонны, стены или обвязочные балки.

Конструктивно безбалочные плиты могут быть с капителями и без них (рисунок 3). Назначение капителей:

- обеспечение жесткого сопряжения перекрытий с колоннами в системе каркаса здания;
- увеличение прочности плиты перекрытия на излом;
- обеспечение прочности плиту от продавливания в месте ее опирания на колонны;
- увеличение общей жесткость перекрытия;
- уменьшение расчетного пролета плиты и более равномерное распределение усилий по ее ширине. [4]

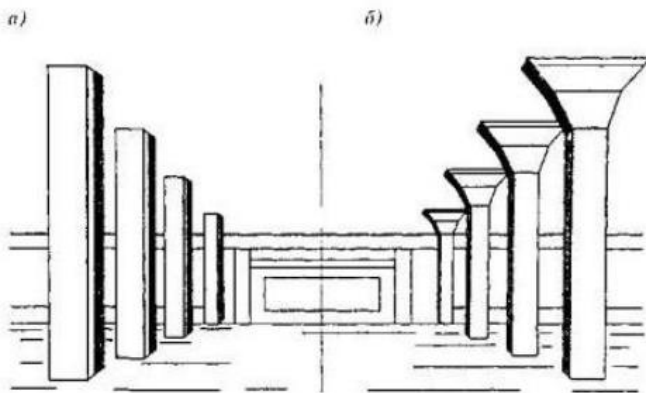


Рис. 3. Монолитное безбалочное перекрытие:  
а) без капители; б) с капителью

Монолитные безбалочные бескапительные перекрытия увеличивают полезный объем помещений, позволяют наиболее выгодно проложить инженерные сети, уменьшают расход материалов. Зона опирания плиты на колонну является наиболее ответственным местом конструкции безбалочного монолитного перекрытия и требует проверки прочности этой зоны на продавливание. [4]

Механизм продавливания плит перекрытия неоднозначен, так как по мнению исследователей плита сопротивляется продавливанию за счет прочности бетона на растяжение, либо плита сопротивляется продавливанию за счет работы сжатой зоны вблизи колонны, которая находится в условиях сложного напряженного состояния сжатия. [5]

Таким образом, механизм продавливания плит перекрытия неоднозначен и требует дальнейших подробных исследований экспериментальных и аналитических, а также усовершенствования нормативной базы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тарасикова Е.В., Крючков А.А. Теоретические и экспериментальные исследования сталежелезобетонных перекрытий по стальному профилированному настилу // Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова. 2020 — С. 86-91.

2. Зацепилова, А. В. Особенности монолитных безбалочных перекрытий / А. В. Зацепилова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2019. — № 50 (288). — С. 108-111.

3. Староста, Н. А. Обоснование применения облегченных монолитных железобетонных перекрытий / Н. А. Староста. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2019. — № 6 (244). — С. 22-28. — URL: <https://moluch.ru/archive/244/56315/> (дата обращения: 18.12.2020).

4. Фоломеев А. А. Снижение материалоемкости железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1974. 66 с.

5. Дорфман А. Э., Левонтин Л. Н.. Проектирование безбалочных бескапительных перекрытий. — М.: Стройиздат, 1975. — 124 с.

6. Клевцов В. А., Болгов А. Н. Действительная работа узлов плоской безбалочной бескапительной плиты перекрытия с колоннами при продавливании // Бетон и железобетон. — 2005. — № 32. — С. 17–19.

**УДК 691.328-413**

*Ляпина М.А.*

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

## **РАЗЛИЧИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ БЕЗБАЛОЧНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ПО РОССИЙСКИМ И ЕВРОПЕЙСКИМ НОРМАМ**

Безбалочное перекрытие состоит из плоской железобетонной плиты одинаковой толщины, опирающейся на ряд промежуточных колонн, на крайние колонны или на несущие стены.

Впервые конструкция здания с применением безбалочных перекрытий была использована в США в 1902 г. инженером Торнером [1]. В России такие перекрытия появились практически в то же время — в 1908 г. Под руководством инженера А. Ф. Лолейта было запроектировано и возведено четырехэтажное здания склада молочных продуктов. Особенностью данной конструкции было то, что колонны в них имели расширенный верх, что увеличивало площадь соприкосновения опор и плит, тем самым увеличивая надежность монтажа.

Впервые задумываться о проблемах расчета безбалочных

перекрытий стали инженеры Дж. Р. Николсон (1914г.), Вестергард и Слейтер (1925г.) [2], а в СССР — Гвоздев А. А. и Мурашев В. И. (1933г.) [3]. Далее по результатам теоретических исследований и практических расчетов были сформированы первые нормативные документы для расчета безбалочных перекрытий [4] и [5], на основе которых были разработаны современные нормативные документы, регламентирующие расчет безбалочных перекрытий [6]

Отсутствие теоретических и экспериментальных исследований безбалочных перекрытий в XX. в. обусловило использование грубо приближенных методов расчета таких конструкций. В дальнейшем было предложено несколько различных по сложности и точности методов расчета безбалочных перекрытий.

Первые точные методы, в которых безбалочную плиту рассматривают как пластинку, опирающуюся на капители, предложили Лолейт и Штаерман. По способу Лолейта вся нагрузка (постоянная и временная) предполагается равномерно распределенной по всему перекрытию и передающейся по обоим направлениям. При квадратных панелях нагрузка, передающаяся в каждом направлении, равно половине общей нагрузки. Толщина плиты определяется по наибольшему по абсолютной величине (положительному) моменту в крайнем пролете, а моменты в остальных пролетах служат для подбора арматуры.

М.Я. Штаерман в [7] предложил упрощенный способ расчета безбалочных перекрытий, который базируется на схеме: плита и воображаемые балки, ширина которых равна половине пролета, а высота равна высоте плиты. Моменты рассчитываются отдельно для плиты и отдельно для балки.

Также существовали методы расчета с использованием бигармонических рядов (метод Галёркина) и метод расчета с использованием тригонометрических рядов (метод Лева), где безбалочное перекрытие рассматривается как плита, нагруженная сверху сплошной нагрузкой и снизу опорными реакциями капители, причем принимается, что это реактивное давление распределяется равномерно по всей площади капители. Данные методы были достаточно сложны и практически недоступны для проектировщиков, к тому же ряд положенных в основу этих методов предположений не соответствовал действительной работе плиты безбалочного перекрытия.

Далее появились упрощенные способы расчета, такие как метод упругих сеток и метод заменяющих рам. При расчете безбалочных перекрытий методом упругих сеток плита рассматривалась как система

взаимно перпендикулярно пересекающихся нитей, которая в каждой точке пересечения должна находиться в равновесии. До приложения нагрузки сетка находится на условной координатной плоскости, а после приложения нагрузки точки пересечения нитей перемещаются относительно этой плоскости.

Расчет методом заменяющих рам предполагает рассматривать безбалочное перекрытие и колонны как две взаимно пересекающиеся рамы, ригель которой — плита шириной, равной полусумме смежных пролетов. Каждая из рам рассчитывается на полную приходящую на нее нагрузку. С учетом перераспределения моментов вследствие пластических деформаций, величины моментов в четырех расчетных сечениях панели плиты определяют с таким расчетом, чтобы сумма их равнялась балочному моменту.

Современные численные методы исследования конструкций приобрели большую популярность и являются мощным инструментом для решения сложных технических задач. Согласно [11] это метод решения уравнений равновесия, при котором исходная область определения функции разбивается на отдельные подобласти (конечные элементы).

Расчет методом конечных элементов осуществляется с помощью различных программных комплексов САПР, например, ПК ЛИРА-САПР, SCAD Office, Robot Structural Analysis, Ansys и тд. Моделирование зон опирания плиты перекрытия на колонны и стены выполняются при помощи функции АЖТ (абсолютно жесткое тело), что позволяет корректно учесть опорный контур плиты. При расчете МКЭ существует линейная и нелинейная постановка задачи. При линейном расчете физическая нелинейность (неупругая работа конструкции) учитывается с помощью пониженных значений модуля упругости материалов в соответствии с п. 6.2.7 [12].

Также рассмотрим зарубежные методы расчета, которые представлены в Европейских нормах (Eurocode2). В [13] содержится мало указаний по выполнению расчетов различных конструкций. Поэтому в [14] подробно рассмотрены 2 метода расчета плоских перекрытий: метод заменяющих рам и метод упрощающих коэффициентов. Основная идея метода заменяющих рам в Еврокоде совпадает с идеей данного отечественного метода: конструкция разбивается на «рамы» по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Эти «рамы» включают в себя полосы плит, которые рассматриваются как балки, и колонны. Отличием является ширина балки, принимаемая для расчета. Согласно [14] эта ширина зависит от направления приложения нагрузки, а также от соотношения сторон



панели. Далее расчет можно выполнять с помощью любого стандартного метода упругого метода, например, с учетом перераспределения моментов, согласно разделу 3.7.1 [14]. Полученные в ходе расчета изгибающие моменты следует распределять по полосам с учетом упругого поведения плиты.

Метод упрощающих коэффициентов применяется для жестких зданий с тремя приблизительно равными пролетами и плитами, которые в основном подвергаются действию равномерно распределенной нагрузки. В данном случае изгибающий момент и поперечные силы могут рассчитываться при помощи коэффициентов, указанных в разделе 3.8.1 [14]. Полученный данным образом изгибающий момент следует распределять по полосам в пропорции, указанной в табл. 3.7 [14]. В [15] представлены два метода расчета монолитных безбалочных перекрытий: метод прямого проектирования и метод заменяющих (эквивалентных) рам.

Метод прямого проектирования состоит из набора правил по распределению моментов по секциям перекрытия, удовлетворяющим требованиям к безопасности и удобству эксплуатации конструкций. Для того, чтобы произвести расчет безбалочного перекрытия по данному методу, необходимо осуществить три основных шага: определение полного статического момента, распределение суммарного статического момента на отрицательные и положительные и распределение отрицательных и положительных моментов по перпендикулярным друг к другу «секциям», включающим в себя колонны и полосы плит, которые в данном случае рассматриваются как балки. Распределение положительных и отрицательных моментов по «секциям» осуществляется согласно п. 8.10.5, 8.10.6 [15]. Следует отметить, что при определении коэффициентов для распределения моментов в пролетной полосе учитывается тип перекрытия — балочное/безбалочное, а в надколонной полосе — соотношение величины пролетов перекрытия, а в средней опорной полосе еще и параметр торсионной жесткости (параметр бэтта), который зависит от вида сопряжения колонны с плитой.

Согласно [15] основной идеей метода эквивалентных рам является представление трехмерной системы перекрытий через двумерные рамы, которые потом рассчитываются на нагрузки, действующие в плоскости рамы. Эквивалентные рамы состоят из трех частей: горизонтальные полосы перекрытия, колонны или другие вертикальные опоры, выступающие над и под плитой, и торсионные элементы, обеспечивающие передачу момента между горизонтальными и вертикальными элементами.

После того, как были определены элементы заменяющей рамы, необходимо рассчитать жесткость каждого элемента (то есть, плитной части, колонны и торсионного элемента). Далее необходимо определить коэффициенты распределения моментов для неподвижных концов элементов рамы с помощью таблиц в прил. 20 [15]. После всех проделанных операций получается эквивалентная двумерная рама, состоящая из полосы перекрытия, колонны и торсионного элемента, которая должна быть рассчитана в расчетной программе.

В данной работе сравниваются результаты расчетов, полученных по следующим методам: Метод предельного равновесия (согласно СП63), Метод конечно-элементного моделирования (расчет производится в ПК ЛИРА-САПР), Метод заменяющих рам (Eurocode2), Метод прямого проектирования (АС1318).

На (рисунке 1) представлена схема перекрытия для расчета.

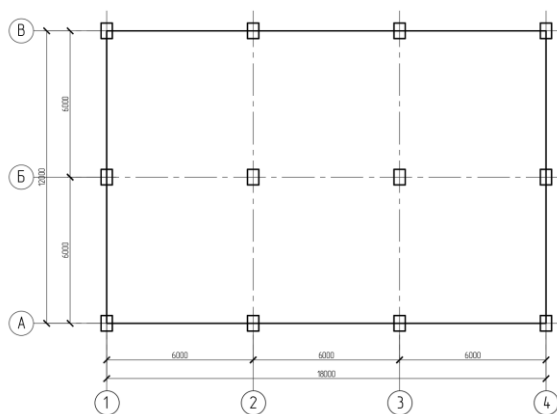


Рис. 1 Схема перекрытия

Толщина перекрытия принимается равной  $h = 200$  мм, нагрузка, приложенная на перекрытие — сплошная равномерно распределенная нагрузка  $q = g + v = 1$  т/м<sup>2</sup>. Расчет производился для надколонной и пролетной полос. Результаты представлены в (таблице) только для надколонной полосы, так как они более наглядные.

Таблица – Моменты, полученные по надколонной полосе

методы расчета	1 [кН·м]	2 [кН·м]	3 [кН·м]	4 [кН·м]	5 [кН·м]	6 [кН·м]	7 [кН·м]
П	,16	,16	,16	,16	,16	,16	,16
КЭ	,27	,43	,92/6,98	,68	,98/7,92	,43	,27
U	,78	,48	,56	,48	,56	,48	,78
СИ	,22	,45	,29/3,06	,65	,06/3,29	,45	,22

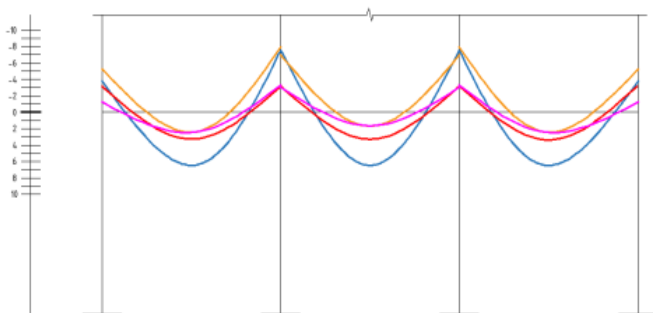


Рис. 2 Эпюра моментов для надколонной полосы

- Метод предельного равновесия
- Метод конечных элементов (ПК ЛИРА-САПР)
- Метод заменяющих рам (Eurocode2)
- Метод прямого проектирования (АС1318)

Исходя из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- Наибольшие пролетные моменты получаются при расчете методом заменяющих рам по EU2;
- Наибольшие опорные моменты получаются при расчете методом

заменяющих рам по EU2 и методом конечных элементов;

– Наименьшие пролетные моменты получаются при расчете методом конечных элементов и методом прямого проектирования по АСІ318;

– Наименьшие опорные моменты получаются при расчете методом прямого проектирования по АСІ318;

– Моменты, полученные при расчете данными методами, максимально различаются в 2,5 раза.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тарасикова Е.В., Крючков А.А. Теоретические и экспериментальные исследования сталежелезобетонных перекрытий по стальному профилированному настилу // Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции "Наука и инновации в строительстве". Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова. 2020 — С. 86-91.

2. Генри Дж. Коуэн Строительная наука XIX-XX вв, М.: Энергоиздат, 1982 г. — 236 с.

3. Мурашев В. И. Железобетонные конструкции: Общий курс: учеб. Для вузов по спец. «Промышленное и гражданское строительство» // Мурашев В. И., Сигалов Э. Е., Байков В. Н.; под ред. П. Л. Пастернака — М.: Госстройиздат, 1962. — 659 с.

4. Руководство по расчету статически неопределимых железобетонных конструкций с безбалочными перекрытиями, — М.: Стройиздат, 1975–32 с.

5. Дорфман А. Э., Левонти́н Л.Н.. Проектирование безбалочных бескапитальных перекрытий. — М.: Стройиздат, 1975. — 124 с.

6. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52–01–2003. — Москва: Минрегион России, 2018 г.

7. Штаерман М. Я. Безбалочные перекрытия / Штаерман М.Я, Ивянский А. М.// Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре. — Москва, 1953г. — 335 с.

8. Шапошникова Ю. А. Прочность монолитных безбалочных перекрытий с предварительно напряженной диагональной арматурой без сцепления с бетоном [Текст]: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.01: защищена 28.02.16 / Шапошникова Юлия Александровна. — М., 2016–204 с.

9. Байков В. Н., Сигалов Э. Е. Железобетонные конструкции: Общий курс: [Для вузов по специальности «Пром. и гражд. стр-во»] / В.

Н. Байков, Э. Е. Сигалов, 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Стройиздат, 1976;

10. Бондаренко В. М., Суворкин Д. Г. Железобетонные и каменные конструкции: [Учеб. для вузов по спец. «Пром. и гражд. стр-во» и «С.-х. стр-во»]. — Москва: Высш. школа, 1987.

11. Плоские безбалочные железобетонные перекрытия. Правила проектирования / НИИЖБ им. А. А. Гвоздева — Москва: ЦНИИПРОМИЗДАТ, 2017.

12. СП 52–103–2007. Железобетонные и монолитные конструкции зданий

13. EN 1992–1-1 Eurocode 2: «Design of concrete structures. Part 1: General rules and rules for buildings»

14. Beeby A. W., Narayanan R. S. Designers' guide to EN 1992–1-1 and EN 1992–1-2 / ICE Publishinh, 2011

15. ACI 318–14 Building Code Req. for Structural Concrete — Commentary on Building Code Req. for Structural Concrete.

**УДК 666.9.035: 691.335**

**Макеев Д.П.**

**Научный руководитель: Коновалов В.М., канд. техн. наук, доц.**

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

## **ПОЛУЧЕНИЕ БЕЗОБЖИГОВОГО ВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ**

Огромные объемы шлаков остаются невостребованными по причине их малой активности. Частично эту проблему решает использование шлаков в качестве добавки в производстве шлакопортландцемента. Однако это производство покрывает лишь малую долю получаемых шлаков.

При добыче полезных ископаемых формируются подземные пустоты, создающие угрозу проседания грунта в городах и местах, предназначенных для строительства. Решением этих проблем является создание и широкое внедрение вяжущего на основе шлака. Так же, при достаточной прочности, можно применять его при строительстве фортификационных сооружений [2...5].

Измельченный шлак после затворения водой твердеет в течение нескольких месяцев и не набирает прочности достаточной для заполняющих растворов (менее 10 МПа). Для увеличения скорости

роста кристаллогидратов, являющихся основой прочности вяжущего, необходимо введение добавок, интенсифицирующих процесс гидратации. Известно, что для интенсификации твердения шлаков используются сульфатно-щелочное возбуждение. [1]

Таблица 1 – Химический состав компонентов

Наименование пробы	Массовая доля, %							
	Ca O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Si O <sub>2</sub>	Mg O	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	S O <sub>3</sub>
Новотроицкий отвальный шлак	41, 6	9,3 4	1,4 9	39, 1	3,8 2	0,5	0,3 5	1, 5
Новотроицкий гранулирован-ный шлак	43, 9	6,1 1	0,2 7	35, 4	2,4 7	0,8	0,5 4	1, 5
Липецкий гранулирован- ный шлак	35, 6	8,8 3	1,0 4	36, 7	14, 0	0,6	0,4 6	1, 4
Нефелин	4, 48	26, 5	5,1 1	39, 4	1,3 1	5,9	12, 5	0, 1

В работе исследовалась возможность применения в качестве активаторов твердения липецкого и новотроицкого шлаков - гипса, нефелина и синтезированной двойной сульфатно-щелочной соли.  $K_2SO_4 \cdot CaSO_4$ . Химический состав используемых материалов приведен в таблице 1.

Гранулированные шлаки содержат значительное количество стеклофазы, в качестве кристаллических фаз присутствуют в новотроицком – геленит, в липецком – окерманит, мервинит и другие минералы мелилитового состава. В новотроицком отвальном шлаке фиксируется хорошо закристаллизованные фазы геленита и кварца.

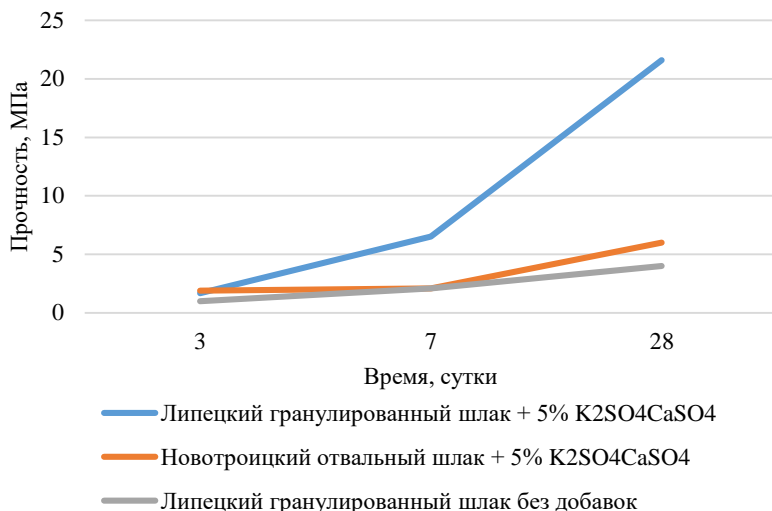


Рис. 1. График роста прочности образцов из липецкого гранулированного шлака с добавкой 5%  $K_2SO_4 \cdot CaSO_4$ , новотроицкого отвального шлака с добавкой 5%  $K_2SO_4 \cdot CaSO_4$  и липецкого шлака без добавок

На (рисунке 1) приведены результаты испытания на прочность образцов шлакового вяжущего, активизированного добавкой двойной соли  $K_2SO_4 \cdot CaSO_4$ . При взаимодействии с водой соль гидролизуется и проявляет высокую активность в сравнении с исходными компонентами. Вяжущее на основе гранулированного липецкого шлака проявляет интенсивный рост прочности, который к 28-и суточному возрасту достигает 22 Мпа. Закристаллизованные шлаки (новотроицкий) показал весьма низкую скорость твердения, его прочность к 28-и суточному возрасту достигла 5 Мпа.

Повышению прочности вяжущего способствовало использование гранулированных липецкого и новотроицкого шлаков с добавкой гипса и нефелина в количестве 5% соответственно. На (рисунке 2) приведена прочность вяжущих, которая в два раза выше прочности вяжущих в предыдущем эксперименте.

Эффективность добавки двойной соли (5%) в качестве активизатора позволила повысить прочность вяжущего в 5 раз.

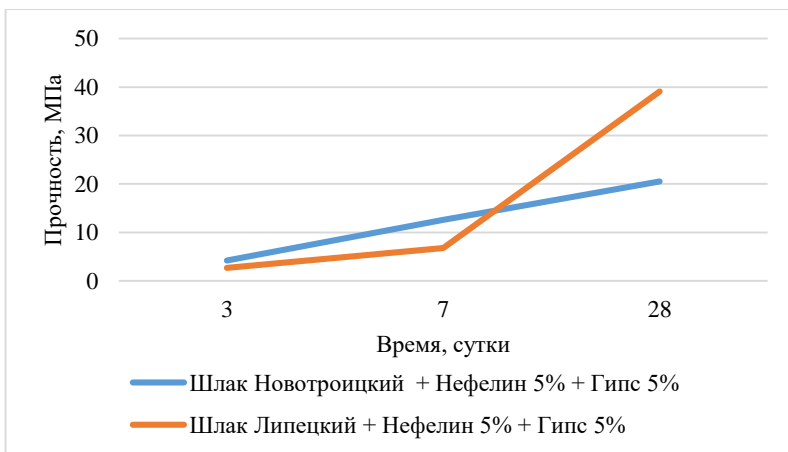


Рис. 2. График роста прочности образцов из Липецкого стекловидного шлака с добавкой 5% нефелина и 5% гипса, и Новотроицкого отвального шлака с добавкой 5% нефелина и 5% гипса

В продуктах гидратации шлаковых вяжущих, активизированных двойной щелочной солью и композицией из гипса и нефелина фиксируются идентичные гидратные новообразования, такие как гидрогеленит (4,22; 2,99; 2,49), шабазит (4,20; 2,87; 2,49), фелипсид (7,66; 4,33).

Использование композиции из нефелина и гипса позволило увеличить прочность вяжущего до 50 МПа в 28 суток.

Отличительной особенностью является то что в композиции с добавкой нефелина и гипса интенсивность гидратных фаз в полтора раза выше, чем в композиции с двойной солью.

Активность шлаков определяется их минералогическим составом. Закристаллизованные шлаки, в отличие от гранулированных, содержащих стеклофазу, отличаются низкой гидравлической активностью.

Наличие высокого содержания стеклофазы в гранулированных шлаках способствует получению эффективного вяжущего. Высокую активность гранулированного липецкого шлака по сравнению с новотроицким объясняется особенностями химического состава.

Предложенная композиция шлак – нефелин – гипс может рассматриваться как перспективное вяжущее для закладочных растворов и использования в строительстве.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глуховский В.Д. использование отходов в производстве шлакощелочных бетонов Материалы конференции по проблемам комплексного использования в народном хозяйстве республики отходов горнообогатительных, коксохимических и металлургических предприятий Вып. 5 / В.Д. Глуховский, Г.Н. Курена, В.Л. Ракша и др. - Киев, 1972. – 348 с.– Текст: непосредственный
2. Комплексная переработка и использование металлургических шлаков в строительстве / В.С. Горшков, С.Е. Александров, С.И. Иващенко, И.В. Горшкова - Москва: Стройиздат, 1985. - 272 с.
3. Лесовик В.С. Строительные материалы из отходов горнорудного производства Курской магнитной аномалии. - Москва - Белгород: Изд-во АСВ, 1996. - 155 с.
4. Пащенко А.А. Вяжущие материалы / А. А. Пащенко, В.П. Сербин, Е. А. Старчевская – Киев: 1975. - 441 с. – Текст: непосредственный
5. Пальгунов П.П., Сумароков М.В. Утилизация промышленных отходов. М.: Стройиздат. 1990. - 352 с. – Текст: непосредственный

УДК-624.012.45

*Мещеряков В.М.*

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

### **АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И СТЕПЕНЬ ИССЛЕДОВАННОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ БЕТОНА С ДОБАВЛЕНИЕМ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ**

Длительная эксплуатация зданий и сооружений, конструкции которых находятся в неблагоприятной среде, приводит к необходимости проведения реконструкции существующих объектов или строительству новых для их замены. В связи с этим, проводятся исследования, ставящие своей целью разработку строительных конструкций, обладающих высокими эксплуатационными характеристиками, такими как прочность, трещиностойкость, стойкость к воздействию агрессивных сред [1].

Поиск путей повышения прочности, плотности, химической стойкости и долговечности бетона и железобетона привели к созданию

обширной группы П-бетонов с добавками полимеров или на основе полимеров.

Изучением и созданием полимербетонных конструкций занимались: С.С. Давыдов, А.Б. Бондарев, А.М. Иванов, В.И. Соломатов, В.Е. Беляев, Н.А. Мошанский, В.И. Харчевников и других [2...7].

В работе [8] автор определил основную классификацию для бетонов с полимерными добавками и на основе полимерных вяжущих, объединив их под названием «П-бетоны». Необходимость в создании классификации достоверно описывающей вид П-бетонов возникла ввиду разночтений, связанных с произвольным подходом к определению, что такое полимербетон. Например, цементные бетоны с добавками полимеров одни авторы называли полимерцементными, другие цементно-полимерными бетонами, подчеркивая, что полимерные добавки только улучшают свойства цементного вяжущего. Бесцементные бетоны на синтетическом связующем именовались щебеночными пластобетонами, органоминеральными бетонами и т. п. В некоторых работах для обозначения полимербетонов давалось наименование «пластбетоны» или «пластобетоны». Иногда полимербетонами называли мастики или полимерные растворы, хотя в отличие от полимербетонов в состав полимеррастворов не входит крупный наполнитель, а в состав мастик входит только один мелкодисперсный наполнитель. Такая произвольно сложившаяся терминология вносила путаницу, а иногда и затрудняла понимание описываемых явлений.

Классификация П-бетонов на основе работы В.В. Патурова [8] приведена в (таблице).

Таблица – Классификация П-бетонов

№	Наименование	Описание
1	Минералопolyмерные бетоны (МПБ)	Бетоны с минеральными наполнителями, обработанными полимерами
2	Полимернаполненные бетоны (ПНБ)	Бетоны, содержащие кроме минеральных наполнителей и заполнителей полимерные наполнители
3	Модифицированные бетоны (МБ)	Бетоны с малыми добавками полимеров
4	Фибробетоны (ФБ)	Бетоны, армированные стальным, стеклопластиковым или полимерным волокном

5	Полимерцементные бетоны (ПЦБ)	Цементные бетоны, в процессе приготовления которых в смесь добавляют кремнийорганические или водорастворимые олигомеры и полимеры, водные эмульсии типа поливинилацетатной, водорастворимые эпоксидные смолы и др.
6	Полимерсиликатные бетоны (ПСИБ)	Кислотостойкие бетоны на основе жидкого стекла, в состав которых в процессе приготовления вводят полимерные добавки. Введение в состав таких бетонов фурилового спирта или некоторых других олигомеров делает полимерсиликатные бетоны практически непроницаемыми для растворов различных кислот
7	Серные и полимерсерные бетоны (ПСБ)	Высоконаполненные композиции на основе расплавленной серы с различными модифицирующими добавками и минеральных заполнителей и наполнителей без использования минеральных вяжущих и воды
8	Полимербетоны	Высоконаполненные композиции, полученные на основе синтетических смол или мономеров и химически стойких наполнителей и заполнителей без участия минеральных вяжущих и воды
9	Бетонополимеры (БП)	Цементные бетоны, которые после завершения процессов твердения и структурообразования подвергают сушке и пропитке различными мономерами или олигомерами с их последующей радиационной или термokatалитической полимеризацией в поровой структуре бетона. Пропитка цементных бетонов мономерами или олигомерами обеспечивает возможность получения бетонополимеров, обладающих высокими плотностью и прочностью

В настоящее время в строительстве полимербетоны все чаще применяют при изготовлении подводных сооружений, труб, коллекторов, ремонте и восстановлении строительных конструкций. Стоит отметить, что изделия из полимербетонов на данный момент нашли широкое применение в качестве элементов архитектурной выразительности. Отдельно хотелось бы выделить полимернаполненные бетоны (ПНБ).

В последние годы большое внимание уделяется проблеме использования отходов производства и потребления, в том числе изношенных шин. Эта проблема имеет важное экологическое значение, поскольку изношенные шины, накапливающиеся в местах их эксплуатации, загрязняют среду вследствие своей высокой стойкости к действию внешних факторов (солнечного света, влаги, кислорода, озона, микробиологических воздействий). Распространенным продуктом утилизации автопокрышек является переработанная резина в виде резиновой крошки.

Резиновую крошку широко используют как покрытие спортивных и детских площадок, заполнитель в асфальтобетонах, при производстве различных рулонных материалов и битумных мастик. Менее известный, способ использования резиновой крошки – это применение в качестве наполнителя в бетонах. Таким образом, применение переработанных шин в строительстве может решить современные проблемы улучшения условий охраны окружающей среды, рационального использования местных сырьевых ресурсов.

Предполагается, что изготовление железобетонных конструкций из бетона с применением резиновой крошки в качестве заполнителя в различной пропорции приводит к улучшению их трещиностойкости и стойкости к воздействию агрессивных сред. В данный момент отсутствуют рекомендации по проектированию изгибаемых элементов из бетона с добавлением резиновой крошки.

За рубежом проводились исследования [9] применения резиновой крошки в качестве замены мелкого заполнителя в размере от 5% до 20% от общего объема. В испытаниях измерялись прочность на сжатие, водопоглощение, скорость ультразвука в бетоне, модифицированном резиновой крошкой. Исследование структурных характеристик показали, что при более высоком содержании резиновой крошки в образцах показатель пространственной неоднородности постепенно увеличивается, поскольку большее количество более грубых резиновых гранул вызывает неравномерное распределение пор и капилляров. Когда до 20% мелкого заполнителя в бетонных смесях заменяется

резиновой крошкой, прогнозируемое сопротивление замораживанию-оттаиванию увеличивается.

Другие испытания [10] также показали, что мелкозернистый бетон с использованием резиновой крошки хорошо воспринимает ударные нагрузки и способен выдерживать больше циклов замораживания-оттаивания по сравнению с обычным цементным бетоном, лучше воспринимает ударные нагрузки и способен к большей деформации без разрушения. Также было установлено, что резиновая крошка, обладая шероховатой поверхностью, создает прочные связи с цементным камнем. Однако при этих достоинствах бетон существенно снижает механические характеристики, в частности прочность при сжатии и изгибе, так как в связи с неполярностью структуры и гидрофобностью резиновые частицы плохо смачиваются и захватывают на своей поверхности значительное количество воздуха при приготовлении бетонной смеси. Этот эффект приводит к уменьшению плотности бетона (включения воздуха на поверхности резины увеличивают пористость), а также уменьшает площадь сцепления резиновой крошки с цементной матрицей, что в конечном итоге отрицательно сказывается на прочностных характеристиках затвердевшего цементного бетона.

С целью устранить негативный эффект от увеличения пористости Мохаммади и др. [11] частично заменили природный песок в бетонах на измельченную резину, предварительно замоченную в воде. Модифицированный бетон с замоченной в воде крошкой показал более высокую прочность (до 7%), чем соответствующий ему образец с необработанным заполнителем. Изучался другой способ улучшения связей между резиновой крошкой и цементной матрицей, связанный с обработкой частиц резины водным раствором NaOH [12]. Данный способ усложняет технологию производства, влияет на ход процесса твердения вяжущих веществ, но не дает значительных результатов.

Важным фактом является то, что за рубежом есть исследования многокомпонентных цементных бетонов [13, 14], в ходе которых были получены результаты по прочности на сжатие до 140-150 МПа.

Г.И. Яковлевым и др. [15] был предложен метод введения резиновой крошки в состав цементных бетонов путем механической активации резины. Совместное истирание цемента с резиновой крошкой в дисковом истирателе с зазором между дисками 0,1 мм приводит к тому, что частицы портландцемента внедряются в резиновую крошку, что сокращает вовлечение воздуха в структуру бетона и позволяет создать более плотную структуру и увеличить сцепление резиновых частиц с цементной матрицей. При этом испытание показало, что оптимальное содержание резиновой крошки в

мелкозернистом бетоне составило 15% относительно мелкого заполнителя, что в целом коррелирует с результатами других работ [16, 17]. Исследование показало, что совместное использование резиновой крошки и асбестоцементных отходов приводит к повышению прочности мелкозернистых бетонов при изгибе и сжатии.

Важной частью при исследовании изгибаемых элементов из новых типов бетона, с целью обеспечения их надежной и эффективной работы является исследование напряженно-деформированного состояния, возникающего при воздействии усилий различного рода. В связи с этим, изучение напряженно-деформированного состояния изгибаемых конструкций из бетона с добавлением резиновой крошки, представляет практически важную задачу для исследования.

На сегодняшний день проведен огромный объем исследований изгибаемых конструкций, однако большинство этих исследований связано с элементами, выполненными из тяжёлых бетонов, с различными видами армирования, формами сечения и размерами. В связи с этим стоит отметить работы исследователей А.А. Гвоздева, В.И. Мурашова, В.М. Бондаренко, А.С. Залесова, Л.Р. Маиляна, А.П. Кудзиса, В.И. Колчунова, П.И. Васильева, К.А. Пирадова, Ю.П. Гуши, Э.Н. Кодыша, Ю.В. Зайцева, из зарубежных исследователей следует отметить работы Б. Бреслера, П. Ригана и других [18...31]. Исследования конструкций из бетонов с добавлением резиновой крошки не так обширны.

Основываясь на вышеизложенном, необходимо изучить возможность использования бетона с добавлением резиновой крошки для проектирования изгибаемых железобетонных элементов, исследовать прочностные и деформативные свойства изгибаемых элементов из бетона с добавлением резиновой крошки, разработать рекомендации по проектированию изгибаемых элементов из бетона с добавлением резиновой крошки на основе комплексных экспериментально-теоретических исследований.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панкова, Т.А. К вопросу о применении новых видов бетонов / Т.А. Панкова, А.Г. Хазова // Международная научно-практическая конференция «Культурно - историческое наследие: вчера, сегодня, завтра». – Саратов, 2014. – С. 109-111.
2. Давыдов, С.С. Сталеполимербетонные строительные конструкции / С.С. Давыдов, А.М. Иванов. – М.: Стройиздат, 1972. – 280 с.

3. Бондарев, А.Б. Прогнозирование циклической долговечности полимерных композиционных материалов: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Бондарев Александр Борисович. – Липецк, 2011. – 180 с.
4. Корнеев, А.Д. Эпоксидные полимербетоны / А.Д. Корнеев, Ю.Б. Потапов, В.И. Соломатов. – Липецк: ЛГТУ, 2001. – 181 с.
5. Мощанский, Н.А. Конструктивные и химически стойкие полимербетоны / Н.А. Мощанский, В.В. Патуров. – М.: Стройиздат, 1970. – 194 с.
6. Харчевников, В.И. Стекловолокнистые полимербетоны – коррозионностойкие материалы для конструкций химических производств: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.05 / Виталий Иванович Харчевников. – Воронеж, 1982. – 424 с.
7. Левченко, А.В. Прочность и трещиностойкость нормальных сечений армокаутоновых балок: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Артем Владимирович Левченко. – Воронеж, 2021. – 240 с.
8. Патуров, В.В. Полимербетоны / В.В. Патуров. – М.: Стройиздат, 1987. – 287 с.
9. Giedrius Girskas, Dzigita Nagrockiene. Crushed rubber waste impact of concrete basic properties // *Construction and Building Materials*. 2017. No. 140, pp. 36–42.
10. Rashad A.M. A comprehensive overview about recycling rubber as fine aggregate replacement in traditional cementitious materials // *International Journal of Sustainable Built Environment*. 2016. No. 5, pp. 46–82.
11. Mohammadi I., Khabbaz H., Vessalas K. In-depth assessment of crumb rubber concrete (CRC) prepared by water-soaking treatment method for rigid pavements // *Construction and Building Materials*. 2014. No. 71, pp. 456–471.
12. Segre N., Joekes I. Use of tire rubber particles as addition to cement paste // *Cement and Concrete Research*. 2000. No. 30, pp. 1421–1425.
13. Де Шуттер, Г. Самоуплотняющийся бетон – путь в будущее / Г. Де Шуттер // *CPI. Международное бетонное производство*. – 2013. – №3. – С. 40-45.
14. Russell, K.G. Application of high-strength concrete in North America / K.G. Russell // *George C. Hoff Symposium on High-Performance concrete and concrete for marine environment*. – Las Vegas, USA, 2004. – Pp. 1-16.
15. Яковлев Г.И., Вдовин А.А., Гордина А.Ф., Зорин А.Н., Поторочина С.А. Влияние комплексной добавки на основе отходов асбестоцементных изделий и автопокрышек на свойства

мелкозернистых бетонов // Строительные материалы. 2017. № 9. С. 58–61.

16. Reda Taha M.M., Asce M., El-Dieb A.S., Abd El-Wahab M.A., Abdel-Hameed M.E. Mechanical, fracture, and microstructural investigations of rubber concrete // Journal of Materials in Civil Engineering. 2008. No. 20, pp. 640–649.

17. Pedro D., De Brito J., Veiga R. Mortars made with fine granulate from shredded tires // Journal of Materials in Civil Engineering. 2013. No. 25, pp. 519–529.

18. Бондаренко, В.М. Расчетные модели силового сопротивления железобетона / В.М. Бондаренко, В.И. Колчунов. – М.: Изд-во «АСВ», 2004. – 471 с.

19. Васильев, П.И. Некоторые вопросы пластических деформаций бетона / П. И. Васильев // Изв. ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 1953. –Т. 49.– С. 14-16.

20. Ганага, П.Н. Совершенствование методов расчета железобетонных конструкций и снижение их металлоемкости / П.Н. Ганага, Л.Р. Малянов. – Ставрополь: Кн. изд-во, 1987. – 151 с. 178

21. Гвоздев, А.А. К вопросу о расчете изгибаемых железобетонных элементов по стадии разрушения / А. А. Гвоздев, М. С. Боришанский // Проект и стандарт. – 1934. – №6.

22. Гуца, Ю.П. Трещиностойкость железобетонных конструкций – В кн.: Новое в проектировании железобетонных конструкций / Ю.П. Гуца. – М.: Изд-во “Знание”, 1974. – С.59-67.

23. Зайцев, Ю.В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушения / Ю.В. Зайцев. – М.: Стройиздат, 1982. – 196 с.

24. Залесов, А.С. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям / А.С. Залесов, Э.Н. Кодыш, Л.Л. Лемьш, И.К. Никитин. – М.: Стройиздат, 1988.– 320 с.

25. Кудзис, А.П. Железобетонные и каменные конструкции. Материалы, конструирование и расчет / А.П. Кудзис. – М.: Высшая школа, 1988. – 287 с.

26. Мурашев, В.И. Трещиностойкость жесткость и прочность железобетона / В.И. Мурашев. – М.: Изд-во Министерства строительства предприятий машиностроения, 1950. – 268 с.

27. Пирадов, К.А. Теоретические и экспериментальные основы механики разрушения бетона и железобетона / К. А. Пирадов, – Т.: Изд-во “Энергия”, 1998. – 355 с.

28. Тамразян, А.Г. Совершенствование методов расчета железобетонных конструкций на основе структурной теории



деформирования бетона: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.01 / Ашот Георгиевич Тамразян. – Москва, 1998. – 395 с.

29. Колчунов, Вл.И. Особенности сопротивления и алгоритм расчета ширины раскрытия трещин железобетонных конструкций трапециевидного поперечного сечения / Вл.И. Колчунов, А.И. Никулин, Д.В. Обернихин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова.– 2018.– № 12.– С. 21-33.

30. Bresler, B. Shear strength of reinforced concrete beams / B. Bresler, A.C. Scordelis // ACI Journal Proceedings. – 1963. – №60(1). – Pp. 51-74.

31. Regan, P.E. Shear in reinforced concrete beams / P.E. Regan // Magazine of concrete Research. – 1970. – №73 (22). – Pp. 197-208.

### **УДК 693**

***Мирошников Д.А.***

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

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

## **ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ИХ ВОЗВЕДЕНИЕ**

Строительные материалы, изделия и конструкции являются неотъемлемой и очень весомой составляющей любого строительства. Несмотря на большое количество новых материалов, популярность железобетонных конструкций не уменьшается.

Железобетон - это композиционный материал, в котором свойства стали и бетона выгодно сочетаются и дополняют друг друга. При твердении бетон прочно сцепляется со стальной арматурой и надежно защищает ее от коррозии, так как в процессе гидратации цемента образуется щелочная среда. Наиболее выгодно применять железобетон для строительных конструкций, работающих на изгиб. В настоящее время он является основным конструкционным материалом в жилищном и промышленном строительстве.

Область применения железобетона обширна. Его используют во всех видах строительства: гражданское, промышленное, гидротехническое, теплоэнергетическое, дорожное. Железобетон имеет повышенную прочность и надежность, поэтому он остается востребованным при строительстве, как жилых комплексов, так и хозяйственных построек [4].

При возведении зданий и сооружений используются основные типы железобетонных конструкций, такие как фундаменты, колонны, стены, балки, плиты перекрытий и покрытий и др.

Различают несколько видов конструкций, в зависимости от технологии их изготовления.

Виды железобетонных конструкций, их достоинства и недостатки представлены в (таблице 1).

Таблица - 1 Виды железобетонных конструкций. Их достоинства и недостатки

Вид	Описание	Достоинства	Недостатки
Монолитные конструкции	возведение осуществляется непосредственно на строительной площадке	- пространственная жесткость, неразрезность зданий, что приводит к экономии материала; - исключаются трудоемкие работы по устройству стыков; - возможность создания разнообразных объемно-планировочных и архитектурных решений по индивидуальным проектам; - возможность широкого использования местных сырьевых ресурсов (песка, щебня, воды); повышенная огнестойкость и надежность зданий;	- сезонность работ; - устройство трудоемких опалубки и подмостей; - продолжительность строительства, зависящее от длительности твердения бетона в естественных условиях; - сравнительно низкая индустриализация строительства, объясняющаяся особенностями приготовления бетонной смеси, ее транспортирования и укладки, распалубки; - более тяжелые условия труда – на открытых площадках.

