

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Инженерно-строительный институт
Кафедра строительства и городского хозяйства

VIII Международный студенческий строительный форум - 2023

(Белгород, 28 ноября 2023 г.)

Том 1

Сборник докладов

Белгород
2023

УДК 69
ББК 38
В78

В78 **VIII** Международный студенческий строительный форум – 2023: сб. докл.: в 2 т. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2023. – Т.1. – 258 с.

ISBN 978-5-361-01276-3 (т.1)
ISBN 978-5-361-01275-6

В сборник вошли доклады, представленные участниками VIII Международного студенческого строительного форума-2023, состоявшегося в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова 28 ноября 2023 г. В сборнике представлены доклады по направлениям «Современные конструкции и расчетные методики зданий и сооружений», «Информационное моделирование строительства», «Прогрессивные организационно-технологические решения в строительстве».

Издание предназначено для научных и инженерно-технических работников, а также для студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых.

Сборник докладов публикуется в авторской редакции.

УДК 69
ББК 38

ISBN 978-5-361-01276-3 (т.1)
ISBN 978-5-361-01275-6

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

ОРГКОМИТЕТ ФОРУМА

- Глаголев С.Н. – ректор БГТУ им. В.Г. Шухова
д-р экон. наук, проф.
- Калашников Н.В. – Председатель Правления Ассоциации
"СРО "Строители Белгородской области"
- Евтушенко Е.И. – первый проректор БГТУ им. В.Г. Шухова
д-р техн. наук, проф.
- Давыденко Т.М. – проректор по научной и инновационной
деятельности БГТУ им. В.Г. Шухова
д-р пед. наук, проф.
- Поляков В.М. – проректор по цифровой трансформации
и образовательной деятельности БГТУ
им. В.Г. Шухова канд. техн. наук, доц.
- Уваров В.А. – директор инженерно-строительного института БГТУ
им. В.Г. Шухова д-р техн. наук, проф.
- Сулейманова Л.А. – заведующий кафедрой строительства
и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
д-р техн. наук, проф.
- Донченко О.М. – канд. техн. наук, проф. кафедры строительства
и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
- Лесовик В.С. – заведующий кафедрой строительного
материаловедения, изделий и конструкций БГТУ
им. В.Г. Шухова д-р техн. наук, проф.,
чл-кор. РААСН
- Есипов С.М. – канд. техн. наук, доц. кафедры строительства
и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
- Хахалева Е.Н. – канд. техн. наук, доц. кафедры строительства
и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
- Обернихин Д.В. – канд. техн. наук, доц. кафедры строительства
и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
- Фролов Н.В. – канд. техн. наук, доц. кафедры строительства
и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
- Калмагамбетова А.Ш. – канд. техн. наук., доц. кафедры строительных
материалов и технологии Карагандинского технического
университета, г. Караганда, Республика Казахстан

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	8
Современные конструкции и расчетные методики зданий и сооружений	
Ахророва Л. Р. Неметаллические стропы в условиях чрезвычайных ситуаций.....	9
Ахророва Л. Р. Параметрический ряд неметаллических гибких грузозахватных устройств.....	14
Борисенко С. А. Влияние моделирования раскрепления верхнего пояса стальной фермы на его несущую способность.....	19
Веселова Д.А., Заряева А.М. Расчет акустических параметров при проектировании зданий.....	23
Дьячук Е.В. К оценке прочности железобетонной колонны усиленной сталефибробетоном	28
Жуков А.Д. Особенности развития оросительных систем башенных градирен.....	31
Лавриков В.В., Титенков В.В. Расчет устойчивости пластины с краевой трещиной с применением коэффициента интенсивности напряжений в Comsol multiphysics.....	36
Ле Чунг Хиеу Исследование несущей способности сваи-баретты при строительстве подземной части небоскреба «Лахта-центр».....	39
Мигулина А.А., Пахомов И.С. Проблемы устойчивости к прогрессирующему обрушению зданий с металлическим каркасом.....	44
Мишенин О. В. Особенности моделирования соединений модулей из стальных конструкций в автоматизированных расчетных комплексах.....	48
Николенко К.С. Учет физической нелинейности при расчёте опорных узлов из круглых труб металлических конструкций.....	51
Плотникова С.В., Лужецкий А.С., Стерников И.В. Разработка архитектурно-конструктивных решений и технологии возведения купольных зданий с использованием строительных 3-D принтеров.....	54
Рябконов И.Р. Исследование деформативности балок с гофрированной стенкой при кручении.....	58
Севрюков В.А., Половченя Е.М. Методы сопротивления зданий динамическим воздействиям.....	63
Терещенко С.С. Технология утепленного безопалубочного железобетона в современном строительстве.....	68
Чернышев В.С., Виноходова Е.А. Перекрытия с использованием пенобетона в индивидуальном строительстве...	72
Чернышев В.С., Шептун К.Р., Виноходова Е.А. Конструкции из пенобетонных блоков в индивидуальном строительстве.....	76

Черских Д.Ю., Жилин Д.А., Чуйко К.К.	
Применение арматуры разного диаметра по высоте здания как способ снижения металлоемкости железобетонных конструкций.....	80
Чуйко К.К., Черских Д.Ю., Жилин Д.А.	
Связи строительных конструкций.....	84
Шляпкин А.Ф., Гойдин А.С.	
Внешнее армирование железобетонных мостовых конструкций углеволокном.....	88
Шляпкин А.Ф., Гойдин А.С.	
Особенности стеновых конструкций из газобетонных блоков с тонкослойными швами.....	92
Информационное моделирование строительства	
Галайко Р.А.	
Прочность контактных швов железобетонных конструкций при циклических нагрузках.....	96
Галлямов Л.З.	
Эффективность ресурсно-календарного планирования с использованием ТИМ.....	101
Галлямов Л.З.	
Анализ современного программного обеспечения для ресурсно-календарного планирования.....	103
Евсеев Д.Р.	
Сравнительный анализ программ для разработки информационных моделей зданий.....	107
Жилин Д.А., Черских Д.Ю., Чуйко К.К.	
Переход на BIM проектирование на примере программ REVIT и Renga.....	112
Звонов В.Л., Зубкова М.Н.	
Проектирование объектов строительства за счет автоматизированного сопоставления вариантов их конструктивного решения.....	117
Кириллова А.Е., Михайлова А.С.	
Использование BIM-технологий для проведения строительно-технической экспертизы.....	120
Ланина А.В.	
Аналитический обзор программных продуктов для разработки ПОС и ППР.....	124
Мирошников Д.А.	
Проектные и действительные информационные модели строительных конструкций, зданий и сооружений.....	128
Мирошников Д.А.	
Роль BIM-технологий, виртуальной, дополненной и смешанной реальности при реконструкции объектов капитального строительства.....	134
Мясоедов А.В.	
Использование BIM-технологий в проектировании зданий.....	141
Пашков Г.А.	
Применение BIM-технологий в индивидуальном жилищном строительстве.....	147