		- хорошая сопротивляемость сейсмическим воздействиям.	
Сборные конструкции	возведение осуществляется на строительной площадке из заранее изготовленных элементов	- индустриализация и максимальная механизация строительства, технологичность; - сокращаются сроки возведения объектов; - используются высокопрочный бетон и арматура, что приводит к экономии материала; - в зимний период работы не требуют дополнительных затрат.	- большие затраты на создание и содержание производственной базы; - транспортные расходы; - трудоемкость, высокая стоимость и металлоемкость монтажных стыков; - перерасход арматуры из условий обеспечения прочности при перевозке и монтаже; - снижение жесткости элементов и конструкций в целом вследствие нарушения общей пространственной неразрезности (статической неопределимости).
Сборно-монолитные конструкции	комплексные конструкции, в которых сборный и монолитный железобетон, укладываемый на месте строительства, работает под нагрузкой как одно целое.	- малые затраты труда и времени на строительной площадке; - сжатые сроки возведения; - возможность отделки лицевой поверхности элемента (плитка, фактура) в заводских условиях, что	- высокая стоимость (на 70-100 % дороже монолитного); - наличие швов и стыков (дополнительные затраты на заделку); - необходимость использования при строительстве тяжелых

	<p>Этого достигают надежным сцеплением сборных элементов с монолитным бетоном, сваркой закладных деталей и выпусков арматуры.</p>	<p>исключает впоследствии отделочные процессы на объекте; - малая зависимость от погодных условий; - быстрое введение конструкции в работу (не требуется времени на набор прочности бетона). - позволяет реализовывать любые архитектурно-планировочные решения, а также обеспечивает высокую скорость строительства</p>	<p>грузоподъемных механизмов; - ограничения по размерам и массе конструкций; - плохая работа конструкций на динамические нагрузки.</p>
--	---	--	--

При своем зарождении в промышленном строительстве железобетон применялся только в виде монолитных конструкций.

Процесс возведения монолитных конструкций включает в себя:

- заготовку и установку лесов и укрепляемых на них форм, предназначенных для заливки в них бетонной смеси; такие формы, называемые опалубкой, обычно делают из досок;

- заготовку и установку арматурных каркасов;

- приготовление и укладку в опалубку бетонной смеси;

- уход за бетоном в процессе его твердения, имеющий целью обеспечить нормальный температурно-влажностный режим твердения бетона;

- распалубку, т. е. освобождение отвердевшего бетона от форм после достижения им необходимой прочности.

Большое число отдельных операций, выполнение которых возможно только в последовательном порядке, делает процесс возведения монолитных конструкций весьма длительным,

сдерживающим общие темпы строительства, а в зимнее время - требующим дополнительных затрат для обеспечения нормальных условий твердения бетона.

Однако и до настоящего времени некоторые железобетонные промышленные сооружения, например, отличающиеся большой высотой при ограниченных размерах в плане (дымовые трубы, угольные башни коксохимических заводов, силосы для хранения сыпучих материалов, башенные копры каменноугольных шахт), строят монолитными - с применением подвижной (скользящей) или переставной опалубки.

В первом случае пояс опалубки высотой 1 - 1,5 м без разборки, медленно (периодически) поднимается вверх, при этом все нагрузки (кроме веса бетона) посредством выступающих вверх стальных стержней передаются на нижнюю, ранее, забетонированную часть самого сооружения.

Во втором случае пояс опалубки периодически разбирается и в строго организованном порядке собирается на новом, выше расположенном уровне, при этом все нагрузки (кроме веса бетона) передаются на специальную решетчатую башню [7].

Монолитное строительство, которое позволяет создавать оригинальный облик зданий и делать гибкую планировку квартир, с учетом климатических условий в большинстве регионов России, не сможет стать по-настоящему массовым ввиду своего относительно дорогого технологического процесса, высокой трудоемкости и невозможности оптимизации временных затрат в процессе производства [1,6].

Сборные железобетонные конструкции, в которых отдельные элементы (колонны, балки, плиты и др.) изготавливаются вне места их будущего существования, чаще всего на заводе.

Отдельные элементы сборного железобетона соединяют между собой двумя основными способами:

1. из соединяемых сборных элементов выпускают арматуру и стык на монтаже заливают бетонной смесью, после отвердения бетона в стыке конструкция приобретает свойства монолитной;

2. при изготовлении сборных элементов в них предусматривают закладные стальные детали, выступающие на поверхность элемента, но надежно закрепленные в бетоне приваренными к ним анкерами.

Соединение сборных элементов достигается в этом случае сваркой закладных деталей. Такие стыки тоже заливают бетоном, однако, в основном для защиты от коррозии [2].

Предварительное напряжение в железобетоне дает возможность изготавливать напорные водопроводные трубы (взамен стальных, подверженных коррозии), железнодорожные шпалы (взамендеревянных, подверженных гниению) и др. [3].

Существуют также сборно-монолитные железобетонные конструкции. Часть сборно-монолитного элемента (например, нижняя часть балки) изготавливается как сборная, а остальной объем бетонируется на месте. Содержание сборных элементов может составлять 25-90%.

Одним из распространенных вариантов применения сборно-монолитных конструкций является применение его при усилении внецентренно нагруженных колонн при реконструкции гражданских и промышленных зданий, а также при «новом» строительстве в случае ошибок, просчетов, допущенных на стадии проектирования и строительства. При усилении колонн широкое применение на практике нашли железобетонные обоймы.

Необходимым условием работы сборномонолитных конструкций является обеспечение сцепления сборного и монолитного бетонов, т.е. обеспечение прочности контактного шва между «старым» и «новым» бетонами. Известно, что в контактном шве от действия на усиливаемый элемент изгибающих моментов и продольных сил возникают сдвиговые усилия, которые можно определить из анализа напряжённо-деформированной схемы усиленного элемента со случайным эксцентриситетом [5].

В настоящее время начинает восстанавливаться промышленное производство сборных железобетонных домостроительных конструкций на основе использования современных проектно-конструктивных и технологических решений, более эффективных и экономичных, чем производство панелей. Речь идет о каркасных сборно-монолитных технологиях, которые взяли многие положительные свойства полносборных конструкций и ряд преимуществ монолитных.

Главным преимуществом этих технологий является резкое сокращение расхода железобетона по сравнению с сериями из сборных стеновых панелей и монолитными вариантами домостроения.

Современное промышленное производство сборных железобетонных элементов позволяет изготавливать их с высоким качеством и точностью. В свою очередь, это дает возможность за 1 месяц монтировать 3-4 этажа независимо от погодных условий, приближаясь тем самым к скорости монтажа панельного дома.

Применение в домостроении сборно-монолитного каркаса имеет много преимуществ. По сравнению с другими технологиями расход арматуры снижается в 3-4 раза. Универсальность элементов позволяет использовать их при любых архитектурных решениях. Это создает большие возможности перепланировки помещений на стадии проектирования, в ходе строительства и даже в период эксплуатации зданий, так как стены не являются несущими, главное, чтобы незыблемым оставался сам каркас.

Метод открывает возможности для строительства высотных зданий, при этом высота этажа ограничений не имеет и зависит только от прочностных характеристик колонн. Сборно-монолитный каркас может с успехом применяться не только для строительства жилых домов высотой до 25 этажей, но и общественных, производственных и административно-бытовых зданий. Быстрая переналадка оборудования под запросы рынка позволяет применять любые архитектурно-планировочные решения.

При эффективном управлении строительным процессом каркасная технология может снизить цену 1 м<sup>2</sup> на 25%.

По данной технологии можно будет строить не только жилые дома, но и торговые центры, промышленные многоэтажные здания, многоярусные стоянки.

Таким образом, невзирая на наличие ряда недостатков, железобетонные изделия были и продолжают оставаться перспективными для современного строительства. Высокие технико-экономические показатели армированного бетона позволяют не только сохранить лидирующие позиции материала на рынке, но и расширить сферу его применения. Подавляющее большинство архитектурных проектов современности включает в себя железобетонные компоненты, а в ряде случаев преимущественно базируются на прочности армированного бетона. Высокая популярность монолитного строительства и железобетонных изделий влечет за собой повышение ассортимента продукции в этом сегменте. Монолитный бетон и железобетон в «чистом виде» встречаются редко: в гидротехнических сооружениях, фундаментах, оболочках, распластанных сводах и некоторых других конструкциях. В большинстве же случаев имеют место сборно-монолитные конструкции, где монолит сочетается со сборными элементами. Достоинства применения монолитных и сборных конструкций из железобетона в строительстве неоспоримы. При относительной простоте изготовления они позволяют возводить жилые, промышленные и общественные сооружения любой сложности.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 435.1325800.2018. Свод правил. Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. Правила производства и приемки работ/ Росстандарт.— М., 2019.
2. СП 130.13330.2018. Свод правил. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий/ Росстандарт.— М., 2019.
3. Байков В. Н., Сигалов Э. Е. “Железобетонные конструкции (Общий курс)” Учеб. для вузов. — 5-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1991. — 767 с.: ил.
4. С86 Строительные материалы и изделия: учеб. пособие / В.С. Руднов [и др.] ; под общ. ред. доц., канд. техн.наук И.К. Доманской.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018.— 203, [1] с.
5. Мустафин И.И., Фардиев Р.Ф. Обеспечение совместной работы железобетонной обоймы с усиливаемым внецентренно нагруженным элементом// ИзвестияКазГАСУ.2008. №1 (9). С. 96-99.
6. Дребезгова М.Ю., Чернышева Н.В., Глаголев Е.С., Герасимов А.В. Анализ и перспективы развития монолитного малоэтажного строительства// Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. 2016. №9. С. 28-35.
7. Проектирование железобетонных сборно-монолитных конструкций/Н.-и., проект. -конструкт. и технолог. ин-т бетона и железобетона. — М.: Стройиздат, 1991. - 69 с.: ил.— (Справ, пособие к СНиП).

**УДК 624.07**

**Найденев С.Л.**

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

## ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ МАССОВОЙ ЗАСТРОЙКИ

Для более быстрой и точной оценки технического состояния строительных конструкций и ремонта крупнопанельных жилых домов необходимо располагать информацией по основным этапам их развития, чтобы знать и учитывать имеющиеся недостатки их конструктивных решений, а также избегать различных ошибок, например, при соотношении той или иной типовой серии со зданием по году постройки.



Изучению строительства жилых зданий с использованием индустриальных методов, к которым в первую очередь относится использование сборных железобетонных элементов, посвящено множество публикаций [1-10 и др.], анализ которых позволил в развитии крупнопанельного домостроения России выделить следующие характерные этапы, условно разделенные по временному признаку.

1. Первый этап (1945-1955 гг., индустриализация страны, экспериментальный период). Как отмечалось во введении ВКР в послевоенное время для большинства граждан нашей страны срочно требовалось улучшить жилищные условия. Решение данной проблемы традиционными методами строительства могло растянуться на десятилетия, поэтому им на смену пришла индустриализация и ведение строительства по типовым проектам, разрабатываемых на основе социального и научно-технического прогресса.

Указанный период характеризуется интенсивным развитием промышленности и экспериментального строительства с применением сборных железобетонных конструкций. Получают распространение типовые 3-5-ти этажные крупнопанельные жилые дома, оснащенные инженерным оборудованием. Так, например, в г. Москва в 1948 г. был возведен первый 4-х этажный каркасно-панельный жилой дом, у которого в качестве наружных стен применены многослойные стеновые панели, состоящие из вертикальных панелей простенков и межоконных вставок, внутренние стены и перегородки выполнены из гипсовых плит, а панели перекрытий изготовлены в виде железобетонных ребристых плит. Несущий каркас выполнялся из стальных профилей, что обуславливало высокий расход стали. В этой связи, начиная с 1949 г. в г. Москва начал применяться сборный железобетонный каркас (рисунок 1).



Рис. 1. Примеры крупнопанельных жилых домов первого периода застройки: слева в г. Москва; справа в г. Магнитогорск

Полностью бескаркасные крупнопанельные жилые дома начали возводить начиная с 1950 г., например, в г. Магнитогорск (рисунок 1). Панели наружных стен были трехслойные, состоящие из двух обшивок в виде железобетонных плит с ребрами по контуру с внутренним заполнением пенобетонными блоками.

Экспериментальное крупнопанельное домостроение стало хорошим подспорьем для его дальнейшего применения в массовом строительстве. Крупнопанельные здания рассматриваемого периода к настоящему времени практически не сохранились.

2. Второй этап (1956-1962 гг., появление т.н. «хрущевок»). В этот период развивается такая система крупнопанельного домостроения, в основе которой лежит «закрытая» система типизации железобетонных конструкций, характеризующаяся тем, что на заводах изготавливались изделия предназначенные только для конкретных типовых серий без возможности наладки производственных линий на выпуск нестандартных элементов.

В этот период разрабатываются и корректируются основные строительные нормы и правила (СНиП) для массового строительства.

В 1958 г. была разработана и получила широкое распространение для широкого набора климатических и геологических условий серия типовых проектов бескаркасных крупнопанельных домов с шифром I-464, которая характеризуется шагом стен 2,6-3,2 м и конструктивной высотой 2,7 м.

Далее были разработаны и приняты для массового жилищного строительства серии I-335, I-467, I-468 и I-480, а также серии К-7, П-57 и 1605-М для строительства конкретно в г. Москва. На их основе также были разработаны проекты общественных зданий (детских садов, школ и др.).



Рис. 2. Примеры крупнопанельных жилых домов второго периода застройки

Выполняется переход от коммунальной квартиры для нескольких семей к отдельным квартирам для одной семьи. При этом на второй план ушли художественный образ, эстетика, элементы декора, во главу угла ставятся технология изготовления конструктивных элементов, скорость возведения здания и экономичность [2]. Сейчас такие здания единичны, сильно устарели и многие уже находятся в аварийном состоянии, активно демонтируются и на их месте возводятся новые дома большей этажности.



Рис. 3. Примеры крупнопанельных жилых домов третьего периода застройки

3. Третий этап (1963-1971 гг., появление т.н. «брежневок»). В этот период разработаны проекты жилых домов с улучшенными архитектурно-планировочными решениями, например, в 2-х и 3-х комнатных квартирах начали исключаться проходные комнаты и появляться раздельные санузлы. Количество типов квартир возросло до 10. В состав типовых серий включаются 9-этажные дома. Также ведется разработка серий типовых проектов в привязке к различным климатическим зонам страны, учитывающих местные условия строительства, в том числе сейсмичность. Внедряется блок-секционный метод проектирования, обеспечивающий большее разнообразие планировочных решений жилой застройки [4].

Широкое распространение получила усовершенствованная серия 1-464А.

На сегодня жилые здания указанного периода либо уже реконструированы, либо остро нуждаются в реконструкции.

4. Четвертый этап (1972-1980 гг., появление т.н. «поздних брежневок»). Период характеризуется попытками уйти от безликости и однообразия массовой жилой застройки, повысить эксплуатационные качества квартиры путем увеличения площади жилых и вспомогательных помещений. На основе социологических исследований утверждается новая редакция строительных норм и

правил, предусматривающая увеличение числа квартир по типам А и Б [2]. Для этих целей разработан единый каталог индустриальных изделий, позволяющий проводить межсерийную унификацию изделий, что стало началом перехода к «открытой» системе типизации. Серии жилых домов совершенствованы в сторону увеличения этажности (до 9-16 этажей), появляются поворотные и угловые блок-секции. Характерные примеры жилых зданий показаны на (рисунке 4).



Рис. 4. Примеры крупнопанельных жилых домов четвертого периода застройки

На сегодняшний день в эксплуатации находится большое количество таких жилых домов, в конструкциях которых постоянно в том или ином виде проявляются накопленные дефекты и повреждения.

5. Пятый этап (1980-1990 гг.). Период характеризуется постепенным улучшением планировки квартир за счёт незначительного увеличения их площади, появления летних помещений, выполняется полный отказ от проходных комнат. Блок-секционный метод проектирования становится наиболее массовым.

Начала применяться гибкая система панельного домостроения, предусматривающая изменение размеров конструкций в процессе изготовления без значительной перестройки производственных линий.



Рис. 5. Примеры крупнопанельных жилых домов пятого периода застройки

6. Шестой этап (1991-2008 гг.). Данный период характеризуется переходом от социалистической плановой системы к рыночной экономике. Отмечается снижение объемов крупнопанельного домостроения по причине слабой гибкости существовавшего производства к новым нормативным требованиям по пожарной безопасности, теплозащите, энергоэффективности и доступности для маломобильных групп населения. Ряд проектных институтов и домостроительных компаний продолжают развитие гибкой системы панельного домостроения с целью адаптации массового строительства жилых зданий к новым экономическим условиям и запросам общества [6], например, за счет применения большего шага внутренних несущих стен и увеличения размеров конструктивных элементов.



Рис. 6. Примеры крупнопанельных жилых домов шестого периода застройки

7. Седьмой этап (2008 г., настоящее время). На сегодняшний день типовая застройка также достаточно распространена. Выполняется замена старых (СП вместо СНиП) и разработка новых нормативных строительных документов, замена старых типовых серий крупнопанельных жилых домов на серии нового поколения. Происходит деление домов и квартир на категории по классам комфортности (эконом, бизнес, элит), планировке, отделке и др.

На первых этажах жилых зданий размещаются объекты социальной инфраструктуры, при этом вход в жилую часть зачастую обеспечивается со двора, а в общественную часть с улицы.

Характерные примеры жилых зданий данного периода показаны на рисунке 7.



Рис. 7. Примеры крупнопанельных жилых домов шестого периода застройки

В целом от этапа к этапу развитие типового строительства крупнопанельных жилых домов характеризуется увеличением площади помещений и высоты этажей, появлением разнообразия планировочных решений, появлением более современных электротехнических и санитарно-технических коммуникаций, а в последнее время индивидуализацией проектной документации.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Ахмедова Е.А., Борисова Е.П. Краткий обзор развития массовой типовой жилой застройки в Куйбышеве (Самаре) // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2016. № 19. С. 87-95.

2. Генералова Е.М. История развития в России массового жилья секционного типа // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8. № 2 (31). С. 102-107.

3. Доронина Д.Э. Сравнительный анализ развития типового строительства в Европе и России // Международный академический вестник. 2020. № 2 (46). С. 2-5.

4. Калабин А.В., Куковякин А.Б. Массовая жилая застройка: проблемы и перспективы // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2017. № 3 (34). С. 55-60.

5. Каракова Т.В., Рыжикова Е.В. Исторические этапы развития

индустриального жилища в России // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. № 3. С. 92-94.

6. Корниенко В.Д., Чикота С.И. Этапы развития многоквартирных жилых домов для массовой застройки городов России // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2014. Т. 2. С. 19-23.

7. Розанов Н.П. Крупнопанельное домостроение. М.: Стройиздат, 1982. 224 с.

8. Саландаева О.И. Архитектура жилых зданий из крупных панелей - тенденции формирования // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 3 (38). С. 544-561.

9. Смоляго Г.А., Крючков А.А., Дронова А.В., Дрокин С.В. Результаты экспериментальных исследований несущей способности, трещиностойкости и деформативности сборно-монолитных и монолитных перекрытий // Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. № 5-2 (38). С. 105а-109.

10. Долженко А.В., Наумов А.Е. Эффективные технологии сборно-монолитного панельного малоэтажного строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 12. С. 94-98.

**УДК 69.059.7**

**Новиков С.В.**

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

## **ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕРНИЗАЦИИ СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Современные мировые тенденции в сфере физической культуры и спорта демонстрируют необходимость активного развития сопутствующей инфраструктуры, и особенно сооружений и других объектов спорта на которых проводятся как спортивные соревнования и тренировочный процесс, так и массовые зрелищные мероприятия [1].

Безусловно, следует отметить то, что важным условием для привлечения к занятиям физкультурно-спортивной деятельностью является наличие соответствующих объектов. Они определяют характер функционирования отрасли и вместе с тем представляют

собой элемент долгосрочной политики развития физической культуры и спорта.

В основу проектирования и модернизации спортивных объектов города должны быть заложены следующие принципы:

– функционально-планировочные (сочетание профессионального и любительского спорта, круглосуточное функционирование, кооперирование спортивных функций с неспортивными и мультиэксплуатация объекта, деление услуг на классы (эконом, бизнес, VIP), соответствие требованиям нормативных документов по вопросам эвакуации, пожарной безопасности, санитарной гигиене и медицинскому обеспечению, создание безбарьерной среды, изоляция или блокировка пространств для различных групп участников функционального процесса, соблюдение благоприятных микроклиматических условий и санитарно-гигиенических требований содержания территории, соответствие условий физиологическим потребностям и возможностям человека, рекламное обеспечение и информативность среды, мультисервисная сеть обслуживания);

– объемно-пространственные (зальная группировка помещений, компактный объем, многоуровневая связь пространств, горизонтальная композиция, использование пространственных конструктивных систем, возможность механической трансформации кровли, трибун, игровых полей, максимальное использование подземных и наземных пространств под соответствующие функции, соблюдение требований меридиональной ориентации открытых объектов, соблюдение условий видимости, освещения, передачи звука и изображения, концептуальность образа, композиционная целостность, ресурсосберегающая или медиа-оболочка);

– градостроительные (интеграция с ландшафтным компонентом с максимальным использованием рекреационного ресурса, экологическая безопасность, связь с транспортным каркасом города, учет радиусов доступности и создание сетевой структуры, взаимосвязь с другими звеньями сети) [2].

Требования к градостроительным решениям спортивных объектов основывается на вышеуказанных аспектах и задачах физкультурно-спортивной деятельности. Государственное планирование и регулирование архитектурно-градостроительных вопросов формирования спортивных объектов в нашей стране началось во 2-й половине XX века.

Сеть физкультурно-спортивных сооружений формируется как элемент общей системы культурно-бытового обслуживания населения.



Согласно принципу ступенчатого обслуживания, спортивные объекты делятся на общегородские, районные, микрорайонные [3].

В зависимости от ступени обслуживания и количества населения, использующего объект, определяется его функциональное наполнение, размеры и требуемая инфраструктура земельных участков, транспортное обеспечение. Общими требованиями для градостроительной организации всех объектов являются:

- устройство на территории парковок для автотранспорта. Расчетные показатели количества автопарковок для посетителей спортивных сооружений вместимостью более 500 зрительских мест, согласно СП 42.13330.2011 «Градостроительство», составляют 3–5 машиномест на 100 мест вместимости трибун [4];

- устройство накопительных площадок перед входом для зрителей из расчета 0,5 м<sup>2</sup> на одного человека, приходящегося на данный вход;

- ширина путей движения зрителей по территории принимается из расчета не менее 1 м на 500 человек;

- все пути передвижения проектируются с учетом доступности для маломобильных групп населения.

Спортивные объекты общегородского значения. В общегородских спортивных сооружениях проводятся крупные мероприятия спортивного, игрового, культурно-зрелищного характера с участием большого количества как выступающих, так и зрителей. Поэтому такие сооружения – это объекты тяготения большого числа посетителей с разных точек города.

Для общегородских спортивных сооружений, как правило, выделяются обособленные участки, достаточные для обеспечения безопасного движения всех категорий посетителей и транспорта, а также комфортного сосуществования с городскими объектами на смежных участках. При выборе участка следует учитывать его транспортную доступность из всех частей города и близлежащих населенных пунктов. Оптимальными являются участки, примыкающие к одной из основных магистралей транспортного каркаса города или окруженные транспортными магистралями по периметру. Для нового строительства на современном этапе в условиях сложившейся ткани городов такие участки находятся преимущественно в поясе средних и периферийных территорий города.

К участку общегородского спортивного комплекса могут примыкать зеленые зоны, городские парки и водоемы. Это расширяет возможности организации физкультуры, спорта, досуга и отдыха на открытом воздухе, улучшает экологическое состояние среды вокруг спортивного объекта.

Центральное место на участке занимает комплекс спортивных сооружений, включающий крытые объекты: дворцы спорта, ледовые арены, бассейны и открытые сооружения для спорта, отдыха, досуга. Вокруг группы основных сооружений формируется буферная зона, в которой размещаются проезды и автостоянки для транспорта, площадки и дорожки для движения пешеходов, элементы благоустройства и озеленения (рис. 1).

При определении параметров участков общегородских и районных физкультурно-оздоровительных сооружений следует рассматривать возможность резервирования территории для расширения спортивного объекта в будущем.

Районные физкультурно-спортивные сооружения выполняют функции схожие с общегородскими объектами, но в масштабах планировочного района города. Участки для этих объектов могут быть как обособленными, так и кооперироваться с другими объектами деловой, культурной, досуговой, торговой, развлекательной функций в составе общественных центров районов города. Районные спортивные объекты принимают интенсивное участие в повседневной физкультурно-спортивной деятельности населения. Поэтому в них размещается значительное количество пространств и помещений для учебно-тренировочных функций и проведения спортивных мероприятий местного значения.

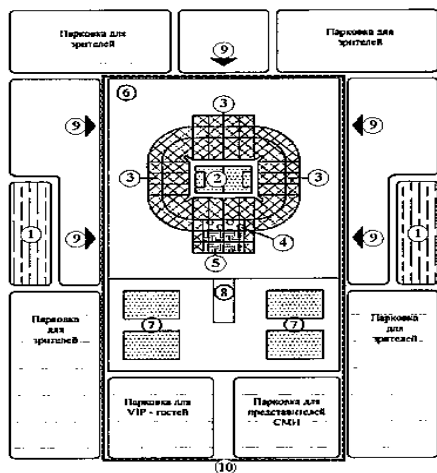


Рис. 1. Функциональная организация территории крупного спортивного комплекса [5]: 1 – автобусная остановка; 2 – спортивная арена; 3 – трибуны

для зрителей; 4 – трибуны для VIP-гостей; 5 – трибуны для СМИ; 6 – внешняя территория зрителей; 7 – спортивные площадки;  
8 – место высадки игроков, арбитров, VIP-гостей; 9 – входы для зрителей;  
10 – внешний периметр спортивного комплекса.

Микрорайонные физкультурно-спортивные сооружения – объекты повседневного использования и шаговой доступности для занятий физкультурой, спортом, досуговых мероприятий жителей микрорайона, жилой группы или отдельного дома. Исходя из назначения, такие объекты могут занимать небольшой самостоятельный земельный участок, быть в составе общественно-досугового центра микрорайона, быть сблокированными с другими общественными и жилыми зданиями, быть встроенными в них. Небольшие физкультурно-спортивные объекты могут размещаться во дворах жилых домов и использоваться их жителями. Микрорайонные спортивные сооружения обычно дифференцируются на комплексы для детей, подростков и взрослых [6, 7].

Реконструкция спортивных объектов требует творческого применения ее теоретической модели, преобразования и размещения. Но она всегда должна быть единой системой, расположение и функции каждого ее элемента обусловлены расположением и функцией других элементов, а также взаимосвязью с другими учреждениями общественного обслуживания и планировочной структурой города и системы расселения.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Амарина Е.Д. Особенности реконструкции физкультурно-спортивных объектов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2020. № 2. С. 315-317.

2. Николаенко В.А., Петрук Ю.О. Особенности реконструкции системы физкультурно-спортивных объектов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 4 (30). С. 77-82.

3. Кистяковский А.Ю. Проектирование спортивных сооружений // А.Ю. Кистяковский. – М.: Высшая школа, 1980. 328 с.

4. СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\* (с Изменениями N 1, 2). М.: Стандартинформ. 2017. 68 с.

5. СП 285.1325800.2016 Стадионы футбольные. Правила проектирования (с Изменением N 1). М.: Стандартинформ. 2017. 109 с.

6. Сулейманова Л.А., Марушко М.В., Лукьяненко А.К. Строительная система из газобетона для реконструкции зданий // Университетская наука. 2017. № 1(5). С. 21-24

7. Марушко М.В., Рябчевский И.С., Чақыр В.В. Применение ресурсосберегающих материалов и технологий при реконструкции жилых зданий // В сб.: V Международный студенческий строительный форум - 2020. Сборник докладов. В 2-х томах. Белгород, 2020. С. 70-73.

**УДК 69.059.7**

**Новиков С.В.**

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

## **АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ И ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЮ И РЕКОНСТРУКЦИЮ СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ**

При проектировании и строительстве спортивных объектов (стадионов, спортивных залов и площадок) следует уделять особое внимание освещению.

Основными задачами искусственного освещения является обеспечение хорошей видимости для игроков, зрителей и судей игрового поля, освещения спортивных снарядов, а также пространства, окружающего спортивную площадку. Также от качества освещения напрямую зависит безопасность и комфорт игроков и зрителей в спортивном зале [1].

Независимо от специфики спортивных сооружений и проводимых соревнований, система искусственного освещения должна удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать хорошую видимость спортсменам и зрителям всех действий, связанных с данным видом спорта (мяч, шайба и др.);
- не допускается слепящее действие прямых лучей от источников света, а также отраженного;
- предпочтительнее использовать рассеянный свет (отсутствие концентрированных источников света, светорассеивающие устройства источников света и др.).

Выбор правильной системы освещения зависит от вида спортивного сооружения и перемещения спортсменов в пространстве (волейбол, прыжки, теннис, бег и др.). В спортивных сооружениях,

предназначенных для занятия различными видами спорта, освещение должно удовлетворять всем требованиям проводимых в них соревнований. Требования к освещенности площадок и полей при электрическом освещении приведены в (таблице 1) [2].

В таблице приведены минимальные требования, и они могут быть повышены по согласованию с организацией, эксплуатирующей сооружение [3]. При съемках соревнований, особенно в крытых помещениях, также нужно учитывать обеспечение нормальных условий для работников телевидения.

Таблица 1 – Нормы освещенности для различных видов спорта

Вид спорта	Класс игры или спортивного сооружения	Минимальная освещенность, лк			
		Открытые сооружения		Крытые сооружения	
		Е гор	Е вер	F гор	F вер
Футбол	Тренировка	50	30	300	100
	Соревнования на стадионе вместимостью от 1500 до 10000 зрителей	100	50	500	200
	Тоже от 10000 до 25000 зрителей	200	75	500	200
	Тоже свыше 25000 зрителей	400	100	500	200
Хоккей с шайбой	Тренировка	100		500	
	Соревнование	400		500	
Хоккей с мячом на траве	Тренировка	50	30	150	
	Соревнование	100-400	150	500	200
Бадминтон баскетбол, волейбол	Тренировка	50	30	300	100
	Соревнование	400	150	500	200
Теннис	Тренировка	100	50	300	100
	Соревнование	400	150	500	200

Чтобы обеспечить нормальное освещение площадок и полей, выделяют два способа размещения светильников: верхнее и верхнебоковое освещение. При размещении светильников данными способами, освещение может быть, как рассеянным, так и отраженным.

При проектировании и реконструкции спортивных объектов значительную роль играет покрытие, которое напрямую оказывает

влияние на качество плоскостных спортивных сооружений в целом. Поэтому к нему применяют строгие требования:

- покрытие не должно размягчаться или становиться скользким от действия атмосферных осадков, изменений температуры или влажности;

- при высоких температурах и низкой влажности покрытие не должно растрескиваться и пылить;

- покрытия плоскостных сооружений для легкой атлетики должны иметь структуру, на которой можно заниматься в туфлях с шипами; продольные уклоны легкоатлетических дорожек должны быть не более 1:1000, а поперечные – 1:100;

- покрытия всех плоскостных сооружений должны быть ровными, без бугров, выступов и впадин, мешающих основным занятиям и опасных с точки зрения травматизма; 38

- покрытия для игр с мячом должны иметь поверхности, обеспечивающие нормальный отскок мяча и хорошие опоры для прыжков и бега;

- удаление поверхностных вод должно обеспечиваться необходимыми уклонами, системой дренажей и конструкцией слоев покрытия.

Существуют некоторые виды спортивных покрытий:

1. Стационарные покрытия (рисунок 1) применяются в спортивных залах для проведения игр с мячом и фитнеса. В основном применяются в школьных спортивных залах.

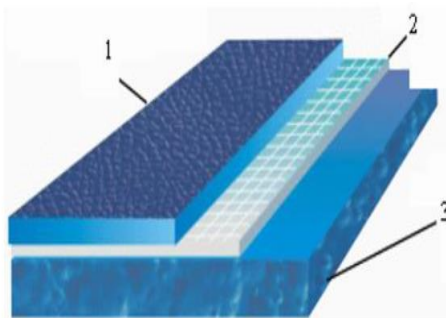


Рис. 1. Стационарные покрытия для закрытых спортивных залов:

- 1 – верхний контактный слой на основе ПВХ с рельефной поверхностью;
- 2 – сетка из волокна для армирования поверхности;
- 3 – подложка из вспененного ПВХ

2. Съёмное спортивное покрытие удобно разматывать, что позволяет легко и быстро уложить его на любое покрытие. Так же удобно в сборке и хранении такого покрытия.

3. Модульные конструкции применяются для быстрого возведения временных спортивных площадок, причем не только многофункциональных для любителей, но и вполне профессиональных. Важно, что легкость сборки из отдельных модулей дает возможность трансформации сборно-разборных конструкций обеспечивает простоту их установки и ремонта.

В настоящее время существует множество видов спортивных покрытий. Некоторые из них подходят для уличных площадок, а некоторые – для закрытых помещений. Рассмотрим виды спортивных покрытий для помещений и улицы на примере (таблицы 2) [4].

Таблица 2 – Виды спортивных покрытий для помещений и улицы

Уличные площадки	Закрытые площадки
Искусственная трава – представляет собой латексную основу и полиэтиленовые волокна, вплетенные в нее. Такой траве не страшны природные воздействия. Вода хорошо впитывается, снег с нее легко убирается, трава устойчива к морозам. Такое покрытие хорошо подойдет для игр в футбол, хоккей на траве, теннис и др.	Натуральный линолеум – такое покрытие состоит из двух частей – линолеума и специального эластичного слоя на нем. Монтируется в помещениях разного назначения.
Грунтовые покрытия монтируются на теннисных кортах. За такими покрытиями необходим ежедневный квалифицированный уход (полив, подсыпание слоя износа и т.д.).	ПВХ-полы состоят из пенной основы на главном слое, что удовлетворяет основным характеристикам спортивного пола. Обеспечивает хорошее сцепление и нормальный отскок мяча. Используется в школьных спортивных залах и др.
Натуральная трава – покрытие, где используется специальный сорт живой травы. Такие покрытия требуют дополнительного и сложного ухода, играть на них больше 2-х часов в сутки нельзя. Она чувствительна к перепадам температуры и не подходит для холодного климата.	Ворсовые покрытия – это покрытия состоящие из эластичной подложки, с хорошей амортизацией и текстиля на верхнем слое. Технические характеристики таких покрытий удовлетворяют и любителей, и профессионалов.
Наливные покрытия – в материалах используется полиуретан или акрил. Позволяет при монтаже регулировать	Деревянные покрытия – это полы, где при монтаже используются твердые хвойные породы. Здесь важно

жесткость покрытия. Очень часто такие покрытия монтируются на детских площадках. Хорошо подходит для беговых дорожек.	качество древесины, структура, геометрические пропорции и насыщенность влагой. Брусья укладываются на лаги, такая система обеспечивает достаточную упругость.
Модульные покрытия – это полы, состоящие из модулей-блоков, как правило, разборные, основным материалом которых является синтетические материалы на основе нейлона	Ламинированные покрытия – паркетная доска, покрытая множеством слоев лака. При монтаже такого пола используется специальная основа, достаточно эластичная, чтоб амортизировать удары по поверхности.
Каучуковые покрытия – полы, состоящие из вулканизированной резины и полиуретана. Такие полы обладают достаточной прочностью, упругостью, гигиеничностью и пожаростойкостью. Большим плюсом является температура испльз от -40°C, что актуально в наши холодные зимы.	

Результаты исследования требований и факторов показали, что объемно-планировочная структура спортивного сооружения зависит от его вида, назначения (одно- или многоцелевые), вместимости, функционального зонирования (помещения для спортсменов, зрителей, вспомогательные), нормируемых габаритов помещений (в зависимости от видов спорта), наличия зрительских мест, функциональных связей между отдельными помещениями, ограничений, накладываемых возможностью посещения маломобильными группами населения [5,6].

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Кистяковский А.Ю. Проектирование спортивных сооружений // А.Ю. Кистяковский. – М.: Высшая школа, 1980. 328 с.
2. СП 440.1325800.2018 Спортивные сооружения. Проектирование естественного и искусственного освещения. М.: Стандартинформ. 2019. 36 с.
3. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С., Феодосов С.В. Устройство холодных крыш с учетом излучательной способности поверхности // Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Белгород, 2022. С. 223-228.
4. СП 332.1325800.2017 Спортивные сооружения. Правила проектирования (с Изменением N 1) М.: Стандартинформ. 2018. 64 с.



5. Некрасова М.А., Мохов А.И., Жолобов О.В., Латышев К.В. Экологическое переустройство спортивных сооружений // Отходы и ресурсы. 2016. Т. 3. № 2. С. 1-10.

6. Николаенко В.А., Петрук Ю.О. Особенности реконструкции системы физкультурно-спортивных объектов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 4 (30). С. 77-82.

*УДК 624.21*

*Оспищев Д.В., Богачева М.А.*

*Научный руководитель: Рябчевский И.С., асс.*

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

## **ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ОПОР ПУТЕПРОВОДОВ И МОСТОВ**

Важной частью строительства инженерных сооружений является правильное проектирование основания опоры моста и путепровода. Опоры конструкции воспринимают постоянные и временные нагрузки и передают фундамент. Поэтому расчет опоры моста и выбор технологии осуществляется на стадии проектирования. На этом этапе проектировщик учитывает условия местности, оптимизирует затраты и трудозатраты, в результате чего сооружение простоит десятки лет.

Опоры моста называются промежуточными или береговыми опорами. Они находятся под нагрузкой двух пролетных строений обтекаемой формы, вырезанных со стороны верхней части водотока или льда.

Упоры учитывают нагрузку от веса пролетного строения, испытывают горизонтальное воздействие веса грунта. Они подвержены временным нагрузкам. Упоры имеют дополнительный элемент-стенки шкафа с прямыми или перевернутыми открытками. Они также выполняют наклонные стены, которые отделяют концы пролетных строений от насыпи. Выполнены объемные упоры, которые имеют конус, входящий в длину пролета. Более того, насыпные работы не проводятся там, где горка грунта находится внутри упора [1].

Промежуточная опора особенно тщательно проверяется большинством судов на предмет воздействия ледохода и максимального воздействия ветра. Промежуточное звено

изготавливается из железобетона или бетона, иногда из стали, с деревянными и стальными сваями.

Несущая конструкция моста должна выдерживать вертикальные и горизонтальные нагрузки. В этом случае действие может быть, как постоянным, так и временным. Постоянные нагрузки возникают в результате:

- вес полотна и опор моста;
- давление на грунт.

Ветер и лед оказывают временное воздействие. Горизонтальная нагрузка включает в себя тормозные усилия, вес транспортных средств [2].

Несущая конструкция моста состоит из трех элементов:

- перекладина или головка основания. Он используется для приема давления надстройки и передачи нагрузки от опорной части к корпусу и основанию;

- базовый корпус – это средняя часть, которая изготовлена из бетона или железобетона. Выполняют несколько конструктивных разновидностей, определяющих тип опоры.

- фундамент - это часть, которая находится в воде или под землей. Геологическое изучение территории позволяет определить тип фундамента. Иногда тело и основание являются одной частью [3].

Главный вопрос, который возникает при строительстве, заключается в том, как построить опору моста под водой. Ведь от этого зависит его надежность и долговечность [4]. Для строительных целей выбирается или искусственно уменьшается узкое место с помощью насыпи. Из-за воздействия экскаваторов русло водоема углубляется. Чтобы установить опору, место осушается путем изменения русла реки. Они также практикуются в забивании свай для поддержки специальной понтонной лодки. Для этой цели используется водонепроницаемая рама.

Путепроводы в большинстве случаев устраиваются с использованием балочных и каркасных систем. Вантовая система используется реже, а арочная система используется для путепровода лишь в некоторых случаях.

Путепроводы балочно-разъемной системы имеют опоры, обеспечивающие передачу вертикального давления от двух несущих элементов пролетных строений, а также горизонтальных сил торможения или центробежных сил на землю. В местах деформационных швов от проезжающих автомобилей возникают толчки, увеличивающие силы и напряжения в секциях пролетных

строений. Температурно-непрерывные пролетные строения, состоящие из разрезных балок, объединенных по всей длине сплошной плитой дорожного полотна, лишены этого недостатка. Такие надстройки, согласно статической схеме, занимают промежуточное положение между разрезными и неразрезными [5].

Путепроводы с пролетными строениями балочно-неразрезной системы являются наиболее удобными с точки зрения материалоемкости. В таких системах температурные деформации и горизонтальные силы считаются более прочными опорами, чем промежуточные опоры. Иногда возводятся путепроводы с балочно-консольными пролетными строениями, которые менее удобны в эксплуатации из-за большого количества деформационных швов на проезжей части.

Часто сплошные пролетные строения жестко соединяются с верхушками опор, образуя многослойный каркас. Протяженные каркасные конструкции разделены на секции, которые работают независимо. В путепроводах часто используются однопролетные рамы с вертикальными или наклонными стойками, которые имеют шарнирную или жесткую поверхность с основаниями.

В современных путепроводах используется байтовая система, которая позволяет перекрывать значительную длину пролета. По статической схеме вантовые конструкции комбинированные, так как содержат гибкие элементы-колпаки, а на уровне проезжей части – балку неразрезной жесткости.

В некоторых случаях под засыпку грунта рекомендуются арочные путепроводы, а также арочные конструкции.

Пролетные строения путепроводов, в зависимости от типа конструкции, можно разделить на пластинчатые, ребристые и коробчатые. Пролетные строения плиты имеют постоянную или переменную высоту, сплошное поперечное сечение, с продольными или поперечными полостями. Ребристые пролетные строения имеют несколько ребер постоянной или переменной толщины в поперечном сечении, с меньшим утолщением или без него. Коробчатые пролетные строения могут иметь одноконтурное, полуоткрытое или многоконтурное поперечное сечение [6].

В некоторых случаях надстройки выполнены в виде оболочек.

Опоры для путепроводов могут быть в виде стоек, столбчатых, каркасных и стеновых.

Опоры стойки представляют собой одну или несколько стоек прямоугольного, круглого или другого поперечного сечения, которые

поддерживают пролетное строение в отдельных точках. Вертикальная опора на концах может быть шарнирной или жесткой.

Столбчатые опоры обычно состоят из одной колонны со сплошным или полым поперечным сечением, круглой, эллипсоидной, многоугольной или другой формы.

Соединяя жесткие стойки с перекладиной, они образуют каркасные опоры. Стойки для каркасных опор устанавливаются вертикально или под углом наклона, жестко заделанные в основание. Также возможно закрепить опоры рамы и фундамент на шарнирах. Конструкция каркасных опор во многом зависит от местных условий компоновки. Иногда такие опоры бывают асимметричными с консольными выступами.

Опоры в виде стен в поперечном сечении путепроводов простираются на всю их ширину или значительную часть. Если их толщина составляет менее  $1/g$  по ширине или высоте, их можно считать стеновыми балками с точки зрения расчета. Стеновые опоры могут быть шарнирно или жестко соединены с пролетными строениями и фундаментами. Часто шарнирная опора также достигается за счет жесткой герметизации стенок, благодаря их небольшой толщине и эластичности. Несущие стены имеют прямоугольную, трапециевидную или другую форму. Они обычно используются для сплошных пролетных строений [7].

Возможны и другие типы опор, в которых объединены два или более основных типа.

Большое значение для проектирования путепровода имеет принятый метод строительства. Часто хорошо разработанная технология и сложное оборудование определяют экономическую целесообразность их использования перед менее материалоемкими, но более трудоемкими видами.

По способу изготовления конструкций железобетонных путепроводов они бывают монолитными, сборно-монолитными и сборно-разборными. Монолитные конструкции изготавливаются из бетона, который устанавливается в опалубку непосредственно на строительной площадке. Быстровозводимые монолитные конструкции изготавливаются из сборных элементов и монолитного бетона, объединяя эти элементы в одно целое.

Сборные путепроводы полностью состоят из готовых элементов. Монолитный бетон в этом случае также может быть использован для заполнения швов, стыков, но его объем в несколько раз меньше объема сборного [8-10].

Таким образом, рассматривая конструкцию опоры моста и путепровода, можно сделать следующие выводы: конструкция опоры моста должна выдерживать вертикальные и горизонтальные нагрузки; опоры для путепроводов выполнены в виде железобетонных подпорных стенок, их конструкция не имеет существенных отличий от концевых опор мостов; конструкция корпуса и основание опоры могут быть изготовлены из легких материалов; по способу изготовления конструкций железобетонных путепроводов различают монолитные, сборно-монолитные и сборно-разборные.

Главное отличие – гораздо более простые опоры; ведь при проектировании путепровода не нужно учитывать водоток, ледоход, размывание опор и возможную массу проходящих судов, по поводу которых проектировщики моста – головная боль.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев Е.В. между двух берегов: история и перспективы строительства мостов из алюминия // *Фундаменты* 2021. № 3 (5). С. 24-27.

2. Бокарев С.А., Засухин И.В. К вопросу о долговечности массивных опор мостов // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2018. Т. 20. №. 5. С. 185-197.