Рафаелян А.В., Аноприенко Д.С. Перспективы использования искусственных нейронных сетей в строительстве.....	151
Рыбаков Д.А. Моделирование узлового соединения ригеля с колонной в монолитных и сборно-монолитных железобетонных конструкциях.....	155
Фарстова Д.А. Актуальные проблемы информационного моделирования при разработке и строительстве храмовых объектов.....	159
Прогрессивные организационно-технологические решения в строительстве Арутюнян Л.Г., Пастухов А.А. О целесообразности использования строительных материалов из фрагментов разрушенных зданий и сооружений.....	164
Белогубкин В.А., Кушнир А.С. Перспективы развития модульного строительства.....	169
Галаганова В.В. К вопросу возможности применения экзоскелетов в строительном производстве.....	173
Гойдин А.С., Шляпкин А.Ф. Проверка физико-механических свойств швов в газобетонной кладке при различных клеящих составах.....	177
Гойдин А.С., Шляпкин А.Ф. Технология усиления железобетонных конструкций системами углеродных волокон	180
Горбачев Д.М., Атапина Н.А. Особенности методов монтажа металлических ребристо-кольцевых куполов...	183
Жиляев А.А. Прогрессивные технологии в монолитном строительстве.....	187
Зубкова М.Н. Технологии восстановления эксплуатационной пригодности дефектных конструкций из камня и железобетона.....	190
Комаров М. В. Особенности возведения зданий из металлических конструкций блочным методом.....	194
Комков А.В. Научно-практический подход к снижению бюджетного финансирования государственной программы реновации изношенного жилищного фонда.....	201
Кочерженко А.А., Андреева Д.А. Методы уплотнения бетонной смеси в плитах и массивных конструкциях.....	206
Макеев А.И., Левшин Д.Э. Особенности конструктивных и организационно-технологических решений при строительстве объектов на вечномёрзлых грунтах	211
Маклецова А.А. Применение экзоскелетов в строительстве.....	215

Миронова В.В., Воронин Д.И.	
Совершенствование организационно-технологической подготовки производства рециклинга.....	219
Михайлова А.С., Кириллова А.Е.	
Травматизм на строительной площадке.....	222
Нуриахметов К.И.	
Выбор оптимального способа метода подачи бетонных смесей в конструкции.....	225
Стативко К.А.	
Примеры конструктивно-технологических решений большепролетных покрытий над стадионами.....	228
Токарь С.П.	
Опыт применения метода горизонтально-направленного бурения в г. Белгороде.....	231
Токарь С.П.	
Бестраншейная прокладка инженерных коммуникаций методом горизонтального направленного бурения.....	235
Точенов Д.С., Серова Е.А.	
Меры снижения риска возникновения несчастных случаев на строительной площадке.....	240
Усачева В.П., Бондарь А.В.	
Организационно-технологические аспекты строительства шумозащитных буферов из зеленых насаждений.....	244
Хуснутдинова А.А.	
«Зеленые» технологии в строительстве.....	248
Черных Ю.А.	
Анализ особенностей архитектуры и организации технопарков в мировой практике.....	250
Kirillova A.E.	
Green building technology	254

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный сборник докладов опубликован по результатам VIII Международного студенческого строительного форума – 2023, который состоялся 28 ноября 2023 года в БГТУ им. В.Г. Шухова.

Организатором строительного форума среди молодых ученых является кафедра строительства и городского хозяйства.

Работа VIII Международного студенческого строительного форума – 2023 включала основные направления:

- современные конструкции и расчетные методики зданий и сооружений
- информационное моделирование строительства
- прогрессивные организационно- технологические решения в строительстве
- техническая эксплуатация и мониторинг технического состояния зданий и сооружений
- ресурсосбережение, обеспечение надежности и долговечности зданий и сооружений
- материаловедение и нанотехнологии в строительстве
- управление жизненным циклом объектов строительства

Форум объединил свыше 200 молодых ученых из вузов России и других стран, в их числе:

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

Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск, Россия

Ферганский политехнический институт, Узбекистан
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия

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

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия
Российский университет транспорта» РУТ(МИИТ), г. Москва, Россия
Данангский архитектурный университет, г. Дананг, Вьетнам
Курский государственный университет, г. Курск, Россия
Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Россия

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново Россия
Московский Архитектурный Институт (государственная академия), г. Москва, Россия

Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола, Россия

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
Орловский государственный аграрный университет им Н.В. Парахина, г. Орёл, Россия

Институт «Академия строительства и архитектуры» (структурное подразделение) Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь, Россия
Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова г. Караганда, Казахстан

Оргкомитет форума выражает благодарность всем участникам форума и приглашает всех желающих принять участие в последующих форумах и конференциях.

Оргкомитет

СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДИКИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Ахророва Л. Р., студент

Научный руководитель: доктор (PhD),
Рахманов Б. К.

Ферганский политехнический институт, Узбекистан

НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ СТРОПЫ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Исследования проблем спасения пострадавших при ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с разрушениями зданий и сооружений, показали, что эффективность выполнения аварийно-спасательных работ зависит не только от применяемых технологии и организации работ, но и от эффективности технических решений новых устройств и аварийно-спасательного оборудования.

Причинами обрушений при ЧС могут стать ошибки на стадии проектирования и строительства, нарушение правил эксплуатации объектов, их физический и моральный износ, приводящий к старению и коррозии материалов, из которых они выполнены. По информации экспертов по технической диагностике зданий и сооружений группы компаний «Городской центр экспертиз» (ГЦЭ), в 56% случаев обрушения происходят из-за ошибок, допущенных на различных этапах строительства и эксплуатации. На нарушение условий (в том числе сроков) эксплуатации приходится около 38,1% причин обрушений. В результате несоблюдения технологии проведения строительно-монтажных работ (в том числе правил техники безопасности) происходит 37,1% обрушений. Ошибки, допущенные при проектировании – 18,1%. Брак, низкое качество строительных материалов является причиной обрушений в 6,7% случаев [1].

Воздействие одновременно одной или нескольких вышеназванных причин может привести к обрушению внутренних перегородок и стен, проломам в стенах, обрушению частей зданий, разрушению связей между частями зданий, обрушению кровли, сопровождающиеся образованием завалов. [2].

Структура завалов зависит от материала, из которого были сооружены разрушенные здания. При разрушении крупнопанельных зданий: обломки железобетонных и бетонных конструкций (до 0,8 м³) – 75%, деревянные конструкции – 18%, металлические конструкции –

2%, строительный мусор – 5%. Структура завалов по весу обломков при разрушении производственных одноэтажных и многоэтажных зданий: очень крупные обломки (более 5 т) – 60%, крупные обломки (2-5 т) – 10%, средние обломки (0,2–2 т) – 20% – для стен из крупных панелей, 5% – для стен из кирпича [3]. На рис. 1 представлены использование синтетических строп при разборке завалов.



Рис. 1. Использование синтетических строп при разборке завалов

Применение автомобильных кранов при разборке завалов из строительных конструкций на различных этапах ведения спасательных работ дает большое преимущество спасателям. Каждому типу кранового грузозахватного устройства соответствует вполне определенный характер приложения и распределения нагрузки. В процессе всего цикла работы грузозахватного устройства должны соблюдаться условия надежного удержания груза. Безопасная эксплуатация ГЗП для каждого из типов требует учета соответствующих коэффициентов запаса по силам удержания груза (прочности). Значения этих коэффициентов обычно принимают с учетом условий эксплуатации и возможности точного расчета грузозахватного устройства [4]. Расчет звеньев ГЗП сводится к определению возникающих в них нормальных напряжений от растяжения и изгиба. В звеньях запас прочности на растяжения n_p определяется из условия

$$n_p = \frac{\sigma_b}{\sigma_p} \geq 5, \quad (1)$$

где σ_b – временное сопротивление разрыву; σ_p – напряжение от растяжения.

Для изгибающей нагрузки запас прочности $n_{изг}$ определяется из условия

$$n_{изг} = \frac{M_{пр}}{M_{изг}} = \frac{\sigma'_T}{\sigma_{изг}} \geq 1,25, \quad (2)$$

где $M_{пр}$ – предельный изгибающий момент; $M_{изг}$ – изгибающий момент в сечении; σ'_T – предел текучести изгиба одним из крайних волокон сечения; $\sigma_{изг}$ – напряжение изгиба одним из крайних волокон сечения.

Расчет звеньев стропов сводится к подбору сечений звеньев с обеспечением необходимого запаса прочности.

Схемы взаимодействия сил при работе основных типов грузозахватных устройств, фактические и принимаемые коэффициенты запаса приведены в табл. 1.

Таблица 1

Фактические и принимаемые коэффициенты запаса прочности

Способы	Условия удержания груза	Коэффициент запаса прочности	
		фактическое	Применяемые
Зацеп, подхват	$\sum_{i=1}^{i=n} P_i = P$	$K = \frac{P}{Q_c}$	5 – 6
Зажим	$P_i = \frac{Q_c K}{n\mu}$	$K = \frac{nP_{i\eta}}{Q_c}$	1,3 – 2
Притягивание	$P = NK$	–	2 – 6
	$P = N + \frac{TK}{f}$	$K = \frac{f(P-N)}{T}$	3 – 8

Где, P – сила удержания; Q_c – сила сопротивления; n – число точек зацепа; N – сила отрыва; T – сила сдвига; μ, f – коэффициенты трения; K – коэффициент запаса.

Для траверс, подвешиваемых к крюку на наклонных тягах, фактическое значение усилий для канатов, соединяющих траверсу с крюком, определяется по формуле:

$$N = \frac{Q_c}{2 \cos \alpha},$$

где N – расчетное усилие в тяге; Q_c – вес груза и траверсы; α – угол наклона тяги к вертикали; для балки траверсы – по формуле: $N_1 = \frac{Q_c}{2} tg \alpha$, где N_1 – расчетное сжимающее усилие в балке траверсы [4].

В настоящее время применяются различные виды съемных грузозахватных приспособлений. В то же время при разборке поврежденных строительных конструкций необходимо участие человека (стропальщика) для выполнения работ по обвязке (строповке), зацепке и перемещению грузов кранами, что чрезвычайно опасно и не может быть применено согласно требованиям по охране труда при работе с грузоподъемными кранами [5].

Учитывая характер разрушений и возможность травматизма спасателей на месте работ, можно сделать вывод, что определение безопасных приемов и способов ведения таких работ спасателями является актуальной задачей.

Важным элементом стропальных работ является сопровождение грузов в процессе их перемещения, опускания, установки, расстроповки. С целью исключения раскачивания груза в воздухе при перемещении, для ориентации груза в пространстве и остановки используются оттяжки (веревочные приспособления), которые одним концом прикрепляются к грузу, а другой конец находится в руках спасателя. Одним из наиболее распространенных способов строповки грузов является обвязка «на удавку». Этот способ предполагает формирование петли вокруг груза, пропуская один конец стропа через другой или используя специальные крюки. Данный способ строповки возможно использовать при работе со всеми видами строп – канатными, цепными, текстильными и круглопрядными.

При использовании гибких стальных и текстильных стропов зачастую возникают особые условия, при которых невозможно применить традиционные захватные органы. К таким областям относятся: реконструкция, ремонт зданий и сооружений, разбор завалов после землетрясений и др. В этих условиях требуется применение таких захватывающих органов, которые еще не выпускаются предприятиями. Эти условия характеризуются стесненностью, невозможностью закрепить захватный орган под конструкцией, неопределенностью массы, веса поднимаемых элементов; зачастую требуется дистанционное управление захватным органом. Вышеперечисленные условия и требования ГЗП позволяют нам определить перспективные направления развития по использованию захватных органов в такелажных и спасательных работах.