3. Абросимов В.К. Гидроакустические исследования подводной части опор мостов // *Путь и путевое хозяйство*. 2021. №. 7. С. 7-11.

4. Прокопов А.Ю., Онисар В.Р. Влияние общего и местного размыва на опоры мостов // *Актуальные проблемы науки и техники*. 2018. С. 574-576.

5. Казарян В.Ю., Сахарова И.Д. Уширение и усиление опор при реконструкции мостовых сооружений // *Транспортное строительство*. 2017. № 8. С. 4-7.

6. Вуколов С.А., Бирюков О.Р., Кравец Д.Ю. Обеспечение живучести мостовых переходов на военно-автомобильных дорогах в современных условиях // *Вестник военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева*, №5. 2016. С. 46-50.

7. 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.

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

9. Гладков Д.И., Сулейманова Л.А. Физико-химические основы строительного материаловедения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2005. № 9. С. 68-72.

10. 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.

### УДК 691.33

*Павлова П.О., Завадько М.Ю.*

*Научный руководитель: Петропавловская В.Б., д-р техн. наук, проф.  
Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия*

## **АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Гипсовые вяжущие вещества являются одними из первых полученных искусственных минеральных строительных материалов. Были открыты еще в Древнем Мире и получили мощный толчок в сфере строительства в 7-8 веке н. э.

На сегодняшний день гипсовое вяжущее активно применяется по всему миру, а для его производства применяют гипсовый камень по ГОСТ 4013-2019 или отходы производств, например, фосфогипс, цитрогипс, титаногипс. Согласно ГОСТ 125-2018 выделяют следующие марки гипсового вяжущего (таблица 1):

Таблица 1 – Марки гипсового вяжущего по ГОСТ 125-2018

Марка гипсового вяжущего	Предел прочности образцов-балочек размерами 40x40x160 мм в возрасте 2 ч, МПа, не менее	
	при сжатии	при изгибе
Г-2	2	1,2
Г-3	3	1,8
Г-4	4	2,0
Г-5	5	2,5
Г-6	6	3,0
Г-7	7	3,5
Г-10	10	4,5

Г-13	13	5,5
Г-16	16	6,0
Г-19	19	6,5
Г-22	22	7,0
Г-25	25	8,0

Сегодня гипсовое вяжущее примеряется для производства гипсовых и гипсобетонных строительных материалов, и изделий: штукатурок, шпаклевок, ПГП, ГКЛ, панелей, блоков и др. [1-2].

Использовании в составе гипсового камня минеральных и химических добавок позволяет обеспечивать изначально хрупкому гипсовому камню достаточную эксплуатационную прочность [3-7] и значительно расширять область его применения.

Применение полипропиленовых и полиамидных фибр [6] в составе гипсовых композиций позволяет значительно повысить физико-механические характеристики получаемых на их основе изделий. Такой модифицированный гипсовый материал получил название «фиброгипсобетон» и нашел применение в производстве пазогребневых перегородочных панелей [1]. Возводимые перегородки обладают достаточной прочностью, огнестойкостью, морозостойкостью, высоким уровнем звукоизоляции, что позволяет удерживать высокий спрос на данный вид изделий круглогодично.

Зачастую обоснована модификация гипсового вяжущего и техногенными отходами. Например, гипсодревесные композиты получают с применением отходов переработки мягколиственной древесины. Древесина – как материал, обладающий низкой теплопроводностью и способностью обмениваться влагой с окружающей средой широко распространён в частном домостроении. В тоже время, учитывая процент отходов деревообрабатывающей отрасли, который составляет более 50 %, очевидна необходимость рационального и эффективного их использования [5].

При производстве гипсовых материалов и изделий возможно применение технологий переработки вторичного сырья при получении гипсового вяжущего. Так, например, возможно получение гипсового вяжущего из отходов производства плавиковой кислоты [1].

Безусловно, гипсовые вяжущие обладают большим количеством положительных свойств, однако существует необходимость внесения дополнительных добавок для повышения водостойкости – достигается уменьшением растворимости в воде сульфата кальция, уплотнением гипсовой массы, пропиткой изделия определённым видом веществ, которые будут препятствовать проникновению влаги. Синтез

композиционных материалов с активными минеральными добавками – основное направление для производства высококачественных и прочных материалов и изделий для дальнейшего использования в различных стадиях строительства [3].

Таким образом, гипсовое вяжущее является перспективным и конкурентоспособным материалов на сегодняшний день, а основные его преимущества заключаются в его экологичности и безопасности для человека на всех стадиях жизненного цикла (от производства до эксплуатации), повсеместной распространенности месторождений камня, возможности создания благоприятного микроклимата в помещениях [8]. Таким образом, гипсовые вяжущие вещества, модифицированные различными добавками, вполне могут стать отличным аналогом цементным вяжущим по своим технологическим свойствам.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аниканова Л.А., Курмангалиева А.И., Волкова О.В., Федорчук Ю.М. Газогипсовые материалы с использованием вторичного сырья // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т.20 №6. С. 126-137.

2. Елистраткин М.Ю., Минакова А.В., Джамиль А.Н., Куковицкий В.В., ЭльянИссаЖамалИсса Композиционные вяжущие для отделочных составов // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №2. С 37-44.

3. Ержанова, Н. С. Новые строительные композиционные материалы на основе модифицированных гипсовых вяжущих, полученных из отходов производства / Н. С. Ержанова // Современные научные исследования и разработки. 2017. № 6(14). С. 65-68.

4. Суворова А.А. Использование сырья растительного происхождения для получения эффективных органических модификаторов коррозионностойких строительных вяжущих веществ на примере строительного гипса // Вестник ЮурГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2020. Т.20, №4. С. 47-52.

5. Лукаш А.А. Гисподревесные композиты из отходов переработки мягколиственной древесины // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Материалы. Конструкции. Технологии. – 2017. №4. С. 25-32.

6. Подымская А.Т., Черноусенко В.Г., Волокитина А.В. Технология получения гипсового вяжущего. Производство



строительного гипса, фиброгипса // Химия, физика и механика материалов. 2021. №1(28). С. 84-100.

7. Цыплаков А.Н., Черноусенко Г.И., Семёнова А.Т., Кукина О.Б., Гайдина Н.М., Парусимов И.В. Перспективы применения гипсокомпозиата в монолитном малоэтажном строительстве // Химия, физика и механика материалов. 2019. №4(23). С. 4-21.

8. Рахимов, Р. З. Гипс в строительстве с древних веков до современности / Р. З. Рахимов // Academia. Архитектура и строительство. 2021. № 4. С. 120-124.

*УДК 69.07*

*Позднякова К.А.*

*Научный руководитель: Дьяков С.Ф., доц.*

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
г. Санкт-Петербург, Россия*

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КЕССОННОГО ПЕРЕКРЫТИЯ В ВЫСОТНОМ ЗДАНИИ**

Цель работы – оценить эффективность применение кессонного перекрытия в высотном здании.

Монолитные железобетонные перекрытия занимают важное место в строительстве. У железобетонных конструкций присутствует существенный недостаток – это большой собственный вес. Он устанавливает основное ограничение на область применения железобетона. В настоящее время отмечается значительный рост строительства монолитных многоэтажных высотных зданий и сооружений. Ввиду этого одним из главных вопросов при проектировании и строительстве зданий повышенной этажности является поиск решения задачи по облегчению конструкций перекрытий.

Так одним из решений является кессонное перекрытие. Оно обладает несколькими преимуществами:

– Уменьшается объем конструктива, что в свою очередь снижает нагрузку на конструкцию.

– Сокращение расходуемых строительных материалов. Кессонные плиты позволяют уменьшить расход бетона приблизительно на 50%, а арматуры — в 3 раза по сравнению с обычными балочными железобетонными перекрытиями.

– Позволяет увеличить пролет конструкций.

– Несмотря на сокращение объемов материалов, сохраняет или даже увеличивает несущую способность.

В целом все источники говорят об экономичности кессонных перекрытий. Это обусловлено тем, что в конструкции данного типа перекрытия из растянутой зоны удален бетон и сохранены лишь ребра, в которых расположена арматура, работающая на растяжение. В результате получается сэкономить в весе по сравнению с перекрытиями сплошного сечения, или увеличить перекрываемые пролеты, так как основной вес монолитных конструкций приходится на бетон [1]. Также существует утверждение, что плиты из железобетона сплошного сечения экономичны до пролета 4,5 метров [2]. Но несмотря на очевидные преимущества, возведение кессонных перекрытий в новом строительстве непопулярно. Обратясь к научным источникам и произведя некоторые расчеты, докажем эффективность применения данной конструкции в высотном строительстве.

Для начала необходимо определить параметры элемента, с которым на следующих этапах будет сравниваться запроектированная конструкция. Таким элементом предложено перекрытие по балкам  $400 \times 400$  мм железобетонное толщиной 200 мм, представлено на (рисунке 1 (а)). Теперь необходимо предложить внешний вид сечения нашего кессонного перекрытия. Согласно [3,] (таблица1) можем определить рекомендуемые размеры конструкции.

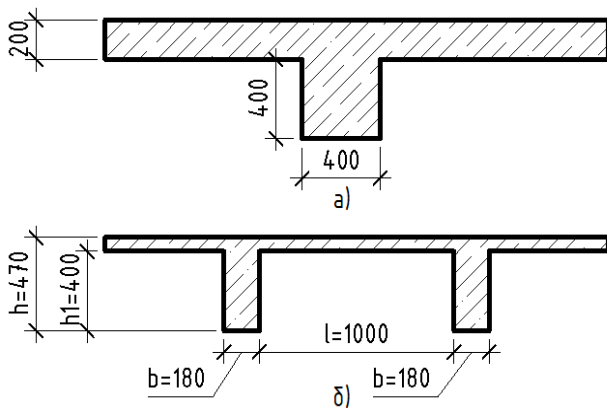


Рис. 2. Конструкции перекрытий

Одним из факторов служит шаг колонн, в рассматриваемом случае это  $b \times b$  м, этому параметру соответствует следующие размеры сечения:

$$h = 470 \text{ мм}, h_1 = 400 \text{ мм}, b = 180 \text{ мм}, l = 1000 \text{ мм}.$$

Также сечение представлено на (рисунке 1(б)).

Перекрытие по балкам рассчитано в программном комплексе SCAD согласно СП 20.13330.2016 и удовлетворяет конструктивные требования. Второе же исходя из [3] также удовлетворяет данные требования, тем более что собственный вес конструкции уменьшится. То есть оба типа перекрытия конструктивно подходят для использования в высотном здании.

Следующим этапом сравним объемы бетона необходимого для создания данных конструкций. В первом случае на один квадратный метр приходится около 0,35-0,4 м<sup>3</sup> материала. В кессонном перекрытии – 0,2-0,22 м<sup>3</sup>. Это говорит нам, что расход бетона почти в два раза меньше. Согласно [5] при меньшем расходе бетона в кессонном перекрытии, в отличии от плиты сплошного сечения, расход арматуры становится экономичнее более чем на 60%.

Из произведенных расчетов следует вывод, что в нашем случае, при пролете между колоннами 6 м и высотой здания более 100 м, более эффективно применение кессонного перекрытия, чем перекрытия постоянного сечения. То есть помогает повысить или сохранить прочностные характеристики монолитного железобетонного каркаса, уменьшив объем используемых материалов, что благотворно влияет на экономические показатели проекта.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клешнёва Е.И. Конструирование кессонной плиты перекрытия с учетом нелинейных свойств бетона. – Челябинск: ЮУрГУ, АС, 2017, 47 с.
2. Малахова А.Н. Монолитные кессонные перекрытия зданий. Вестник МГСУ. 2013. № 1. С. 79-86.
3. Лоскутов И.С. Монолитные железобетонные кессонные перекрытия. Москва 2015 г. 73 с.
4. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия». Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. Сандартинформ, 2018, 95 с.
5. Кибкало А.В., Волков М.Д. Кессонные перекрытия как эффективный тип ребристых плит. Молодой ученый. 2016. № 25 (129). С. 37-40.

*Размерица И.С.*

*Научный руководитель: Рябчевский И.С., асс.*

*Белгородский государственный технологический университет*

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

## **МЕТОДЫ МОДИФИКАЦИИ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ**

Конструкции из легких бетонов позволяют улучшить теплотехнические и акустические свойства зданий, значительно снизить их массу, успешно решить проблему объемного и многоэтажного строительства, а также строительства в сейсмических районах страны. Применение легких бетонов позволяет уменьшить стоимость строительства на 10...20 %, снизить трудовые затраты на стройплощадке 50 %, увеличить производительность труда на 20 %. Развитие производства бетонов с применением пористых заполнителей характерно как для нашей страны, так и зарубежного строительства. Но в нашей стране наиболее широко используемым заполнителем является керамзит, а также аглопорит, перлит и др. За рубежом более типичным легким заполнителем является термозит (шлаковая пемза).

Легкие бетоны – группа бетонов с объёмной массой менее 1800 кг/м<sup>3</sup>. К ней относятся бетоны на пористых заполнителях (керамзитобетон, аглопоритобетон, перлитобетон), бетоны на лёгких органических заполнителях (арболит, костробетон, полистиролбетон) и ячеистые бетоны (пенобетон, газобетон). В качестве вяжущих могут быть использованы цемент, гипс, магнезиальный цемент.

Применяются лёгкие бетоны как конструкционные или теплоизоляционные материалы, обладая небольшой массой и стоимостью относительно тяжёлых бетонов.

Модификация строительных материалов с помощью специальных химических добавок повышает их эксплуатационные свойства. В бетоне используются модифицирующие добавки, принцип действия которых заключается в изменении структуры путем химического, физического или физико-химического взаимодействия. Среди широкого спектра таких модификаторов наиболее распространенными являются армирующие (металлическое волокно, базальтовый амфитеатр или полимерные микроволокна) [1-4], демпфирующие (добавки из эпоксидной смолы, резины и резиновых добавок) [5-7] и структурные (минеральные и химические добавки) [8, 9] добавки, которые являются создаваемые на границе раздела деформации при эксплуатационных нагрузках способствуют улучшению прочностных

свойств композиционных материалов, как в легком, так и в тяжелом бетоне.

С учетом того, что устройство обладает высокой прочностью, в качестве модификаторов выбраны легкие бетоны [10], заполненные полыми алюмосиликатными микросферами, микрофиброй, углеродными нанотрубками и резиновой крошкой. Когда максимальный размер частиц в составе высокопрочного легкого бетона составляет 0,63 мм, кварцевый песок, частицы, целесообразно использовать базальтовый амфитеатр и полипропиленовое волокно, длина которого не должна превышать 2 см, для формирования пространства, армирующего каркас в таких композициях. Углеродные нанотрубки были использованы в качестве альтернативного метода модификации поверхности полого наполнителя с использованием комплексного наномодификатора [11] на основе гидроксида железа и золя кремнезема.

Например, в [12, 13] углеродные модификаторы, действующие как центры кристаллизации продуктов гидратации связующего, повышают прочность соединения с минимальным расходом 0,01 %. То есть можно предположить, что использование углеродных модификаторов на поверхности фаз увеличивает адгезию цементного камня с частицами микросферы. Введение упругих компонентов (высокий модуль упругости) в состав бетонной смеси, заполненной хрупкими микросферами, при вызываемой нагрузке, необходимо для компенсации начальных деформаций конструкции, которые вызваны разрушением наиболее слабых частиц пустотелого наполнителя. Исходя из этого, целью определения может быть демпфирующая добавка, которая уменьшает деформацию высокопрочного легкого бетона, представляющего собой выбранную резиновую крошку.

Учеными [1, 4] для исследования модели высокопрочных легких бетонов с расчетной средней плотностью  $1400 \text{ кг/м}^3$  с радиусом изгиба 40-40-160 мм и сжатием были выбраны 2 метода модификации: физическая модификация структуры распределения добавки из объема, с деформационными свойствами, отличными от первых компонентов, и физико-химическая модификация поверхности дисперсной фазы, которая заключается в управлении процессами структурообразования в поверхностной фазе, чтобы увеличить адгезионную прочность. В первом случае модификацию осуществляют путем введения в состав волокнистой или резиновой крошки, которая, распределяясь по объему материала, создает условия (усиливающий или демпфирующий эффект), устойчивые к возникновению и образованию трещин при воздействии внешних нагрузок. Второй режим - это тенденция к

локальным условиям формирования (создание центров кристаллизации и интенсификация процессов гидратации) для преобразования структуры бетона на поверхностных фазах. Влияние выбранных методов на свойства высокопрочного легкого бетона оценивалось по прочности на изгиб и сжатие.

Наиболее эффективные методы модификации высокопрочных легких бетонов в полые микросферы (в изученных диапазонах концентраций) находятся в процессе гидратации связующего и физико-химической активации поверхностных фаз. При создании пространственного каркаса из микрофибры, а также базальтового амфитеатра и полипропилена, способствует увеличению прочности на изгиб на 24 и 63 % соответственно по сравнению с контрольным составом бетона той же плотности. В то же время введение полипропиленового волокна - наиболее эффективного (до 38,5 %) - повышает стойкость испытываемого бетона к сжимающим нагрузкам по сравнению с микроармирующей добавкой из базальтового амфитеатра (до 11,2 %), что, по-видимому, обусловлено высокой эластичностью волокна. Увеличение концентрации базальтового амфитеатрового волокна более чем на 0,75 % от массы цемента способствует снижению энергии, которой оно обладает из-за отсутствия подвижности и эксплуатационных характеристик насыщенного микрофиброй бетона. Эта зависимость не характерна для полипропиленовых волокон. В широком диапазоне выбранных концентраций полипропиленовое волокно существенно не изменяет водопотребность бетона, что в меньшей степени негативно сказывается на технологичности получаемых высокопрочных легких бетонных композиций. Введение резиновой крошки оказывает незначительное влияние на прочностные характеристики высокопрочного легкого бетона в исследуемых диапазонах концентраций. Только при небольшом содержании этого определения наблюдается положительный эффект (увеличение прочности на сжатие до 14 %), который компенсируется его отрицательными эффектами (снижение прочности на изгиб до 15 %). Среди модификаторов, наносимых на поверхность дисперсной фазы, большинство представляют собой комплексные модификаторы на основе гидроксида железа и золя кремнезема «БисНаноАктивус». Распределение наноразмерного определения на поверхности микросфер в количестве активного вещества до 1,7 % от массы цемента увеличивает и прочность на изгиб и прочность на сжатие до 47,2 % и 18,4 % соответственно. Структура такого бетона характеризуется высокой ровностью и низкой пористостью, что определяет положительное влияние на технологию модификации. Причины

изменения прочностных характеристик связаны с присутствием активного нанокремния и гидроксида железа в составе комплексного наноразмерного определения [10, 14]. Эти компоненты взаимодействуют с цементом и продуктами его гидратации, он связывается с хрупкими и подверженными процессу выщелачивания компонентами (в основном портландитом), образуя дополнительное количество гидросиликата кальция в белке, что обычно приводит к образованию цементно-минеральной матрицы и полых микросфер. Так, чем большее количество устройств, тем больше связей образуется на поверхности фаз, в результате чего при воздействии внешних нагрузок его дефектность снижается. Механизм действия углеродных нанотрубок, описанный авторами [12, 13], не проявляется в концентрациях, и в данном исследовании выбраны методы применения. Гипотеза о том, что такое определение действует как центр кристаллизации в системе извести, не подтвердилась. Несмотря на то, что проблема диспергирования и гомогенизации наночастиц в полидисперсной матрице бетона является предсказуемой проблемой, выбранная система – распределение наноразмерных объектов по поверхности микробизнеса – не позволяет достичь желаемых результатов. Углеродные нанотрубки массой 0,004-0,011 гр. % цемента на поверхности полых микросфер существенно не влияет на прочностные свойства высокопрочного легкого бетона. Значения в исследуемых параметрах изменяются через нанотрубки в переопределении экспериментальной ошибки. Возможной причиной является недостаточное количество углеродных наночастиц, равномерно и вкраплениями расположенных на поверхности полого материала для проявления этих размерных эффектов. Положительный эффект достигается за счет увеличения расхода наномодификатора товара, за счет сплошного или сплошного покрытия всей поверхности микросфер. В этом случае углеродные нанотрубки, образующие плоскую сетку на поверхности и обеспечивающие пространственный каркас для зоны динамического контакта с дисперсной средой, могут служить армирующей оболочкой, способной снизить хрупкость керамического покрытия и, следовательно, улучшить деформационные свойства бетона. Диаметр такой машины, необходимы дальнейшие исследования, чтобы найти эффективную концентрацию наномодификатора с большой выборкой экспериментальных данных и, по крайней мере, двумя управляющими факторами. Тем не менее, методика модификации материала с помощью нанодобавок, которая заключается в обработке на поверхности и дисперсной фазе, показывает эффективность. Такой подход позволяет не только равномерно

распределять модифицирующие наночастицы в объеме смеси макро- и микрометрических частей, но и наносить в нужном месте, регулируя процессы структурообразования в большинстве областей дефектов. Эффективные бетоны с высокой прочностью, прочностью на изгиб и сжатие, прочностью на сжатие, превышающей 3,0 и 50,0 МПа, могут быть получены путем модификации структуры мелкозернистого бетона, заполненного полыми керамическими микросферами с добавками микромасштабов и нанометровыми частицами. В то же время выбор вида определения должен обосновывать причину его использования.

Таким образом можно сделать следующие выводы:

– модификация высокопрочного легкого бетона в объеме материала наиболее эффективна при введении упрочняющих добавок. Использование полипропиленовой микрофибры в испытанном диапазоне концентраций (0,7-1,3 мас % цемента) увеличивает прочность на изгиб и сжатие до значений, превышающих 3,0 и 50,0 МПа соответственно. Применение демпфирующих добавок в количестве менее 1,3% от массы вяжущего существенно не влияет на прочностные свойства легкого бетона на полых микросферах со средней плотностью 1400 кг/м<sup>3</sup>. Необходимо искать оптимальные концентрации, при которых наблюдается эффект компенсации деформации под воздействием внешних нагрузок;

– обработка поверхности полого заполнителя наноразмерными модификаторами на границе раздела фаз с целью управления процессами структурообразования оправдана только в случае комплексного модификатора на основе химически активных коллоидных растворов для продуктов гидратации цемента. Увеличение прочности марки при изгибе и сжатии составляет до 47,2 и 18,4 % соответственно при расходе сухого вещества модификатора от 0,9 до 1,7 % от массы связующего. Дальнейшее изучение влияния углеродных нанотрубок на формирование структур на границе раздела фаз «цементный камень – полые микросферы» необходимо при высоких концентрациях добавок для подтверждения эффективности их применения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калашников В. И., Хвастунов А. В., Хвастунов В. Л. Физико-механические и гигрометрические свойства порошково-активированных высокопрочных щебеночных бетонов и фибробетонов



с низким удельным расходом цемента на единицу прочности // Научно-технический вестник Поволжья. 2011. № 5. С. 161–164.

2. Пухаренко Ю. В. Прочность и долговечность ячеистого фибробетона // Строительные материалы. 2004. № 12. С. 40–41.

3. Лесовик В. С., Ракитченко К. С., Сопин Д. М. Высокопрочный мелкозернистый фибробетон с нанодисперсным модификатором // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2010. № 2. С. 59–61.

4. Смирнов В. А., Королев Е. В. Наномодифицированные эпоксидные композиты // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2012. № 4. С. 61–68.

5. Старовойтова И. А., Хозин В. Г., Корженко А. А., Халикова А. А., Зыкова Е. С. Структурообразование в органо-неорганических связующих, модифицированных концентратами многослойных углеродных нанотрубок // Строительные материалы. 2014. № 1–2. С. 12–20.

6. Пат. 2319677 РФ, Композиция для капсулирования радиоактивных и высокотоксичных отходов / Королев Е. В., Евстифеева И. Ю., Самошин А. П. Оpubл. 20.03.2008.

7. Калашников В. И., Ерофеев В. Т., Мороз М. Н., Троянов И. Ю., Володин В. М., Суздальцев О. В. Наногидросиликатные технологии в производстве бетонов // Строительные материалы. 2014. № 5. С. 88–91.

8. Гришина А. Н., Королев Е. В., Сатюков А. Б. Синтез и исследование устойчивости золь гидросиликатов бария // Строительные материалы. 2013. № 9. С. 91–93

9. Иноземцев А. С. Средняя плотность и пористость высокопрочных легких бетонов // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 7 (51). С. 31–37.

10. Иноземцев А. С. Структура и свойства наномодифицированных высокопрочных легких бетонов / Дисс. канд. техн. наук, М.: МГСУ, 2013, 186 с.

11. Пат. 2515450 РФ, Высокопрочный легкий бетон / Королев Е. В., Иноземцев А. С. Оpubл. 11.10.2012).

12. Яковлев Г. И., Первушин Г. Н., Корженко А., Бурьянов А. Ф., Пудов И. А., Лушникова А. А. Модификация цементных бетонов многослойными углеродными нанотрубками // Строительные материалы. 2011. № 2. С. 47–51.

13. Токарев Ю. В., Головин Д. В., Бурьянов А. Ф., Хуйганг Т., Тао Д. О механизме влияния активных добавок на основе магнезита и углеродных нанотрубок на структуру и свойства ангидритового вяжущего // Строительные материалы. 2015. № 2. С. 56–62.

14. Иноземцев А. С., Королёв Е. В. Высокопрочные легкие бетоны – конструкционный бетон нового поколения // Технологии бетонов. 2014. № 9 (98). С. 40–44.

*УДК 691:620.22*

*Ракова А.В.*

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

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

## **УСИЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В настоящее время вопрос обеспечения надежности различных строительных конструкций как на этапе их возведения, так и в процессе эксплуатации является очень актуальным. Существует множество различных способов и конструктивных приемов укрепления конструкций. В то же время традиционные способы укрепления бетонных конструкций стальной арматурой являются такими дорогими, трудоемкими и в некоторых случаях требуют прерывания эксплуатации здания.

Возрастающая потребность в работах по усилению конструкций, увеличение их трудоемкости и цены привело к разработке новых технологий с применением современных строительных материалов. В качестве альтернативы предлагается использовать композиционные материалы на основе высокопрочных углеродных волокон.

Значительный опыт применения углеродного волокна в аэрокосмической и авиационной промышленности позволил внедрить его в строительную отрасль. Благодаря высоким показателям композитные материалы получили быстрое распространение в строительной индустрии по всему миру [1].

Само же углеродное волокно представляет собой наноструктурированный органический материал, содержащий 92-99,99 % углерода, частицы которого связаны вместе в каждом направлении, образуя сетчатую структуру. Это делает материал невероятно жестким и легким. По сравнению со сталью, например, углеродное волокно имеет в 15 раз большую жесткость, но только половину плотности. Углеродное волокно получают из различных исходных материалов, путем предварительной обработки высокими температурами (до 3–5 тысяч градусов). В мировой практике наибольшее распространение

получили углеродные волокна на основе ПАН (полиакрилонитрил) – волокон.

Волокна углеволокна настолько легкие, что их вес мало влияет на общую прочность композита. Усиление углеродным волокном позволяет значительно улучшить характеристики несущих конструкций усиливаемых зданий [2].

Углеволокно может наноситься как внутри, так и снаружи конструкции. Преимущества использования армирования углеродным волокном включает повышенную прочность и долговечность; меньший вес; повышенную жесткость; улучшенную усталостную стойкость. Кроме того, этот материал обладает устойчивостью к коррозии и огню при более высоких температурах, чем сталь, что делает его идеальным для использования в зонах с высоким уровнем использования, таких как аэропорты, где регулярные расходы на техническое обслуживание из-за износа могут быть полностью устранены.

Помимо плюсов существуют и недостатки, одним из которых является высокая цена материала. Более высокая стоимость материалов компенсируется снижением затрат на рабочую силу, использование оборудования и простоев при монтаже, что делает их более экономичными, чем традиционные методы укрепления.

Преимущества перед другими материалами включают:

- большая прочность;
- более низкая плотность, чем стальные или титановые арматурные стержни;
- повышенная ударопрочность благодаря композитной конструкции;
- возможность уменьшения трещин в бетонных поверхностях во время монтажа;
- нет необходимости в коррозионнотойких покрытиях при установке на открытом воздухе.

Композиционные материалы представлены холстами различного плетения, пластинами и сетками [3].

Холсты представляю собой ткань с одно- или двунаправленным расположением волокон, которые могут быть обернуты практически вокруг любого профиля различной геометрии. Для усовершенствования стабильности формы в поперечном направлении ткань оснащена специальными термопластиковыми волокнами [4]. При установке на конструкции холсты в полимерный клей — матрицу, обеспечивающую их плотное прилегание к усиливаемой конструкции (рис.1.).

Композиционные материалы на основе высокопрочных углеродных волокон обеспечивают очень практичный инструмент для укрепления и модернизации бетонных конструкций и подходят для:

- укрепление при изгибе,
- усиление сдвига и
- удержание колонны и улучшение пластичности.

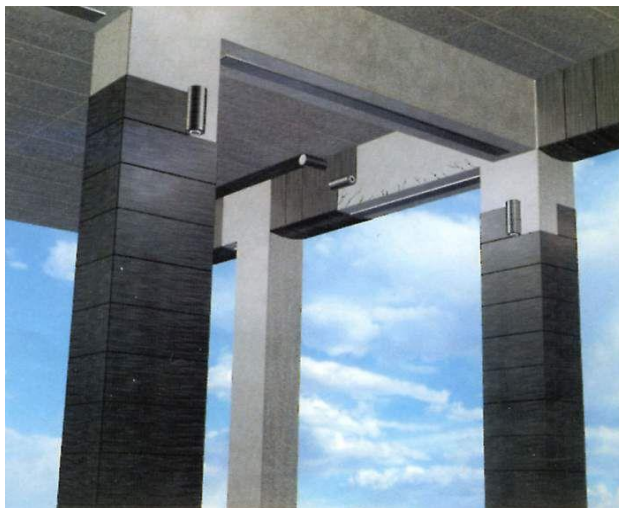


Рис.1 Усиление строительных конструкций холстами из углепластика

Также успешно используются для усиления конструкций в сейсмических районах, при чрезвычайных ситуациях, например, взрывах, так как материал имеет высокую ударпрочность углеродного волокна и может быть использовано в разработках по защите элементов [4-5].

Использование композиционных материалов возможно может положить начало новому направлению реконструкции железобетонных инженерных сооружений, которое обеспечит существенное сокращение трудоемкости, стоимости и сроков выполнения работ. Применение углеродных композиционных материалов в качестве усиления является перспективным направлением в строительной отрасли. Использование инновационных методов усиления и восстановления эксплуатационной надежности конструкций является одной из ключевых и перспективных направлений совершенствования реконструкции.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов Ю.В. Реконструкция зданий и сооружений: усиление, восстановление, ремонт/ Учебное пособие — Воронеж, ВГАСУ, 2003. — 237 с.
2. Ищук Я.Л., Фролов Н.В. Современные методы усиления железобетонных конструкций. Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2016. с. 784-788
3. Пириев Ю.С. Технические вопросы реконструкции и усиления зданий: учеб. пособие /Ю.С. Пириев—М.: АСВ, 2001. —119 с.
4. Бедов А.И. Проектирование, восстановление и усиление каменных и армокаменных конструкций: учеб. пособие/ А.И. Бедов, А.И. Габитов. —М.: АСВ, 2001. —215 с.
5. Бадьин Г.М., Сычев С.А. Современные технологии строительства и реконструкции зданий. — СПб.: БВХ- Петербург, 2013. -85 с.

УДК 620.9:69

*Ракова А.В.*

*Научный руководитель: Салтанова Е.В., ст. преп.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## НЕОБХОДИМОСТЬ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ И ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В настоящее время идет активная борьба за бережное отношение к окружающей среде, сохранение ее ресурсов и минимизации вреда, который человек наносит природе в процессе своей жизнедеятельности.

Вопросы рационального использования энергоресурсов с аспектами энергосбережения, энергоэффективности и, соответственно, экологических проблем становятся все более актуальными.

Строительный сектор растет быстрыми темпами, инвестируя 30-40% от общего объема мировых основных ресурсов. Современные здания стали третьим по величине потребителем ископаемой энергии после промышленности и сельского хозяйства.

Существует множество комплексных подходов к решению задачи минимизации техногенного вреда окружающей среде. Новейшие

энергосберегающие технологии в строительстве помимо экономии финансовых ресурсов, открывают и принципиально новые возможности для снижения выбросов в атмосферу вредных веществ. Энергосберегающие технологии строительства представляют собой более выгодный и экологически грамотный способ обеспечения, растущего с каждым годом спроса на энергоносители [1].

Меры по энергосбережению разрабатываются как для вновь построенных зданий, так и для реконструируемых. Однако для достижения значительного снижения энергопотребления в здании помимо стандартных методов повышения энергоэффективности должны быть внедрены проверенные технологии возобновляемых источников энергии.

Основными задачами энергосбережения в строительстве являются:

- снижение энергоемкости, повышение качества строительномонтажных работ за счет усовершенствования технологии;

- материалы с низким содержанием энергии для строительства зданий. Использование материалов с низким содержанием энергии в зданиях может значительно снизить потребление энергии, а также свести к минимуму воздействие строительства зданий на окружающую среду.;

- комплекс мер по тепловой модернизации существующего жилого фонда, зданий и сооружений с целью повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций зданий и сооружений;

- внедрение энергоэффективного инженерного оборудования, такого как светодиодное освещение, вентиляторы, холодильное и кондиционирующее оборудование;

- создание интегрированных технологий возобновляемых источников энергии. Широкой популярностью пользуются такие системы, как солнечный водонагреватель для горячего водоснабжения, небольшая ветряная турбина или солнечная фотоэлектрическая генерация электроэнергии на крыше здания. Различные формы возобновляемых источников энергии получают непосредственно от солнца, ветра, океана, гидроэнергетики, биомассы, а также биотопливо, полученное из возобновляемых ресурсов. Технологии возобновляемых источников энергии имеют ряд преимуществ, таких как устойчивость и безопасность энергоснабжения, длительный срок службы энергетических систем [2].

Этот вид технологий также очень важен для экономики большинства стран, поскольку они могут заменить дорогостоящие и

импортируемые традиционные источники энергии (нефть, газ, уголь и ядерное топливо). Системы солнечной энергии могут применяться очень гармонично на зданиях для покрытия потребностей в отоплении, охлаждении, электричестве и освещении. Фасады, горизонтальные или наклонные крыши домов, гостиниц, спортивных центров и т. д., представляют собой подходящие поверхности для расширенного использования солнечных тепловых коллекторов и фотоэлектрических панелей.

Наиболее устойчивым энергетическим методом является концепция «пассивного» здания. Пассивное проектирование зданий — это процесс проектирования, направленный на достижение очень низкой потребности в энергии (рис.1.). Пассивный солнечный дизайн здания может помочь усилиям по энергосбережению, поскольку дизайн здания напрямую связан с использованием энергии. Здания с пассивными солнечными конструкциями естественным образом используют солнечную энергию для бесплатного отопления, охлаждения и дневного освещения. Это снижает потребность в потреблении энергии из других источников и обеспечивает комфортную среду внутри. Принципы пассивного солнечного дизайна совместимы с различными архитектурными стилями [1-3].

Основными природными процессами, которые используются в пассивной солнечной энергии, являются потоки тепловой энергии, связанные с излучением, проводимостью и естественной конвекцией. Когда солнечный свет попадает в здание, строительные материалы могут отражать, передавать или поглощать солнечное излучение. Кроме того, тепло, производимое солнцем, вызывает движение воздуха, которое может быть предсказуемым в спроектированных пространствах. Эти основные реакции на солнечное тепло приводят к элементам дизайна, выбору материалов и размещению, которые могут обеспечить нагревательные и охлаждающие эффекты в доме.

Пассивная солнечная энергия означает, что механические средства не используются для использования солнечной энергии. Существуют некоторые эмпирические правила, которые необходимо учитывать для эффективного использования солнечной энергии с помощью пассивных солнечных систем. Управление энергией здания может быть достигнуто с помощью концепции здания с почти нулевой энергией [4].

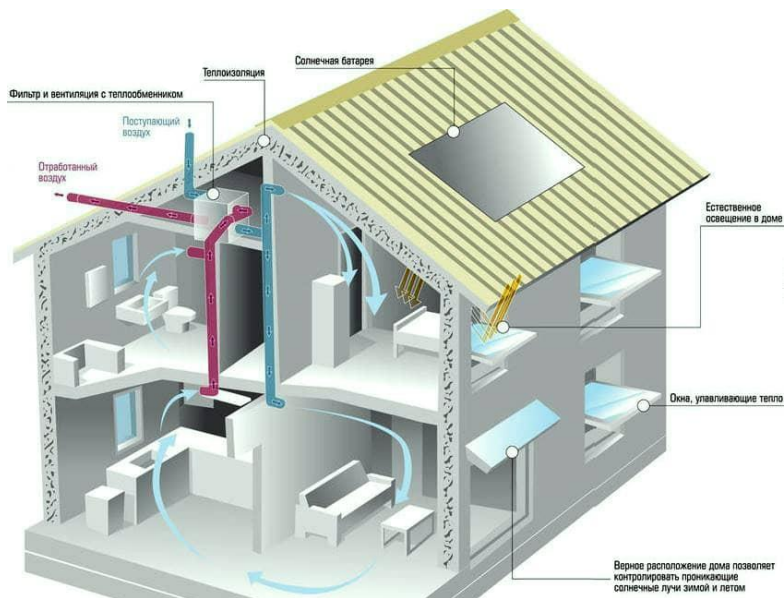


Рис. 1 Конструкция пассивного дома

Как ранее сказано, основными способами снижения энергопотребления в строительстве являются оптимизация потерь тепла, и рационального использования электроосвещения, энергоэффективные системы отопления и автономные источники выработки электроэнергии. На освещение в России расходуется 10 - 13% от общего потребления электроэнергии. Анализ структуры потребления по отраслям показывает, что на промышленность приходится 29%, жилищный сектор - 26%, административные и общественные здания - 20%, уличное освещение - 12% всего объема потребления [4-5].

В заключении хотелось бы отметить, что в данной статье приведены лишь некоторые основные способы по проектированию энергоэффективных зданий из ряда возможных. Актуальность данной темы однозначна и бесспорна, а ее развитие в России - одно из приоритетных направлений в строительстве.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М. Научные основы проектирования энергоэффективных зданий // АВОК. 1998. № 1. С. 144.



2. Горлов А.С., Михайличенко С.А., Перелыгин Д.Н., Севостьянов В.С. Многофункциональные технологические комплексы для переработки природных и техногенных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2003. №6. С.360-365.

3. Табунщиков Ю. А., М. М. Бродач, Н. В. Шилкин Энергоэффективные здания. - М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. - 200 с.

4. Ахмед Ахмед А.А., Володченко А.А., Загороднюк Л.Х., Коломацкий А.С., Кулик Н.В., Прасолова Е.О. Проблема рационального природопользования // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №6. С.7-10.

5. Голованова Л.А. Направления реализации энергосбережения по этапам жизненного цикла здания // Новые идеи нового века. 2006: материалы VI Международ. научно-практической конференции. Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2006. С.153-157.

**УДК 624.042**

***Рафаелян А.В., Аноприенко Д.С.***

***Научный руководитель: Смоляго Н.А., доц.***

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

## **РЕГУЛИРОВАНИЕ УСИЛИЙ В РАМЕ В СВЯЗИ С РЕКОНСТРУКЦИЕЙ ЦЕХА**

В зданиях и сооружениях одним из основных несущих элементов являются рамные конструкции. Рамные конструкции используются в строительстве повсеместно и воспринимают большую часть нагрузок в инженерных сооружениях, они встречаются как в общественных, так и в промышленных зданиях. Также рамные конструкции встречаются в индивидуальных проектах, в которых используются монолитные железобетонные рамные каркасы.

Несмотря на то, что железобетонные рамы имеют широкое применение в строительной отрасли, экспериментальных исследований в ходе, который рассматривается работа рамы на регулирование усилий не так много. В данной работе анализируется регулирование усилий в раме в связи с реконструкцией цеха.

Для начала рассмотрим, что такое вообще искусственное регулирование усилий. Рассмотрим некую систему, которая представлена на (рисунке 1). В нашей системе возьмем стержни из одинакового материала с одинаковой площадью сечения и одинаковым

расстоянием между стержнями. Предположим, что наш средний стержень имеет длину на  $\delta$  меньшую, чем требуется изначально в нашей системе. При сборке всей схемы меньший, чем надо стержень так или иначе придется натянуть, чтобы иметь возможность приварить его к основной балке. В результате после монтажа в стержнях системы возникнут какие-то усилия. В крайних стержнях возникнут сжимающие усилия, а в среднем стержне растягивающее.

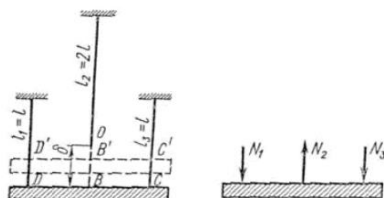


Рис. 1. Система из стержней

Для определения усилий в стержнях используем способ сравнения деформаций. Из условий равновесия получим  $\sum M_B = 0$ , откуда  $N_1 = N_3$ ;  $\sum Y = 0$ , откуда  $N_2 = 2N_1$ . Из условия совместности деформации имеем:  $DD' = BB' = OB - OB'$ , но  $DD' = \Delta l_1$ ,  $OB' = \delta$ ,  $OB' = \Delta l_2$ , следовательно

$$\Delta l_1 = \delta - \Delta l_2 \text{ или } \frac{N_1 l}{EA} = \delta - \frac{N_2 2l}{EA}$$

$$\text{Подставив сюда значение } N_2 = 2N_1, \text{ получим } N_1 = \frac{\delta EA}{5l}; N_2 = \frac{2\delta EA}{5l}$$

Знак плюс перед значениями  $N_1$  и  $N_2$  показывает, что наши предположения об их направленности правильны, то есть крайние стержни будут сжаты, а средний – растянут.

Если к этой системе приложить теперь нагрузку, например, силу  $F$  в точке  $B$ , то усилия от этой нагрузки во всех стержнях будут растягивающими. Суммируя эти усилия с монтажными усилиями, мы получим:

$$N_1 = \frac{2F}{5} - \frac{\delta EA}{5l}; N_2 = \frac{F}{5} + \frac{2\delta EA}{5l} \quad (1)$$

Изменяя зазор  $\delta$ , можно искусственно регулировать усилия и напряжения в статически неопределимых системах. Например, можно выбрать  $\delta$  таким, чтобы напряжения во всех стержнях системы были одинаковыми.

Регулирование усилий в раме в связи с реконструкцией цеха можно также рассмотреть на примере следующей задачи. Как показано на рис. 2а во время реконструкции цеха на ригель рамы перекрытия,

который находится под равномерно-распределенной нагрузкой, требуется приложить дополнительную нагрузку  $q_1=0,5q$ . Далее на рис. 2б изображено, что для этого систему усиливают установкой предварительного напряженной затяжки КС, после чего прикладывают нагрузку  $q_1$ .

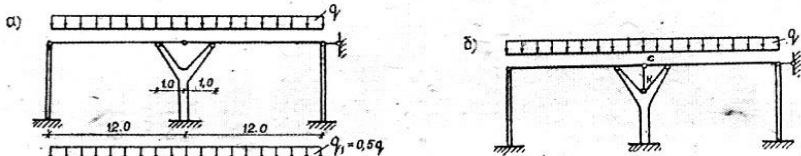


Рис. 2. Ригель рамы перекрытия

В ходе рассмотрения регулирования усилий в раме в связи с реконструкцией цеха требуется определить усилие предварительного напряжения затяжки, исходя из условий обеспечения прочности и жесткости ригеля. В связи с этим в начальном нагруженном состоянии ригеля, который можно рассматривать по схеме неразрезной балки (рис. 3, а), имеет место эпюра моментов от нагрузки  $q$  (рисунок 3, б). Максимальный прогиб ригеля в данном случае равен  $111,054q/EJ$ .