При изготовлении железобетонных, металлических и других строительных конструкций для подъема элементов предусматриваются монтажные устройства: петли, проушины, болты и т. д. Для особых условий реконструкции, ремонта и ликвидации завалов (рис. 1), как правило, устройства для строповки отсутствуют, конструкции находятся не в проектное положение, зачастую лежат в виде завалов. Чтобы застропить такую конструкцию, необходимо пропустить гибкий строп под нее, что при наличии ГЗ органов на конце весьма проблематично, либо проделать подкоп под конструкцию, либо проделать отверстие в ней [5]. Для подобных сложных ситуаций нам представляется перспективным применять универсальные гибкие тканевые стропы со сменными «концевиками». Для этого между гибким стропом и ГЗ органом необходимо предусмотреть быстро разъемный замок для того, чтобы менять «концевик» в зависимости от ситуаций: пропу стить строп под конструкцию, пропустить гибкий строп сквозь небольшое отверстие или применить ГЗ орган по прямому назначению.

В комплект к тканевым гибким стропам (одноветвевые, многоветвевые), на наш взгляд, необходимо включить различные по назначению «концевики»:

– рабочий орган для протаскивания тканевых гибких строп под конструкцию или в отверстие;

– рабочий орган переменной жесткости для подачи гибкого стропа в недоступные места.

В предлагаемом универсальном стропующем устройстве на нижнем конце имеется быстроразъемный узел, с помощью которого возможна быстрая замена «концевиков» различного назначения. Назначения «концевиков» первой очереди – создать возможность включить в работу (застропить) ГЗ орган, наиболее подходящий к условиям строповки. Назначение «концевиков» второй очереди – надежно застропить конструкцию с помощью из одного видов ГЗ органа [5].

В заключении можно отметить, очевидно, направление дальнейших исследований технологии такелажных работ с использованием стропов на текстильной основе (в условиях реконструкции, ремонта и устранения завалов) заключается в детальной разработке и исследовании универсальных стропов с быстроразъемными замками и «концевиками» различных видов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. <https://www.gce.ru/index.php/about/dochernie-kompanii/gorodskoy-centr-ekspertiz-gce/>
2. Одинцов Л.Г., Курсаков А.В., Кизиков А.Н., Туркевич М.М., Степин С.Н., Жданенко И.В. Справочник спасателя. Книга 12. Высотные аварийно-спасательные работы на гражданских и промышленных объектах. – М.: ФЦ ВНИИ ГОЧС, 2002. – 142 с.
3. Кондратович А. А., Лобач Д. С. Устройство захватов для зацепки поврежденных конструкций при разборке завалов автомобильными кранами. Чрезвычайные ситуации: Образование и Наука. Том 9, № 2. Стр. 96-102.
4. Вайнсон А.А., Андреев А.Ф. Специализированные крановые грузозахваты для штучных грузов. М., Машиностроение, 1982, 304 с.
5. Сулейманова Л.А., Кочерженко В.В., Солодов Н.В., Рахманов Б.К. Перспективные направления развития технологии такелажных работ с использованием стропов на текстильной основе в условиях реконструкции, ремонта и устранения завалов // Строительство: новые технологии – новое оборудование. 2018. №12. С.54–62.

Ахророва Л. Р., студент

Научный руководитель: доктор (PhD),
Рахманов Б. К.

Ферганский политехнический институт, Узбекистан

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ РЯД НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ГИБКИХ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ

Как уже отмечалось, при монтаже и складировании сборных элементов многоэтажных промышленных и гражданских зданий применяются многоветвевые грузозахватные устройства, из которых наибольшее распространение получили универсальные и специальные канатные стропы, оснащенные чалочными крюками [1]. Настоящий стандарт распространяется на грузовые канатные стропы, состоящие из соединительных элементов (канатных ветвей, звеньев) и захватов (крюков, карабинов) и применяемые в строительстве для строповки грузов.

Повышению культуры производства такелажных работ способствует широкое внедрение у нас в стране и за рубежом стропов с неметаллическими ветвями (НМВ) [2].

В последнее десятилетие в Узбекистане используют преимущественно ветви стропов из стальных канатов, они составляют 98% общего количества всех используемых стропов. А в России этот показатель составляет 70%, в то время как в Германии, их доля за это время резко сокращается и составляет 30%. Сегодня в Германии стальные канатные стропы практически нигде не встречаются (цепные используются), с каждым годом здесь увеличивается применение текстильных стропов [3, 4]. Это доказывается и множеством производителей текстильных строп. Германии, перечисленных по тексту выше.

Не рекомендуется использовать стропы для работы с грузами, массой больше, чем заявленная для строп грузоподъемность. Коэффициент запаса прочности необходим для предотвращения повреждения или обрыва стропа под воздействием динамической нагрузки, которая может превышать статическую в несколько раз (например, при резком подъеме или обрыве одной из ветвей многоветвевых стропов). При достаточно длительной эксплуатации стропа, накапливается усталость материала, из которого они изготовлены – это следствие многократного повторения подъемно-транспортных операций, приводящих к постепенному рыхлению материала, появлению трещин и смятий в местах контакта стропа с

грузом [5, 6]. Неметаллические стропы имеют более высокую вероятность повреждения сторонними предметами или элементами грузов, при этом разрушение их происходит постепенно, что дает возможность обнаружения повреждения на более ранних этапах. Поэтому запас прочности [7]. строп должен быть достаточен для раннего обнаружения разрушения материала и безопасного спуска груза, в случае если разрушение началось, когда груз был поднят.

Работая с грузами, массой большей чем грузоподъемность строп мы в несколько раз уменьшаем срок службы строп и увеличиваем вероятность их разрушения и обрыва. Подбор стропов необходимо производить с учетом массы и габаритов поднимаемого груза, а также с учетом способа строповки. Не следует применять стропы излишне длинные и с завышенной грузоподъемностью из-за неудобства при подъеме, транспортировке и спуске груза.

Гибкие, легкие, безопасные НМВ способны в значительной степени заменить стальные канатные стропы. Сейчас актуален вопрос о возможном параметрическом ряде НМВ, применяемых взамен стальных [8-12].