Очевидно, что после реконструкции момент в опасном сечении от нагрузки  $q_2=1,5q$  и усилия  $X$  не должны превосходить  $14,878q$ . Исходя из данного условия построим эпюры, которые получились при расчете ригеля рамы перекрытия:

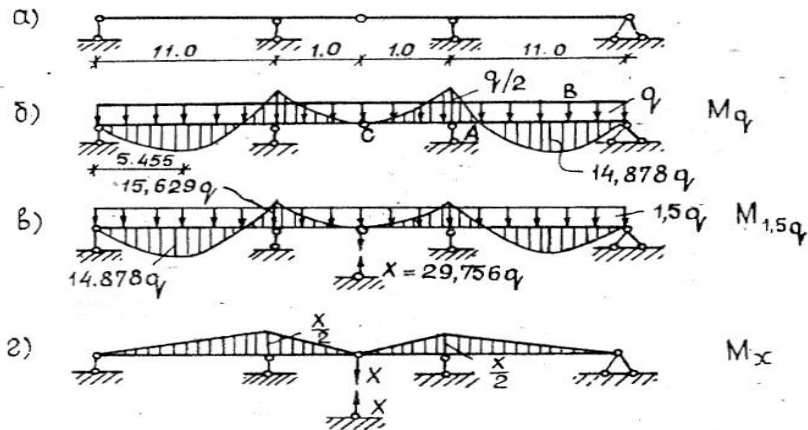


Рис. 3. Эпюры, получившиеся при расчёте ригеля рамы перекрытия

В итоге мы получаем, что требуемое усилие в затяжке  $X=29,756q$ . Заметим, что момент в другом опасном сечении А достигает величины  $15,629q$ , то есть 5% от начального (допустимого) значения  $M_b$ . Далее определяется усилие самонатяжения  $X^c$ . Так как усилие конструкции выполняется под нагрузкой  $q$ , то усилие в затяжке возникает только при дополнительном нагружении ригеля (от  $q_1=0,5q$ ):

$$X^c = -\frac{\Delta 1P}{\delta_{11}} \delta_{11} = \frac{2}{EI} A = -\frac{26,748q}{EI} \quad (2)$$

Из чего следует, что  $X^c=13,374q$ . Стоит отметить, что данный расчет выполнен без учета податливости затяжки и продольного обжатия стоек. Усилие предварительного напряжения получается равным:  $X^n=X-X^c=16,38q$ . В конечном итоге мы получаем, что максимальные прогибы ригеля меньше первоначальной величины.

Основной задачей строительной механики является разработка методов расчета и получения данных для надежного и экономичного проектирования зданий и сооружений. Именно поэтому к расчету регулирования усилий в раме в связи с реконструкцией цеха нужно подходить ответственно, учитывая все тонкости расчета подобных конструкций.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Избранные задачи по строительной механике и теории упругости (регулирование, оптимизация) / Н.П. Абовский, Л.В. Енджинвский, В.И. Савченков, А.П. Деруга, М.И. Рейтман. – М.: строй. – издат., 1978 г. 187 с.
2. Ржаницын А.Р. Строительная механика – М.: Высшая школа, 1982 г. – 400 с.
3. Смирнов А.Ф., Александров А.В., Лашеников Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Стержневые системы. – М.: Стройиздат, 1981 г. – 488 с.
4. Александров А.Б., Лашеников Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Тонкостенные и пространственные системы. – М.: Стройиздат, 1983 г. – 488 с.
5. Абовский Н.П., Енджиевский А.В., Савченков В.Н., Деруга А.П., Рейтман М.И., Гетц И.И., Погман Ю.М. Регулирование, синтез, оптимизация. Избранные задачи по строительной механике и теории упругости. – Красноярск: Изд-во красноярского университета, 1985 г. – 382 с.

б. Дегтярь А.Н., Юрьев А.Г., Смоляго Н.А., Серых И.Р., Яковлев О.А. Сопротивление материалов с основами статики абсолютно твердых и деформируемых тел. – М.: Белгород, 2016 г.

**УДК 691**

*Рафаелян А.В., Аноприенко Д.С.*

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

*Белгородский государственный технологический университет*

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

## **АНАЛИЗ МИРОВОГО РЫНКА КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ**

Поскольку в современном строительстве основным строительным материалом является бетон и железобетон, арматура играет важную роль в сооружениях и используется для усиления и улучшения свойств бетона. В состав композитной арматуры входят неметаллические стержни, которые могут быть из стеклянных, базальтовых, углеродных или арамидных волокон, которые, в свою очередь, пропитаны термореактивным или термопластичным полимерным связующим [1, 2].

На сегодняшний день объем мирового рынка композитной арматуры растет быстрыми темпами. Мировой рынок армирующих материалов оценивался в 16,3 млрд долларов в 2020 году и, по прогнозам, достигнет 36,8 млрд долларов к 2030 году, увеличившись в среднем на 8,7% в период с 2021 по 2030 год [3].

Согласно отчетам аналитиков, из DISCOVERY Research Group, объем рынка строительной стальной арматуры в России в 2019 году составил 7,164 млн. т. Для сравнения по их расчетам объем рынка композитной арматуры в том же году составил 110 млн. пог. м.

По типу материала стекловолокно стало крупнейшим сегментом продукции на мировом рынке армирующих материалов. Стекловолокно лидирует на рынке армирующих материалов по объему и стоимости благодаря своим преимуществам, таким как снижение веса и долговечность (рисунок 1) [3].

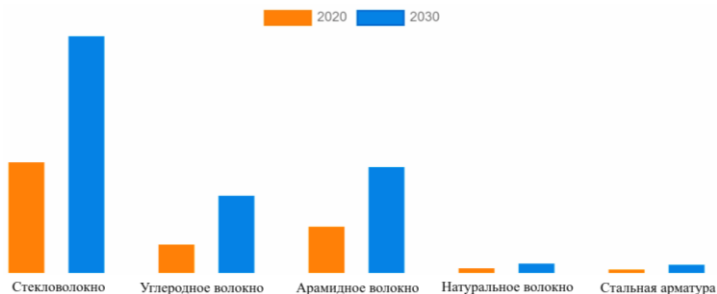


Рис. 1. Рынок армирующих материалов по типу материалу

Строительство обеспечивает наибольшую долю доходов на рынке армирующих материалов (рисунок 2). Композитная арматура широко используется в строительной отрасли для фундаментов, возведения зданий и работ по техническому обслуживанию. Арматура используется для усиления механических свойств здания и помогает сделать конструкцию более прочной и жесткой [4].

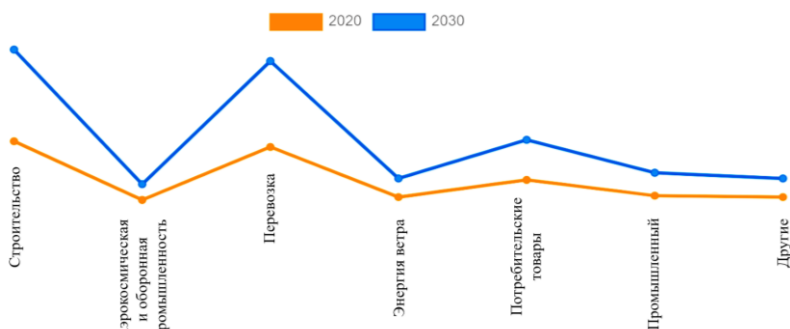


Рис. 2. Рынок армирующих материалов по конечному пользователю

Анализируя мировой рынок композитной арматуры, нужно учитывать влияние Covid-19 на рынок армирующих материалов. Пандемия привела к тому, что во многих отраслях появилась нехватка сырья, а также сбои в цепочке поставок. В мире приостановлена деятельность многих строительных организаций, что в значительной мере снизило спрос на армирующие материалы.

Азиатско-Тихоокеанский регион вносит значительный вклад в мировой спрос на армирующие материалы. В 2020 году Азиатско-Тихоокеанскому региону принадлежала наибольшая доля рынка армирующих материалов – более 41,4%. Быстрая урбанизация,

увеличение инвестиций в развивающихся странах, таких как Китай и Индия, способствовали увеличению спроса на армирующие материалы [3].

Повсеместно заменить стальную арматуру нельзя, поскольку в некоторых сферах строительства стальная арматура по-прежнему играет ключевую роль, но композитная арматура достаточно широко применяется в других областях строительства [4].

Если взять в расчеты оценки производителей композитной арматуры со всего мира, то можно убедиться в том, данный рынок растет. На (рисунке 3) представлено распределение рынка композитной арматуры в мире [4].

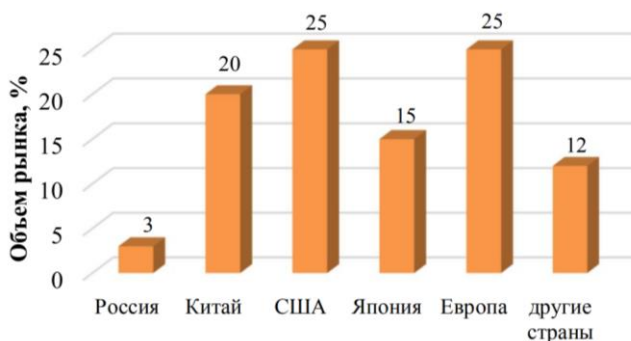


Рис. 3. Анализ мирового рынка композитной арматуры

Глобальными факторами, которые влияют на рост рынка композитной арматуры являются увеличение числа патентов, связанных с композитной арматурой, и реальных крупных проектов, которые используются в международной практике. Например, относительно недавно на мировом рынке появился новый материал из гибридного композитного слитка, в состав которого входят различные волокна (рисунок 4) [5].

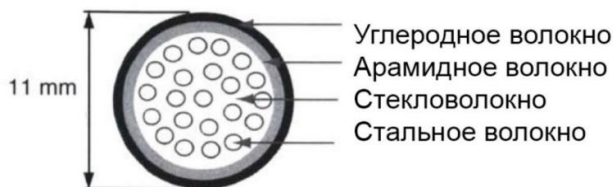


Рис. 4. Состав стержня композитной арматуры

Данный состав стержня позволит получить преимущества каждого из материалов. Благодаря использованию стальных волокон в смоле повысилась пластичность стержня. Стальные волокна также будут защищены от коррозии, будучи в смоле и наличии в ней углеродных и арамидных волокон [4].

Строительная отрасль является одной из самых значимых в мировой экономике и появление таких инновационных материалов как композитная арматура в значительной мере способствует развитию как рынка строительных материалов, так и всего строительства в целом.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рафаелян А.В., Кренев В.В. Перспективы применения композитной арматуры в строительстве // В сборнике: V Международный студенческий строительный форум - 2020. Сборник докладов. В 2-х томах. Белгород, 2020. С. 227-230.

2. Кренев В.В., Рябчевский И.С. Анализ применения гибких связей для многослойных ограждающих конструкций // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2020 С. 2134-2137.

3. Чумакова С.Ф., Петкун Я.Р., Хохлова Л.И. Композитная арматура, новые разработки, анализ рынка, применение // В сборнике: Недра Калмыкии. Материалы IX региональной студенческой научно-практической конференции. 2019. С. 133-136.

4. Усачев А.М., Хорохордин А.М., Данилова А.В. Анализ перспектив развития рынка стальной и композитной арматуры // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2016. № 2 (13). С. 122-126.

5. Reinforcement Materials Market by Material Type (Glass Fiber, Carbon Fiber, Aramid Fiber, Natural Fiber, and Steel Rebar), and End-User (Construction, Aerospace & Defense, Transportation, Wind Energy, Consumer Goods, Industrial, and Others): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast 2020–2030.



*Реунов Н.О.*

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

## **ОБЗОР ВИСЯЧИХ ПОКРЫТИЙ И МЕТОД МОНТАЖА**

В настоящее время вантовые покрытия широко распространены в строительстве, потому что они обладают рядом преимуществ перед другими строительными конструкциями. Например, они способны перекрывать большепролетные здания и сооружения, в которых нет промежуточных опор, а также с их помощью можно создавать строительные объекты специфической криволинейной формы, соответствующей любому возможному архитектурному замыслу. [2].

Помимо вышеперечисленных достоинств, вантовые конструкции экономически выгодны по сравнению с другими большепролетными конструкциями (балочными, купольными и др.), так как расход материала на единицу перекрываемой площади минимален (вес очень мал).

Но такие конструкции имеют и недостатки, главный из которых – деформативность под воздействием нагрузок. Чтобы устранить этот недостаток, конструкции необходимо предварительно напрягать, т.е. сделать ее геометрически неизменяемой, что позволит воспринимать сжимающие напряжения. И тогда деформативность можно рассматривать как особенность данного вида конструкций. [4].

В вантовых покрытиях вероятность возникновения резонанса на порядок выше, чем в обычных конструкциях, потому что частота вынужденных колебаний нередко совпадает с частотой гармонической силы.

Наиболее трудоемкой частью строительного процесса является монтаж вантовой сети. Ванты в опорном контуре закрепляют с помощью анкеров, состоящих из гильзы и клиньев, в которых обжимаются концы каждого каната. Затем производят натяжение вант гидравлическим домкратом. По системе продольных и поперечных вант, расположенных под углом в  $90^\circ$  друг к другу, укладывают плиты покрытий. Снова происходит натяжение уже загруженной вантовой сети до проектных усилий, а затем замоноличивают швы между плитами и вантами. Таким образом, получают сборно-монолитную преднапряженную конструкцию, которая работает как единое целое. Технологии монтажа значительно отличаются друг от друга, потому что

отсутствуют типовые решения для большепролетных покрытий. Поэтому при проектировании зданий и сооружений рассматривают несколько вариантов покрытий, которые могут быть использованы, сравнивают их и выбирают наиболее оптимальный вариант, соответствующий заявленным заказчиком требованиям по прочности, технологичности и другим технико-экономическим показателям.

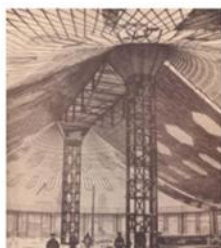


Рис. 1 Здание строительного и инженерного отделов с сетчатым покрытием инженера В.Г. Шухова

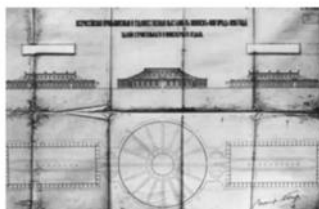


Рис. 2 Ротонда и прямоугольные здания строительного и инженерного отдела с деревянными покрытиями

По форме поверхности различают одноярусные и двухъярусные вантовые конструкции. Одноярусные системы выполняются над помещением прямоугольной и круглой формы (рисунок 3). В середине круглого помещения может быть установлена дополнительная опора, которая позволяет увеличить размеры перекрываемых пролетов и обеспечить более удобное водоотведение с покрытия [3]. Двухъярусными называются такие системы, которые состоят из двух гибких нитей, расположенных друг над другом, которые связаны между собой распорками или растяжками. Совместная работа нитей обеспечивается предварительным напряжением. Пояса с положительной кривизной, у которых стрелка провеса направлена вниз, являются несущими, а пояса с отрицательной кривизной – стабилизирующими. В основном такие системы распространены в зданиях и сооружениях круглой формы. Общая пространственная жесткость двухъярусного покрытия обеспечивается за счет решетчатых связей в виде сплошной ленты по кольцам в местах расположения распорок [1].

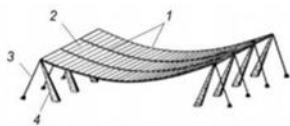


Рис. 3 Однопоясные вантовые покрытия

1- несущие ванты; 2- элементы покрытия; 3- оттяжки; 4- опоры; 5- стабилизирующиеся ванты

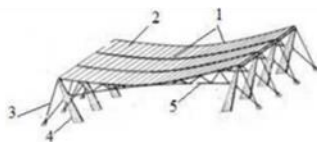


Рис. 4 Двухпоясные вантовые покрытия

Для отвода воды и удобства ведения монтажных работ кроме несущего каната может дополнительно устанавливаться верхний — стабилизирующий канат (рисунок 5). Пример устройства Байтового перекрытия приведен на (рисунок 5).

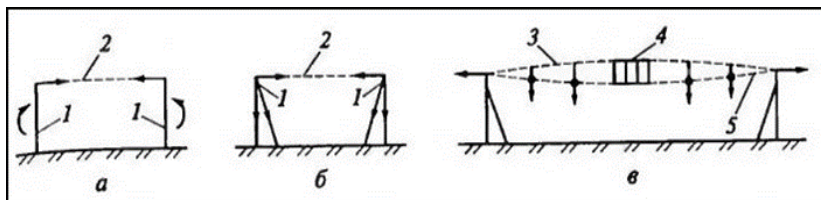


Рис.5.: а и б — соответственно при незамкнутом и замкнутом опорном контуре; в — при натяжении и при грузке вантовых ферм; 1 — опорный контур; 2 — ванты; 3 — стабилизирующий канат, 4 — центральная цилиндрическая опора; 5 — несущий канат.

### Технология перекрытия

Вантовыми фермами была использована при строительстве Дворца спорта Юбилейный в Санкт-Петербурге.

Здание, круглое в плане, высотой 20 м, диаметром 93 м, включает в себя спортивную арену, трибуны, обслуживающие и вспомогательные помещения. Распор от натяжения тросов воспринимается металлическими колоннами и железобетонным кольцом, которое через консоли крепится к 48 колоннам.

Вантовые полуфермы собирались внизу на стендах, наносилось антикоррозийное покрытие, устанавливались анкерные муфты и т.п.

Монтаж полуферм осуществлялся с помощью башенного крана, перемещающегося по кольцевым путям, проложенным вокруг здания, и сводился к подъему вантовых ферм и закреплению их с одной стороны к металлическим кольцам, а с другой — к заводке тросов с муфтам гнезд на колоннах.

Несущий и стабилизирующий тросы (соответственно диаметром 65 и 42,5 м) крепились на колоннах на разных уровнях, что позволило сократить высоту здания и установить в местах излома поверхности кровли приемные воронки для внутреннего водостока.

В качестве плит покрытия использовались стальные панели трапециевидной формы, покрываемые затем пенопластом и рубероидным ковром.

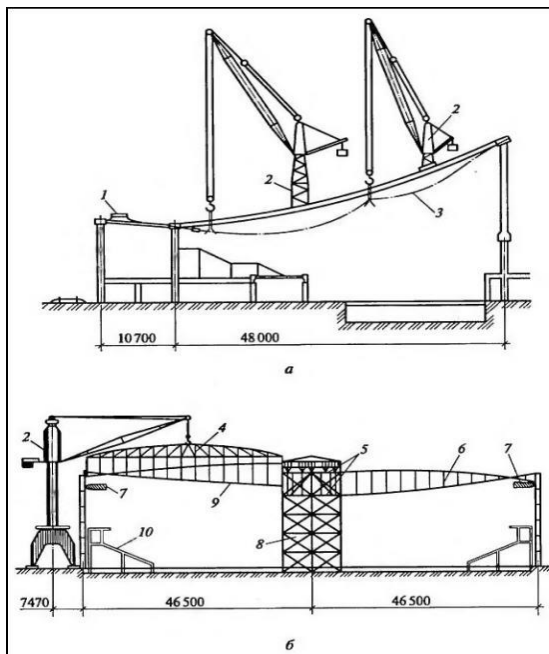


Рис.6. Технологические схемы перекрытия больших пролетов висячими конструкциями: а — вантовыми канатами; б — вантовыми фермами; 1 — электролебедка; 2 — башенные краны. 3 — вантовый канат; 4 — траверса, 5 — постоянная цилиндрическая опора из двух колец и стоек; б — установленная ферма. 7 — опорное железобетонное кольцо; 8 — временная монтажная опора; 9 — монтируемая вантовая ферма, 10 — трибуна

Анализируя все вышесказанное можно сделать следующие выводы: вантовые покрытия применяются для перекрытия большепролетных зданий и сооружений, по сравнению с другими вариантами являются экономичными, но трудны в монтаже.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кирсанов Н.М. Висячие и вантовые конструкции: Учеб. пособие для вузов. М.: Стройиздат, 1981. 158 с.
2. Швиденко В.И. Монтаж строительных конструкций. М.: Высш. шк., 1987. 423 с.
3. Дмитриев Л.Г., Касилов А.В. Вантовые покрытия. // Расчет и конструирование. Киев: «Будівельник», 1974. 272 с.
4. Агеева, Е. Ю., Тишков, В. А. и др. Конструктивные особенности висячих покрытий в общественных зданиях: учеб. пособие для вузов - Нижний Новгород: ННГАСУ, 2015. – 87с.
5. Кривошапка С.Н. Висячие тросовые конструкции и покрытия сооружений // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №7(34).
6. В.В. Кочерженко, А.В. Кочерженко. Основы технологии возведения зданий и сооружений: учеб. пособие / В.В. Кочерженко, А.В. Кочерженко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 249 с.
7. Пашкова Л.А., Денисова Ю.В., Эволюция большепролетных сооружений на примере олимпийских объектов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016 №11 С. 88-93.

**УДК 69.07**

***Рубанова Э.А., Багаутдинов Р.И.***

***Научный руководитель: Школяр Ф.С., ст. преп.***

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
г. Санкт-Петербург, Россия*

### **ВЛИЯНИЕ ПОДАТЛИВОСТИ ПЛАТФОРМЕННОГО СОЕДИНЕНИЯ ТИПА КЭ-55 НА НДС КОНСТРУКЦИИ**

В настоящее время строительство сборных железобетонных конструкций становится более востребованным на фоне монолитного строительства. Выделяют данный тип конструкций ускоренные сроки возведения здания за счет применения готовых типовых решений и снижения количества монтажных работ. Повышение качества проектирования межпанельных стыковых соединений необходимо в рамках современного темпа развития отрасли.

Цель работы: Определение влияния величины податливости платформенного соединения КЭ-55 типа на напряженно-деформированное состояние расчетной модели.

Задачи работы:

1. Рассчитать жесткостные характеристики платформенного соединения модели КЭ-55 типа.

2. Изучить характер поведения конечно-элементной модели в зависимости от заданных жесткостных характеристик.

Метод конечных элементов широко применяется для расчета любых типов зданий независимо от конструктивных решений. Данный метод наиболее точно описывает свойства и поведение рассчитываемого объекта. Применяемый для расчета крупнопанельных зданий метод конечных элементов (МКЭ) позволяет рассмотреть здание как систему отдельных элементов, называемых конечными элементами (КЭ).

Рассмотрим построение и работу расчетной модели платформенного стыка КЭ-55 с двухсторонним опиранием плит перекрытий опираясь на исследование Г.И. Шапиро [1], [2]. Элемент КЭ-55 учитывает податливость связей между смежными узлами.

Жесткость каждой связи эквивалентна жесткости соответствующего участка платформенного стыка:

$$K = \frac{A}{\lambda} \quad (1.1)$$

где  $A$  – площадь участка платформенного стыка;  $\lambda$  – податливость платформенного стыка.

Коэффициент податливости платформенного стыка при сжатии согласно СП 335.1325800.2017 определяется по формуле:

$$\lambda_{c,pl} = \left( \lambda_m' + \lambda_m'' + \frac{h_{pl}}{E_{pl}} \right) \frac{A}{A_{pl}} \quad (1.2)$$

где  $\lambda_m'$ ,  $\lambda_m''$  – коэффициенты податливости при сжатии соответственно верхнего и нижнего горизонтальных растворных швов;  $h_{pl}$  – высота опорной части плиты перекрытия;  $A_{pl}$  – площадь платформенных участков стыка, через которые передаются сжимающие напряжения;  $E_{pl}$  – начальный модуль упругости бетона опорной части плиты перекрытий.

Коэффициент податливости при сжатии горизонтального растворного шва  $\lambda_m$  следует определять в зависимости от значения

сжимающих напряжений в растворном шве  $\sigma_m$ . При значениях  $\sigma_m \leq 1,15R_m^{2/3}$  и  $2R_m^{2/3} \geq \sigma_m \leq 1,15R_m^{2/3}$  соответственно:

$$\lambda_{m_1} = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot R_m^{-2/3} \cdot t_m; \lambda_{m_2} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot R_m^{-2/3} \cdot t_m \quad (1.3), (1.4)$$

где  $R_m$  – кубиковая прочность раствора, МПа;  $t_m$  – толщина растворного шва, мм.

Произведем расчет для конечно-элементной модели с шагом разбивки узлов 400 мм по принятым конструктивным характеристикам:  $h_{pl} = 210$  мм;  $t_w = 180$  мм;  $t_m = 20$  мм. Бетон В25;  $E_{pl} = 30000$  МПа;  $\varphi = 2,5$ . Раствор замоноличивания М150;  $G = 6200$  МПа. Учитываемая в расчете нагрузка имеет кратковременное воздействие.

Коэффициент податливости платформенного стыка по (1.2):

$$\lambda_{(c,pl)_1} = \left( 2 \cdot (1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 15^{-2/3} \cdot 20) + \frac{210}{30000} \right) \frac{180}{(180 - 20)} = 0,01896 \text{ мм/Н}$$

$$\lambda_{(c,pl)_2} = \left( 2 \cdot (5 \cdot 10^{-3} \cdot 15^{-2/3} \cdot 20) + \frac{210}{30000} \right) \frac{180}{(180 - 20)} = 0,04486 \text{ мм/Н}$$

Жесткость КЭ-55 на сжатие  $K_Z$  при  $\sigma_m \leq 1,15R_m^{2/3}$  и  $2R_m^{2/3} \geq \sigma_m \leq 1,15R_m^{2/3}$  соответственно для кратковременного действия нагрузки определяется по формуле (1.1):

$$K_{Z_1} = \frac{400 \cdot 180}{0,01896} = 3797468 \text{ Н/мм}; K_{Z_2} = \frac{400 \cdot 180}{0,04486} = 1604993 \text{ Н/мм}$$

Коэффициент податливости платформенного стыка при сдвиге определяется по формуле:

$$\lambda_{\tau} = (\lambda'_{\tau,m} + \lambda''_{\tau,m}) \frac{A}{A_{pl}} = \left( \frac{20}{6200} + \frac{20}{6200} \right) \frac{180}{180 - 20} = 0,00727 \text{ мм/Н}$$

Рассмотрим несколько вариантов определения жесткости КЭ-55 на сдвиг  $K_{X,Y}$  при кратковременном действии нагрузки.

Вариант 1 рассчитывается с учетом величины податливости связи по (1.1):

$$K_{x,y} = \frac{400 \cdot 180}{0,00727} = 9903714 \text{ Н/мм}$$

Вариант 2 определяет жесткость с учетом модуля сдвига бетона замоноличивания:

$$K_{x,y} = G \frac{A_{pl}}{\sum t_m} = 6200 \frac{400 \cdot (180 - 20)}{20 + 20} = 9920000 \text{ Н/мм} \quad (1.5)$$

Вариант 3 зависит от жесткости сжатия:

$$K_{x,y} = 0,4 \cdot K_z \quad (1.6)$$

$$K_{(x,y)_1} = 0,4 \cdot 3797468 = 1518987 \text{ Н/мм}$$

$$K_{(x,y)_2} = 0,4 \cdot 1604993 = 641997 \text{ Н/мм}$$

Итоговые результаты всех расчетных вариантов представлены в сводной (таблице 1).

Таблица 1 – Жесткостные характеристики платформенного стыка

			Н/мм	Тс/м
$K_z$		$\sigma_m \leq 1,15R_m^{2/3}$	3797468	387101
		$\sigma_m > 1,15R_m^{2/3}$	1604993	163607
$K_{x,y}$	Вариант 1		9903714	1009552
	Вариант 2		9920000	1011213
	Вариант 3	$\sigma_m \leq 1,15R_m^{2/3}$	1518987	154840
		$\sigma_m > 1,15R_m^{2/3}$	641997	65443

Для определения влияния величины податливости на напряженно-деформированное состояние конструкции создадим конечно-элементную модель с использованием узлов типа КЭ-55 в ПК Лира-САПР 2020. Далее рассмотрим варианты 1 и 3:



Таблица 2 – Варианты расчетных характеристик КЭ-55

Расчетная величина стыкового соединения	Вариант 1	Вариант 3
Жесткость сжатия $K_z$ , тс/м	387101	
Жесткость сдвига $K_{x,y}$ , тс/м	1009552	154840

Модель состоит из 4-х этажей, высота каждого этажа составляет 3 метра. На каждом из этажей расположены 3 стены с шагом 3 метра. Для расчета модели прикладываются равномерно распределенные по площади обобщенные единичные нагрузки вертикального и горизонтального направления (рисунок 1). Жесткостные характеристики, учтенные в вариантах расчетной модели, указаны в таблице 2. Шаг разбивки конечно-элементной модели принимается равным 400x15. Результаты будем оценивать по эпюрам напряжений в ПК Лира-САПР.

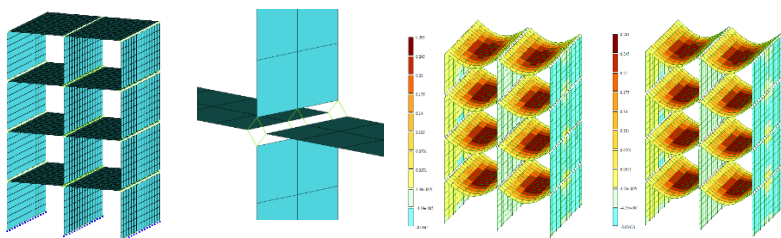


Рис. 1 Расчетная модель КЭ-55. Мозаика усилий  $M_x$  в пластинах

Составим сводную таблицу для рассматриваемых расчетных моделей по максимальным значениям (таблица 3).

Таблица 3 – Сводные результаты расчета модели КЭ-55

	Ед. изм	Вариант 1	Вариант 2
Усилия $M_x$ в пластинах	т/м <sup>2</sup>	0,281	0,281
Усилия $M_y$ в пластинах	т/м <sup>2</sup>	1,5	1,5
Усилия $N_x$ в пластинах	т/м <sup>2</sup>	6,45	6,17
Усилия $N_y$ в пластинах	т/м <sup>2</sup>	4,51	3,16
Перемещения по X в пластинах	мм	0,0115	0,0122
Перемещения по Y в пластинах	мм	0,005886	0,00577

Усилия $N_x$ в соединениях КЭ-55	т	0,952	0,731
Усилия $N_y$ в соединениях КЭ-55	т	0,173	0,131
Усилия $N_z$ в соединениях КЭ-55	т	-0,29	-0,289

По результатам, представленным в (Таблице 1.3) усилия  $M_x$ ,  $M_y$  в пластинах не зависят от изменения величины сдвиговой жесткости. Максимальные усилия  $N_x$ ,  $N_y$  в пластинах с уменьшением величины сдвиговой жесткости на 85% меняются на 4% и 30%. Перемещения по  $X$  и  $Y$  имеют несущественные расхождения приближенные к нулю. Усилия  $N_z$  в соединениях КЭ-55 практически не меняются, а изменение усилий  $N_x$ ,  $N_y$  прямо пропорционально изменению усилий в пластинах, усилия распределяются не на перекрытия и стеновые панели, а концентрируются в элементах соединения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шапиро, Г.И., Юрьев, Р.В. К вопросу о построении расчетной модели панельного здания // Промышленное и гражданское строительство. 2004. № 12. С. 32-33.
2. Шапиро, Г.И., Смирнов, А. В. О расчете конструкций панельных зданий с каркасными конструкциями нижних нежилых этажей // Строительство и реконструкция. 2016. №. 4. С. 64-72.
3. СП 335.1325800.2017 Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования (с Изменением N 1) / Свод правил от 07 декабря 2017 г.
4. Пособие по расчету крупнопанельных зданий. Выпуск 1 Жесткостные характеристики. М. 1974.
5. Лишак, В.И. Прочность и жесткость стыковых соединений крупнопанельных конструкций. Опыт СССР и ЧССР // М., Стройиздат, 1980. С. 192.
6. Характеристики жесткости стен, элементов и соединений крупнопанельных зданий: пособие по расчету крупнопанельных зданий. Вып.1. М., Стройиздат, 1974. С. 40.
7. Васильков, Б.С. Расчет сборных конструкций зданий с учетом податливости соединений // М.: Стройиздат, 1985. С. 144.
8. Зенин, С.А., Шарипов, Р.Ш., Мухамедиев, Т.А. Проектирование сборно-монолитных железобетонных конструкций (о проекте Свода правил) // Вестник НИЦ Строительство. 2017. № 4(15). С. 107–115.

9. Каргина, Е.Е., Чубаров, В.Е. Анализ существующих методов оценки податливости связей крупнопанельных зданий // Молодой исследователь Дона. 2017. №5 (8).

10. Пособие по проектированию жилых зданий. Конструкции жилых зданий // ЦНИИЭП жилища Госкомархитектуры. Стройиздат. 1989. Выпуск 3. С. 304.

*УДК 658.567.1*

*Рыжих Д.А., Рыжих В.Д., Пушкарская Д.В.  
Научный руководитель: Черкашина Н.И, канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия*

## **ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АГРАРНЫХ ОТХОДОВ**

Указом президента РФ от 19.04.2107 №176 утверждена на период до 2025 года Стратегия экологической безопасности, задачей которой является «... эффективное использование природных ресурсов, повышение уровня утилизации отходов производства и потребления». Одним из решений данной задачи является повторное применение отходов.

В последнее время, активно изучаются и проверяются научными исследованиями методы и технологии получения нового материала из возобновляемого сырья. В частности, рассмотрим применение аграрных отходов (шелухи зерновых культур) в качестве компонентов композиционных материалов.

В данной работе представлен обзор свойств полимерных композиционных материалов на основе аграрных отходов.

В работе [1-3] исследовали в качестве наполнителя для полиэтилена высокого давления подсолнечную шелуху, с целью получения биоразлагаемых упаковочных материалов, для этого применялись методы экструзии, литьё под давлением, прессование, формование. При исследовании использовали подсолнечную шелуху в объеме 30 масс. %, а затем сравнивали с другими наполнителями растительного происхождения. Далее проводили фракционное разделение по размеру частиц и отбирали те, размер частиц которых не превышал 200 мкм, с целью получения пленок вальцеванием. В исследовании было установлено, что при температуре 220°C и ниже пиролиз шелухи подсолнечника не происходит. Еще одним выводом из исследования было то, что пленки с применением подсолнечной

шелухи наиболее подвержены окислению  $O_2$  в сравнении с другими исследованными композитами, в числе которых были с применением компатибилизаторов. По мнению авторов, это объясняется тем, что шелуха подсолнечника содержит растительные масла с непрерывной углеводородной цепью, которая реагирует с кислородом.

В работе [4] изучали получение экструзией композитов с полиэтиленовой и полипропиленовой матрицами с добавлением наполнителей на растительной основе (подсолнечная шелуха, отруби пшеницы, древесные опилки и их совокупностью). Свойства композитов изменялись в зависимости от состава компонентов и технологических параметров экструзии. Исследуемые составы представлены в (таблице).

Таблица – Состав исследуемой смеси [4]

Состав	Влажность %			
	15	20	30	40
Опилки – 50%; отруби – 20%; ПЭНД – 30%	-	1	2	-
Лузга – 40%; отруби – 40%; ПЭНД – 20%	-	3	4	5
Опилки – 70%; отруби – 20%; ПЭНД – 10%	-	-	-	-
Опилки – 30%; отруби – 35%; ПЭНД – 35%	-	6	7	8
Опилки – 80%; ПЭНД – 20%	9	10	11	-

По результатам исследования также было установлено, что к повышению плотности полученного композита и увеличению прочности на растяжение и усилия при срезе влияет повышение температурного режима экструдера на выходе из головки экструдера. Авторы заключили, что использование исследованных растительных отходов является перспективным направлением.

Рассмотрен патент Республики Корея [5] где автор предлагает способ получения экологичной тонкой пленки посредством экструзии плоскощелевой головки. Такая пленка состоит из 65 масс. % пшеничной шелухи, 20 масс. % полиэтилена, 12,5 масс. % крахмала и разных технологических добавок.

В работе [6] также был описан процесс получения биоразлагаемых пленок в составе которых была шелуха пшеницы и кукурузы, а в качестве полимерной матрицы использовался крахмал. В данной работе исследовалась взаимосвязь между размером частиц наполнителя и барьерными и механическими свойствами полученного материала. Отмечено, что при добавлении к крахмалу лузги пшеницы и кукурузы повышается модуль упругости пленок, увеличиваются прочностные пределы на растяжении, увеличивается прочность на удар [7]. Что

касается проницаемости пленки для водяного пара, то в данном случае сочетание крахмал и кукурузная шелуха показали лучший эффект, нежели сочетание крахмал и шелуха пшеницы. Автор так же предположил, что данные биопленки могут использоваться в качестве съедобной упаковки, так как выполнены из растительных материалов.

В работе [8] для получения композитов на растительной основе на ряду с древесными наполнителями исследовались аграрные наполнители (солома и лузга овса, пшеницы), которые предварительно не измельчали. Доли полимерной матрицы и наполнителя были равны – 50:50. Полимерная матрица также содержала смазывающие агенты – 3-6% от массы полимера. Компоненты смешивали в экструдере при температурном режиме 180-190 °С. Далее смесь охлаждалась до комнатной температуры и формировались гранулы, которые в последующем методом горячего прессования при температуре 190 °С и давлении 15 МПа формировались в диски или пластины 150\*100\*5 мм после чего испытывались их физико-механические свойства. Авторами были получены результаты, которые показали, что композиты с аграрными наполнителями уступали древесно-полимерным композитам по показателям твердости, водостойкости и контактного модуля упругости, а по показателям прочности на изгиб и ударной вязкости композиты с аграрным наполнителем приближены к эталону.

Анализ литературных данных показал возможность практического использования аграрных отходов (шелухи подсолнечника, овса, пшеницы и прочего) при производстве полимерных композитов

Финансирование:

Исследование выполнено в рамках Государственного задания Минобрнауки России №FZWN-2021-0015.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Пантюхов, П.В. Особенности структуры и биодegradация композиционных материалов на основе полиэтилена низкой плотности и растительных наполнителей: дисс. канд. хим. наук: 02.00.06 / П.В. Пантюхов. – М., 2013. – 127 с.

2. Пат. 2473578 Российская Федерация, МПК C08L 97/02. Биоразлагаемая термопластичная композиция / П.В. Пантюхов, Н.Н. Колесникова, А.А. Попов; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук. - 2011126234/05; заявл. 27.06.2011; опубл. 27.01.2013, Бюл. № 3.

3. Пантюхов, П.В. Композиционные материалы на основе полиэтилена и лигноцеллюлозных наполнителей. Структура и свойства / П. В. Пантюхов, Т. В. Монахова, А. А. Попов, С. Н. Русанова. – Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15. – № 13. – С. 177-182.

4. Сагитов, Р.Ф. Экструдирование различных видов пластиковых и целлюлозосодержащих отходов с целью получения древеснонаполненных пластмасс / Р.Ф. Сагитов, С.В. Антимонов, Е.А. Фёдоров, К.О. Рекун // Вестник ИжГТУ. – 2010. – № 3. – С. 4-7.

5. Пат. 1020150012804 Республика Корея, МПК C08J 5/18, C08L 23/04, C08L 97/02, C08L 3/02. Thin film composition comprising plant biomass and method for manufacturing same / J.K. Lee, J.M. Kim, J.G. Han, Y.S. You; заявитель и патентообладатель NEW LAB INC CO., LTD; YOU, YOUNG SUN AU CO., LTD. - No 1020130088826; заявл. 26.07.2013; опубл. 04.02.2015.

6. Amjad, A. Preparation and characterization of starch-based composite films reinforced by corn and wheat hulls / A. Amjad, Y. Long, L. Hongsheng [и др.] // J. Appl. Polym. Sci. – 2017. – V. 134. – 45159.

7. Романовский С.А. Опыт применения теплоизоляционных плит на основе волокон растительного происхождения//Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2022, №1. С. 31-43.

8. Шкуро, А.Е. Получение и изучение свойств древесно-полимерных композитов с наполнителями из отходов растительного происхождения / А.Е. Шкуро, В.В. Глухих, Н.М. Мухин // Лесной вестник. – 2016. – №3. – С. 101- 105.

### **УДК 666.973.3**

***Рябчевский И.С., Ксаби Т.А.***

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

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

## **ПРОИЗВОДСТВО СУХИХ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ**

Сухие строительные смеси (ССС) – это порошкообразные композиты заводского изготовления, в состав которых входят минеральные и органические вяжущие, заполнители и наполнители строго фракционированного состава и оптимальной granulometрии, а также различные модифицирующие добавки. Использовать такие смеси

не только экономически выгодно и целесообразно, но и оправдано технологически. [1-3]

Применение сухих строительных смесей повышает качество строительных работ, сокращает время на строительство, оптимизирует количество занятых специалистов, сохраняет стабильность составов и, как следствие, повышает качество строительных работ, увеличивает длительность срока хранения смесей без изменения свойств и расходования по мере необходимости. [4-7]

Смешение компонентов ячеистого бетона осуществляется на заводах с использованием оборудования, оснащенного бетоносмесителями [8-10]. Процесс получения сухой смеси состоит из следующих технологических стадий: карьерный песок или гравийно-песчаная смесь подвергается термообработке в сушильном агрегате до влажности 0,5 % и затем фильтруется через сито. Компоненты взвешиваются с помощью специального весового распределителя. Ингредиенты смешиваются до однородной массы. Полученная смесь укладывается в тару, необходимую для реализации, и отгружается на склад готовой продукции. Если смесь не расфасована, она поступает непосредственно в бункер хранения готовой продукции. Данное техническое решение по производству сухих строительных смесей осуществляется с использованием мелкого песка [11].

Смесь хранится в сухом месте и превращается в полимер при температуре не выше 40 °С.

Технологическая схема производства представлена на (рисунке) [12].

Производство ССС состоит из трех составных частей: подготовка исходных материалов, приготовление смесей и отпуск готовой продукции.

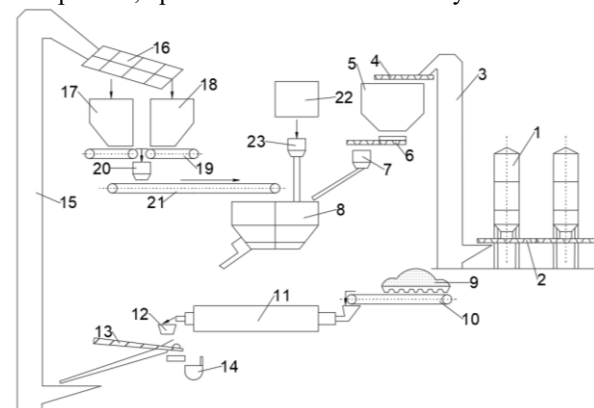


Рис. Схема приготовления сухой смеси: 1 – силос цемента; 2, 3 – элеватор;

4, 6 – шнековые питатели; 5 – расходный бункер; 7, 20, 23 – дозатор; 8 – смеситель непрерывного действия; 9 – склад песка; 10 – ленточный конвейер; 11 – сушильный барабан; 12 – бункер накопитель; 13 – грохот; 14 – емкость с отходами песка; 15 – элеватор; 16 – сито-бурат для песка; 17, 18 – расходные бункера песка разных фракций; 19 – ленточный питатель; 21 – дополнительный питатель; 22 – емкость добавок

Участок подготовки исходных материалов обеспечивает заполнение и поддержание в необходимых объемах сырья (инертные материалы, вяжущие, пигменты и добавки) в бункерах. Бункеры вяжущих (и в некоторых случаях пигментов) в основном заполняются с помощью пневмотранспорта. Материал подается из автомобильных, железнодорожных емкостей или с дополнительных складов. Заполнение бункеров добавок, поступающих в мешках, ведрах или бочках, осуществляется вручную с помощью подъемных устройств. Вид инертного материала определяет набор оборудования для приемки и подготовки. Наиболее распространенный инертный материал - кварцевый песок. Используются три способа загрузки сушильных агрегатов:

– загрузка песка в электрическую сушилку типа СВТ0,5, применяемую в модульной установке К-123-00.000, осуществляется с помощью автопогрузчика в приемную воронку вибрационного грохота, отсеивающую частицы более 20 мм и заполняющую песком бункер шнекового питателя ПШ-0,56, который и осуществляет дозированное питание электрической сушилки;

– загрузка песка в сушильный агрегат установки К-143-00.000 производится грейферным гидрозагрузчиком, установленным на металлоконструкции, на высоте 3 м (объем склада составляет около 24 м песка). Далее, как в предыдущем случае;

– загрузка песка на стационарных заводах производится с помощью скипового подъемника, ковш которого рассчитан на загрузку из самовала или автопогрузчиком. [12, 13]

Ковш скипового подъемника, поднимаемый стандартной лебедкой по направляющим, опрокидывается на колосниковую решетку и песок поступает в воронку грохота, удаляющего частицы крупностью более 20 мм. Отсеянный песок попадает в промежуточный бункер, днищем которого является рабочий орган качающего питателя, осуществляющего дозированную загрузку сушильного агрегата.

Для предотвращения осыпания песка в зимнее время стенки бункера должны быть вертикальными, а сушильная установка обогревается дымовыми газами. Производительность оборудования участка загрузки 1-6 т/ч в зависимости от типа сушильной установки.