Выбирая параметрический ряд, следует учитывать влияние на выбор следующих факторов:

- повторяемость монтажных элементов одной весовой группы;
- возможность формирования конструкции стропов из существующих унифицированных элементов и целесообразность разработки новых элементов;
- экономическая эффективность использования ограниченного числа типоразмеров стропов.

Мы рассмотрим один из этих факторов.

Переход на НМВ в многоветвевом грузозахватном устройстве требует проверки пригодности для НМВ всех унифицированных элементов (коушей, крюков и других звеньев), а также анализа всей конструкции грузозахватного устройства на возможную избыточную массу.

Ниже приведены результаты сопоставления параметров стальных и неметаллических элементов стропов и унифицированных звеньев. Исходные данные приняты в соответствии с ГОСТ 25573-82 «Стропы грузовые канатные для строительства», ГОСТ 30055-93 «Канаты из полимерных материалов и комбинированные. Технические условия». Были использованы рекламные проспекты зарубежных и отечественных фирм, специализирующихся на выпуске неметаллических стропов [13-15].

На графике (рис.1) показана зависимость диаметров металлических и неметаллических канатных ветвей от рабочей нагрузки. Расхождение

в кривых обусловлено коэффициентом запаса $K_z = 8$ для неметаллических стропов.

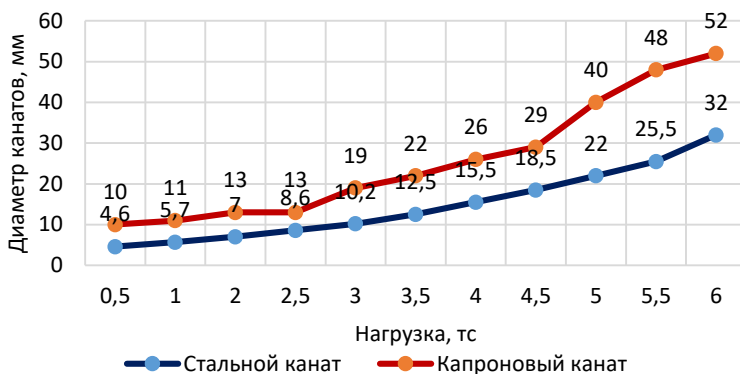


Рис. 1. График зависимости диаметров от материала каната и рабочей нагрузки на ветвь

Из графика, в частности, видно, что быстрый (в соответствии с ростом нагрузки на ветвь) рост диаметров неметаллических канатов не позволяет в полной мере использовать унифицированные элементы, такие как коуши, крюки и т. д., предусмотренные для ветвей соответствующей грузоподъемности из стальных канатов.

Следует отметить, что все виды строп обладают определенным запасом прочности относительно разрывной нагрузки. Так для текстильных строп коэффициент запаса прочности должен быть не менее 7, для канатных – 6, а для цепных – 4. Однако это не означает что однотонным текстильным стропом можно поднимать грузы массой 7 т [16].

Синтетические стропы из НМВ могут успешно применяться на погрузочно-разгрузочных работах с требуемым коэффициентом запаса прочности при производстве такелажных работ, при этом необходимо учитывать диапазон весовых характеристик перемещаемых грузов [17, 18]. При обхвате перемещаемого груза синтетическим канатом с защитным кожухом (в случае отсутствия монтажных петель) он не царапает поверхность, как это происходит при использовании стального троса. Данное свойство актуально при перемещении объектов из мягких материалов или с наличием отделочного слоя.

По критерию массы одной ветви число типоразмеров грузозахватных устройств с неметаллическими ветвями ограничено возможностью использования унифицированных элементов,

разработанных для стальных канатов. Из условия относительной близости значений масса ветвей допустимая нагрузка на одну ветвь из НМВ не может превышать 2 т. При нагрузке выше 2 т. масса неметаллической ветви резко возрастает, что делает неприемлемым применение НМВ.

Необходимо провести соответствующие исследования для широкого использования НМВ и разработать ГОСТ на стропы грузовые из неметаллических канатов с новыми унифицированными элементами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 25573-82 Межгосударственный стандарт. «Стропы грузовые канатные для строительства». Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.

2. Сулейманова Л.А., Кочерженко В.В., Солодов Н.В., Рахманов Б.К. Перспективные направления развития технологии такелажных работ с использованием стропов на текстильной основе в условиях реконструкции, ремонта и устранения завалов // Строительство: новые технологии – новое оборудование. 2018. №12. С.54–62.

3. Зияев М.К., Абдуллаев И.Н., Рахманов Б.К. Инновации в строительной технологии: производство и применение в Узбекистане строп из текстильных лент и комбинированных канатов // Архитектура. Строительство. Дизайн. ТАСИ. Научно-практический журнал. 2019. №7. С.25-31.

4. Абдуллаев И.Н., Рахманов Б.К. Проблемы производства и применения грузозахватных приспособлений из синтетических лент и канатов в Узбекистане // Подъемно-транспортное дело. Научно-технический, производственно-экономический и информационный журнал. Москва. 2018. № 6. С. 5–7.

5. РД 11–07–2007. Инструкция по проектированию, изготовлению и безопасной эксплуатации стропов грузовых [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru>.

6. Текстильные канаты. Севзапканат. [Электронный ресурс]. URL:<http://www.sevzapkanat.com> (дата обращения 04.11.2015).

7. РД 11-07-2007. Инструкция по проектированию, изготовлению и безопасной эксплуатации стропов грузовых [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru>.

8. Абдуллаев И.Н., Рахманов Б.К. Распределение монтажных элементов зданий по массе для подбора грузозахватных синтетических строп в строительстве. Наука и инновации в строительстве. 2019. С. 188-192.

9. Абдуллаев И.Н., Ахмедов Ж.Д., Рахманов Б.К. Исследование проблем применения синтетических тканых лент в Узбекистане. Наука и инновации в строительстве. 2020. С. 202-207.

10. Раззаков С.Ж., Абдуллаев И.Н., Рахманов Б.К., Журабаева Р.Т. Изучение ткацкой конструкции синтетических лент для грузозахватных приспособлений. «Современные ресурсосберегающие материалы и технологии: перспективы и применение». «Качество. Технологии. Инновации». 2021. С.221-225.