Для сушильного агрегата может быть использована электрическая сушилка типа СВТ-0,5 или ПЭВ-270, представляющая собой вертикальную колонну, в которой песок перемещается под действием вибрации. Колонны должны быть заключены в теплозащитные экраны, а двери должны быть снабжены электронагревательными элементами. Песок, перемещающийся из зоны загрузки в зону выгрузки, подвергается контролируемому тепловому воздействию, в результате чего происходит сушка с влажностью 0,1-0,5%.

Процесс сушки контролируется термopарамп, установленными в выпускном клапане, выхлопной трубе и выхлопной трубе. Сушилка СВТ-0,5 имеет производительность 0,5 м<sup>3</sup>/ч песка (до 50 кг влаги испарения), а ПЭВ-270 требует 120 ед. энергии на 2 м<sup>3</sup>/ч песка (300 кг влаги испарения) и 320 кВт соответственно.

Преимущества электросушилок: использование экологически чистых теплоносителей, автоматизация процессов, экологическая безопасность, отсутствие необходимости в крупных и дорогостоящих системах очистки дымовых газов. Недостатком является относительно высокая стоимость энергоносителя.

Участок подготовки инерционного материала обычно состоит из хранилища песка, сушильного загрузчика, самой сушилки, устройства очистки дымовых газов, распределительного устройства, автомобиля и самосвала. Наиболее энергоемким агрегатом предприятия, оказывающим существенное влияние на себестоимость продукции, является сушильная секция. Поэтому для осушения рекомендуется использовать песок, хранящийся на закрытом складе.

В связи с этим циркуляционная сушилка природного газа БНУ-1-6 может быть использована в качестве пассивной сушилки материала. Характеризуется высокими показателями теплоносителя и относительно невысокой стоимостью.

Для подачи этой части материала используется шнековый питатель, и его отличительной особенностью является очень короткий шнек, прикрепленный к дымоходу, или шнек, прикрепленный к прямоугольной крышке, который может вытеснять крупные детали, блокирующие поток. [14]

Сухой песок поднимается подъемником, а цепь шкивов, приводимых в движение гладкими колесами, используется как локомотив и грузовой транспорт. Вибросито СВ используется для просеивания сухого песка. Решето состоит из свободно колеблющегося рабочего органа, на котором установлено приводное устройство и закреплено амортизаторами на неподвижной раме.

Загрузка материала осуществляется через центральную ветвь в крышке экрана. Каждая секция может быть опущена в свой патрубок и повернута в любом положении относительно оси экрана.

Неактивные и вяжущие материалы подаются из бункера в дозатор через шнековый питатель. Кормушка управляется дистанционно с пульта оператора или автоматически по заданному рецепту. Шнековый питатель имеет большую емкость и обеспечивает постоянную дозу всех необходимых ингредиентов за короткий промежуток времени.

Распределитель типа АД-250 для стационарной установки. Лифт распределителя заполняется материалом попеременно двумя шнековыми питателями типа ПВ-250 и управляется пневмоцилиндрами.

Дозы связующего и инертного материала определяются попарно. Каждая часть материала последовательно взвешивается, и вибрационный смеситель опускается в средний бункер, соединенный с вибрационным конвейером большой емкости.

Для повышения точности дозирования рекомендуется использовать заранее приготовленную смесь добавок.

В производстве сухих строительных смесей используется несколько устройств для принудительного смешивания материалов, а стремление к снижению качества смешивания и времени цикла значительно усложняет конструкцию и увеличивает вес и мощность устанавливаемого двигателя. В некоторых случаях стоимость смесителя составляет 40% от стоимости всего оборудования завода. Поэтому в этих устройствах используется вибрация.

Готовая смесь загружается в бункер. В модульных установках – непосредственно из смесителя, в базе - через бункеры-накопители и ленточные конвейеры. 90 Готовое оборудование для сухих смесей может поставляться навалом в бумажных и полиэтиленовых мешках, гибких «биг-бэгах» или контейнерах, специально предназначенных для перевозки сухих смесей. Для смешивания в модульных инсталляциях упаковочной единицей является АД-2, который упаковывается в открытый карман и прошивается мебельным зажимом объемом 20 л (35 кг). Производительность агрегата может достигать 2 т/ч [15].

Таким образом делаем вывод, что производство сухих строительных смесей является экономически выгодным по сравнению с традиционными растворными смесями. Применение данных смесей значительно упрощает строительные работы и существенно улучшает их качество.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рябчевский И.С., Анисько А.Р. Ячеистый бетон на основе сухих строительных смесей // V Международный студенческий строительный форум – 2020: сб. докл.: – Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. С. 246-249.

2. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Строкова В.В. Сухие строительные смеси для неавтоклавных ячеистых бетонов: монография / Л. А. Сулейманова, И. А. Погорелова, В. В. Строкова. Белгород, 2009.

3. Сулейманова Л.А. Неавтоклавный пеногазобетон на основе сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 73-80.

4. Сулейманова, Л. А. Алгоритм получения энергоэффективного газобетона с улучшенными показателями качества // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 59-61.

5. Евтушенко Е. И., Перетокина Н.А., Дороганов В.А. Теплоизоляционные материалы на основе искусственных керамических вяжущих различного состава // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С. 149-151.

6. Гридчин А.М., Лесовик В.С., Гладков Д.И., Сулейманова Л.А. Новые технологии высокопоризованных бетонов // Поробетон - 2005: Международная научно-практическая конференция. Сборник докладов, Белгород, 06–08 апреля 2005 года. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. С. 6-16.

7. Сулейманова, Л.А., Кара К.А. Энергосберегающие технологии высокопоризованных бетонов // Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее: Материалы областной научно-практической конференции в 3-х частях, Белгород, 2011. – Белгород, 2011. С. 98-102.

8. Сулейманова, Л.А. Лесовик В.С. Газобетон неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2013. – 304 с.

9. Денисов Г.А. Производство и использование сухих строительных смесей // Строительные материалы XXI века. 2011, № 1. С. 14-17.

10. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Строкова В.В. Сухие строительные смеси для неавтоклавных ячеистых бетонов: монография. – Белгород: Константа, 2009. – 143 с. – ISBN 978-5-9786-0103-9.

11. Урханова, Л.А. Использование вторичного сырья для производства пенобетона // Строительные материалы. 2008. № 1. С. 34-35.

12. Корнеев В.И. Производство сухих строительных смесей – новая отрасль строительной индустрии. [Электронный ресурс] / Журнал

«ВесьБетон» – URL: <http://www.allbeton.ru/articale/174/22.html>. (Дата обращения: 11.04.2013)

13. Северинова Г.В., Громов Ю.Е. Экологически чистые технологии изготовления и применения строительных сухих смесей. / Строительные материалы, 1994, № 9.

14. Производство сухих строительных смесей в России [Электронный ресурс] / – URL: [http://www.avtobeton.ru/suhie\\_smesi\\_proizvoditeli.html](http://www.avtobeton.ru/suhie_smesi_proizvoditeli.html). (Дата обращения: 10.04.2022).

15. Денисов Г.А. Производство и использование сухих строительных смесей // Строительные материалы XXI века. 2011, № 1. С. 14-17

#### **УДК 69.059.4**

*Рябчевский И.С., Чесноков И.А.*

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

*Белгородский государственный технологический университет*

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

### **НОРМАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ**

В сфере строительства к некоторыми направлениям деятельности относится строительная экспертиза по определению технического состояния зданий. Данные меры используются для обеспечения надлежащего функционирования всех строительных элементов и систем при стандартной эксплуатации. В последнее время увеличивается количество аварий в российских зданиях и сооружениях. Различные естественные причины, перебои в технических процессах и несоответствующие условия эксплуатации могут привести к увеличению темпов разрушения зданий [1]. В то же время в течение последних нескольких десятилетий были предприняты меры по строительству уникальных объектов, отличающихся нестандартными конструктивными решениями, новыми строительными материалами и технологиями строительства. На практике отсутствие контроля за строительно-монтажными работами в первые несколько лет после ввода объекта в эксплуатацию приводит к серьезным дефектам, влияющим на прочность и безопасность здания [2]. В связи с этим стоит задача детально определить текущее состояние объекта при строительстве и эксплуатации.

Срок службы оказывает наибольшее влияние на безопасность объекта. Качество технической оценки здания определяет сроки и адекватность модернизации и, в конечном счете, долговечность здания, а также затраты на техническое обслуживание. Необходимо улучшить анализ технического состояния для предотвращения износа элементов строительных конструкций и повреждения объектов, в том числе:

- оптимизировать действия по контролю физических повреждений зданий и сооружений и устранению возникающих дефектов;
- в связи с изменением напряженно-деформированного состояния несущей конструкции;
- своевременно диагностировать конструкцию для выявления первой стадии неблагоприятных изменений напряженно-деформированного состояния здания;
- контролировать степень и скорость изменения технического состояния объекта [3].

Основным вопросом нормирования и методического обеспечения технического состояния зданий и сооружений является разработка основной части нормативной системы. Согласно ГОСТ 31937-2011 обследование конструкций делится на три основных этапа: подготовка, предварительный (визуальный) осмотр, детальный (инструментальный) осмотр [4].

Физическую коррозию объектов можно определить на этапе визуального осмотра [5]. ВСН 53-86(р) является первичным документом, определяющим методику оценки физических повреждений зданий по данным визуального осмотра и нуждается в актуализации, СП и ГОСТ не дают точного представления о наблюдаемых дефектах и коэффициентах повреждений, сумма амортизации. Это связано с тем, что они предназначены для определения технического состояния отдельных конструкций, а не всего здания. Несомненно, для обследования каждой строительной конструкции требуется особая методика, поэтому перечень задач по оценке различных конструктивных элементов будет разным. Под оценкой технического состояния понимается определение степени износа зданий и классификация технического состояния на основе сопоставления количественных характеристик с признаками, указанными в проекте или нормативных документах [6]. Следует отметить, что ГОСТ 31937-2011 и СП 13-102-2003 различаются определением классификации технического состояния.

Согласно [6] существует шесть категорий технических условий:

- стандартный уровень технических условий – соответствует требованиям нормативных документов;

- в хорошем состоянии – износа и повреждений нет;
- удовлетворительные условия работы – обеспечение несущей способности конструкции с учетом влияния имеющихся дефектов и повреждений;
- ограниченные условия эксплуатации – характеризующиеся повышенной нагрузкой, но отсутствием опасности внезапного обрушения, и возможностью эксплуатации конструкции путем контроля за ее состоянием;
- недопустимые условия – снижение характеристик и производительности, представляющее опасность для людей;
- аварийные технические условия - повреждения или деформации, свидетельствующие об снижении несущей способности и опасности обрушения [6].

Согласно [4] существует четыре категории технических условий:

- типовая спецификация – соответствует значениям, указанным в проектом документе, с учетом ограничений его модификации;
- использование технических условий – не соответствует требованиям проекта и стандартов, но имеющиеся дефекты не влияют на несущую способность;
- ограниченные технические условия – дефекты здания, в том числе состояние грунта, на котором основан объект, и возможность принятия необходимых мер по контролю и устранению дефекта;
- аварийная ситуация – потеря груза, неустойчивость и опасность обрушения.

Состояние жилищно-коммунального хозяйства не позволяет сектору стабильно и слаженно работать. Эффективное использование топлива и энергии и обеспечение высокого качества без повышения комфортности жилья, ЖКХ и горожан. В настоящее время средняя амортизация основных фондов жилья на долю национальных коммунальных предприятий приходится более 66 %. По данным Министерства регионального развития Российской Федерации, износ котельной достигло 57 %, коммунальное водоснабжение – 64 %, канализация и отопление – 63 %, электричество – 56 %, насосные станции – 64 %, канализационные насосные станции – 56 % очистные сооружения – 53 %, сточные воды – 54 % [6]. Примерно 35 % основных фондов жилищно-коммунального хозяйства имеют срок полезного использования и требуют немедленного ремонта и демонтажа. В некоторых регионах и городах норма износа объектов инфраструктуры общего пользования достигает 75 %. По оценкам экспертов, она будет увеличиваться на 1-2 % в год, что увеличивает вероятность

возникновения катастроф и экологических катастроф, угрожающих важным социальным объектам, особенно жизни людей.

В настоящее время в России имеется 4 млрд. м<sup>2</sup> жилья, из которых 86,6 % находятся в частной собственности (табл. 1) [7]. Официальные и неофициальные источники информации о норме амортизации жилого фонда в России различны, но почти все аналитики склонны считать, что норма амортизации жилого фонда составляет 70 %.

Общая площадь квартир в аварийных и ветхих зданиях составляет 95,4 млн. м<sup>2</sup>, что в 1,4 раза превышает количество квартир, введенных в эксплуатацию в 2015 году и увеличилась на 15,8 млн. м<sup>2</sup> с 2010 года.

Со временем, жилищные резервы сталкиваются с различными факторами, которые не только снижают их технический уровень, но также и их производительность. Для эффективного управления жилищными активами необходимо своевременно принять репродуктивные меры для снижения их износа. Из-за ухудшения жилищных ресурсов и роста городского населения и задержки в жилищном строительстве ухудшение процесса реконструкции жилья показывает, что условия жизни на душу населения в нескольких крупных городах фактически не улучшились. Эти условия включают адекватную защиту существующего жилья, прекращение необоснованного сноса подходящего жилья, обновление существующего жилья, консолидацию существующих частей крупнейших и крупнейших городов и капитальные вложения в строительство и реконструкцию жилья.

Таблица – Жилищный фонд в РФ, млн м

Жилищный фонд в РФ	Годы							
	2012	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Частный жилищный фонд	3238	3288	3306	3395	3469	3554	3685	3797
Жилищный фонд в собственности граждан	2772	2837	3190	3286	3363	3422	3561	3678
Государственный жилищный фонд	139	133	127	103	106	110	106	102
Муниципальный жилищный фонд	321	297	192	182	176	173	169	163

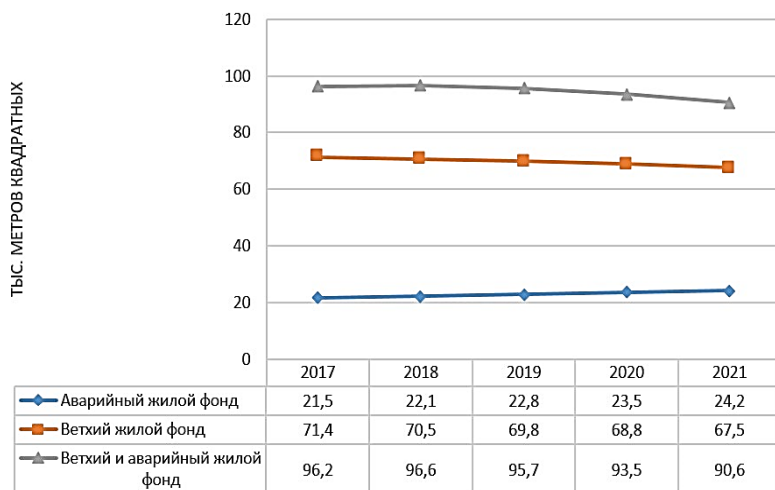


Рис. 1. Динамика изменения ветхого и аварийного жилого фонда, и ввода действия общей площади жилых домов на территории РФ

Согласно анализу данных, одним из препятствий для нормальной работы здания является задержка в таких мероприятиях, как капитальный ремонт и реконструкция.

Оценка технического состояния многоквартирного дома является наиболее важной мерой при его использовании. Технический статус многоквартирного дома характеризуется его физическим и моральным износом, то есть состоянием зданий, элементов, инженерных систем и коммуникаций. При изучении технического состояния дома физический износ многоквартирного дома следует определять в соответствии с правилами измерений [8, 9] и его фактическим положением. Кроме того, оценивают техническое состояние элементов конструкций зданий и инженерных систем и определяют степень износа каждого элемента. В течение периода оценки физический износ выражается как отношение стоимости ремонта к стоимости замещения, необходимой для устранения общего повреждения здания, компонента, системы или конструкции.

На динамику и характер физического износа жилых зданий влияют следующие факторы: плотность близлежащих зданий, качество предоставляемого жилья, качество общественных услуг, способность реагировать на чрезвычайные ситуации, продолжительность инженерных систем и зданий, не связанных со связью, количество



текущих и капитальных ремонтов, выполненных ранее, качество монтажа и ремонта.

Любое здание представляет собой сложную техническую систему с заранее выбранными техническими характеристиками, которые должны быть проверены перед производством, строительством, приемкой и вводом здания в эксплуатацию, капитальным ремонтом, доработкой и вводом объекта в эксплуатацию. Регулярный контроль за всеми строительными и эксплуатационными процессами поможет уменьшить размер ущерба, вызванного отсутствием эффективного способа определения технического состояния здания во время эксплуатации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочерженко В.В., Сулейманова Л.А., Кочерженко А.В. Организационно-технологические решения по безопасности строительства. – Белгород, 2021.

2. Кочерженко В.В., Сулейманова Л.А., Кочерженко А.В. Технический надзор и управление качеством при производстве строительно-монтажных работ. – Белгород, 2020.

3. Малюкова М.В., Сулейманова Л.А. Методические подходы для обеспечения качества судебных строительно-технических экспертиз // В сборнике: Обеспечение качества, безопасности и экономичности строительства. Практика. Проблемы. Перспективы. Инновации. материалы Второй совместной научно-практической конференции ГБУ «ЦЭИИС» и ИПРИМ РАН. 2020. С. 222-226.

4. Козыренко М.А. К вопросу о технической эксплуатации гражданских зданий // В сборнике: Международный студенческий строительный форум - 2018 (К 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова). Сборник докладов: в 2-х томах. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2018. С. 54-59.

5. Ведомственные строительные нормы. ВСН 53 86(р). Правила оценки физического износа жилых зданий [Текст] - Введ. 01-07-1987. – М. : Стройиздат, 1987. 91 с.

6. Римшин, В. И. Техническая эксплуатация жилых зданий [Текст]: учебник для студ. вузов/ Под. общ. ред. В. И. Римшин, А. М. Стражников - 2 е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. школа, 2008. 638 с.

7. Российская Федерация. Законы. Градостроительный кодекс Российской Федерации [Текст] : [федер. закон : принят Гос. Думой 22 дек. 2004 г. : по состоянию на 1 марта 2022 г.].

8. Калинин, В. М. Оценка технического состояния зданий [Текст] / В. М. Калинин, С. Д. Сокова. - М. : ИНФРА М, 2005. 268 с.

9. Ведомственные строительные нормы. ВСН 42 85(р). Правила приемки в эксплуатацию законченных капитальным ремонтом жилых домов [Текст]. - Введ. 01-01-1986. - М. : Стройиздат, 1987. 101 с.

### УДК 621.3.0

*Сафонов М.С., Саранчук И.А., Рязанцев В.Г.  
Научный руководитель: Герасимов М.Д., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СВЕРХТОНКОМУ ИЗМЕЛЬЧЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ В РЕАКТОРЕ РОТОРНО-ВИХРЕВОГО ТИПА

Во многих случаях на завершающих стадиях получения пигментов осуществляют их измельчение и микронизацию. Различают:

- 1) грубое измельчение с получением частиц размером 100—1000 мкм,
- 2) среднее измельчение — до 100 мкм,
- 3) тонкое измельчение — до 10 мкм,
- 4) сверхтонкое измельчение — микронизацию с получением частиц размером менее 1 мкм. [1]

Измельчение осуществляют поэтапно, последовательным дроблением и размолем в мельницах различных типов. Измельчение — дорогой и высокоэнергоёмкий процесс.

В данной статье проводится ряд экспериментов с целью достичь изменения тонкости помола. Используется установка – реактор роторно-вихревого типа со следующими параметрами, (таблице 1).

Таблица - Техническая характеристика реактора роторно-вихревого типа

Параметры РРВТ					
Напряжение сети, В	Частота, Гц	Мощность, кВт	Рабочий ток, А	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Диаметр рабочей камеры, мм
38	50	12-20	80-90	15	104



Рис. 1 PPVT, вид общий

При механическом диспергировании протекают два противоположных процесса; разрушение частиц внешней силой, чаще прилагаемой к совокупности частиц, и агрегация частиц, как самопроизвольная, так и вызываемая внешними сжимающими усилиями. [2...4] Оба процесса зависят от природы окружающей частицы пигмента среды и условий ее взаимодействия с частицами. Разрушение твердого тела происходит по наиболее слабым местам: плоскостям спайности и блокам кристаллов, макро - и микротрещинам, и другим дефектам кристаллической решетки. На разрыв ковалентных и ионных связей в различных материалах требуется затратить от 10 до 1000 кДж/моль и более. Прочность реальных кристаллов по местам краевых дислокаций обычно в  $10^2$ — $10^4$  раз ниже. Количество дефектов с уменьшением размеров частиц становится все меньше, и малые частицы как бы упрочняются, затрата энергии возрастает, процесс измельчения замедляется, а затем совсем прекращается. Для облегчения измельчения материалов предварительно увеличивают в них содержание линейных дефектов, подвергая материалы тепловым ударам (гашение раскаленных продуктов в холодной воде, обработка высокотемпературной плазмой) или вводя примеси ионов, нарушающих порядок кристаллической решетки.

В проводимом эксперименте при участии: к.т.н., доцента Герасимова М.Д., аспиранта И. А. Саранчука, магистранта Сафонова М.С., использовались иголки, (рисунок 2), размер, которых 1,6 x 25 мм, пигмент - краситель, предоставленный сотрудниками кафедры «Промэкология» БГТУ им. В.Г. Шухова.



Рис. 2 Внешний вид рабочих ферромагнитных тел.

Подготовленный материал для измельчения, имеющий исходную крупность и влажность поступает в учебно-научно исследовательскую лабораторию БГТУ им. В.Г. Шухова, научн. руководитель – к.т.н., доцент Герасимов М.Д., во влагозащитной упаковке, (рисунок 3). [5]



Рис. 3 Исходный продукт для проведения исследований

Рабочие ферромагнитные тела - иголки и исходный материал взвешивается на весах, в соотношении: 250 г. пигмента и 1 кг иголок. Проведение испытаний выполняется в специальном цилиндрическом стакане из не магнитного материала, который после загрузки иголок и материала вводится в цилиндрическое пространство корпуса РРВГ.

Время выполнения операции измельчения, после включения аппарата, определяется экспериментально. Для этого периодически извлекается стакан, отбирается проба материала и вновь продолжается измельчение. В результате, в течении 5-6 полученных проб, достигается получение необходимого времени измельчения.

После всех проделанных процедур, из стакана извлекается рабочая смесь, состоящая из иголок и измельченного материала, которую пропускаем через сито для отделения материала, (рисунок 4).



Рис. 4 Процесс пропуска материала через сито

Из полученного материала отбирается проба объемом 10-15 см<sup>3</sup> в специальные бюксы.

Полученный материал отправлен на обработку в лабораторию Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова, для получения результатов измельчения.

Проведенные исследования и отработанная методика их проведения относятся к измельчению по сухому способу. Учитывая, что материал состоит из неорганических компонентов, целесообразно провести измельчение по мокрому способу в водном растворе, учитывая то, что внутренний объем стакана обеспечен герметичным затвором.

Работа выполнена совместно с сотрудниками кафедры «Промэкология» БГТУ им. В.Г. Шухова в соответствии с планом магистерской и аспирантской работы авторов.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Адошев, А. И. Выбор конструкции индуктора ферровихревого аппарата / А. И. Адошев // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сб. науч. тр. - Ставрополь:

Издательство Ставропольского государственного университета, 2009. - С. 72- 77.

2. Вершинин Н.П. Установки активации процессов. Инноватор. Ростов-на-Дону.2004г. - 96 с.

3. Гиль Н. А., Жаров В. П., Смахунов Е. А. Факторы конструктивной оптимизации процессов в аппаратах вихревого слоя. Вестник Донского государственного технического университета. 2015, №3(82), 73-80

4. Деревянкин Н. А. Аппараты с вихревым слоем в химической технологии. Обзорная информация. Химическое и нефтеперерабатывающее машиностроение / Н. А. Деревянкин, З. А. Михалёва. — Тамбов, 1989. — 37 с.

5. Кардашев Г. А. Физические методы интенсификации процессов химической технологии / Г. А. Кардашев. — М.: Химия, 1990. — 205 с.

6. Мищенко М.В., Боков М.М., Гришаев М.Е. Активация технологических процессов обработки материалов в аппаратах с вращающимся электромагнитным полем. Фундаментальные исследования № 2,2015. С. 3508 – 3512.

7. Герасимов М.Д., Локтионов И.О. Технологические решения двойного назначения. Перспективы применения. Вектор ГеоНаук. 1919. Том 2. №1. С. 19 – 26

8. Герасимов М. Д. Алиматов Б. А., Локтионов И. О., Тожиев Р. Ж., Садуллаев Х. М. Повышение эффективности процессов извлечения ценных металлов из отходов ГОК. Материалы международной конференции «Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях». Фергана, 2019, 24-25 мая, 517 с., С. 300-303.

9. Ноу-Хау. № 20190001, от 28.01.2019. Способ определения эффективной вязкости обрабатываемой смеси в аппарате вихревого слоя. Авторы: Герасимов М.Д., Локтионов О.Г., Локтионов И.О., Рязанцев В.Г.

10. Герасимов М.Д., Локтионов И.О., Локтионов О.Г. Результаты сверхтонкого измельчения материалов в реакторе роторно-вихревого типа. Энергосберегающие машины, оборудование и экологически чистые технологии в дорожной и строительной отраслях БГТУ им. В.Г. Шухова. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. - 250 с. С 60-66.

Семенихина М.И.

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

## **ЗАВИСИМОСТЬ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОТ ГЕОМЕТРИИ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ В МОНОЛИТНОМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОМ КАРКАСЕ**

Выбор строительства монолитных железобетонных зданий с безригельными бескапитальными каркасами все еще остается популярными и актуальным. В таком каркасе плиты перекрытия напрямую опираются на колонны.

Несмотря на множество преимуществ таких каркасов перед другими, у них есть и «слабые места».

Таким «слабым местом» является узел сопряжения плиты перекрытия и колонны. Из-за большой сосредоточенной нагрузки плита может разрушиться от продавливания [1...3].

Объектом исследования данной работы является монолитный стык плиты перекрытия и колонны.

Цель работы - нахождение зависимости между параметром внутреннего усилия плиты перекрытия от ее геометрических параметров. В качестве внутреннего усилия будет рассматриваться поперечная сила  $Q$ , а в качестве геометрических параметров – отношение шагов колонн. В результате исследования должна быть получена зависимость этих параметров в виде функции ( $\beta=f(H/B)$ , где  $H$  и  $B$  – шаг колонн,  $\beta$  – некий параметр, характеризующий форму эпюры  $Q$ ) [4...5].

Для проведения эксперимента были созданы 4 расчетные модели каркаса в программном комплексе SCAD Office с такими общими параметрами (рис. 1):

- тип схемы – система общего вида;
- кол-во этажей – 3;
- отсутствие ядер жесткости;
- жесткое закрепление фундаментной плиты;
- без исследования нелинейности;
- шаг разбиения целой плиты на конечные элементы – 0,8 м;
- шаг разбиения фрагмента плиты на конечные элементы – 0,6 м;

– нагрузка: РСУ не формируется, используются два типа загрузки: собственный вес и полезная нагрузка, которые составляют одно загрузение;

– жесткостные характеристики: плита - бетон В25 (модуль упругости  $E_b = 30 \cdot 10^3$  МПа) толщиной 0,2 м.; колонны из бетона В25 ( $E_b = 30 \cdot 10^3$  МПа) сечением 400×400 мм., длиной 4,7 м. Коэффициент Пуассона  $\mu = 0,2$ ; объёмный вес – 2,5 т/м<sup>2</sup>.

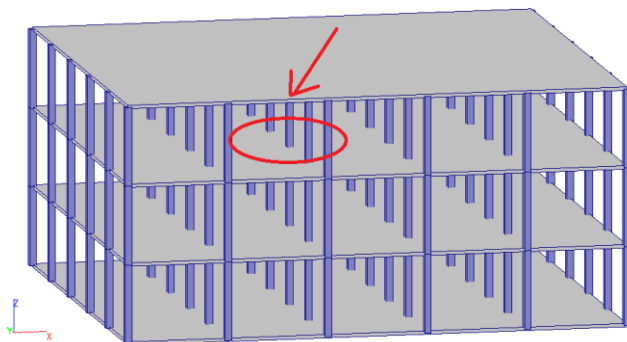


Рис. 1 Расчетная модель с выделенным фрагментом

Сформированы 4 модели с шагами 5 x 5м, 5 x 6 м, 5 x 7 м, 5 x 8 м. Такие значения взяты в результате практики строительства, проектирования схожих конструкций.

Остальные параметры сведены в (таблицу 1).

Таблица 1 – Параметры расчетных моделей

№ модели	Шаг колонн, Н, м	Шаг колонн, В, м	Н/В	Площадь S конечного фрагмента, м <sup>2</sup>
1	5	5	1	6,25
3	5	5	1,2	7,50
3	7	5	1,4	8,75
4	8	5	1,6	10

Далее (рис. 2) показан вид одной из созданных моделей с шагом колонн 5×7 метров. Шаг разбиения целой плиты больше, чем шаг разбиения фрагмента плиты, чтобы сократить число конечных элементов в схеме. Также на рисунке можно увидеть разбивочные оси: ось Х совпадает с наибольшим шагом колонны (7м). Зеленым цветом выделен контур колонны.



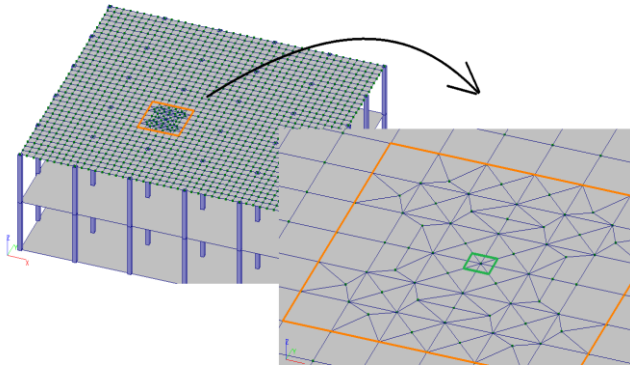


Рис. 2 Расчетная схема здания с выделенным фрагментом

Задаем сначала единое направление усилий для пластин, совпадающее с направлением оси X. Далее проводим полный расчет с установленными параметрами расчета.

Затем анализируем распределение поперечной силы Q. По заданному направлению выдачи усилий строится эпюра  $Q=f(x)$ .

Далее повторяем расчет, но меняем направление выдачи усилий. Направление получается вектором, соединяющим центр колонны и точку, удалённую от центра колонны на 0.5 пролёта в направлении оси X и на 0.25 пролёта в направлении Y. И снова строится эпюра  $Q=f(x)$ . Повторяем это еще для нескольких направлений [5].

Наложим эпюру с первого и последнего направлений (0 и 4) (рисунок 3).

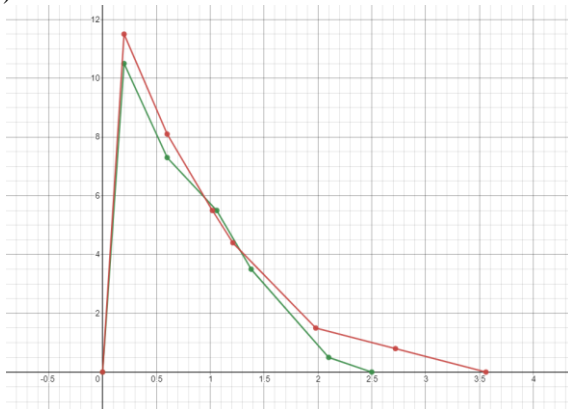


Рис. 3 Эпюра  $Q(x)$ , красная линия – направление 4, зеленая – 0

Из этой эпоры берем соотношение её главных габаритов (по осям X и Y в указанной системе координат).

Взяв отношение шагов колонн, получим одну из точек, необходимых для построения графика  $\beta = f(H/B)$ . Параметр  $\beta$  характеризует геометрию некомпенсированной эпоры поперечных сил.

Повторив алгоритм, получим данные (таблица 2).

Таблица 2 – Параметры расчетных моделей

№ модели	Шаг колонн, H, м	Шаг колонн, B, м	H/B	q(h), т/м	q(b), т/м	$\beta = f(H/B)$ .
1	5	5	1	0,369	0,367	0,9
3	5	5	1,2	0.629	0.530	1,63
3	7	5	1,4	0.818	0.690	1,16
4	8	5	1,6	0,898	0,818	1,09

где q(h) – значение удельной поперечной силы в характерной точке в направлении большего шага колонн;

q(b) – то же, но в направлении меньшего шага колонн.

Основным результатом исследования стали зависимости и графики. Что касается параметров, характер изменения функции близок к линейному.

При возрастании отношения шагов колонн отношение главных осей эпоры Q припорной зоны меняется неравномерно. Отношение главных осей по минимальным значениям растёт практически пропорционально. Однако, при приближении к колонне зависимость становится более непропорциональной.

Габарит некомпенсированной эпоры поперечных сил является одним из параметров при выборе распределенной системы. Изменение формы эпоры немного замедляется от изменений соотношения шагов колонны.

Это необходимо иметь в виду при конструировании. Когда используется направленная распределенная система с жесткой арматурой, ее габариты назначаются исходя из габаритов некомпенсированной эпоры Q в узловой зоне [5...7].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клованич С.Ф., Шеховцов В.И. Продавливание железобетонных плит. Натурный и численный эксперименты. – Одесса: ОНМУ, 2011. - 119 с.

2. Никулин, А.И. Экспериментальные исследования деформативности изгибаемых железобетонных элементов различных поперечных сечений / А.И. Никулин, Д.В. Обернихин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 4.– С. 56-59.

3. Talbot A.N. Reinforced concrete wall footing and column footing / Bulletin JVb67, University of Illinois Engineering Experiment Station, 1913.

4. Самохвалова Е.О. Стык колонны с плоской плитой в монолитном железобетонном здании: дис...канд. техн. наук: 05.23.01 Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, СПб., 2009 – 86 с.

5. Ватин Н.И., Иванов А.Д. Сопряжение колонны и безребристой бескапитальной плиты перекрытия монолитного железобетонного каркасного здания. Дис. на соиск. квалиф. магистра: 05.23.01., СПб., 2006 –81с.

6. А.с. 307169 СССР, МПК Е 04 С 2/00. Стыковое соединение безребристой плиты/ В.В. Бургман, М.Ф. Фишерова, А.Б. Шумилин (СССР). – 1356314/29-14; заявл. 07.08.1969; опубл. 21.06.1971, Бюл. №20.

7. А.с. 1756493 СССР, МКП Е 04В 5/02. Каркас здания/В.Г. Корнилов (СССР). – 4734268/33; заявл. 01.09.1989; опубл. 23.08.1992, Бюл. №31.

#### **УДК 624.014.2**

*Сенкевич А.Д., Рыженков Е.Н.*

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

### **ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ НА ДЕЙСТВИЕ ЛОКАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ**

Отсутствие полных экспериментальных данных о работе двутавровых балок при воздействии локальных нагрузок при различных вариантах нагружения, а также необходимость проверки выводов, полученных в теоретическом исследовании, потребовали выполнения специального эксперимента.

Для подтверждения и верификации численного моделирования предусмотрено проведение испытаний физических образцов.

Существенное влияние на результаты эксперимента оказывает ширина площадки приложения сосредоточенной силы  $F$ , поэтому

принято решение использовать как можно больше вариантов ее приложения. Предлагаемые, в общей сложности, более 20 вариантов конструктивного решения узла приложения силы  $F$  позволяют оценить влияние различных факторов на ординаты эпюр  $\sigma_{loc}$  в изучаемых сечениях в стенке опытного образца [1].

В качестве экспериментальной балки выбран прокатный двутавр 40Б1 длиной 600 мм. В качестве балок настила будем использовать двутавр 20Б1, пластины толщиной 6, 12, 20 и 30 мм, цилиндр диаметром 30 мм, а также брусок со стороной равной диаметру цилиндра и шарик диаметром 30 мм. Испытывать образец предполагается по балочной схеме с шарнирным опиранием.

Испытание осуществляется в универсальной испытательной машине WEW-600 с гидравлическим силовозбуждением (рисунок 1). При проведении испытаний опытного образца, сила  $F$  будет прикладываться ступенями из трех значений: 50, 100 и 150 кН. Испытания будут произведены возрастающей нагрузкой без промежуточной разгрузки с выдержкой на каждой ступени нагружения для снятия показаний тензодатчиков.

Учитывая, что образец один и тот же, а варианты приложения нагрузки разные, то при приложении на каждом варианте создания нагрузки не предполагается доводить образец до разрушения. Значения нагрузки приняты из условия упругой работы стали стенки двутавра.



Рис. 1 Опытный образец (двутавр) в универсальной гидравлической испытательной машине WEW-600.

Для получения параметров напряженно-деформированного состояния используется тензометрия. Тензорезисторы с учетом задач испытания, расположены по высоте при удалении от места приложения сосредоточенной силы и в стороны от линии ее действия в горизонтальных и вертикальных сечениях. Схема расклейки тензодатчиков показана на (рисунке 2) [2].

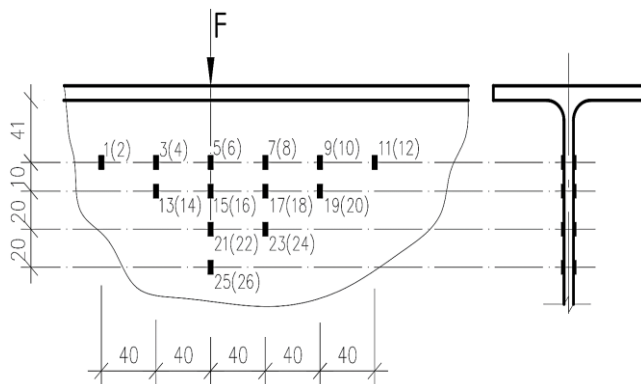


Рис. 2 Схема расположения тензорезисторов.

Съем показаний с тензодатчиков осуществляется с помощью ТЕРЕМА- 4.1 (рисунок 3). Прибор предназначен для контроля, регистрации в памяти и отображения информации, поступающей от многих датчиков. Основой регистратора является центральное устройство – микропроцессорный блок регистрации, к которому по четырехпроводной линии связи подключаются модули связи с датчиками (адаптеры). Структурная схема прибора показана на рисунке 4. Для снижения влияния помех модули необходимо располагать вблизи датчиков. Между блоком регистрации и модулем информация передается в цифровом виде [3].

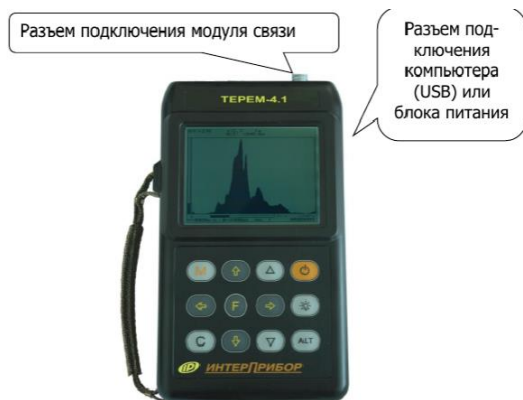


Рис. 3 Внешний вид блока регистрации



Рис. 4 Структурная схема прибора

Для просмотра, сохранения и распечатки зарегистрированных данных, сохраненных в энергонезависимой памяти прибора, существует программа связи с компьютером. Связь прибора с компьютером осуществляется по стандартному интерфейсу USB.

По результатам эксперимента предполагается получить по показаниям тензорезисторов экспериментальные значения  $\sigma_{loc}$ . Данные о параметрах полей  $\sigma_{loc}$  в зависимости от варианта приложения F позволят выявить закономерность изменения величины  $\sigma_{loc}$  по мере удаления от точки приложения F в зависимости от изменяемых конструктивных параметров по вариантам приложения F.

Кроме того, эти данные позволят оценить области в поле  $\sigma_{loc}$ , для которых справедлива формула (46) норм для  $\sigma_{loc}$ , [4] т.е. где экспериментальное значение совпадает с расчетным.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нестеров Д.М., Мячкина А.Д., Рыженков Е.Н. Методика экспериментальной оценки напряженно-деформируемого состояния при действии локальных напряжений в стенке балки. // XII Международный форум «Образование, наука, производство». - Белгород, 2020. С. 584-589

2. Рыженков Е.Н. Методические и практические основы подготовки экспериментальных образцов к электротензометрии [Электронный ресурс]// Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород, 2021. – С. 1626– 1632

3. Универсальный многоканальный измеритель-регистратор ТЕРЕМ-4.1. Руководство по эксплуатации. Челябинск: «Интерприбор», 2016. – 55.

4. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\* (с Поправкой, с Изменением N 1).

5. Солодов Н.В. Прочность и деформативность при смятии в болтовом соединении/ Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. –2017. –№1.–С.13-16.

6. Солодов Н.В. Напряженно-деформированное состояние болтового соединения в упругопластической стадии/ Солодов Н.В., Шевченко А.В., Алейников М.В.// Промышленное и гражданское строительство. –2007. –№8.–С. 33-34.

УДК 674.038

*Сериков П.В., Богачева М.А.*

*Научный руководитель: Рябчевский И.С., асс.*

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

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Дерево – это натуральный отделочный материал с уникальными свойствами. В холодную погоду деревянная обшивка здания

содействует его оперативному прогреву, так как, в отличие от кирпичной кладки стен, она не поглощает тепло интерьера. По сравнению с отделочными материалами главными достоинствами древесины выступают простота и легкость обработки, легкость крепления, вероятность обходиться без клеев и растворов [1].

В состав дерева входит множество трудных органических соединений [2]. Сетчатая структура клеточной стенки заключается из соединенных между собой длинноцепочечных молекул целлюлозы, которые заполнены прочими углеводородами (гемицеллюлозами), а также лигнином и различными экстракционными веществами. Цементирующим межклеточным веществом выступают в основном пектаты кальция и магния, а в полостях клеток, очень лиственных пород, аккумулируются смолы, камеди, жиры, дубильные вещества, пигменты и минералы. Древесина содержит 45-60 % целлюлозы, 15-35 % лигнина и 15-25 % гемицеллюлозы. Число посторонних экстрактивных веществ во множество находится в зависимости от сорта. Содержание минеральных веществ (зольность) в древесине традиционно значительно ниже 1 %. Относительная плотность древесины сомневается от 0,1 (бальза) до 1,3 (железная древесина и одни другие тропические породы). Таким образом, лишь вблизи 1/6 объема легкой деловой древесины представляет собой твердой, в то время как в более тяжелых классах на нее приходится вблизи половины объема.

Относительная плотность для одной породы деревьев может быть разной, что сопряжено с переменчивостью условий произрастания. Так, для длинно хвойной сосны это значение может составлять от 0,25 до 0,80. Как корень дерева, так и ствол сильно поглощают воду, что обусловлено его капиллярной структурой. Свободная вода заполняет полости клеток, а связанная вода удерживается за счет адсорбции в пространстве между волокнами. Когда во время сушки удаляется вся свободная вода, так что вся сосудистая система заполняется которая связана водой, древесина достигает точки насыщения волокон, что отвечает содержанию влаги вблизи 28 % для большинства сортов. Следующее удаление воды ведет к усадке, так как во время десорбции адсорбированной воды волокна сжимаются и просвет сосудов сокращается. В зависимости от наличия влаги древесина будет сжиматься или набухать [3].

Усадка от точки насыщения волокон до состояния после сушки в печи осуществляется не более (4-14 %) в тангенциальном направлении (рядом годичным кольцам), приблизительно вдвое ниже (2-8 %) в радиальном направлении (через годичные кольца) и на практике



отсутствует (0,1-0,2 %) вдоль волокна. Тангенциальная, радиальная и объемная усадка приблизительно пропорциональны изменению содержания влаги в древесине.

Механические свойства древесины тесно связаны с объемом структура окна-ячейки. Его прочность вдоль волокон максимальна, достаточно низкая. Прочность на разрыв древесины, растянутой вдоль волокон (ее именуют единицей массы), в 40 раз выше, чем у стали, а при уплотнении – в 3-4 раза. Прочность на сжатие вдоль волокон приблизительно в 6 раз, а при сдвиге приблизительно в 4 раза выше, чем на волокнах. Так как силы сжатия и изгиба типичны для конструкций, древесина очень подходит для использования в строительных конструкциях в качестве колонн и коротких балок. Практически все прочностные параметры древесины изменяются пропорционально плотности, обратно пропорционально содержанию влаги ниже точки насыщения волокон. Наклон волокон, то имеется отклонение их направления от продольной оси, уменьшает прочность деревянного соизидательного элемента. Таким же образом он сокращается, если в досках и бревнах имеется сучки, в том числе сегменты ветвей, которые нарушают или целиком разрывают резьбу нитей. Но при отсутствии растягивающих и изгибающих нагрузок допускаются малые узлы. Прочность древесины также уменьшается по причине повреждений, которые вызваны гниющими микроорганизмами и насекомыми. Древесина применяется в строительстве в данных видах, как прямоугольные пиломатериалы (дерево, доски), шпон, фанера, железнодорожные шпалы, столбы, сваи, стойки, черепица и древесноволокнистые плиты [4].