11. Razzakov S.J., Rakhmanov B.K., Akhmedov J.D. Study Of The Influence Of Light Weather On The Mechanical Properties Of Para-Aramid Filaments // The American Journal of Engineering and Technology. 2021. № 04. P.35-41.

12. Сулейманова Л.А., Рахманов Б.К., Кочерженко В.В., Солодов Н.В. “Перспективные направления развития технологии такелажных работ с использованием стропов на текстильной основе”. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, №7. 2018 г. БГТУ, Россия, ФерПИ, Узбекистан.

13. Рахманов Б.К., Раззаков С.Ж., Абдуллаев И.Н. Составные компоненты деформирования и разрушения синтетических тканых лент // Научно-технический журнал ФерПИ. 2021. Том 25, № 2. С. 74.

14. Razzakov S., Raxmannov B. TECHNOLOGISTS RIGGING WORKS USING SYNTHETIC. Збірник наукових праць ЛОГОС. 2021/11/20. И.М. Ахмедов, Эмпирическая формула для расчета удлинения синтетических канатов // Вестник науки и образования Северо-Запада России 2016. Т. 2. № 1. С. 105–110.

15. Рахманов Б.К., Раззаков С.Ж., Абдуллаев И.Н. Исследование деформирования и разрушения синтетических тканых лент. «Качество. Технологии. Инновации». 2021. С.177-184.

16. Рахманов Б. К., Алиматов Б. А. Специальные строповочные устройства. Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов Международной научно-практической конференции (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова). 2018. С. 264-267.

17. Рахманов Б.К. Изучение воздействия эксплуатационных факторов синтетических материалов на их свойства в целях изготовления грузоподъемных тканых лент. IV Международный студенческий строительный форум. С. 290-291.

Борисенко С. А., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Есипов С. М.

Белгородский государственный технологический университет

им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ВЛИЯНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСКРЕПЛЕНИЯ ВЕРХНЕГО ПОЯСА СТАЛЬНОЙ ФЕРМЫ НА ЕГО НЕСУЩЮЮ СПОСОБНОСТЬ

Раскрепление верхнего пояса фермы – важное условие, позволяющее значительно повысить его несущую способность. При обеспеченном раскреплении расчетная длина верхнего пояса уменьшается до расстояния между панелями. Однако при работе в расчетных комплексах возникает вопрос, как именно лучше моделировать расчетную схему фермы с ее раскреплением и какую расчетную схему можно считать наиболее оптимальной.

В данной статье будут рассматриваться несколько различных вариантов моделирования раскреплений, их особенности и полученные результаты расчета.

Для проведения расчетов была замоделирована ферма пролетом 24 м с параллельными поясами. Конфигурация фермы взята из серии 1.263.2-4, в качестве профилей верхнего и нижнего пояса используются трубы квадратного и прямоугольного сечений.

Первая модель искусственно создает раскрепление прогонами. Прогонны заданы конечными элементами и на концах жестко закреплены от перемещений. Вторая модель задана прогонами и связями верхнего пояса между двумя шарнирно закрепленными фермами. Третья модель представляет собой наиболее подробно разработанную. С учетом геометрических и жесткостных характеристик были замоделированы две фермы, кровля из профилированного листа и закрепления с помощью саморезов в каждом гофре. Считается, что именно при таких условиях в верхнем поясе фермы образуется жесткий диск, раскрепляющий верхний пояс [1].

Для натуральности эксперимента во всех трех моделях используются одинаковые нагрузки и комбинации. Основными нагрузками приняты собственный вес конструкций схемы с повышающим коэффициентом и две полезные нагрузки, участвующие в разных комбинациях. Значения полезных нагрузок соответствуют расчетным снеговым для 3-го и 5-го снеговых районов, что позволяет обозначить некоторую практичность расчета.

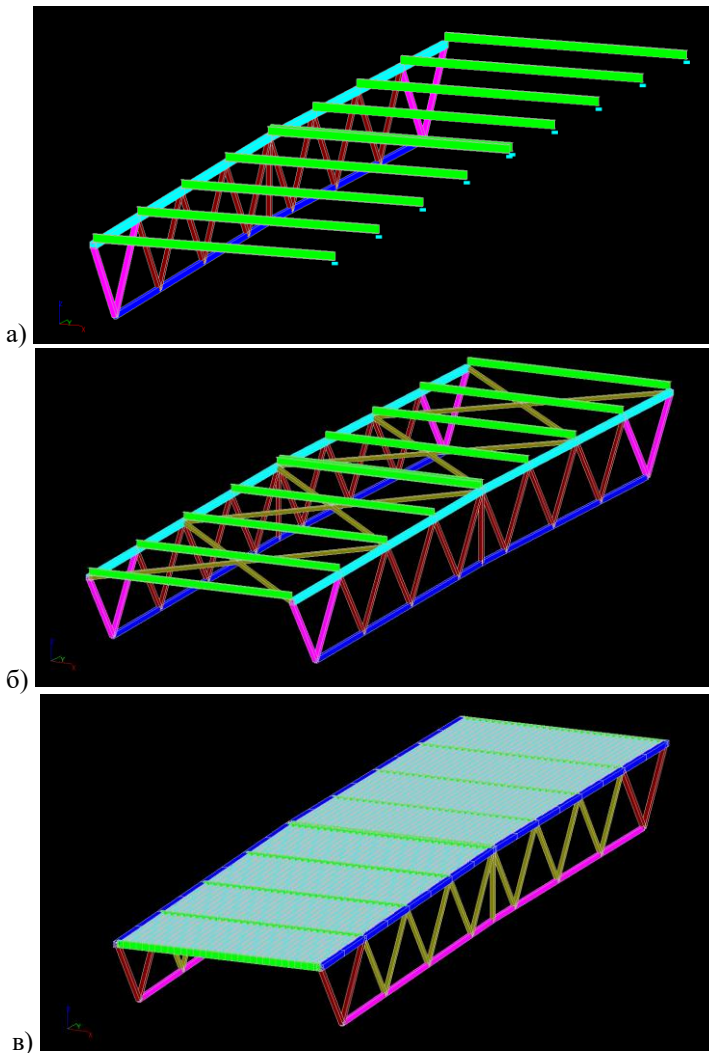


Рис. 1. Варианты моделирования раскрепления: *а* – модель №1. Прогоны с жестким защемлением; *б* – модель №2. Прогоны и связи в пролете ферм; *в* – модель №3. Прогоны и настил из профилированного листа с саморезами в каждом гофре

На основании проделанных расчетов и полученных результатов можно сделать следующие суждения о каждой из моделей.