Лучше всего использовать прямоугольные пиломатериалы. Они осуществляются с помощью распиливания бревен, далее разрезаются на стандартную ширину и длину, сортируются по качеству, сушатся и доставляются потребителям необработанной поверхностью, обработанными или отлитыми. Фанера изготавливается с помощью склеивания нечетного количества тонких слоев древесины (шпона) таким образом, чтобы волокна смежных слоев были перпендикулярны друг другу. Фанерные листы различаются от простых пиломатериалов тем, что (совместно с отсутствием ограничений по ширине) их прочность более равномерна в разных направлениях, они более устойчивы к расщеплению, а их размеры менее изменчивы при переменной влажности. Неправильная технология крепления деревянных деталей к конструкциям ведет к различным дефектам.

Дефекты возникают даже на растущем дереве, другие – при неправильном хранении дерева. При заимствовании древесины в

качестве укрывного материала вы должны знать о данных внешних дефектах, как перекосы, потускнение, смоляные карманы, сучки, трещины. Сучки отбрасывают годичные слои, нарушают однородность древесины, влияют на ее степень качества, механические свойства, усложняют обработку. Завязывание узлов определяется количеством и расположением сучков, формой, размером, степенью срастания с окружающей древесиной. Если узелки сконцентрированы в одном месте, кидаются в глаза, то это снижает уровень качества дерева.

Смоляные карманы - это полости между годичными слоями, которые заполнены смолой. Кроме сосны, они встречаются на деревьях всевозможных хвойных пород. Если имеется много карманов со смолой, уровень качества древесины низкое. Засмолок – это кусок дерева, обильно который пропитан смолой в результате механического повреждения древесины. Данный дефект характерен лишь для хвойных пород. Гниль - это химическое разложение древесины, при котором плесень, грибы и неудачные атмосферные условия всецело воздействуют на древесину. Дерево «синее» по своей толщине. Данный дефект чаще сталкивается во влажной, лишенной корней древесине с плохими условиями хранения. Синевая древесина представляет собой результатом неправильного хранения, который способствует развитию грибов. Если синяя древесина быстро высохнет, ее механические свойства не ухудшатся. Древесина, поврежденная червоточинной, не рекомендуется для отделки [5-7]. То же самое можно отнести и к древесине, зараженной древесными грибами и гнилью, так как такое дерево имеет досадный цвет и нарушает структуру волокон, а значит, теряет свою прочность

Древесина оптимальна для благоприятной среды как в интерьере, так и в экстерьере здания. Многообразие архитектурных форм, которые созданы на базе сегодняшних деревянных изделий, действительно обширно. Очень значимым становится включение дерева как элемента гуманизации техногенной среды сегодняшних городов. Исследование мирового опыта показывает, что использование в пространстве города и полное обнаружение преимуществ дерева как материала и качественного озеленения помогает существенно увеличить уровень комфорта граждан.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Тарбеева Н.А., Рублева О.А. Обоснование технологических возможностей способа упрочняющей декоративной обработки

низкоговарной древесины Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10. № 3 (39). С. 145-154. 1

2. Кононов Г.Н., Веревкин А.Н., Сердюкова Ю.В., Зайцев В.Д. Микелиз древесины, его продукты и их использование. III. Физиология и биохимия микелиза древесины. Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2021. Т. 25. № 1. С. 81-88.

3. Глазков С.С., Борисов Ю.М., Рудаков О.Б. Отделочные материалы на основе стабилизированной древесины. Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2007. № 3 (98). С. 14-16.

4. Зозуля В.В., Романченко О.В., Саханов В.В., Фитчин А.А. Дерево как строительный материал: проблемы и перспективы использования. Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 2. С. 67-71.

5. Сулейманова Л.А., Ерохина И.А., Сулейманов А.Г. Ресурсосберегающие материалы в строительстве // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 7 (583). С. 113-116.

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

**УДК 69.059.4**

**Сериков П.В.**

**Научный руководитель: Рябчевский И.С., асс.**

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

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЕРАМЗИТНЫХ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В последние годы в Российской Федерации активно формируется малоэтажное и каркасно-монолитное строительство, которое требует мелкоштучных стеновых материалов, среди которых силикатный кирпич в настоящее время занимает одну из главных позиций [1]. В то же время рыночный механизм силикатных изделий очень насыщен и имеет вполне большой степень конкуренции, что заставляет промышленные организации регулярно увеличивать уровень качества

выпускаемой продукции и развивать производство новых типов продукции. Это требует от производителей перехода на новые технологии и внедрения разных решений, которые способствуют повышению качества их продукции.

Одним из способов решения данной проблемы является сегментная замена песка высокодисперсным элементом, к примеру, отходами изготовления керамзитового гравия. Предшествующие исследования качественных свойств керамзитового порошка продемонстрировали вероятность его использования в качестве сырья для изготовления строительных материалов, в том числе мелкоштучных пресованных автоклавных крахмальных продуктов [2]. Для изучения влияния отходов изготовления керамзита на видоизменение прочности при сжатии силикатных материалов и создания рецептуры и технологических параметров их изготовления был известен опыт, где в качестве факторов изменения были выбраны следующие: продолжительность изотермической выдержки, давление при автоклавировании, содержание порошок керамзита (% от совокупной массы песка в качестве наполнителя) и  $\text{CaO}_{\text{акт}}$ . Контрольные образцы готовили по традиционной рецептуре (с оглавлением 8 мас. %  $\text{CaO}_{\text{акт}}$ ) и технологии (давление автоклавирования 10 атм, продолжительность изотермической выдержки 6 час.), которые продемонстрировали прочность на сжатие 16 МПа. После статистической компьютерной обработки экспериментальных данных с использованием уравнения регрессии были созданы номограммы, которые позволили исследовать воздействие переменных факторов на который контролируется параметр: в соответствии которые получены результаты, замена части песка отходами изготовления керамзита улучшает прочностные свойства силикатных материалов. Наибольшие значения выходного параметра достигаются при содержании  $\text{CaO}_{\text{акт}}$  – 8 мас. % и керамзитового порошка – 25 %, которые обеспечивают наибольшее число новообразований [3].

Керамзитовый порошок также представляет собой очень дорогим продуктом, который может быть благополучно использован при изготовлении разных строительных материалов [4].

Серьезной проблемой при производственном процессе керамзитового гравия представляет собой утилизация керамзитового порошка, который собирается в системах пылеочистки – пылеуловительных камерах, циклонах, фильтрах. На крупных заводах по изготовлению керамзита в сутки может образовываться до 7-8 тонн керамзитовой пыли. В будущем эти отходы добавляются к сырой глине и возвращаются в производство, но чаще всего они оказываются на

свалках. Проверенные отходы изготовления керамзита представляют собой два типа мелкодисперсного порошкообразного материала из электрофильтров (не сжигаемого) и сортировки (сжигаемого) с удельной площадью поверхности примерно  $680 \text{ м}^2/\text{кг}$  и  $400 \text{ м}^2/\text{кг}$  соответственно. С целью оценки областей использования такого сырья в промышленности строительных материалов было проведено комплексное исследование.

С целью изучения влияния исследуемого сырья на структурообразование и, как следствие, на физико-механические параметры изделий были проанализированы итоги термического анализа микроструктуры в контрольном образце прототипа с 25 % оглавлением керамзитового порошка. Необходимо отметить, что во втором случае давление при автоклавировании снизилось с 10 до 6 атм. Итоги термического анализа продемонстрировали, что образец цементационного композита представляет собой низкоосновные гидросиликаты кальция CSH(B). В то же время в обоих случаях кривая DTG имеет пик при температуре  $440\text{--}460 \text{ }^\circ\text{C}$ , что отвечает дегидратации гидроксида кальция. Но в образце с 25 % керамзитового порошка площадь пика ниже, что объясняется более полным схватыванием извести, так как керамзитовый порошок обладает более высокой активностью по сравнению с кварцевым песком. В контрольных образцах, отполированных известью, прослеживаются скопления кристаллов в форме диска, которые можно отнести к тобермориту. В то время как при замене песка 25 %-ным порошком керамзита можно наблюдать меньшую, немалую контактную поверхность, опухоли в форме лепестков, которые можно отнести к низкоосновным гидросиликатам кальция типа csh(B), которые обеспечивают более высокие прочностные параметры силикатных материалов. Производство силикатных материалов включает в себя операции, в ходе которых сырье подвергается механическим воздействиям. Это не редко ведет к повреждению или даже полному разрушению углов продукта. В связи с данным одним из главных показателей технологии представляет собой прочность сырья. Для известково-песчаного силикатного кирпича данный показатель традиционно находится в пределах  $0,4\text{--}0,5 \text{ Мпа}$ , но такого мало для полной ликвидации недостатков при формовании и перевозке изделий. Которые были проведены исследования установили вероятность увеличения прочности сырья за счет не полной замены песка керамзитовым порошком. Так, для контрольных образцов, которые содержат 4; 6; 8 и 10 %  $\text{CaO}_{\text{акт}}$  соответственно, данный показатель составил 0,29; 0,42; 0,53 и 0,73 Мпа соответственно.

Качественный анализ изученного сырья позволил осуществить вывод о том, что оно может быть использовано в разных областях промышленности строительных материалов, в том числе широкий спектр высокоэффективных композитных вяжущих. Но использование керамзитового порошка из электрофильтров ограничено геополимерами, что сопряжено с их высокими требованиями к цементу и воде [5].

Это говорит о том, что использование керамзитовых отходов в производстве силикатных материалов улучшает пластичность сырьевой смеси, уменьшает дефекты и облегчает производство изделий с высокими пустотами. Таким образом, вся эффективность использования керамзитового порошка в производстве мелкоштучных силикатных материалов автоклавного отверждения состоит в возможности переработки техногенного сырья, а также экономии материальных и энергетических ресурсов при одновременном улучшении физико-механических характеристик конечных продуктов.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Глинянова И.Ю., Асанова Н.В. Исследование количества мелкодисперсной пыли и ее химического состава в жилой зоне населенных пунктов с позиции экологической безопасности предприятий строительной индустрии // Строительство и техногенная безопасность. 2021. № 23 (75). С. 89-100.
2. Семенов А.А. Анализ состояния российского рынка силикатного кирпича // Строительные материалы. 2010. № 9. С. 4–5.
3. Алфимова Н.И., Черкасов В.С. Перспективы использования отходов производства керамзита в строительном материаловедении // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 3. С. 21–24.
4. Кабанова М.К., Токарева С.А., Уваров П.П. Основные критерии -безопасность, экологичность и долговечность строительных материалов // Строительные материалы. 2017. № 1-2. С. 90-93.
5. Коваль И.В., Воробьев В.А. Высокопрочные керамзитобетоны, модифицированные добавками "ПОЛИПЛАСТ СЕВЕРО-ЗАПАД" // Технологии бетонов. 2020. № 1-2 (162-163). С. 14-20.

Сиделин В.Э., Юрченко Э.В.

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

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ЗОЛОТОГО СЕЧЕНИЯ В АРХИТЕКТУРЕ

Человек в своем творчестве всегда стремился к красоте и гармонии. Наблюдая за явлениями природы, он черпал в них рациональность и совершенство форм и линий. Одним из таких творений является золотое сечение. В математике оно обозначается буквой  $\Phi$  (по имени древнегреческого архитектора Фидия). Прямоугольник с соотношением сторон  $1:1,618033\dots$  называется «золотым». Такое соотношение сторон мы встречаем в работах Великих художников и скульпторов: Леонардо да Винчи, Альбрехта Дюрера, Микеланджело, Жоржа Сёра, Казимира Малевича и многих других [1,2].

Золотое сечение господствует и в мире растений и животных. Это веток розы, подсолнечник с семенами, раковины моллюсков и другие.

Со времен древних египтян золотое сечение встречается в архитектуре. Рассматривая египетские пирамиды, можно обратить внимание, что их высота и основание имеют отношение к числу  $\Phi$  (рисунок 1).

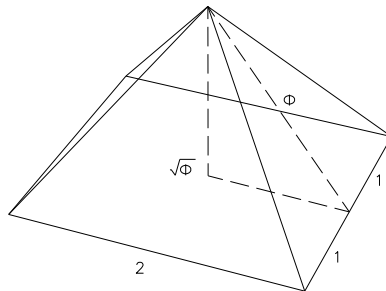


Рис. 1 Схема Великой Пирамиды

В качестве другого примера использования принципа золотого сечения в архитектуре древнего мира может служить Парфенон в Афинах. Автором его является скульптор Фидий (рисунок 2).



Рис. 2 Здание Парфенона в Афинах

В эпоху Возрождения архитекторы в стремлении к красоте также применяли идеи гармоничных пропорций. Они учитывали правильные пропорции человеческого тела, потому что в нем они обнаружили две основные фигуры. Такими фигурами были круг и квадрат [3].

В эпоху Возрождения архитекторы использовали правило золотого сечения при строительстве самого старого университета в Испании Саламанки (рисунок 3). Так на фасаде университета можно видеть большой «золотой» прямоугольник.

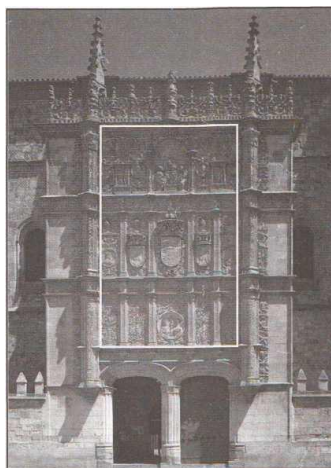


Рис. 3 Фасад здания университета Саламанки



В средние века золотое сечение также широко использовалось в архитектуре. Примером являются монументальные готические соборы, в основе проекта которых лежит правильный пятиугольник или пятиугольная звезда.

Развитие строительной техники и разработка новых материалов открыли большие возможности для архитекторов XX века. Американец Фрэнк Ллойд Райт является автором проекта музея Соломона Гуггенхайма в Нью-Йорке, который представляет собой опрокинутую спираль, а интерьер музея напоминает раковину наutilus (рисунок 4).

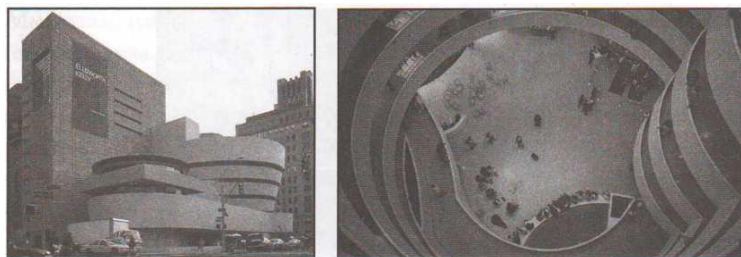


Рис. 4. Вид снаружи и изнутри на музей Гуггенхайма в Нью-Йорке

Архитектор Цви Хекер использовал конструкции в виде ортогональных и концентрических спиралей в проекте школы в Берлине, построенной в 1995 г. В основе идеи здания был подсолнечник с центральным кругом, откуда расходятся все конструктивные элементы. Сооружение имитирует растение, которое следует за движением Солнца, а потому кабинеты школы освещены в течение всего дня (рисунок 5).

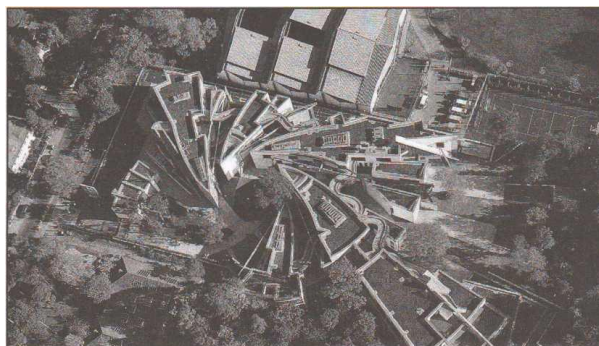


Рис. 5. Вид сверху на здание школы

Французский архитектор Ле Корбюзье, возводя дома и крупные сооружения по всему миру, также внес вклад в применение принципа золотого сечения. Он участвовал в проектировании здания Организации Объединенных Наций в Нью-Йорке. Фасад здания ООН представляет собой три «золотых» прямоугольника (рисунок 6).



Рис. 6. Здание ООН в Нью-Йорке

В XXI веке для формирования современной комфортной среды обитания человека необходимо стремиться обеспечить учет в архитектуре пропорций золотого сечения [4]. Это позволит при разработке проектов домов получить помещения, предназначенные для максимально комфортного проживания. Такие сооружения даже спустя многие годы будут выглядеть гармоничными и привлекательными.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юрьев А.Г. Проявление золотой пропорции в структурном синтезе // *Фундаментальные исследования*. 2008. № 9. С. 66-67.
2. Юрьев А.Г. Естественный фактор оптимизации топологии конструкций // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2013. № 5. С. 46-48.
3. Корбалан Ф. Золотое сечение. Математический язык красоты / *Мир математики в 40 т.; пер. с англ. – М.: Изд. Де Агостини, 2014. Т.1-160 с.*
4. Черныш Н.Д., Тарасенко В.Н. Современные условия создания комфортного архитектурного среднего пространства // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2017. N1. С.101–104.

*Скрынникова В.А.*

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

## УСИЛЕНИЕ КИРПИЧНОЙ КОЛОННЫ

Колонна – это несущий вертикальный элемент, работающий на сжатие. Она выполняет роль скелета в любом сооружении, распределяя не только собственный вес, но и все вышележащих конструкций на фундамент.

В ходе эксплуатации конструкции может возникать необходимость в ее дополнительном укреплении. Такая потребность возникает при образовании дефектов конструкции. Для колонны наиболее характерным дефектом являются трещины. Это повреждение может проявляться в разной степени и формах. К наиболее часто встречающимся причинам возникновения трещин можно отнести: увеличение нагрузок на колонну, усадка сооружения, коррозия арматуры, а также уменьшение прочности бетона [1-5].

Другие виды дефектов, такие как сколы, которые возникают вследствие механического воздействия на конструкцию или при утрате арматурой первоначальных свойств; отслоения и шелушения, являющиеся следствием воздействия агрессивной среды на колонну. Все они приводят к разрушению конструкции, а, следовательно, потере устойчивости [1].

Существует большое количество причин для образования дефектов. Данные причины могут возникать на всех этапах проектирования, строительства и эксплуатации здания. В основном это конструктивные ошибки, такие как неправильный расчет, при котором несущая способность не соответствует действующей на элемент нагрузке или неправильная глубина заложения фундамента. Так же большое значение имеет использование качественных материалов и правильных пропорций при замешивании раствора.

Если же дефекты уже имеют место и целостность колонны нарушена, то ее эксплуатация может быть продолжена после усиления конструкции. Чаще всего в качестве усиления колонны, выполненной из кирпичной кладки, используют обойму.

Обоймы, применяемые для усиления кирпичной кладки, могут быть нескольких видов. Наиболее распространены обоймы из стали, железобетона и армированные обоймы. При усилении стальной

обоймой колонна работает ограничено в поперечном сечении кладки. При таком виде работы она воспринимает избыточную нагрузку, что предотвращает ее дальнейшее разрушение [6].

По данным проведенной экспертизы, вследствие увеличения нагрузки, требуется произвести усиление центрально-нагруженной кирпичной колонны. Усиление производим стальной обоймой, состоящей из углового прокатного профиля и соединительных планок (рисунок 1)

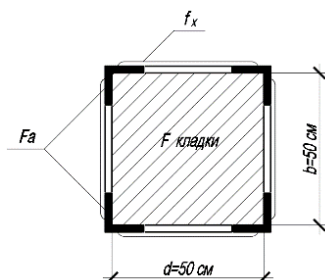


Рис. 1. Поперечное сечение кирпичной колонны

Известны размеры поперечного сечение рассчитываемой кирпичной колонны  $d = 50$  см,  $b = 50$  см. Длина колонны  $l_k = 700$  см. В качестве материала колонны принят кирпич марки М75 на растворе М25. Расстояние между осями поперечных связей  $S = 50$  см. Расчетное сопротивление каменной кладки и арматуры:  $R = 1,1$  МПа,  $R_{ac} = R_{an} = 230$  МПа. Продольная сила, действующая на колонну  $N = 500$  кН.

Расчет кирпичной колонны, усиленной стальной обоймой производим по формуле:

$$N \leq \psi \varphi m_{дл} [(m_k \cdot R + \eta \frac{2.5p}{1+2.5p} \cdot \frac{R_{an}}{100}) \cdot F + R_{ac} \cdot F_a'], \quad (1)$$

где коэффициенты  $\psi = 1$ ,  $\eta = 1$  при центральном сжатии;  $m_{дл} = 1$  – коэффициент, учитывающий влияния длительного воздействия нагрузки;  $m_k = 0,7$  – коэффициент условий работы для кладки с трещинами;  $F = 50 \times 50$  см = 2500 см<sup>2</sup> – площадь сечения усиливаемой кладки;  $F_a'$  – требуемая площадь сечения продольных уголков обоймы;  $p$  – процент армирования хомутами и поперечными планками, определяемый по формуле:

$$p = \frac{2F_a(h+b)}{h \cdot b \cdot S} \cdot 100 \quad (2)$$

Для усиления стальной обоймы задаемся конструктивно сечением соединительных планок, принимая их размер равным  $60 \times 12$  мм,  $F_a = 7,2$  см<sup>2</sup>.

Тогда процент армирования, будет равным:

$$p = \frac{2 \cdot 7,2 \text{ см}^2 \cdot (50 \text{ см} + 50 \text{ см})}{50 \text{ см} \cdot 50 \text{ см} \cdot 50 \text{ см}} \cdot 100 = 1,1\%.$$

Гибкость колонны:

$$\lambda = \frac{l_0}{b} = \frac{700 \text{ см}}{50 \text{ см}} = 14,$$

следовательно коэффициент продольного изгиба принимаем равным  $\varphi = 0,73$ .

Используя формулу 1, определим площадь поперечного сечения уголков обоймы:

$$\begin{aligned} N &= 500000 \text{ Н} = \\ &= 1 \cdot 0,73 \cdot 1 \left[ \left( 0,7 \cdot 110 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} + \frac{2,5 \cdot 1,1}{1 + 2,5 \cdot 1,1} \cdot \frac{23000 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}}{1000} \right) 2500 \text{ см}^2 + \right. \\ &\quad \left. 23000 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} \cdot F'_a \right] = 171307 + 16790 F'_a \\ F'_a &= \frac{500000 - 171307}{16790} = 19,6 \text{ см}^2 \end{aligned}$$

Таким образом, расчет показал, что для усиления каменной кладки следует принять 4 уголка размером  $63 \times 63 \times 4$  мм.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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. DOI: 10.1088/1742-6596/1926/1/012006.

2. Бедов А.И., Щепетьева Т.А. Проектирование каменных и армокаменных конструкций. М.: Изд-во АСВ, 2003. 240 с.

3. Серых И.Р., Чернышева Е.В. Напряженно-деформированное состояние сталебетонных брусьев прямоугольного поперечного сечения с составной обоймой при сжатии и изгибе: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 108 с.

4. Серых И.Р., Дегтярь А.Н., Наумов А.Е. Эффект применения сталебетонных колонн // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 63-66.

5. Серых И.Р. Прочность сталебетонного элемента с составной обоймой при внецентренном сжатии и изгибе // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2005. № 10. С.442-445.

6. Житушкин В.Г. Усиление каменных и деревянных конструкций: учеб. пособие. М.: изд-во АСВ. 2009. 112 с.

**УДК 69.07**

**Степанова С.П.**

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

## **ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ФУНДАМЕНТОВ ПОД ОТДЕЛЬНУЮ КОЛОННУ**

Сборные железобетонные фундаменты под отдельную колонну являются особо ответственными конструкциями в промышленном и гражданском строительстве. Они должны обеспечивать надежное опирание вышележащих конструкций без возникновения недопустимых осадков, кренов и других деформаций, выполнять требования прочности и трещиностойкости при больших нагрузках (в сравнении с другими конструкциями). Подземные конструкции являются недоступными для наблюдения за их техническим состоянием в период эксплуатации, что также объясняет повышенные требования к ним. При достаточно высокой ответственности фундаментов многие направления фундаментостроения остаются мало изученными, и вопросы, касающиеся совершенствования методик расчета, оптимизации форм фундаментов, проведения новых экспериментальных исследований, остаются актуальными на сегодняшний день.

Совершенствование технического прогресса в фундаментостроении достигается внедрением новых конструкций

фундаментов, развитием методик расчета, исследованиями НДС оснований и фундаментов. Многие работы по исследованию ОиФ позволили дать новое представление о взаимодействии фундаментов с грунтовым основанием, однако некоторые вопросы требуют более детальных исследований.

Р.А. Ривкиным [1] была разработана конструкция двуслойного фундамента под отдельную колонну, состоящая из башмака и подкладной плиты.

Автором [2] описан метод оптимизации проектирования данной конструкции. В работе предложен алгоритм, учитывающий факторы, влияющие на стоимость фундамента. В результате перебора этих факторов, выбирается наиболее оптимальное решение. Порядок изменения данных представлен автором в матричной форме. В результате повторного расчета с новыми параметрами стоимость конструкции стала ниже на 10%. Данный метод может применяться при расчетах других форм фундаментов под отдельную колонну.

В статье [3] приведены методы совершенствования фундаментов для строительства в Москве. Для более полного использования несущей способности оснований были проведены экспериментальные и теоретические исследования. На основании штамповых испытаний исследована зависимость между линейной деформируемостью для реального и модельного фундамента. Полученные методики расчета были применены для возведения фундаментов реальных объектов.

Под колонны высотных зданий Москвы были разработаны сборные фундаменты из двух подкладных плит и траверсы. Данная конструкция позволила сократить расход стали на 20-30%, бетона на 40%, а стоимость на 60% по сравнению с ранее применявшимися.

Управлением Моспроект-1 были усовершенствованы конструкции монолитных столбчатых фундаментов с расчетными нагрузками от 1000 до 6000 кН, с меньшей высотой сечения. Использование таких фундаментов позволило снизить расход бетона на 30%.

Для изучения работы различных видов фундаментов в натуральных условиях ВНИИОСП были проведены мероприятия, включающие в себя мониторинг объектов строительства и сопоставление расчетных данных с реальными показаниями. По полученным оценкам влияния строения грунта и условий стесненной застройки на работу фундаментов были разработаны методы выбора модели основания, внедренные в практику проектирования [3].

Е.А. Сорочан в публикации [4] описал исследования в области совершенствования фундаментов на естественном основании. В целях уменьшения материалоемкости столбчатых фундаментов были

разработаны ребристые блоки, но из-за сложности изготовления и большого расхода арматуры, они не нашли широкого применения. Использование пустотелых блоков нашло ограниченное применение, ввиду необходимости использования бетона более высоких классов. Большее применение получили прерывистые фундаменты, где блоки опорной плиты укладываются на некотором расстоянии друг от друга. Исследования показали, что помимо экономии бетона, такие фундаменты дают меньшую осадку. НИИ оснований были разработаны ребристые блоки подушки повышенной прочности.

Фундаменты-оболочки под отдельные колонны позволяют в полной мере использовать несущую способность бетона. Госстроем СССР в начале 80-х годов был разработан, фундамент состоящий из двух блоков-плит и опирающегося на них конического элемента стаканного типа. В таких конструкциях так же целесообразно использование прерывистой плитной части [4].

В НИИ оснований г. Волгоград были сконструированы и внедрены буробетонные фундаменты под отдельную колонну. При устройстве фундаментов предварительно устраиваются полости, которые заполняются бетоном. Такие фундаменты показали высокую несущую способность и экономическую эффективность. Увеличение несущей способности достигается значительным включением в работу боковой поверхности, в отличие от фундаментов, возводимых в котлованах [4].

При передаче на фундаменты больших моментов и поперечных сил целесообразно применение конструкции столбчатых фундаментов с вертикальными анкерами. Благодаря заглублению анкеров в грунт, краевые давления в фундаментах становятся меньше и не возникает отрыва подошвы. Анкеровка является актуальной при залегании прочных грунтов под слоем слабых и позволяет сократить размеры фундамента в плане [4].

Авторами [5] изобретена модель фундамента под колонны каркасных зданий, в которой угловая часть плиты выполнена в виде дуги с радиусом закругления  $1,5b$  ширины центральной части. В прямоугольных плитах при работе на изгиб в угловой части происходит концентрация напряжений и образование пластических шарниров, также угловые зоны плиты характеризуются концентрацией напряжений основания. Данная конструкция фундамента благодаря закруглениям позволяет сконцентрировать напряжения в центральной части фундамента. Авторами предложено использование данной конструкции взамен плитного фундамента под сетку колонн, с соединением элементов выпусками арматуры. Однако данная форма



плитной части может также успешно применяться для фундаментов под отдельную колонну с опорной плитой.

В работе зарубежных авторов [6] описаны конструкции сборных столбчатых фундаментов, которые были использованы при строительстве нескольких промышленных зданий. Данные сборные конструкции являлись более прогрессивными по сравнению с ранее применяемыми монолитными. Первый тип фундаментов выполнялся из бетонируемой в котловане плитной части, на которую устанавливался подколонник. Позже конструкция была заменена на сборно-составную из сборной плиты и подколонника, стык между которыми армировался и бетонировался в опалубке. Также, большое применение на Кубе нашли сборно-монолитные фундаменты в виде стакана с четырьмя пирамидальными ножками.

В работе [7] предложен сборный фундамент под колонну в виде оболочки, которая состоит из четырех трапециевидных плит, под углом опирающихся на фундаментную плиту. Внутренняя часть оболочки заполняется материалом разной плотности вертикальными слоями. Это приводит к значительному экономическому эффекту и повышению несущей способности, из-за возможности расположения материала с большим весом в зависимости от направления действия момента.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. С.А. Ривкин, Д.А. Коршунов, М.М. Френкель Сборные железобетонные фундаменты каркасных зданий (расчет и конструирование). Госстройиздат УССР, Киев, 1962. 135 с.

2. Краковский М.Б. Оптимальное проектирование двухслойных фундаментов под колонны // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1985. № 5. С. 18-20.

3. Дыховичный Ю.А. Совершенствование технических решений фундаментов для строительства в Москве // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1989. № 1. С. 6-9.

4. Сорочан Е.А. Вопросы совершенствования фундаментов на естественном основании // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1977. № 5. С. 9-12.

5. Патент на изобретение РФ № 2540738, 10.02.2015./ Белый Г.И., Борман Ю.Б., Сахаров И.И. - 5 с.

6. Чуприн В.Н., Морено Э. Опыт фундаментостроения на Кубе // Основания, фундаменты и механика грунтов, 1982. № 1. С. 26-28.

7. Патент на изобретение РФ № 2552280, 10.06.2015./ Ланчкин С.В, Фёклин В.И. – 4 с.

*Сущенко Н.А.*

*Научный руководитель: Наумова Л.Н., доц.*

*Белгородский государственный технологический университет*

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

## **ПОЛУЧЕНИЕ И ФОРМОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ НА ОСНОВЕ КОМПОНЕНТНОГО ПОРОШКОВОГО ПОЛИЭФИРНОГО СОСТАВА**

Полимерные композиционные покрытия в настоящее время являются наиболее востребованными в различных отраслях промышленности и определяют уровень научно-технического прогресса. На сегодняшний день набирают темпы развития производства порошковых красок. Такие краски по технологичности, удобству применения и эксплуатационным характеристикам покрытий во много превосходят жидкие лакокрасочные материалы. Современные порошковые лакокрасочные материалы за относительно короткий промежуток времени не исчерпали все возможности совершенствования рецептур и расширения ассортимента, а так же модернизации технологии их производства и нанесения. Получение порошковых красок методом напыления на основе полиэфирного связующего и разного рода наполнителей до настоящего времени является актуальным [1,2].

Полимерные композиционные материалы относятся к приоритетным материалам, широко востребованным современной экономикой. Они определяют уровень научно-технического прогресса любой страны в различных сферах промышленности. Их использование для производства разнообразных изделий позволяет значительно снизить расход дефицитных металлов (бериллия, титана, алюминия, легированной стали), повысить эксплуатационные характеристики и снизить трудо- и энергозатраты [3,4].

Полимерные композиционные материалы – многокомпонентные, гетерофазные материалы, которые имеют непрерывную фазу, на технологической стадии называемую связующим и матрицей - в процессе эксплуатации, принимающую внешние нагрузки и передающую их на усиливающую фазу - наполнитель. В армированных полимерных материалах в качестве матрицы могут быть использованы различные полимеры – реактопласты и термопласты. Термопластичные полимеры – полимеры, макромолекулы которых имеют линейную или слаборазветвленную форму с физическими связями между

макромолекулами. Термореактивные полимеры под действием тепла и химически активных добавок приобретают пространственную структуру, что сопровождается потерей текучести.

Полимерные композиционные материалы на основе термореактивных полимеров широко применяются в машиностроении, судостроении, космической техники и авиации [5,6]. В качестве электроизоляционных и герметизирующих материалов они используются в электротехнике и радиоэлектронике. Термореактивные матрицы используются как за основу для получения покрытий функционального и защитно-декоративного назначения [7,8].

При изготовлении композиционных материалов конструкционного назначения существенные преимущества по технологичности, улучшению прочностных характеристик и повышению надежности являются введение волокнистых армирующих наполнителей [9,10].

Получение композиционного состава проводили в лабораторных условиях и приготавливали несколько составов.

В пластмассовую форму наливали 10г полиэфирной смолы, 0,2 г графита и равномерно перемешивали, после чего добавляли 2г отвердителя и оставили на 24 часа при комнатной температуре.

В пластмассовой формочке смешали 10г полиэфирной смолы с 3,2 г ацетона и перемешали в течение 1-2 мин, после чего добавили 2г отвердителя и оставили на 24 часа при комнатной температуре.

В пластмассовой формочке смешали 10 г полиэфирной смолы, 0,2 графита, 0,2 хризотил асбеста и добавили 2 г отвердителя, перемешивали в течение 1-2 мин и оставили на 24 ч часа при комнатной температуре.

В пластмассовой формочке смешали 10 г полиэфирной смолы и 3,2 г ацетон, перемешивали в течение 1-2 минут, после чего добавили уже перемешанные 0,2 г графита и 0,2г хризотил асбеста, перемешали и добавили 2 г отвердителя. Оставили на 24 ч при комнатной температуре.

По прошествии срока отвердевания, полученные образцы извлекли без повреждений из пластмассовых форм. Дальнейшие эксперименты будут направлены на изучение свойств полученного композита как обладающего токопроводящими свойствами, так и специальными за счет модифицирования полимерной матрицы, так и компонентов самой композиции

Для изучения свойств состава с указанными свойствами были приготовлены композиции следующих составов:

- состав № 1 - полиэфирная порошковая краска, углерод;
- состав №2 – полиэфирная порошковая краска, алюминий (6,2)

- состав №3 – полиэфирная порошковая краска, алюминий (3,96)
- состав №4- полиэфирная порошковая краска, углерод, хризотил
- состав №5- полиэфирная порошковая краска, алюминий, углерод, хризотил

Состав №1 (Полиэфирная порошковая краска, углерод) Смесь порошков была подвергнута нагреву газовой горелкой и плавление в сушильном шкафу, потом полученный плавленный порошок собирали со стенок тигеля и металлической пластины, и после этого измельчали в ступице до состояния порошка.

Для прессования порошкового состава использовали гидравлический пресс –ПСУ-50, прессовочная форма для таблеток (диаметр таблетки 10мм, высота 10см, диаметр 40мм) Берем измельченную смесь и засыпаем в пресс форму для таблеток, потом пуансоном утрамбовываем и аккуратно подносим под гидравлический пресс, и при помощи вентеля опускаем плиту пресса до момента пока не будет он спрессован, после этого вытаскиваем пресс форму из под пресса и вытаскиваем таблетку с помощью гидравлического пресса

Состав №2 (Полиэфирная порошковая краска, алюминий (6,2)) Смесь порошков была подвергнута нагреву газовой горелкой и плавление в сушильном шкафу, потом полученный плавленный порошок собирали со стенок тигеля и металлической пластины, и после этого измельчали в ступице до состояния порошка.

Для прессования порошкового состава использовали гидравлический пресс –ПСУ-50, прессовочная форма для таблеток (диаметр таблетки 10мм, высота 10см, диаметр 40мм) Берем измельченную смесь и засыпаем в пресс форму для таблеток, потом пуансоном утрамбовываем и аккуратно подносим под гидравлический пресс, и при помощи вентеля опускаем плиту пресса до момента пока не будет он спрессован, после этого вытаскиваем пресс форму из под пресса и вытаскиваем таблетку с помощью гидравлического пресса

Состав №3 (Полиэфирная порошковая краска + алюминий (3,96)) Смесь порошков была подвергнута нагреву газовой горелкой и плавление в сушильном шкафу, потом полученный плавленный порошок собирали со стенок тигеля и металлической пластины, и после этого измельчали в ступице до состояния порошка.

Для прессования порошкового состава использовали гидравлический пресс –ПСУ-50, прессовочная форма для таблеток (диаметр таблетки 10мм, высота 10см, диаметр 40мм) Берем измельченную смесь и засыпаем в пресс форму для таблеток, потом пуансоном утрамбовываем и аккуратно подносим под гидравлический пресс, и при помощи вентеля опускаем плиту пресса до момента пока

не будет он спрессован, после этого вытаскиваем пресс форму из под пресса и выталкиваем таблетку с помощью гидравлического пресса

Состав №4 (Полиэфирная порошковая краска, углерод, хризотил) Смесь порошков была подвергнута нагреву газовой горелкой и плавление в сушильном шкафу, потом полученный плавленый порошок собирали со стенок тигеля и металлической пластины, и после этого измельчали в ступице до состояния порошка.

Для прессования порошкового состава использовали гидравлический пресс –ПСУ-50, прессовочная форма для таблеток (диаметр таблетки 10мм, высота 10см, диаметр 40мм) Берем измельченную смесь и засыпаем в пресс форму для таблеток, потом пуансоном утрамбовываем и аккуратно подносим под гидравлический пресс, и при помощи вентеля опускаем плиту пресса до момента пока не будет он спрессован, после этого вытаскиваем пресс форму из-под пресса и выталкиваем таблетку с помощью гидравлического пресса

Состав №5 (Полиэфирная порошковая краска, алюминий, углерод, хризотил) Смесь порошков была подвергнута нагреву газовой горелкой и плавление в сушильном шкафу, потом полученный плавленый порошок собирали со стенок тигеля и металлической пластин, и после этого измельчали в ступице до состояния порошка

Для прессования порошкового состава использовали гидравлический пресс –ПСУ-50, прессовочная форма для таблеток (диаметр таблетки 10мм, высота 10см, диаметр 40мм) Берем измельченную смесь и засыпаем в пресс форму для таблеток, потом пуансоном утрамбовываем и аккуратно подносим под гидравлический пресс, и при помощи вентеля опускаем плиту пресса до момента пока не будет он спрессован, после этого вытаскиваем пресс форму из-под пресса и выталкиваем таблетку с помощью гидравлического пресса.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. L. N. Naumova, N. A. Kristalova, E. V. Burmakina, and A. N. Ryzhkova. Composite Material Based on Polyvinyl Chloride and Methylcellulose Fibers with Improved Performance and Environmental Characteristics. Lecture Notes in Civil Engineering 2021. 147. С. 266-272

2. Наумова, Л.Н. Экологические аспекты получения полимерного композита на основе эпоксидной матрицы и модифицированных волокон водного гидросиликата магния /Л.Н. Наумова, И.С. Марушевская//Вестник Сыктывкарского университета. – 2021. – N2. – С. 21–22.

3. Кисляков К.А. Основные проблемы внедрения композитной арматуры/Кисляков К.А., Попугаев А.И.//Статья в журнале-Научная статья 2017.-№ 1(7).-С.64-68.

4. Константинов А.С. Эффективность применения полимерных композиционных материалов при проектировании и изготовлении специальной погрузочной оснастки для грузовых рамповых самолетов/ Константинов А.С.// Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2012. - №4(2), т. 14.-С. 633-638.

5. Смотрова, С.А. Применение полимерных композиционных материалов с добавками наночастиц для изготовления динамически подобных моделей летательных аппаратов / С.А. Смотрова, В.С. Осипчик, И.Н. Одинцев // Полет. – 2008 – № 11 – С. 83-86.

6. Бабаханов А.К. Структура и свойства композиционных полимерных покрытий, эксплуатирующихся в агрессивных средах / А.К. Бабаханов, С.С. Негматов, М.К. Адылова // Пластические массы. – 2005 – №9 – С. 16-17

7. Ширшова, Е.С. Огнезащитные покрытия для древесины / Е.С. Ширшова, Е.В. Плакунова, Е.А. Татаринцева, Л.Г. Панова // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2006 – № 4 (16), вып.1. – С.46-51.

8. Михайлин Ю. А. Конструкционные полимерные композиционные материалы. СПб: Научные основы и технологии, 2008. -С.822.

9. Глазков С.С. Модельное рассмотрение условий совместимости в композитной системе при контакте двух фаз/ С.С. Глазков, В.А. Козлов // Известия вузов. Строительство. -2008, №9.-С. 99-105.

10. Запорников В.А. Технология получения бальзатопластика на основе поликарбоната/ В.А. Запорников, В.С. Осипчик// Пласт.массы, 2014.-№5-6.-С.45-47.

**УДК 691.328.1**

***Тарасов М.В., Глабец П.А.***

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

## **ЖЕЛЕЗОБЕТОН В УСЛОВИЯХ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ**

При монтаже канализации на участках рельефа с большим уклоном используются перепадные колодцы (рисунок 1). Основное

назначение данных конструкций - это снижение скорости потока; обход существующих подземных коммуникаций; соединение выпусков с разной глубиной заложения; выравнивание уровня выпуска канализационных стоков с уровнем вывода в водоем [4].

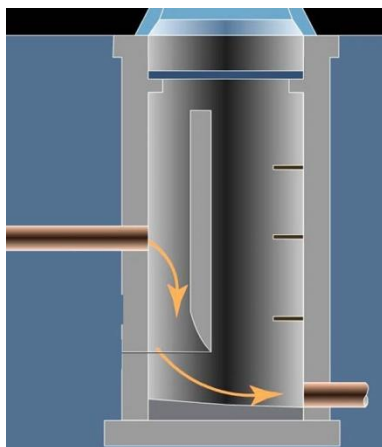


Рис. 1. Перепадный канализационный колодец

В данной статье рассмотрим влияние агрессивной среды на железобетон на примере конструкции перепадного канализационного колодца.

Сточные воды, которые транспортируются в канализационных сооружениях, обычно рассматриваются как среда, вызывающая коррозию, вследствие образования сероводорода ( $H_2S$ ). По мере повышения уровня pH количество растворенного в сточной воде сероводорода будет увеличиваться. Из этого раствора сероводород проникает в газовую среду канализационного колодца.

Проникновение сероводорода в стенки конструкции над поверхностью жидкости является следующей стадией процесса коррозии. Так как стенки трубы влажные, сероводород, соприкасаясь с данными поверхностями, поднимается вверх. Далее происходит превращение сероводорода в серную кислоту под действием аэробной бактерии рода *Thiobacillus* [1].

Железобетонные колодцы широко применяются благодаря прочности, скорости монтажа и стандартным размерам. В их состав входят: стеновое кольцо; крышка с люком и днища. Кольца обрабатывают гидроизоляционной мастикой для создания герметичной конструкции. Соединение элементов между собой осуществляется с

помощью цементно-песчаного раствора. В СССР на решение строить канализационные сооружения из бетона и железобетона, повлияло мнение большинства специалистов, считающих эти материалы универсальными [3].

Сточные воды, которые контактируют с конструкциями канализационных сетей, не являются агрессивными по отношению к бетону, если содержание в них сульфатов, хлоридов и свободной кислоты не превышает допустимых значений. Однако многочисленные случаи аварий на канализационных коллекторах показали, что бетонные и железобетонные конструкции не выдерживают свой гарантийный срок службы и часто выходят из строя намного раньше [2].

Общая картина разрушения железобетона во всех случаях приблизительно одинакова: разрушению в основном подвергается часть конструкции выше уровня сточной жидкости (рисунок 2) [5].



Рис. 2. Общая картина разрушения

Защитный слой бетона почти полностью разрушается и представляет собой непрочную рыхлую массу. Разрушению также подвержен цементный камень. Арматура во многих местах оголяется и покрывается сплошным слоем ржавчины [6].