Модель №1. Достаточно проста в исполнении, в связи с чем имеет малое количество узлов и конечных элементов. Полезная нагрузка собрана и приложена на прогоны. Усилия в поясах ферм распределяются равномерно, что подтверждает возможность использования данного варианта модели. Устойчивость верхнего пояса из плоскости обеспечена. Критический фактор: устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии.

Модель №2. Модель относительно проста в исполнении, однако имеет большее количество конечных элементов. Полезная нагрузка так же приложена к прогонам и, согласно полученным усилиям верхних поясов, передается на ферму полностью. Устойчивость верхних поясов ферм обеспечена с незначительно большим запасом, чем в Модели №1. Критический фактор: устойчивость при сжатии с изгибов в двух плоскостях.

На основании этого можно сделать вывод, что данный вариант модели более приближен к реальной работе раскрепленных ферм, однако при этом на практике применение горизонтальных связей по верхнему поясу ферм приводит к несколько большей металлоемкости. Тем не менее, влияние на металлоемкость скорее стоит рассматривать индивидуально в каждом проекте: относительно крупных зданий она вполне может быть незначительной.

Модель №3. Носит экспериментальный характер. Моделирование профилированного листа с множеством разбитых конечных элементов привело к их увеличению на 3 порядка. Полезная нагрузка была приложена на настил, обеспечивая распределение усилий на элементы конструкции. Однако из-за особенностей модели в местах сопряжения с узлами фермы на пластинах профлиста образовались пики напряжений, которые не влияют на результаты расчетной схемы в целом, но поднимают вопросы о возможности и целесообразности настолько подробного моделирования в принципе. Вполне возможно, что с помощью искусственных приемов в расчетном комплексе образование этих пиков напряжений можно избежать. Однако это требует отдельного исследования и проверки корректности модели после применения таких приемов.

Устойчивость верхнего пояса тоже обеспечена, имеет запас больший, чем у моделей №1 и №2. Критический фактор: Предельная гибкость свеса полки (поясного листа) из условия местной устойчивости.

Для наглядности основные критерии численно и по значениям приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты исследования моделей раскрепления

	Модель №1	Модель №2	Модель №3
Количество эл-ов	45	96	78500
Устойчивость из плоскость фермы	0,75	0,73	0,58
Критический фактор (значение)	Устойчивость в плоскости действия момента M_u при внецентренном сжатии (0,83)	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях (0,83)	Предельная гибкость свеса полки (поясного листа) из условия местной устойчивости (0,84)

На основании вышеизложенных данных можно сделать следующие выводы. Модель №1 хоть и является примитивной и допускает сильное упрощение при моделировании раскрепления, все же позволяет сохранить подобие действительной работы расчетной схемы. Модель может быть использована, когда расчет требуется приблизительный и быстрый.

Модель №2 не является избыточно трудоемкой, при этом позволяет получить результаты, более приближенные к действительности. И хоть на практике в проекте увеличится объем металла, это позволит быть более уверенным в устойчивости системы в целом.

Модель №3 является очень трудоемкой и вряд ли будет иметь широкое применение. За счет моделирования профлиста и создания жесткого диска в верхнем поясе ферм запас по устойчивости действительно превышает значения в модели №1 и №2. Но в ходе моделирования и при анализе результатов зачастую можно столкнуться с пиками напряжений в пластинах и на саморезах, которые могут заставить усомниться в корректности модели в целом.

Исходя из этого можно определить следующее: выбор моделирования оказывает значительное влияние на результаты, поэтому каждому расчетчику предоставлено право выбора расчетной модели в зависимости от основополагающего приоритета в ходе расчета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кирсанов Н.М. Текст лекций. Связи [Электронный ресурс]. URL: <http://vuz.exponenta.ru/PDF/book/sv/sv.html>
2. Сапожников П.В., Хамед Б.И. Особенности работы прогонов в составе пространственных конструктивных систем // Известия Юго-западного государственного университета. 2015. №5. С.42-46.

3. Солодов Н. В., Есипов С. М. Металлические конструкции, включая сварку: конспект лекций для студентов направления бакалавриата 08.03.01.62 – Строительство профиля подготовки «Промышленное и гражданское строительство». Белгород. Изд-во: БГТУ, 2015. 390 с.

4. Солодов Н. В., Лусенков Я. В. Металлические конструкции большепролетных и высотных зданий: учебное пособие. Белгород. Изд-во: БГТУ, 2018. 90 с.

5. Лесовик Р.В., Клюев С.В., Клюев А.В. Оптимальное проектирование стержневых металлических конструкций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. №3. С.6-9.

6. Сапожников П.В., Груздова С.Л.2, Хамед Б.И. Особенности работы ферм при наличии связей и без связей в составе пространственных конструктивных систем // Известия Юго-западного государственного университета. 2016. №2. С.25-32.

Веселова Д. А., студент
Заряева А. М., студент

Научный руководитель: ст. преп.
Дорожкина Е. А.

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, г. Москва, Россия*

РАСЧЕТ АКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ

В современной архитектуре общественных зданий большое значение приобретают помещения, предназначенные для проведения различных мероприятий. Таковыми могут быть концерты, выступления, лекции, семинары и так далее, которые нормативно требуют условий по распространению звуковых волн. Примеры их решения приведены на рис. 1. Также это могут быть помещения без конкретного назначения – многофункциональные залы, залы ожидания, вестибюли и многие другие, которые в силу своей функциональной специфики требуют обеспечения особых параметров, также связанных с акустическим качеством среды [1, 2].



Рис. 1. Примеры решения залов большой вместимости

Строительная акустика – это наука о контроле шума в зданиях, оценка звукоизоляции зданий и их элементов. Данное понятие включает в себя минимизацию передачи шума из одного помещения в другое и контроль характеристик звука в самих помещениях.