При воздействии серной кислоты на известь бетона образуется гипс. Его образование приводит к разрушению бетона из-за того, что объем, который занимает гипс, больше объема, который занимает гидроксид кальция. Кроме того, гипс постепенно растворяется и выщелачивается. Опасность для бетона представляет образование этtringита (рисунок 3). Этtringит представляет собой двойную соль, которая кристаллизуется с молекулами воды и, при этом, сильно вспучивается, что приводит к полному разрушению бетона [3].





Рис. 3. Образование этtringита

Таким образом, можно сделать следующие заключения: коррозия бетонных и железобетонных сооружений происходит в надводной зоне по внутренней поверхности конструкций и не является следствием некачественного материала или низкого качества строительных работ, а происходит во время эксплуатации сооружений под действием агрессивной среды.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Строкин К.Б., Новиков Д.Г., Коновалова В.С., Касьяненко Н.С. Влияние микроорганизмов на физико-механические свойства бетона // Вестник Белгородского Государственного Технологического Университета им. В.Г. Шухова. 2021. №10. С. 90-98.

2. Строкин К.Б., Новиков Д.Г., Коновалова В.С., Касьяненко Н.С. Изменение структурно-фазового состава цементного бетона при микробиологической коррозии // Вестник Белгородского Государственного Технологического Университета им. В.Г. Шухова. 2021. №11. С. 106-113.

3. Смоляго Г.А., Крючков А.А., Дрокин С.В., Дронов А.В. Исследование аспектов хлоридной коррозии железобетонных конструкций // Вестник Белгородского Государственного Технологического Университета им. В.Г. Шухова. 2014. №2. С. 22-24.

4. Юрченко В.А., Коваленко А.Н. Образование экологически опасных газообразных соединений при транспортировании сточных вод канализационными сетями. // Коммунальное хозяйство городов, №74. - К: Техника, 2007. С. 68-73.

5. Байдин О.В. Тенденция физических основ коррозии бетона // Вестник Белгородского Государственного Технологического Университета им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 27-28.

6. Меркулов С.И. Живучесть железобетонных конструкций и конструктивных систем // Вестник Белгородского Государственного Технологического Университета им. В.Г. Шухова. 2015. №3. С. 58-61.

*УДК 711.4-112*

*Тарасов М.В., Глабец П.А.*

*Научный руководитель: Салтанова Е.В., ст. препод.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ СОГЛАСНО МАЛОЭТАЖНОЙ МОДЕЛИ**

Высокое качество жизни подразумевает наличие комфортного жилья, доступность и разнообразие объектов торговли и услуг, отдыха и досуга, образования и здравоохранения, а также создание условий для физического благополучия горожан, их самореализации, саморазвития и продуктивного взаимодействия. [2]

Для обеспечения высокого качества жизни горожан устанавливаются следующие шесть принципов развития территорий жилой и многофункциональной застройки:

- функциональное разнообразие;
- плотность и человеческий масштаб;
- связанность и комфорт перемещений;
- безопасность и здоровье;
- соответствие жилья потребностям горожан;
- гибкость и адаптивность. [3]

С целью создания пространственных условий для высокого качества жизни горожан с разными предпочтениями относительно организации повседневной жизни выделяют три целевые модели городской среды:

- малоэтажную,
- среднеэтажную,
- центральную. [1]

Более половины россиян (55,3 %) считают индивидуальный дом идеальным жильем. Малоэтажная модель нацелена на формирование

территорий современной малоэтажной застройки, где преимущества жилья с отдельным входом для большинства домохозяйств и собственным участком сочетаются с наличием в пешеходной доступности объектов торговли и услуг, остановок общественного транспорта. [1]

Задачи развития городской среды согласно малоэтажной модели:

1) Функциональное разнообразие - размещение объектов торговли и услуг повседневного спроса в 5-минутной пешеходной доступности для жителей территории.

2) Плотность и человеческий масштаб - формирование плотной и компактной застройки малой этажности.

3) Связанность и комфортность перемещений - повышение уровня обслуживания территории общественным транспортом.

4) Безопасность и здоровье - обеспечение просматриваемости улиц и других открытых пространств из окон жилых домов.

5) Соответствие жилья потребностям горожан - создание жилья с отдельным входом и собственным придомовым (приквартирным) участком для большинства домохозяйств.

6) Гибкость и адаптивность - внедрение автономного инженерного обслуживания домовладений. [1]

Планировочная структура малоэтажной модели строится на основе сравнительно крупных кварталов площадью 2 – 5 га. Такие размеры приводят к формированию улично-дорожной сети относительно низкой плотности, требующей меньших затрат на строительство и обслуживание, чем более плотная сеть улиц в других целевых моделях. Наиболее крупные кварталы (3 - 5 га) имеют пропорции, приближающиеся к квадрату со стороной 150 – 250 м, и, как правило, предназначены для размещения малоэтажных многоквартирных домов, свободно расположенных в квартале или формирующих его периметр. [7]

В малоэтажной модели приоритет отдан автомобильным перемещениям. Интенсивность транспортных и пешеходных потоков на улицах здесь ниже, чем в среднеэтажной и центральной моделях. Для формирования улично-дорожной сети достаточно всего двух типов улиц: главной улицы районного значения и примыкающих к ней местных улиц. [7]

Основная доля озеленения в малоэтажной модели расположена на придомовых участках, поскольку вся или значительная часть застройки здесь представлена индивидуальными или блокированными домами. При применении многоквартирных малоэтажных домов или в случаях, когда, согласно этой модели, формируются крупные (площадью 50 га и

более) массивы застройки, на территории целесообразно создание местного парка площадью 1 - 3 га. [1]

Модель предполагает совмещение на одной территории различных типов малоэтажных зданий: индивидуальных и блокированных домов, многоквартирных домов высотой до 4 этажей. Применение разных типов домов позволяет варьировать плотность застройки кварталов в рамках модели и расширять предложение на рынке малоэтажного жилья в различных ценовых сегментах. Застройка индивидуальными и блокированными домами дает возможность достичь высокого уровня жилищной обеспеченности по модели в целом (35–50 м<sup>2</sup>/чел.). [2]

При застройке индивидуальными и блокированными жилыми домами каждое домохозяйство может разместить один или два автомобиля на своем земельном участке. [5]

В школах представлены все ступени общего образования (начальное, основное и среднее), размещаемые в одном здании или в комплексе зданий на выделенном земельном участке. Следует добиваться того, чтобы во внеурочное время здания школ могли выполнять функцию досуговых центров для местных жителей.

Территория школы вместе с расположенными на ней спортивными и игровыми площадками во внеурочное время также становится доступной для жителей окружающих кварталов. В силу сравнительно низкой плотности застройки при определении радиуса территориальной доступности школ учитываются перемещения не только пешком, но и на общественном транспорте.

Размещение детских садов предполагает их пятиминутную пешеходную доступность от каждого дома. Расположение детского сада на расстоянии 150 – 250 м от остановок общественного транспорта позволяет родителям отводить детей в сад по дороге из дома на работу и забирать их на обратном пути. [1]

Использование разнообразных типов жилой застройки способствует созданию узнаваемого облика территорий малоэтажной модели. Многоквартирные и блокированные дома формируют сплошную линию застройки вдоль главных улиц районного значения, где проходят основные пешеходные потоки. Чтобы подчеркнуть индивидуальность каждого квартала, на угловых участках, выходящих на перекрестки, размещаются жилые дома с контрастными архитектурному окружению силуэтом, материалами или пластикой фасада. Это повышает узнаваемость групп кварталов и облегчает ориентацию на территории. [5]

Среди территорий сложившейся застройки в городах России к малоэтажной модели наиболее близка по параметрам индивидуальная жилая городская среда (рисунки 1).



Рис. 1 Индивидуальная жилая городская среда г. Энгельс, г. Белгород

Она, главным образом, представлена частными домами советского периода и современными коттеджами, иногда включает в себя современную блокированную застройку. Ее доля от застроенных территорий российских городов составляет свыше 60 %, при этом здесь в среднем размещается не более 12 % общего объема жилого фонда. Исключение составляют города, где частный дом - традиционно самый популярный вид жилья. В основном это характерно для юга России. Так, в Астрахани доля индивидуальной жилой застройки достигает 30 % от общего объема жилого фонда, в Черкесске — 40 %. [1]

Как и малоэтажная модель, индивидуальная жилая городская среда представляет своим жителям ряд преимуществ, таких как отдельный вход с улицы и собственный придомовой участок для большинства домохозяйств, возможность сделать планировку дома по индивидуальному проекту, обособленность от соседей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стандарт комплексного развития территорий. Книга 1. Свод принципов комплексного развития городских территорий. Редакция от 15 марта 2019 г. По заказу Фонда ДОМ. РФ
2. Гейл Я. Города для людей. М.: Альпина Паблицер, 2013.
3. Гутнов А. Э., Глазых В. Л. Мир архитектуры: Лицо города. М.: Молодая гвардия, 1990.
4. Ращенко А.В., Перькова М.В. Проблемы развития общественных пространств в малых городах // Вестник Белгородского

Государственного Технологического Университета им. В.Г. Шухова. 2015. №1. С.61-64.

5. Перькова М.В. Малые города как фактор устойчивого развития территорий // Вестник Белгородского Государственного Технологического Университета им. В.Г. Шухова. 2014. №4. С. 63-66.

6. Андреева Л. В., Гульков А. Н. и др. Строительная экология: учебно-методический комплекс. Владивосток: ДВФУ, 2015.

7. Блинкин М. Я. Безопасность дорожного движения. История вопроса, международный опыт, базовые институты. М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2013.

8. Градостроительный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 29.12.2004 №190-ФЗ (ред. от 23.04.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 28.06.2018).

**УДК 624.012.4-183.2**

***Таренко Д.С.***

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

## **АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ ДЕФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ**

Основой расчета железобетонных конструкций является получение их напряженно-деформированного состояния (НДС). Для этого необходимо определение усилий и перемещений во всех точках конструкции.

При этом железобетон с определенного уровня нагружения начинает проявлять физическую нелинейность, в связи с этим для описания НДС в какой-либо точке или сечении обычно используют соответствующие диаграммы деформирования материалов (диаграммы состояния). Эти диаграммы в совокупности с уравнениями равновесия, совместности деформаций и граничными условиями составляют суть диаграммных методов расчета[2].

Диаграммы подразделяются на четыре типа: диаграммы, связывающие между собой напряжения и деформации в произвольной точке конструкции; диаграммы, определяющие зависимость между напряжениями и деформациями, строящиеся на основе экспериментов

при многосном простом нагружении; диаграммы, определяющие взаимосвязь внутренних усилий и перемещений; диаграммы «нагрузка-перемещение» (см. рисунок 1, рисунок 2) [5].

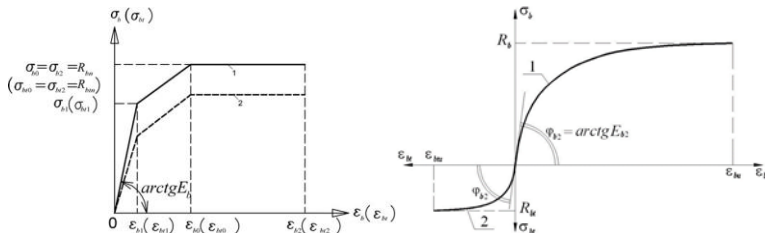


Рис. 1. Диаграммы деформирования бетона при растяжении и сжатии

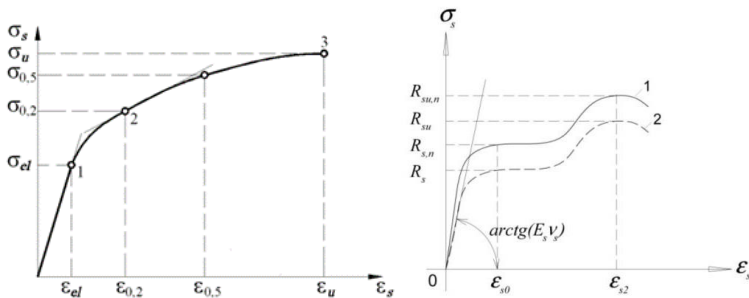


Рис. 2. Диаграммы деформирования стальной арматуры при растяжении

Одной из методик расчета изгибаемых железобетонных конструкций является нелинейная деформационная модель нормального сечения. Рассмотрим вариант расчетной схемы нормального сечения для железобетонного элемента, находящегося в условиях изгиба [3].

Данная модель позволяет производить расчет конструкций по двум группам предельных состояний на основе единого подхода. Кроме того, на второй стадии НДС в ней учитывается работа растянутого бетона над трещиной (см. рис.3).

Аналитические выражения, для описания расчетной модели деформирования элемента, включают в себя три группы уравнений: 1 – уравнения равновесия, устанавливающие связь между внешними нагрузками и внутренними усилиями, 2 – совместности относительных деформаций, определяющих взаимосвязь между деформациями бетона и арматуры, и 3 – физические соотношения [4].

Для построения уравнений равновесия и совместности деформаций вводится численное интегрирование деформационных параметров по сечению элемента. Для этого оно разделяется на  $n$  элементарных участков бетона с площадями  $A_{bt,i}$ ,  $A_{b,i+k}$  ( $i=1 \div n$ ) и координатами центров тяжести участков  $y_{bi}$ . Каждый арматурный стержень площадью  $A_{s1,j}$ ,  $A_{s2,j+1}$  ( $j=1 \div m$ ) фиксируется координатами центра тяжести его сечения  $y_{s1,j}$ ,  $y_{s2,j+1}$  [2].

Положение оси  $Ox$  в сечении, может быть произвольным, однако для унификации расчетов в различных стадиях деформирования конструкций рекомендуется совмещать продольную ось с осью центров тяжести сечений, определяемых в упругой стадии деформирования элемента. Эта ось для изгибаемого элемента совпадает с нейтральной осью [6].

Растягивающие напряжения принимаются за положительные, сжимающие – за отрицательные. Общие выражения для условий равновесия, совместности деформаций и граничных условий здесь не приводим, так как все они хорошо описаны в нормах [1].

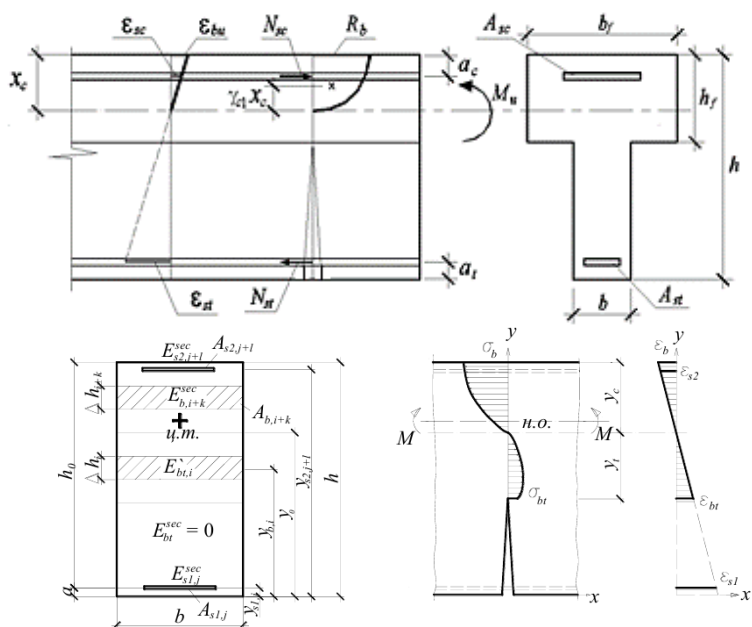


Рис. 3. Расчетная схема нормального сечения изгибаемого железобетонного элемента до и после образования трещины



Диаграммные методы расчета железобетонных конструкций все больше применяются в практике проектирования, вытесняя методы предельных усилий. Нельзя утверждать, что они являются чем-то принципиально новым, тем не менее, благодаря внедрению компьютеризации и автоматизации расчетов в последние годы широкое применение диаграммных методов стало возможным.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции – 161 с.
2. Залесов А.С. Краткие заметки о расчете железобетонных конструкций на действие изгибающих моментов и продольных сил. – М.: 2008. – 117 с.
3. Мурашев В.И. Трещиностойкость, жесткость и прочность железобетона. – М.: Машстройиздат, 1950. – 268 с.
4. Гвоздев А.А. Расчет несущей способности конструкций по методу предельного равновесия. – М.: Госстройиздат, 1949. – 280 с.
5. Никулин А.И. Универсальная зависимость для аналитического описания диаграмм растяжения арматурной стали // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 3. С. 157-162.
6. Никулин А.И. Энергетический подход к трансформированию эталонных диаграмм сжатия бетона // Бетон и железобетон. 2013. № 5. С. 12-14.

*УДК 624.046.4*

*Таренко Д.С.*

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

## **ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОГИБОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ МАТЕРИАЛОВ**

При расчете конструкций из железобетона основным условием для высокой точности расчета является учет нелинейности деформирования бетона. Изменение жесткостных характеристик сечений по всей длине

вызывается нелинейной работой материала и изменением усилий по длине стержня[2].

Рассмотрим произвольную балку из железобетона с сечением прямоугольной формы, заармированную одним семейством арматуры. Сечение для расчета элемента, в котором действует изгибающий момент  $M$ , эпюры деформаций и напряжений (рисунок 1) [1].

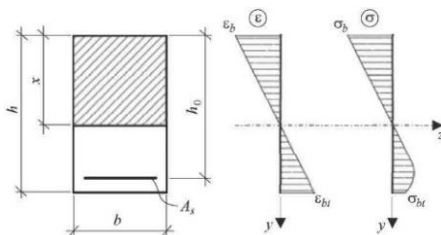


Рис. 1. Распределение деформаций и напряжений по высоте сечения балки

В месте прохождения нейтральной линии ( $y = 0$ ) напряжения и деформации равняются нулю. Уравнения равновесия будут следующие:

$$\begin{cases} \int_{-x}^{h-x} \sigma_b(y) dy + \sigma_s A_s = 0, \\ \int_{-x}^{h-x} \sigma_b(y) y dy + \sigma_s A_s (h_0 - x) = M \end{cases}$$

где  $\sigma_b(y)$  – функция распределения напряжений по сечению элемента;  $b(y)$  – функция изменения ширины балки;  $\sigma_s$  – напряжение в стержнях арматуры;  $A_s$  – суммарная площадь сечения арматуры;  $h$  – высота сечения балки;  $x$  – высота сжатой зоны балки;  $h_0$  – полезная высота сечения элемента;  $M$  – изгибающий момент[3].

По гипотезе плоских сечений, составим два кинематических соотношения:

$$\begin{cases} \varepsilon_b = \frac{x}{x - h_0} \varepsilon_s, \\ \varepsilon_{bt} = \frac{h - x}{h_0 - x} \varepsilon_s, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\varepsilon_b$  – деформация крайнего сжатого волокна;  $\varepsilon_{bt}$  – деформация крайнего растянутого волокна;  $\varepsilon_s$  – деформация растянутой арматуры. Произведем замену переменных. В каждом сечении  $\rho = -x / \varepsilon_b$ , откуда получаем:

$$y = -\frac{x}{\varepsilon_b} \varepsilon, \sigma_b(y) = \sigma_b\left(-\frac{x}{\varepsilon_b} \varepsilon\right) = \psi_b(\varepsilon), \quad (2)$$

где  $\psi_b(\varepsilon)$  – функция, которая аппроксимирует диаграмму деформирования бетона (рисунок 2) [3].

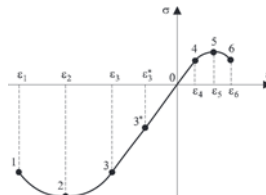


Рис. 2. Диаграмма деформирования бетона, аппроксимированная сплайн-функцией

Выполним замену переменных в уравнениях равновесия:

$$\begin{cases} b \left( -\frac{x}{\varepsilon_b} \right) \int_{\varepsilon_b}^{\varepsilon_{bt}} \psi(\varepsilon) d\varepsilon + \sigma_s A_s = 0, \\ b \left( -\frac{x}{\varepsilon_b} \right)^2 \int_{\varepsilon_b}^{\varepsilon_{bt}} \psi(\varepsilon) \varepsilon d\varepsilon + \sigma_s A_s (h_0 - x) = M. \end{cases} \quad (3)$$

Вводим безразмерные величины:  $\xi = x / h_0$  – относительная высота сжатой зоны элемента;  $\zeta = z / h_0$  – безразмерная координата по длине железобетонной балки. Функция  $\sigma_s = \varphi(\varepsilon_s)$  для аппроксимирования диаграммы деформирования арматуры.

В безразмерном виде уравнения будут следующего вида:

$$\begin{cases} \frac{\xi}{\varepsilon_b} \int_{\varepsilon_b}^{\varepsilon_{bt}} \bar{\psi}(\varepsilon) d\varepsilon = \mu_s \bar{\varphi}(\varepsilon_s), \\ \left( \frac{\xi}{\varepsilon_b} \right)^2 \int_{\varepsilon_b}^{\varepsilon_{bt}} \bar{\psi}(\varepsilon) \varepsilon d\varepsilon + (1 - \xi) \mu_s \bar{\varphi}(\varepsilon_s) = \bar{M}, \end{cases} \quad (4)$$

При условии, что известна зависимость изгибающего момента от координаты  $\zeta$  по всей длине элемента, безразмерный изгибающий момент будет являться функцией  $M(\zeta)$  [4].

Из-за нелинейности работы бетона высота сжатой зоны балки по длине - величина не постоянная, она зависит от координаты  $\zeta$ . После нахождения относительной кривизны  $\chi(\zeta)$ , вычисляем прогибы в произвольной точке сечения элемента  $\zeta_0$ .

$$\bar{W}(\zeta) = \bar{W}(\zeta_{i-1}) + C_{i-1}(\zeta - \zeta_{i-1}) + c_i(\zeta - \zeta_{i-1})^d, \quad (5)$$

Величины прогибов  $W = (\zeta_i)$  определяются по формуле:

$$\bar{W}(\zeta_i) = \bar{\Delta}(\zeta_i) \int_0^L \bar{M}_{li}(\zeta) \bar{\chi}(\zeta) d\zeta, \quad (6)$$

где  $M_{li}(\zeta)$ , – распределение по всей длине элемента безразмерного изгибающего момента от воздействия единичной силы, которая приложена в направлении искомого перемещения, в точке с координатой  $\zeta_i$  [5].

Численно-аналитический метод определения прогибов основывается на едином подходе построения аппроксимирующих диаграмм деформирования арматуры и бетона, функции распределения высоты сжатой зоны элементов с использованием сплайн-функций, аппроксимаций функции кривизны и имеет более высокую точность, в сравнении с иными методами расчета конструкций из железобетона.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции – 161 с.
2. Карпенко Н.И., Мухамедиев Т.А., Сапожников М.А. К построению методики расчета стержневых элементов на основе диаграммы деформирования материалов // Совершенствование методов расчета статистически неопределимых железобетонных конструкций. – М.: НИИЖБ, 1987.
3. Байков В.Н., Додонов М.И., Расторгуев Б.С. и др. Общий случай расчета прочности по нормальным сечениям // Бетон и железобетон. – 1987, № 5. – С. 16–18.
4. Никулин А.И. Универсальная зависимость для аналитического описания диаграмм растяжения арматурной стали // Вестник

Иркутского государственного технического университета. 2015. № 3. С. 157-162.

5. Никулин А.И. Энергетический подход к трансформированию эталонных диаграмм сжатия бетона // Бетон и железобетон. 2013. № 5. С. 12-14.

*УДК 62-784.412.1*

*Тирон О.В.*

*Научный руководитель: Логачев К.И., д-р. техн. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЫЛЕВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ ПРИ СВЕРЛЕНИИ И ВЛИЯНИЕ ПРОФИЛИРОВАНИЯ НА ПЫЛЕУНОС.**

При сверления бетонных, металлических, деревянных поверхностей сверильным оборудованием, образуется большое количество пыли, которая наносит значительный вред здоровью работника и окружающей среде. Во время сверления важно использовать устройства предотвращающие попадание пыли в воздух рабочей зоны, благо на рынке товаров, данная продукция представлена в многочисленных вариациях [1]. Системы обеспыливающей вентиляции – аспирации остаются наиболее эффективным способом локализации пылевыведений [2]. Местный отсос обеспечивает улавливание пыли непосредственно от источника их образования [3,4].

Для оценки качества работы пылеудаляющего устройства, как и в работах [5,6] создана компьютерная модель (рис.1) в программном комплексе SolidWorks. Расчет произведен в расширении Flow Simulation. Уровень начальной сетки установлен на отметке 4, коэффициент разбега до границ расчетной области – 10. В работе [6], определены параметры, затрудняющие пылеунос, не учёт таких параметров, как вращение сверла, направление сверления и т.д. может привести к значительным погрешностям.

В работе рассмотрено поведение пылевых частиц разных размеров. В качестве критерия эффективности улавливания пыли предложено использовать величину максимального диаметра пылевых частиц, полностью улавливаемых всасывающим каналом. Произведены расчёты изменения  $d_{\max}$  в зависимости от угловой скорости развиваемой

вращающимся сверлом на холостом ходу; при различных диаметрах насадка (рисунок 1); радиусах всасывающего отверстия и его смещения от конца насадка, для возможности использования оборудования с коронками подрозетника до 72 мм; различных направлений сверления и расходов всасываемого воздуха.

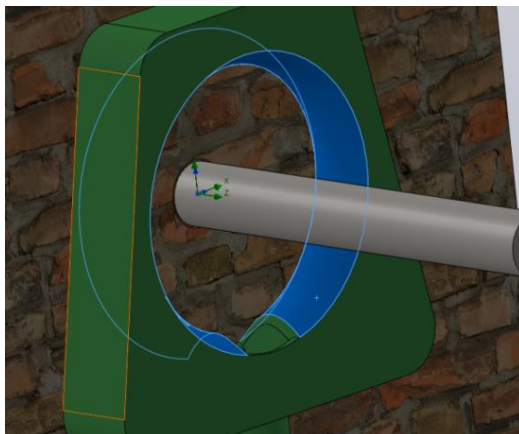


Рис. 1 Модель местного вытяжного оборудования, выполненная в программном комплексе SolidWorks

В ходе расчёта было выявлено, что наиболее неблагоприятным направлением сверления, является сверление пола, в этом случае сила тяжести в области образования пылевых частиц направлена в противоположную от скорости их захвата воздухом сторону. Наибольшая скорость вращения сверла на холостом ходу в перфораторе не превышает 146 рад/с. Более высокие скорости вращения могут наблюдаться только при работе сверлильных станков.

Предложены конструкции местного отсоса (рис. 2,3) - насадка для улавливания пыли, образующейся при сверлении. На рисунках представлены три вида профилирования. Произведен расчет максимального диаметра пылевых частиц, полностью удаляемых при работе устройства.

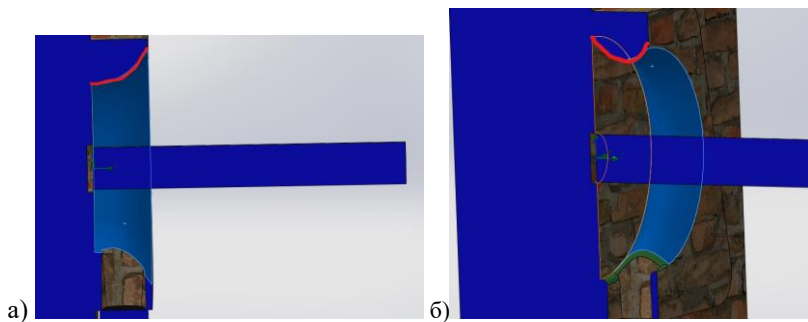


Рис. 2 Разрез насадки с разными видами профилирования: а) сужение направлено к поверхности пылеобразования; б) расширение по краям, сужение в центре.

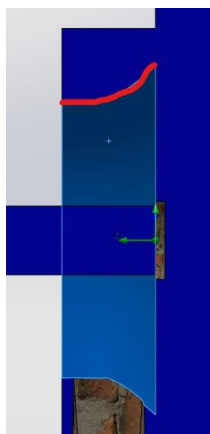


Рис. 3 Расширение профиля насадки к поверхности пылеобразования.

Наилучший пылеунос осуществляет устройство, расширяющееся при приближении к плоскости сверления (рисунок 4), в случае применения подобного устройства  $d_{\max}=300$  мкм.



Рис. 4 Визуализация локализации пыли имеющей максимальный диаметр 300 мкм.

В работе предложена конструкция местного вытяжного отсоса, для удаления пыли образующейся при сверлении. Произведены эксперименты, по установлению рациональных условий работы. Выявлены зависимости влияющие на величину  $d_{max}$  мкм при различных направлениях сверления, с учетом угловой скорости развиваемой сверлом.

Дальнейшие исследования направлены на создание и расчет модели с круглой формой и полыми внутренностями и поиск границ вихревых зон для построения границ профилирования.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тирон О.В. Определение рациональной мощности всасывания пылеудаляющей насадки для ударного инструмента // Международная научно–техническая конференция молодых ученых. Белгород. 2020. С.4052-4057.
2. Nazaroff W.W. Four principles for achieving good indoor air quality // *Indoor Air*. 2013. Vol. 23, Pp. 353–356.
3. Huang Y., Lu K., Guo J., Wang Y., Zhao C., Zhai Y. Study on ventilation performance of lateral exhaust hood under the influence of two high-temperature buoyant jets // *Building and Environment*, 2020, Pp. 177.
4. Wang Y., Cao L., Huang Y., Cao Y. Lateral ventilation performance for removal of pulsating buoyant jet under the influence of high-temperature plume // *Indoor and Built Environment*. 2020. Vol.29 No. 4. Pp.248–255.



5. Тирон О.В. Способы и средства локализации пылевыведений от сверлильного оборудования// Молодёжь и научно–технический прогресс. Губкин. 2020. С. 317-321.

6. Тирон О.В., Логачев К.И. Численное моделирование пылевоздушных течений вблизи местного вентиляционного отсоса от сверлильного оборудования // Вестник Белгородского Государственного Технологического Университета им. В. Г. Шухова – 2021. –№4. С.37-48

**УДК 69.059.72**

*Ткачев Д.В., Тарасов М.В.*

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

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

## **УСИЛЕНИЕ КАМЕННЫХ ФУНДАМЕНТОВ БЕТОННЫМИ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ ОБОЙМАМИ**

При проектировании усиления необходимо максимально использовать существующий фундамент, обеспечив его совместную работу с элементами усиления. Несущую способность существующих фундаментов реконструируемого объекта определяется с учетом фактических и деформативных характеристик материала фундамента и грунтов оснований.

Причиной разрушения кладки каменных фундаментов часто является агрессивная среда. Происходит снижение прочности раствора, фундамент перестает выполнять свою функцию и надземные конструкции получают существенные деформации. Если процесс разрушения происходит на всю толщину конструкции фундамента, необходимо либо зацементировать кладку, укрепив тем самым его, либо выполнить усиление или восстановление. Одним из методов усиления существующих каменных фундаментов является обойма.

Железобетонная обойма — это монолитная оболочка, которая охватывает поврежденный фундамент. Если одна из сторон фундамента не доступна, то такая обойма называется «рубашка».

Обоймы фундаментов могут выполняться как с ее уширением, так и без увеличения площади подошвы. По материалу они могут быть бетонными и железобетонными. Для обеспечения хорошего сцепления бетона обоймы с фундаментом поверхность его необходимо очищать промывкой водой под высоким давлением, пескоструйной очисткой и

дополнительно обрабатывать, нанося насечки перфораторами для обеспечения шероховатости или устраивать штрабы. После обработки поверхностей сопряжения начинают выполнять монтаж арматуры. После монтажа арматурных каркасов, приступают к установке опалубки. Опалубку подвешивают или крепят к арматуре усиления. Для предотвращения разрушения конструкции в процессе выполнения работ, фундамент разгружают с помощью подкосов и рам.

Элементы обоймы рассчитываются либо на восприятие дополнительной или полной нагрузки. Способ соединения старой и новой частей фундамента зависит от величины передаваемой нагрузки, площади контакта, характера старой кладки и др. [1]

При повреждении фундаментов в процессе эксплуатации для восстановления его несущей способности устраивают конструктивную «рубашку», размеры которой принимают в зависимости от диаметра арматуры, величины защитного слоя. Минимальная толщина обоймы принимается 80-100 мм, соединение элементов осуществляется анкерами, диаметром 16-20 мм. Армирование в основном выполняется в виде сеток, с ячейкой 150x150 мм из арматуры диаметром не менее 10мм.

Внешняя и внутренняя части обоймы соединяются между собой сквозными арматурными стержнями, пропущенным через тело существующего фундамента, к которым привариваются каркасы обоймы. Наиболее эффективно устройство обойм для усиления столбчатых фундаментов. В ленточных сборных фундаментах противоположные стенки обоймы крепят между собой анкерами или поперечными балками (рисунок 1). В таком случае совместная работа существующих фундаментов и обойм обеспечивается горизонтальными штрабами в кладке стен и пропущенными через швы арматурными стержнями.

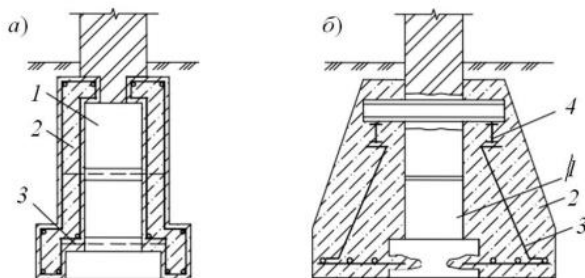


Рис. 1 Варианты усиления сборных ленточных фундаментов с помощью: а – горизонтальных штраб и монолитной обоймы; б – металлического каркаса и монолитной обоймы; 1 – фундамент; 2 – обойма; 3 – арматурные стержни.

Этот метод усиления позволяет снизить давление на грунт основания, повысить жесткость здания и возможность восприятия дополнительных усилий, возникающих, например, при неравномерных деформациях грунтов оснований. [2]

Аналогичное решение возможно и при устройстве ленточных фундаментов. (рисунок 2)

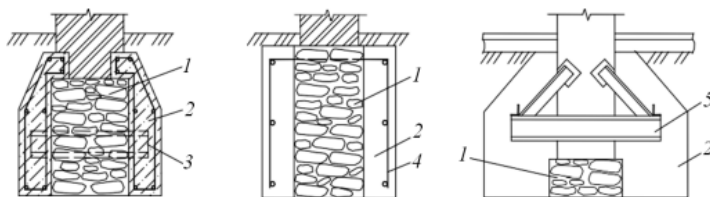


Рис. 2 Варианты усиления бутовых фундаментов обоймами: а – с креплением их балками и штрабами; б – арматурными элементами; в – жестким металлическим каркасом; 1 – существующий фундамент; 2 – обойма усиления; 3 – металлическая балка; 4 – арматурные стержни; 5 – металлический каркас.

Обеспечение прочного сцепления бетона обоймы с существующим фундаментом — это одна из главных задач при установке обоймы. Она достигается выбором наиболее эффективного метода очистки поверхности усиливаемого фундамента. При этом удаляется грязь, сажа, а также поврежденный бетон и раствор кладки. Улучшение качества сцепления достигается еще и увлажнением поверхности фундамента перед бетонированием. Увлажнение проводится за 1-2 суток до укладки бетона, затем бетону дают подсохнуть в течение суток. [3]

Метод усиления фундамента обоймой или «рубашкой» не подходит для оснований со значительной глубиной заложения, слишком рыхлой кладке, требующих проведения большого объема земляных работ. Значительная разница в соотношении ширины и высоты фундамента этот метод тоже не желательно применять.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пириев Ю.С. Технические вопросы реконструкции и усиления зданий. / М., АСВ, 2013.

2. Учебно-методическое пособие к самостоятельному изучению курса «Усиление оснований и фундаментов» для студентов заочной формы обучения по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», направленность (профиль) «Промышленное и

гражданское строительство» /И.Ф.Шакиров. – Казань: Изд-во Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2017г. – 64 с.

3. Реконструкция зданий и сооружений/А.Л. Шагин, Ю.В. Бондаренко, Д.Ф. Гончаренко, В.Б. Гончаров; Под ред. А.Л. Шагина: Учеб. Пособие для строит. Спец. Вузов. – М.: Высш. Шк., 2004. – 131с – 144с.

4. Конструктивно-технологические мероприятия восстановления фундаментов железобетонными обоями. Методические указания по выполнению практического занятия по дисциплине: «Основы технической эксплуатации зданий и сооружений» для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство, всех направленностей (профилей) подготовки /Казанский государственный архитектурно-строительный университет; Составители: Павлов В.В., Антаков А.Б., Казань, 2015. – 24 с.

**УДК 69.003.12**

*Умахди Х.*

*Научный руководитель: Малюкова М.В., канд. техн. наук, доц.*

*Белгородский государственный технологический университет*

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

## **ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ИНВЕСТИЦИИ В РЕКОНСТРУКЦИЮ МЕДИНЫ В МАРОККО**

Старые марокканские города являются огромным наследием МЕДИНЫ в мире. Они представляют около 10% недвижимость историческое наследие и имеют около 5 миллионов жителей и десятки тысяч бизнес-единиц (медная посуда, ювелирные изделия, традиционное ткачество, керамика, декоративный кирпич и т. д.). В древних Медине насчитывается более 250 000 построек, представленных примерно 34 Мединами и десятками Ксур и Касба.

К национальным памятникам относятся 34 медины. В Медине есть частные резиденции (риады), коранические школы (медерсы), караван-сарай (фондуки), общественные бани (хаммамы), водоемы, фонтаны и другие общественные сооружения.

Инвестиции в мероприятия многочисленны и разнообразны, эти инвестиции могут быть прямыми или косвенными и иметь общие цели сохранения этого всемирного наследия.

Основными инвестиционными планами реконструкции Медины являются:

– В 2002 году Министерство жилищного строительства подписало 70 контрактов на финансирование и реализацию существующей Медины интервенционной программы (2002-2015 годы) на общую сумму инвестиций 3 027 миллионов дирхамов (24 миллиарда рублей). Общая поддержка программы составила 1 697 млн дирхамов (13,5 млрд рублей) (социальные фонды жилищного строительства и городского развития).

– В 2015 году Министерство туризма запустило Программу наследия «Vision 2020», которая направлена на укрепление культурной самобытности Марокко за счет структурирования и улучшения материального и нематериального наследия королевства, комплексной программы развития культурного туризма и наследия. Программа создана в рамках многостороннего соглашения о партнерстве. Общая стоимость программы составляет 2260 млн дирхамов (18 млрд рублей), из которых МВД внесет 960 млн дирхамов (7,6 млрд рублей) (43%), Министерство культуры - 250 млн дирхамов (2 млрд рублей). (10%), Министерство жилищно-коммунального хозяйства и городской политики с 430 млн дирхамов (3,5 млрд рублей) (19%), Министерство ремесел и социальной солидарности с 50 млн дирхамов (400 млн рублей) (2%) и Министерство туризма с 570 млн дирхамов (4,5 млрд рублей) (25%).

– В мае 2018 года под председательством короля было подписано соглашение о партнерстве и финансировании программы улучшения старой медины Марракеша (2018-2022 годы), которая мобилизует инвестиции в размере около 484 миллионов дирхамов (4 миллиарда рублей), в том числе 150 миллионов (1 миллиард рублей) в качестве взноса Фонда экономического и социального развития Хасана II.

– В октябре 2018 года по королевскому указу был мобилизован бюджет в размере около 2,35 млрд дирхамов (18,5 млрд рублей) на восстановление и укрепление старых медин Сале, Мекнес, Тетуан и Эс-Сувейра. Программа восстановления и развития старого города Сале потребует инвестиций в размере около 900 миллионов дирхамов (7 миллиардов рублей). На программу реабилитации и развития старого города Мекнес мобилизован бюджет в размере 800 миллионов дирхамов (6 миллиардов рублей). В рамках дополнительных программ реконструкции и укрепления городов Тетуан и Эс-Сувейра было мобилизовано около 350 миллионов дирхамов (3 миллиарда рублей) для Медины Тетуана и 300 миллионов дирхамов (2,5 миллиарда рублей) для Медины Эс-Сувейры.

Проекты, запланированные в рамках программы, включают в себя реконструкции разрушенных зданий, укрепление инфраструктуры,

строительство автостоянок, благоустройство исторических территорий и создание интерактивных информационных пунктов об этих памятниках.

Реализация этих проектов содействует повышению инвестиционной привлекательности, созданию и обслуживанию кооператив, улучшению условий жизни жителей Старого города и повышению доходов и обслуживания туризма ремесленников, которые там живут.

Несмотря на постоянные усилия правительства Королевства Марокко и многочисленные вмешательства, и инвестиции, исследования «Стратегии развития исторических марокканских городов», проведенные Всемирным банком в 1996, 2005 и 2009 годах (по запросу Министерства жилищного строительства, Градостроительство и территориальное планирование) рекомендовал увеличить ресурсы, выделяемые на сохранение и восстановление медины.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Статья 1 Постановления № 1011-2-01 от 4 июня 2002 г.
2. Стратегия восстановления старой Медины, Агентства развития и реабилитации города Фес, 1989 г.
3. Статья «2,3 миллиарда дирхамов на реконструкцию старого города», опубликованная на «LesEco.ma» 23 октября 2018 года.
4. Исследование Всемирного банка «Профиль доходов и бедности в Медине Феса», проведенное в 1996 году.
5. Исследования Всемирного банка на тему «Стратегии развития исторических марокканских городов», проведенное в 2009 году.

**УДК 69.04**

**Фокин Д.С.**

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

## **МЕХАНИЗМЫ РАЗРУШЕНИЯ СТАЛЬНЫХ БАЛОК ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЛОКАЛЬНЫХ НАГРУЗОК**

В настоящее время металлические тонкостенные балки составного и прокатного сечения повсеместно используются в строительстве зданий

и сооружений. Зачастую эти балки работают в условиях воздействия на них локальных (местных) нагрузок. Вопросам обеспечения прочности таких конструкций уделяется особое значение, но, несмотря на это, они занимают огромную область для проведения дальнейших исследований и улучшения результатов теоретического анализа [1].

Примеров данных конструкций, работающих в условиях действия в том числе и локальных напряжений, немало. Подкрановые балки мостовых кранов в промышленных зданиях, а также покрытия и перекрытия (многоэтажных) зданий, торгово-развлекательных центров с большими площадями, различных офисных зданий и т.п. устроены по типу балочной клетки, где второстепенные балки составного или прокатного сечения укладываются на главные балки, образуя своеобразную клетку. Именно в местах опирания балок друг на друга возникают значительные местные напряжения в стенках главных несущих балок. Также локальные напряжения возникают в местах изменения сечения или ослабления его отверстиями и вырезами. Это не сказывается на общих деформациях конструкции, так как они действуют на небольшой длине, но, с другой стороны, приводят к появлению плоского напряжённого состояния. Это увеличивает опасность разрушения конструкции, но, несмотря на это, локальные напряжения не могут повлечь за собой потерю устойчивости или прочности. Они лишь одна из составляющих совокупности напряжений, действующих в сечениях балки.

В настоящий момент актуальный нормативный акт СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции» в п.8.2.2 учитывает локальные напряжения при расчёте балки на прочность. В данном пункте сказано, что расчёт на прочность стенки балки, не укреплённой рёбрами жёсткости, при действии местного напряжения в местах приложения нагрузки к верхнему поясу, а также в опорных сечениях балки, следует выполнять по формуле (46) данного свода правил. А именно, частное от значения локальных напряжений и произведения расчётного сопротивления стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести на коэффициент условия работы не должны превышать 1. В свою очередь, локальные напряжения являются частным от расчётного значения нагрузки и произведения условной длины распределения нагрузки на толщину стенки балки. Из этого можно сделать вывод, что действующий свод правил по стальным конструкциям учитывает локальные напряжения лишь в упругой стадии работы балки, ведь при превышении локальными напряжениями значения расчётного сопротивления стали растяжению/сжатию их отношение будет больше

1, что противоречит формуле (46) действующего СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции» [2].

На (рисунке 1) представлены схемы распределения сосредоточенной нагрузки на стенку балки, предлагаемые нормативными документами.

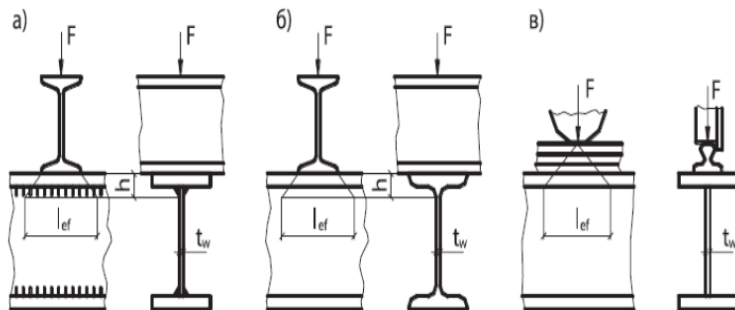


Рис. 1 Схемы распределения сосредоточенной нагрузки на стенку балки (а - сварная балка; б - прокатная балка; в – сварная или прокатная балка при нагрузке от колеса крана).

Местные напряжения первого рода или концентрация напряжений приводят к изменению силового потока, являются внутренне уравновешенными и уменьшаются по мере удаления от концентратора. Величина местных напряжений зависит от того, как резко меняется сечение в месте его изменения и характеризуется коэффициентом концентрации напряжений. Теоретически напряжение по краю трещин при упругой работе материала стремится к бесконечности. За счёт пластичности материала напряжения быстро выравниваются. При нормальной температуре и статической нагрузке на несущую способность сильного влияния это не оказывает, но при низких температурах и при динамических или циклических нагрузках может быть причиной хрупкого разрушения.

Местные напряжения второго рода уравнивают внешние воздействия. Они могут привести к плоскому напряжённому состоянию – сжатию или растяжению в двух направлениях и, как следствие, – трещине или потере местной устойчивости в тонких элементах сечения. Местные напряжения этого вида учитываются в расчётах, возможно также местное усиление конструкций (установка ребер жёсткости, увеличение толщины элементов и т.п.) [3].



Определение напряжённо-деформированного состояния (НДС) в тонкостенных балках, согласно теории местных напряжений, производится путём разделения его на составляющие нормальных и касательных усилий взаимодействия. [4].

В дальнейшем в рамках выпускной квалификационной работы планируется провести исследование соотношения расчётов по действующим нормативным документам с экспериментальными значениями, полученными в ходе разработки ВКР студентами-магистрантами предыдущих лет, с данными численного моделирования. Часть исследования будет состоять из расчётов, предлагаемых действующими нормативными документами, и получения результатов с помощью численного моделирования в программах для ЭВМ. В ходе исследования необходимо выяснить, сопоставимы ли методы расчёта локальных напряжений с результатами, полученными экспериментальным путём.

Местные или локальные напряжения, возникающие в конструкциях по различным причинам, могут повлиять на несущую способность конструкции, хотя сами по себе как напряжения в чистом виде не способны разрушить её. Хотя возникают такие внутренние усилия не всегда, но требуется обратить внимание и рассмотреть их влияние более внимательно. Также необходимо установить, ведут ли расчёты по нормативным документам к завышению или к занижению значений.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Апалько А.А. Напряженное состояние стенок сварных подкрановых балок под действием местных статических нагрузок: Автореферат. Дис. канд. техн. наук. —М., 1960. — С. 9-11

2. СП 16.13330.2017 "Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*" (с Поправками, с Изменениями N 1, 2, 3)" от 27.02.2017 // Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017 год. - 2017

3. Беленя Е.И., Балдин В.А., Ведеников Г.С., Кошутин Б.Н., Уваров Б.Ю., Пуховский А.Б., Морачевский Т.Н., Стрелецкий Д.Н. Металлические конструкции. Общий курс. - Москва: Стройиздат, 1986. — 560с.

4. Кузнецова, С.В. Строительные конструкции: учеб.-практ. Пособие для студентов строит. спец. всех форм обучения / С.В. Кузнецова; И.И. Кузьменко; БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2008. – 70 с.

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

## **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕКРЕСТНО-КЛЕЕНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЕРЕВЯННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ФЕРМ**

Строительные фермы являются основой многих стержневых систем и разнообразны по назначению. Их используют в конструкциях покрытий зданий (стропильные, подстропильные фермы), междуэтажных перекрытий, в качестве контурных диафрагм оболочек, складок и др. Область применения строительных ферм разнообразное.

Деревянные фермы – могут быть представлены в виде бревенчатых или брусчатых висячих стропил. Их применяют для перекрытия пролетов от 9 до 36 м. В России применяют деревянные фермы индустриального производства – сегментные, многоугольные, трапециевидные, треугольные и шпренгельные. Устойчивость деревянных ферм обеспечивают деревянные раскосы и связи, установленные по краям и в середине фермы перпендикулярно их плоскости, а также кровельные настилы, образующие жесткий диск покрытия.

Верхний пояс фермы выполняют из брусьев или клееных досок. Длина панелей верхнего пояса брусчатой фермы определяется шагом прогонов, так как ограниченное сечение бруса не в состоянии противодействовать изгибу, возникающему от размещения прогонов между узлами. Межузловое размещение прогонов возможно лишь для клееных ферм, высота сечения поясов которых практически неограниченна. Поэтому длина панели клееной фермы может быть 6 м и более. При этом число узлов сокращается, и снижаются затраты на их изготовление.

Треугольные фермы применяют для кровельных систем со значительным уклоном. Отношение высоты фермы в коньке к пролету принимают не менее: для цельнодеревянных ферм 1/5, для ферм с металлическим нижним поясом 1/6. Для ферм с металлическим нижним поясом и клееным верхним это отношение может быть снижено до 1/7 пролета. При этом уклон верхнего пояса и кровли колеблется от 1:2,5 до 1:4. Основные формы ферм представлены на (рисунки 1).



Рис. 1 Виды строительных ферм, основанные на треугольной форме.

В настоящее время все больше применяют обвязку нижнего пояса из деревянного клееного или брусчатого материала при условии выполнения его из тщательно отобранной и сращенной по длине древесины (ламелей), качественного выполнения склеивания ламелей в брус. При применении брусчатых ферм для больших пролетов приходится увеличивать число панелей верхнего пояса до шести и нижнего пояса до четырех, соединяя узлы верхнего и нижнего поясов треугольной решеткой с центральной растянутой стойкой.

Учитывая, что основную нагрузку воспринимают детали, работающие на сжатие, основным элементом их установки являются врубки (рисунок 2).

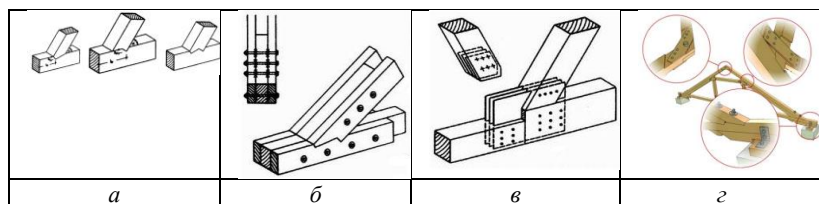


Рис. 2. Виды врубок деревянных ферм: а – простая одинарная; б – двойная с накладками; в – с использованием монтажных пластин; г – узловые соединения деревянных ферм.

В процессе эксплуатации под действием изменения влажности и коррозии древесины соединениями врубками и крепежными элементами расшатываются и ослабевают, что приводит к снижению

прочностных свойств конструкции в целом. Изготовление соединений типа "шип-паз" в мауэрлатных системах требует высокой точности обработки, что не всегда удается обеспечить технологически. Но и в этом случае периодические циклы разбухания и усыхания приводят к деформации сопрягаемых слоев древесины и увеличению зазоров в сопряжении.

Наиболее эффективным способом изготовления деревянных строительных ферм на наш взгляд является изготовление клееных конструкций фанерованной древесины увеличенной толщины с перекрестным расположением слоев. Для этого предлагается использовать тонкие доски, толщиной до 10 мм, полученные путем раскря пиломатериалов с помощью круглопильных станков. Такой способ обеспечит достаточную точность размеров и требуемое качество обработанной поверхности. Отклонения по толщине заготовок не должны превышать  $\pm 0,5$  мм, а шероховатость обработанной поверхности –  $R_{z\ max}=250$ . Если требования не обеспечиваются при раскряе, необходимо провести продольное фрезерование до получения требуемых параметров.

При формировании контура фермы, склеиваемые ламели укладываются в узлах встык перекрестным методом. Стыковочные соединения перекрывают продольной цельной ламелью с целью защиты свободных концов ламелей от воздействия влаги. В стыковочных узлах концы ламелей подгоняются для плотного прилегания друг к другу. Для этого проводится предварительная укладка ламелей в пакет без клея. В случае формирования ферм с криволинейной поверхностью, необходимо предусмотреть припуск на последующую обработку.

Для склеивания предлагается использовать клей "Клейберит 302" с добавлением до 5 % отвердителя, что обеспечит влагостойкость клевого соединения до класса D4. Клей необходимо наносить на одну сторону ламелей методом шнурового налива. Время открытой и закрытой выдержки, прессования указывается производителем клея.

Учитывая тот факт, что размеры ферм могут достигать значительных размеров, при склеивании целесообразно использовать точечные прессы, расположенные вдоль продольных элементов с шагом, обеспечивающим требуемое давление при склеивании (8-10 МПа). Для равномерного распределения давления, под шток прессы необходимо устанавливать подкладочные доски.

Периметр фермы после склеивания необходимо обработать до получения требуемых размеров. Это можно выполнить переносным ленточным инструментом или фрезерованием концевым инструментом.

Таким образом можно сделать вывод, что для повышения прочностных и эксплуатационных свойств деревянных ферм предлагается использовать метод перекрестно-клеевых соединений элементов. Для этого определены размерно-качественные параметры ламелей, технология формирования элементов и их последующая обработка.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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

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

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

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

5. Овсянников С.И., Ковш А.Ю. Повышение качества клееного бруса и конструкций из древесины. Saarbuken: LAP LAMBERT, 2019. 85 с.

**УДК 69.058.2**

***Черских Д.Ю., Ерохина Е.Ю.***

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

## ОСОБЕННОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Геодезические работы являются важной частью строительного процесса, ведь именно они предоставляют информацию о рельефе

местности, наличии водоемов и подземных вод, а также позволяют контролировать в процессе строительства геометрические параметры здания. Но при возведении высотных зданий геодезисты сталкиваются с рядом проблем:

- возможные смещения конструктивных элементов здания от сейсмических воздействий;
- колебания и деформации от климатических факторов (солнечные, ветровые, температурные, снеговые и т.д.);
- различные деформации и перемещения отдельных элементов конструкций, вызванные вследствие равномерно распределённых и временных нагрузок [1].

Однако, в настоящее время современные технологии позволяют выполнять геодезические работы и возводить высотные здания в соответствии с требованиями проектной документации и действующей нормативно-технической базы. Для этого необходимо осуществить подробные разбивочные работы, уделить особое внимание возведению фундамента и первого яруса каркаса, разместить знаки для выявления и фиксации возможных смещений, осадок и кренов объекта как в период строительных работ, так и во время эксплуатации высотного здания [2]. Рассмотрим на примере абсолютной осадки. За ней рекомендуется проводить наблюдения во время возведения фундамента, через каждые возведённые 5 этажей и при окончании строительных работ, а также, 1-2 раза в квартал в течение 2-3 лет после возведения здания. Точность таких измерений необходимо определять с помощью специальных расчетов согласно проектной документации. Так, например, для линейно - угловой сети полигонометрии рассчитывается погрешность ( $\sigma_{в.п.}$ ) взаимного расположении двух смежных пунктов по формуле:

$$\sigma_{в.п.} = \sqrt{\sigma_s^2 + \frac{\sigma_\beta^2 S^2}{\rho^2}}, \quad (1)$$

где S-расстояние между смежными пунктами;

$\sigma_s$  и  $\sigma_\beta$  – соответственно погрешности линейных и угловых измерений;  
 $\rho$ - радиан в секундах.

Для контроля осадок строительных конструкций применяют высотную деформационную геодезическую основу. Её необходимо размещать в зонах, на которые не распространяются влияния рядом строящихся объектов, подземных коммуникаций, вибраций различного вида транспорта. Пример такой основы представлен на (рисунке 1) [3].

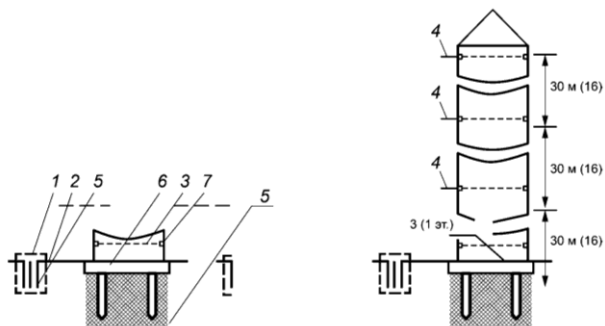


Рис. 1 Типовая схема высотной деформационной геодезической основы на стадиях возведения фундамента и здания  
 1 - внешняя исходная высотная основа; 2 - привязочный ход; 3 - внутренняя деформационная сеть; 4 - контрольная деформационная сеть; 5 - глубинный репер; 6 - осадочная марка в полу; 7 - осадочная марка на колонне.

Высокую точность геодезических расчетов и измерений можно достичь благодаря современным инновационным технологиям и новейшему программному обеспечению. Использование систем, например, таких как GPS/ГЛОНАСС позволяют достичь наибольшей точности измерений (около 5-10 мм).

При возведении высотных зданий осуществлять контроль за смещениями координатных точек, колебаниями основных несущих и ограждающих конструкций объекта, вызванными климатическими факторами и сейсмическими воздействиями, помогает специальное оборудование – станции - мониторы (ГНСС приёмники, тахеометры). Глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС) – это спутниковая система, необходимая для определения географических координат антенны в любой точке земной поверхности (рисунок 2).



Рис. 2 Пример региональной схемы расположения базовых станций ГНСС

ГНСС позволяет наблюдать за контрольными точками здания, обновлять положение исходных координат точек высотного здания. ГНСС оборудование обладает рядом достоинств: доступ к данным с приёмника осуществляется круглосуточно, высокая гарантия точности измерений [4].

Тахеометр – геодезический прибор, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов, длин линий и превышений (ГОСТ 21830-76). Беспроводная связь Bluetooth позволяет экспортировать данные с тахеометра в различные САД. С помощью электронных тахеометров можно осуществлять разбивочные работы в трехмерном пространстве, а благодаря роботизированным тахеометрам – производить замеры в данный момент времени [5].

По окончании геодезических работ специалисты проводят исполнительную съёмку для фиксирования контрольных измерений координат точек основных конструктивных элементов высотного здания. Необходимо, чтобы полученные значения были не более 0,2 от величины отклонений, которые допускаются при проведении геодезических разбивочных работ [6]. Её можно определить по формуле:

$$2\delta x_{met} \leq 0,4\Delta x \quad (2)$$

Где  $2\delta x_{met}$  – предельное значение погрешности и измерений или измерительного инструмента;

$\Delta x$  – допуск измеряемой величины.

Таким образом, при возведении многоэтажного здания следует уделять особое внимание контролю за различными типами отклонений: абсолютной и неравномерной осадкой оснований объекта, кренами и прогибами, отклонениями от вертикали колонн, лифтовых шахт, монолитных стен и т.д. Именно тщательно проведённые геодезические работы позволяют проверять соответствие основных конструктивных элементов их проектному положению [7].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дмитриев А.Н., Нерсесян Н.Г., Фельдман В., Михелев Д.Ш., Ключин Е.Б., Верницкий М.И., Маркелов Е.Ю., Яндров И.Л., Антипов А.В., Никулин М.А., Анисимов В.И., Крыжановский С.Ю., Рязанцев Г.Е., Горелов В.А., Буюкан С.П., Грибов А.П., Могилевский К.Э., Талишевский Н.П. Временные рекомендации по организации



технологии геодезического обеспечения качества строительства многофункциональных высотных зданий. Москва, 2009. С. 1-183.

2. Лозовой Н. М., Лозовая Е.А., Мартынова Н.С. Проблемы развития конструкций опорных пунктов геодезических сетей. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. Белгород, 2016. С. 38-41.

3. Фельдман В.Д., Беляева М.В., Ключин Е.Б., Нерсесян Н.Г., Моржина Т.Н., Ицко А.С., Жидков А.А., Каган П.В., Анисимов В.И. Организация технологии осуществления геодезических работ при возведении высотных зданий и сооружений. Москва, 2018. С. 5-63.

4. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. №190-ФЗ (ред. от 18.06.2017) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.07.2017).

5. Ознамец В. В. Развитие геодезического обеспечения в условиях цифровой трансформации общества // Вектор ГеоНаук. 2021. Т.4. №3. С. 66-74.

6. СНиП 3.01.03-84 Геодезические работы в строительстве.

7. МГСН 4.19-05 Многофункциональные высотные здания и комплексы. Москва, 2005.

## **УДК 691**

*Чуриков А.С., Свинцова Т.В., Охрименко С.А.*

*Научный руководитель: Алфимова Н.И., канд. техн. наук, доц.*

*Белгородский государственный технологический университет*

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

## **СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ БИОКОРРОЗИИ**

Биокоррозия в бетонных изделиях и конструкциях приводит к существенным экономическим потерям, за счет снижения срока эксплуатации зданий и сооружений в которых используется данный строительный материал, также можно отметить, что процесс биокоррозии может представлять угрозу для здоровья человека путем негативного воздействия биотических факторов, соответственно данные проблемы не могут остаться без решения и требуют внимания [1–5].

Биокоррозионное воздействие на строительные материалы, в том числе и на цементные бетоны, обуславливается биоповреждением

внутренней структуры изделий и конструкций, вызванное деятельностью микроорганизмов. Характер и скорость разрушения зависит от многих факторов: состав цементного камня, агрессивность среды в которой он находится, тип биодеструктора и др. Выделяющейся чертой биокоррозионного процесса можно считать проявление как непрерывного, так и скачкообразного воздействия негативных факторов.

Возможность протекания реакций биокоррозии характеризуется высокой поверхностной активностью бетона и способностью адсорбировать самые различные вещества, в том числе и микроорганизмы. Биодеструкторы представляющие особую опасность относятся к видам актиномицетов, мицелиальных грибов, бактерий и др. Наиболее интенсивно деструкция материала происходит при относительно высоких температурах, обилии загрязнения органической природы и повышенной влажности [6, 7].

На основе вышеперечисленных данных можно сделать вывод о том, что интенсивность биокоррозии зависит от структуры субстрата, его компонентного состава, внешних и внутренних условий среды. Также от вида самого биодеструктора, типа протекающих реакций между микроорганизмами и строительным материалом.

Метод защиты также должен определяться типом негативного воздействия, это могут быть как сами биодеструкторы, которые в результате жизнедеятельности могут активно реагировать с поверхностью или внутренней структурой для пористых материалов, так и их продукты метаболизма, что зачастую играет большую роль. Потому что большинство агрессивных, по отношению к цементному камню микроорганизмов, вырабатывают органические кислоты и другие нежелательные вещества, которые при результате химических реакций могут так или иначе приведет к потере прочности и в конечном итоге к разрушению материала

В настоящее время любой биоцидный состав или другой способ защиты не может полностью предотвратить развитие биокоррозионных процессов, в виду постоянного приспособления микроорганизмов, их разнообразия и постоянно меняющихся внешних факторов.

Также можно отметить, что процесс биокоррозии целесообразно предвидеть и принять меры на стадии производства конструкции, а не бороться ней во время эксплуатации. Тем не менее в настоящее время существует большое разнообразие технологических процессов, созданных для решения данной задачи.

Добавки. Оптимальным, на данный период времени, решением проблемы биокоррозии является введение или пропитка материала

биоцидным составом. К таким составам могут относиться соединения, препятствующие течению реакций в результате, которых происходит деструкция материала, соединения, замедляющие развитие или полностью исключают появление определенных видов организмов на поверхности строительного материала. Также стоит отметить, что изменение состава будет подходить под эту категорию, как например, введение в состав цементного камня добавок, снижающих порообразование, для снижения поверхностной активности бетона и тем самым замедляя процессы адсорбции микроорганизмов.

Преимущественно данный способ защиты может применяться только один раз на стадии производства материала и это и будет его недостатком перед следующим способом защиты, так как покрытия могут обновляться по мере собственного износа и своей дисфункции, а метод пропитки или внедрения в состав используется только единожды и должен продлевать срок эксплуатации, при этом иметь способность самому не разрушаться от других агрессивных факторов.

Покрытие. Вопрос защиты материалов от коррозии является проблемой, которая волновала людей еще в древние века. В трудах греческого историк Геродота, есть упоминание об оловянном покрытии, которое наносили на железо для предотвращения появления на его поверхности ржавчины. Еще одним примером из истории могут являться дворцы солнца у побережья индийского океана у г. Канерака, которые были затоплены, но несмотря на стихийное бедствие, железные балки находясь в воде остались в отличном состоянии и не покрылись ржавчиной. Это явление объясняется тем, что в Индии уже более 1600 лет существует общество по борьбе с коррозией и именно оно принимало свое участие в строительстве дворца [8].

В настоящее время существует огромное количество и разновидности таких покрытий. Например, использование термозащитного покрытия для избежания повышенной влажности среды, при данных условиях развитие микроорганизмов будет невозможно или по крайней мере очень затруднено. Способы борьбы и подходы к решению проблемы могут комбинироваться, в полимерное покрытие возможно добавление биоцидных добавок и тому подобное.

Особый интерес вызывают покрытия с фотокаталитическими свойствами, которые препятствуют любому развитию биодеструкторов на своей поверхности и так же способны самоочищаться.

Внедрение фотокатализаторов в строительные материалы началось с 1990 г. Нанесение таких покрытий, например, на поверхность бетонных изделий, выполняет такие функции как, антикоррозионная стойкость, эстетический внешний вид, биоцидные

свойства и самоочищение. В частном случае самым ценным качеством такого покрытия являются его биоцидные свойства, перспектива разработки технологического процесса и дальнейшего изучения композита может распространяться на большое количество сфер в строительной отрасли.

Объясняется это тем, что универсальность полупроводников таких как  $TiO_2$ ,  $ZnO$ ,  $Fe_2O_3$ , помимо перечисленных достоинств, может распространяться на конструкционные свойства и использоваться не только как долговечное антикоррозионное покрытие, но и в качестве цементного раствора, отделочной плитки и брусчатки [9].

В настоящее время покрытия, наносимые на поверхность и сам технологический процесс, вошли в быт каждого человека и на подсознательном уровне является принятой нормой. Таким образом каждый автомобилист, не имея особых знаний в этой области отлично знает, что на царапину, даже не существенную, необходимо нанести краску, во избежание, как говорят на их сленге “рыжиков”. Еще одним примером бытового применения покрытия во избежание нежелательных химических реакций будет побелка стволов деревьев для защиты от насекомых.

Сутью выдвинутого тезиса будет являться то что иногда технологические процессы, проверенные веками, становятся частью обыденного и теряют долю своего смысла в поверхностном знании об этом процессе, результатом данного явления может являться неправильное использование и халатное отношение и как итог появление ржавчины на машине или гибели дерева от кардинально противоположного применения заложенных свойств материала.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Логинова С.А., Румянцева В.Е., Карцева Н.Е Особенности математического моделирования биокоррозии при биообрастании цементных бетонов // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы. 2020. № 1. С. 382–384.
2. Строкова В.В., Нелюбова В.В., Сивальнева М.Н., Рыкунова М.Д., Шаповалов Н.А. Устойчивость вяжущих систем различного состава к действию плесневых грибов // Строительные материалы. 2020. № 11. С. 41–46. DOI 10.31659/0585-430X-2020-786-11-41-46.
3. Строкова В.В., Нелюбова В.В., Рыкунова М.Д., Калатоzi Э.К. Оценка фиттоксичности композитов с биоцидными компонентами // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2016. № 4(16). С. 22–30.

4. Строкова В.В., Нелубова В.В., Рыкунова М.Д., Данакин Д.Н. Токсичность связующих как элемента городской экосистемы// Строительство и техногенная безопасность. 2018. № 12(64). С. 167–178.
5. Stroková V.V. Nelubova V.V., Rykunova M.D. Resistance of cement stone in sanitation solutions // Magazine of Civil Engineering. 2019. – No 6(90). Pp. 72–84. DOI 10.18720/MCE.90.7.
6. Ерофеев В.Т., Федорцов А.П., Богатов А.Д. Федорцов В.А. Биокоррозия цементных бетонов, особенности ее развития, оценки и прогнозирования // Фундаментальные исследования. 2014. № 12–4. С. 708–716.
7. Vasilenko M.I., Lebedev M.S., Goncharova E.N., Kozhukhova N.I., Kozhukhova M.I. The study of ecological impact of fly ash-based geopolymer binders on soil and aquatic biota // IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2020. 791. 012049 doi:10.1088/1757-899X/791/1/012049
8. Allsopp D., Bahamond A. Introduction to biodeterioration // 2nd edn. Cambridge University Press, Cambridge, 2004.
9. Faraldos M. Multifunctional photocatalytic coating for construction materials // Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. 2019. С. 557–561. doi: 10.1016/B978-0-08-102641-0.00023-2.

**УДК 69.036**

**Шевченко И.Н.**

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

## **ТЕХНОЛОГИЯ ИСПРАВЛЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ КРЕНА ЗДАНИЯ МЕТОДОМ ОПУСКАНИЯ**

Крен здания возникает посредством неравномерной деформации основания фундаментов, вызванной техногенными процессами, такими как: замачивание грунта при утечке воды из систем водоснабжения и канализации, ошибки в расчете фундаментов, изменение в структуре грунта, повышение уровня грунтовых вод и др. [3]

Процесс ликвидации крена здания или сооружения включает в себя: оценку деформаций основания фундаментов и причины их возникновения; инженерно-геологические изыскания и состояние грунтов основания; расчеты несущей способности фундаментов; методы и технологии усиления оснований и фундаментов; разработку

проектов производства работ и технологические решения по ликвидации и стабилизации кренов зданий; реализация подготовительного и основного циклов работ.

Подготовительный цикл включает: ограждение по периметру строительной площадки; назначение складов под материалы и конструктивные элементы; разграничивание временных дорог для строительной техники; приостановку работы канализационных, электрических и водных сетей.

Под основным циклом подразумевается: укрепление грунтов в просадочной части, усиление фундаментов путем устройства свай по разрядно-импульсной или струйной технологии.

Технологический процесс ликвидации крена методом опускания включает укрепление фундамента или основания просадочной части здания; устройство обвязочной системы над линией среза, разработка проемов и ниш для установки домкратных устройств, использование временных подвижных опорных элементов, демонтаж фундаментной стены, непосредственно опускание объекта. Это показано на (рисунке 1).

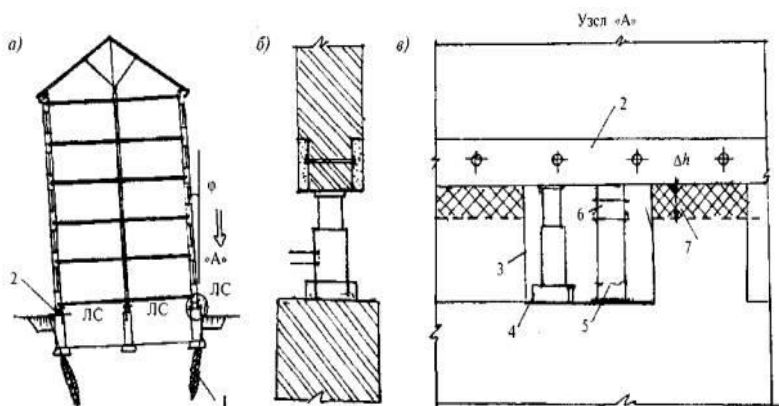


Рис. 1. Технологическая схема исправления крена здания методом опускания:

- а - общая схема здания в период усиления фундамента; б, в - механизм опускания; 1 - сваи для усиления фундамента; 2 - обвязочный пояс по линии среза; 3 – проемы и ниши для размещения гидродомкратных устройств; 4 – гидродомкратные устройства; 5 - стойки опоры; 6 - вкладыши; 7 - толщина демонтируемой части фундаментной стены.

Специальные опорные элементы позволяют осуществить цикл опускания в короткие сроки за счет равномерного и плавного изменения

высоты. Вертикальность здания достигается перемещением части здания под действием собственного веса, что существенно снижает трудо- и энергозатраты на исправление и стабилизацию крена [5].

В современных технологиях используются специальные баллоны, служащие опорными элементами, которые размещаются в проемах и наполняются под давлением водой. Баллоны с водой воспринимают нагрузку от деформируемой части здания на фундамент. После демонтажа части плоскости фундаментной стены до проектной отметки осуществляется синхронное уменьшение давления воды в баллонах путем её выпуска. В результате этого достигаются планомерное снижение части здания и установка вертикальности стен. Затем баллоны с водой удаляют, участки ниш и проемов замоналичиваются [1].

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Болотов Ю. К. Подъем и выравнивание аварийных зданий / Ю. К. Болотов, В. И. Гапеев, В. Д. Зотов, М. В. Зотов, О. И. Лобов // Промышленное и гражданское строительство. М., 1999. №2. С. 14–16.
2. Руководство по наблюдению за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1975. 160 с.
3. Коновалов П. А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий / П.А. Коновалов. М.: Бумажная галерея, 2000. С. 31–39.
4. ГОСТ 24846-81 Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений. – М.: 1982. 13 с.
5. Болотов Ю.К. Опыт выравнивания зданий с помощью домкратов / Ю. К. Болотов, В. Д. Зотов, М. В. Зотов, Л. Н. Панасюк, Е. А. Сорочан // Основания, фундаменты и механика грунтов НИИОСП. М., 2002. №5. С. 22–25.
6. Былин И.П. Измерение крена дымовой трубы транспортабельной котельной установки/ И.П. Былин, А.С. Сыч, В. Балык // Вектор ГеоНаук. 2018. Т. 1. № 4. С. 36-41.
7. Калачук Т.Г. Улучшение механических характеристик основания с помощью свай-инъекторов / Т.Г. Калачук, Е.А. Празина // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 60-63.

*Эприкян В.Г.*

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

## **СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ МАНСАРДНОГО ЭТАЖА**

Одной из главнейших задач строительной деятельности является не только создание новых зданий и сооружений, но и обеспечение безопасности данного объекта. Для того чтобы здание эксплуатировалась в соответствии нормам, необходимо соблюдение многих параметров, одним из которых является надежность.

Надежность строительного объекта - способность строительного объекта выполнять требуемые функции в течение расчетного срока эксплуатации.[1]

Данный показатель может потерять свое первоначальное значение, в результате климатических, физических и иных видов нагрузок. Поэтому, для того чтобы снизить затраты на ремонт и восстановление объектов здания, необходимо правильно подобрать материалы, для обустройства здания с учетом климатических условий и динамических нагрузок. Одним из главных участков здания, чье повреждение может привести к потере эксплуатационной надежности здания является кровля, и верхние этажи здания.

Этаж мансардный (мансарда) - этаж в чердачном пространстве, фасад которого полностью или частично образован поверхностью (поверхностями) наклонной, ломаной или криволинейной крыши, при этом линия пересечения плоскости крыши и фасада должна быть на высоте не более 1,5 м от уровня пола мансардного этажа. [2]

Мансардная крыша имеет свои отличительные признаки, которые основываются на том, что она подвергается действию не только внешней среды (атмосферных осадков и т.п.), но и воздействию теплого воздуха, вследствие чего выпадает конденсат на поверхности крыши.

Поэтому необходимо строго соблюдать требования, предъявляемые к конструкции мансардной крыши, а именно позаботиться об устройстве теплоизоляции, гидроизоляции и пароизоляции. Мансардный этаж имеет самую большую общую поверхность соприкосновения с внешней средой, поэтому требует эффективной



защиты. При недостаточной же защите будут наблюдаться такие разрушения деревянных изделий, как:

1. Гниение древесины, вследствие разрушительной работы растительных организмов, которые образуются при повышенной влажности;

2. Поглощение древесиной влаги, поскольку она является гигроскопичным материалом, вследствие чего появляются напряжения, а затем и разрушение конструкции;

3. Горение древесины, при ее контакте с воздушной средой.

Данные разрушения могут быть достигнуты при следующих нарушениях [3]:

1. Неправильно подобранных материалов для обустройства мансардного этажа;

2. Нарушение гидроизоляции кровли;

3. Нарушения вентиляционных норм;

4. Неправильно уложенные утеплители и т.д.

Поэтому, для того чтобы отдельные участки здания не теряли своих эксплуатационных свойств, необходимо правильно подобрать материалы для повышения их надежности, с учетом климатических условий.

Утепление мансарды.

Утепление мансардного этажа здания необходимо для того, чтобы предотвратить действие следующих параметров окружающей среды на помещение:

– проникновение холодного воздуха через элементы здания, что потребует большого выделения тепловой энергии, для соблюдения необходимого теплового режима;

– если существуют протечки в кровле, то утеплитель в сочетании с гидроизоляционными материалами будет служить защитой от попадания воды на несущие элементы здания, которые могут в следствии увлажнения быстро разрушиться.

В связи с этим необходимо правильно подобрать теплоизоляционный материал. Теплоизоляционный материал - материал, предназначенный для уменьшения теплопереноса, теплоизоляционные свойства которого зависят от его химического состава и/или физической структуры.[4]

Прежде чем утеплить помещение, необходимо понять какими свойствами должен обладать материал:

1. Низкий коэффициент теплопроводности;

2. Минимальный уровень водопоглощения;

3. Безопасность;

4. Негорючесть;
5. Отсутствие усадки.

Существуют следующие виды утеплителей для мансарды:

#### 1. Пенопласт.

Пенопласт — класс материалов, представляющий собой вспененные (ячеистые) пластические массы. Он обладает такими свойствами как:

- высокие теплоизолирующие свойства при условии, что температура эксплуатации (конкретного вида пенопласта) не превышает температуры его деструкции (разрушения, потери структуры);

- некоторые виды пенопласта контактируют с пищевыми продуктами, что позволяет широко использовать его в качестве упаковки продуктов питания и для одноразовой посуды (однако следует информировать потребителя об опасности его нагрева);

- чрезвычайная легкость материала позволяет без особых усилий их применять при монтаже, креплении, укладке.

Его недостатками является:

- он легко разрушается при действии на него таких жидкостей как (бензол, дихлорэтан, ацетон) и их паров;

- пенопласт хоть и не является продуктом подверженным действию микроорганизмов, но благодаря своей шероховатой поверхности, он создает условия для закрепления на поверхности колоний микроорганизмов;

- большинство видов пенопластов при горении выделяют крайне токсичные вещества, что ограничивает их применение в отделке жилых помещений.

#### 2. Минвата.

Минвата – неорганический волокнистый утеплитель. Она обладает такими свойствами как:

- является пожаробезопасным материалом;
- отсутствие деформаций при перепадах температур длительное время – до 50 лет;

- низкая теплопроводность, сохранение температуры в помещении с утепленными стенами;

- устойчивость к химическим веществам.

Ее недостатками являются:

- по сравнению с пенопластом, который также используется для утепления, вата имеет больший вес, поэтому обходится дороже;

– необходимо дополнительно обрабатывать материал против накопления влаги.

### 3. Пеноплекс.

Пеноплекс – теплоизоляционный материал на основе экструдированного пенополистирола. Он обладает такими свойствами как:

- имеет низкую теплопроводность в пределах  $0,03 \text{Вт/м}^2$ ;
- обладает свойствами низкого водопоглощения, что позволяет использовать его в местах с повышенной влажностью;
- имеет высокую прочность при сжатии и изгибе;
- имеет малый вес, в результате чего легко монтируется и не создает нагрузки для опорных элементов;
- обладает довольно длительным сроком службы 25-50 лет;
- может эксплуатироваться в интервале довольно широкого диапазона температур от  $-50$  до  $+75$  градусов.

При всех своих плюсах, этот материал также обладает и минусами. Его недостатками являются:

- имеет низкую паропроницаемость, что требует хорошую вентиляционную систему, для избежания конденсата на поверхности;
- является горючим материалом и обладает классом горючести ГЗ;
- притерпевает разрушение под действием прямых солнечных лучей;
- обладает низкой шумоизоляцией.

Так как мансарда располагается под крышей, она является довольно холодным помещением с частым перепадом температур. Для того чтобы снизить теплотери помещения и предотвратить появление конденсата на поверхности несущих элементов, необходимо правильно подобрать утеплитель.

Пенопласт – сомнительный вариант для утепления мансарды, поскольку он быстро разрушается и обладает горючими свойствами.

Минвата – хороший теплоизоляционный материал в местности, где редко бывают осадки. Он впитывает влагу, и из-за нарушения пароизоляционного слоя утеплитель может быстро прийти в негодность, также его неудобно монтировать на высоте при достаточно тяжелом весе.

Пеноплекс – отличный теплоизоляционный материал, для утепления мансарды. Он обладает выдержанной геометрией, при правильном монтаже закрывает каждый уголок помещения без зазоров. Также, он имеет гигроскопичные свойства, высокую прочность и

прекрасную теплоизоляционную характеристику при наименьшей (толщине).

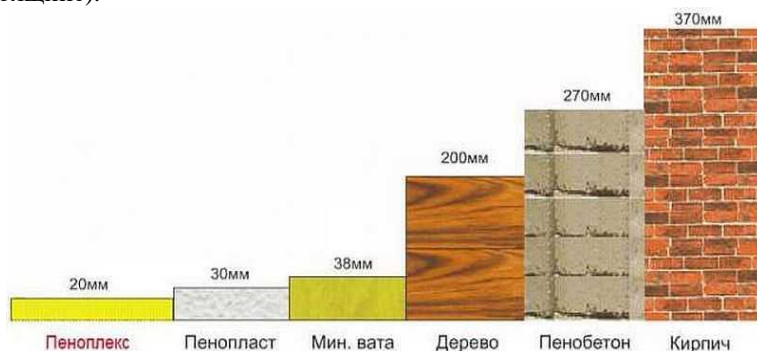


Рис.1. Зависимость теплоизоляционных способностей материала в зависимости от толщины.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Термины и определения».
2. СНиП 31-06-2009 «Общественные здания и сооружения».
3. Дементьева М.Е. Теоретические основы износа материалов и конструкций.,2013.- 32с.
4. ГОСТ 31913-2011 «Материалы и изделия теплоизоляционные. Термины и определения».
5. М. М. Косухин, О. Н. Шаратов, М. А. Богачева, А. М. Косухин. Вопросы энергосбережения в условиях устойчивого функционирования, модернизации и развития жилищного фонда // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2016. - №10. - С. 51-44.

УДК 666.94:621.926

*Эприкян В.Г.*

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

## К ВОПРОСУ О РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИИ В СФЕРЕ ЖКХ

В качестве одной из главных проблем, которые охватывают нашу страну во времена быстрого развития населения и процесса

урбанизации, встает вопрос о нехватке природных ресурсов. Для того чтобы сохранить и грамотно распределить ресурсы, необходимо выработать соответствующий режим в области ресурсосбережения. Проблема ресурсосбережения является комплексной и включает в себя различные аспекты: социальный, экономический, экологический, инновационный и другие. Поэтому, направления в области государственного регулирования ресурсосбережения должны охватывать все эти аспекты во взаимосвязи.

Само же понятие ресурсосбережение представляет собой – организационную, экономическую, техническую, научную, практическую, информационную деятельность, методы, процессы, комплекс организационно-технических мер и мероприятий, сопровождающие все стадии жизненного цикла изделий и направленные на рациональное использование и экономию ресурсов [1].

В качестве ресурсов предприятия понимается: персонал, производственные возможности, среда, информация, связи с контрагентами, инфраструктура, природные и финансовые ресурсы, материальные и нематериальные ресурсы (интеллектуальная собственность). Если говорить именно о материальных ресурсах, то важно понимать, что не все они оборачиваются с одной скоростью. Одни потребляются в процессе производства полностью (сырье), а другие – постепенно и неравномерно (оборудование). Поэтому в программе ресурсосбережения важно разделять и учитывать две категории: износ и амортизацию.

Основными задачами в области ресурсосбережения являются [2]:

- Сбережение энергии;
- Равновесие между развитием производства и потреблением ресурсов, с учетом сохранности окружающей среды;
- Задействование неиспользованных резервов;
- Усовершенствование системы, которая управляет реализацией, потреблением и качеством продукции;
- Безопасное и эффективное использование вторичных ресурсов.

Повышение энергоэффективности жилищного фонда должно включать в себя мероприятия по экономии всех видов ресурсов: тепла, электроэнергии, воды и др. Однако наибольшая часть потребляемых ресурсов приходится на тепловую энергию, поэтому предлагаемая методика затрагивает вопросы экономии тепловой энергии и опирается на мониторинг энергетических параметров жилищного фонда.

В РФ одним из главных вопросов в области ресурсосбережения является высокий уровень энергоемкости и отходов отечественного

промышленного производства, который приводит к ряду негативных последствий, таких как:

- Рост себестоимости продукции и снижение конкурентоспособности продукции;

- Нарастание масштабов замещения отечественных товаров импортными, приводящее к сокращению в нашей стране многих видов производства;

- Сохранение и даже рост потребности экономики в дополнительных сырьевых и энергетических ресурсах как результат низкой эффективности их использования.

Это означает, что меры по ресурсосбережению должны формироваться одновременно в сфере государственного регулирования на каждом предприятии. Государственное регулирование включает в себя ряд направлений:

- Административное регулирование:

- разработка законодательных документов в области ресурсосбережения;

- организация государственных служб, ответственных за реализации политики ресурсосбережения.

- Экономическое регулирование:

- плата за ресурсы;

- налоговые льготы.

- Экологическое регулирование:

- разработка стандартов;

- мониторинг.

Также немаловажную роль в сохранении ресурсов играет и энергосбережение.

Энергетическая эффективность – это комплекс средств и мероприятий по удовлетворению потребностей в товарах и услугах при минимальных экономических и социальных затратах на необходимую энергию и при наименьших расходах, необходимых для сохранения экологии природной среды в гармонии с устойчивым развитием на местном, национальном, региональном и мировом уровнях.

Задачей энергосбережения является минимизация удельных затрат и экономия энергетических ресурсов при условии сохранения прежнего эффекта от их использования [4].

Управление энергосбережением как элементом стратегии развития жилищным фондом представляется одной из наиболее актуальных проблем. Основным инструментом управления в сфере энергосбережения должны стать программы энергосбережения

субъектов РФ, муниципальных образований и городов, самостоятельно формируемые регионами, с учетом установленных заданий, общих требований к их содержанию и порядку составления, определенных федеральным уровнем власти. С этой целью была поставлена задача разработки комплексной программы восстановления жилищного фонда субъекта РФ и повышения его энергоэффективности.

В концепциях системного подхода к управлению инновациями в строительстве здание рассматривают по этапам жизненного цикла. С позиции энергосбережения интерес представляют собой три этапа – проектирование, строительство, эксплуатация, – которые различают по объему и структуре энергопотребления, составу применяемых методов и технологий, показателям и способам оценки их результативности.

Российская Федерация обладает высоким потенциалом в энергосбережении, который способен решить проблему экономического роста страны. Основной целью является повышение ресурса и энергоэффективности во всех отраслях. Данная эффективность может быть достигнута благодаря таким направлениям как:

- Нарращивание добычи полезных ископаемых;
- Повышение эффективности уже имеющихся ресурсов.

Однако, для достижения заданной цели в реальной жизни, необходимо применять и тот, и другой метод в совокупности. В настоящее время повышение энергетической эффективности и отношения по энергосбережению регулирует Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [5].

Для того чтобы понять и оценить приоритетные направления государственной политики в области ресурсосбережения, необходимо дать оценку тех мер, которые уже приняты – оценить их положительные и отрицательные последствия [6].

Достичь эти цели, возможно посредством внедрения высоких технологий, экологического управления на предприятии и социального регулирования. Система ресурсосбережения уменьшает объем отходов, сбросов и выбросов в окружающую среду, что способствует снижению негативного воздействия на природу и человека.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. М. М. Косухин, О. Н. Шарапов, М. А. Богачева, А. М. Косухин. Вопросы энергосбережения в условиях устойчивого

функционирования, модернизации и развития жилищного фонда // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2016. - №10. - С. 51-44.

2. ГОСТ Р 52104-2003. Ресурсосбережение. Термины и определения. М., 2004. – 2 с.

3. Р 50-605-8093. Система разработки и постановки продукции на производство. Термины и определения. М., 2016. – 3с.

4. Т.А. Макареня, Ю.С. Котенко. Современное состояние и проблемы функционирования предприятий жилищно-коммунального хозяйства// Регион. экономика: теория и практика. - 2016.- 29 с.

5. Энергетика России. Стратегия развития. (Научное обоснование энергетической политики). М.: ГУ ИЭС, 2003. -800 с.

6. Л. М. Рубаева, А. Ю. Галич. Перспективы развития жилищно-коммунального хозяйства России // Гуманит. соц.-эконом. науки. - 2016. - № 3. - С. 86-87.