Акустика зданий является важным фактором при проектировании, эксплуатации и строительстве большинства зданий и может оказать значительное влияние на здоровье и производительность человека. Они могут иметь особое значение в таких помещениях, как концертные залы, студии звукозаписи, лекционные залы и т. д., где очень важны качество звука и его разборчивость [3-6].

Архитектурное проектирование общественных зданий, имеющих в своем составе речевые и музыкальные залы, в настоящее время достигло пика своего развития. Одной из важных задач, стоящих перед архитектором, является создание благоприятных акустических свойств зала, которые можно обеспечить выполнением основных требований архитектурно-строительной акустики при разработке объемно-планировочного решения и интерьера.

Акустика залов включает в себя: оценку шумового режима зала с разработкой необходимых мероприятий по его улучшению; графический анализ чертежей зала с необходимой коррекцией проекта; выбор габаритов и форм помещения при соблюдении требований к объемно- планировочному решению залов; расчет частотной характеристики времени реверберации зала; оценку электроакустического режима зала с разработкой необходимых

мероприятий. В каждом зале должны быть выдержаны основные требования к объемно-планировочному решению, дифференцированные в зависимости от конкретного назначения зала [6-10].

Одним из важнейших показателей, характеризующих акустические качества помещений является реверберация, сущность которой заключается в спадении плотности звуковой энергии в помещении после прекращения звучания основного звука. Реверберация является следствием многократных отражений звуковых волн от внутренних поверхностей (стен, потолка, кресел и т.п.) помещения. Слишком продолжительная реверберация делает помещение гулкими, слишком короткая - глухими. Время реверберации (время, за которое уровень звукового давления после выключения источника звука спадает на 60 дБ) зависит от объема помещения, общего звукопоглощения его ограждений и объектов, находящихся в нем. Определение рекомендуемого времени реверберации ведется по графику в соответствии с [7] с учетом функционального назначения проектируемого помещения (рис. 2).

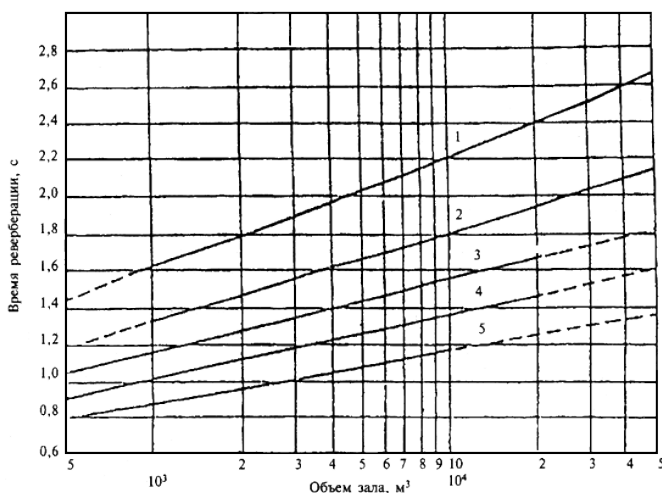


Рис. 2. Рекомендуемое время реверберации на средних частотах (500-1000 Гц): 1 – залы для ораторий и органной музыки; 2 – залы для симфонической музыки; 3 – залы для камерной музыки, залы оперных театров; 4 – залы многоцелевого назначения, залы музыкально-драматических театров, спортивные залы; 5 – лекционные залы, залы заседаний, залы драматических театров, кинозалы, пассажирские залы [7]

Для вычисления времени реверберации без учета шумов существует формула Сэбина:

$$T = k \cdot \frac{V}{\alpha_{cp} \cdot S},$$

где T – время реверберации, V – объем помещения, α_{cp} – средний коэффициент поглощения звука, S – площадь всех ограждающих конструкций зала.

В этом контексте немаловажное значение приобретают отделочные материалы. Они должны быть подобраны таким образом, чтобы с одной стороны обеспечить звуковой энергией места размещения людей, а с другой – снизить уровень посторонних шумов, а также вторичные отражения. Таким образом, в задачу проектировщика входит подбор элементов отделки в зависимости не только от их эстетических качеств, но и от акустических задач.

Дополнительно в залах могут размещаться звукоотражатели, учитывать которые также необходимо в расчетах акустики.

Согласно [7] время реверберации зала T в секундах определяется по формуле Эйринга:

$$- \text{на частотах до } 1000 \text{ Гц: } T = 0,163 \frac{V}{S_{\text{общ}} \cdot \varphi(\alpha_{cp})},$$

$$- \text{на частотах более } 1000 \text{ Гц: } T = \frac{0,163V}{(S_{\text{общ}} \cdot \varphi(\alpha_{cp}) + mV)},$$

где $\varphi(\alpha_{cp}) = -\ln(1 - \alpha_{cp})$ – функция среднего коэффициента звукопоглощения α_{cp} .

Графический анализ чертежей зала осуществляется для проверки равномерности поступления первых отражений от поверхностей стен и потолка в зоны мест слушателей с допустимыми запаздываниями: 20-25 мс – для речи и 30-35 мс – для музыки. Построения делают в соответствии с законами геометрической оптики.

$$\Delta t = \frac{(l_{\text{отр}} - l_{\text{пр}})1000}{c} - \text{запаздывание первых отражений, мс;}$$

где $l_{\text{отр}}$ – длина пути отраженного звука, м; $l_{\text{пр}}$ – длина пути прямого звука, м; c – скорость звука в воздухе ($c=340$ м/с).

К сожалению, при рассмотрении современного строительства залов специалистами допускаются некоторые просчеты, которые можно обусловить двумя причинами. Во-первых, часто вопросам акустики при проектировании не уделяется должного внимания, а рекомендации специалистов не выполняются или выполняются не полностью. Во-вторых, условия создания залов различного назначения сегодня коренным образом изменились. Прежде всего значительно возросла их вместимость, которая раньше редко превышала 1000 мест. В

современном концертном или театральном зале требуется обеспечить ряд факторов, помимо тех, которые зависят от решения акустических задач: хорошая видимость, освещение, вентиляция, комфортность мест, а также обеспечение универсальности использования зала.

Определенная трудность заключается также в том, что еще не установлены однозначные связи между объективными акустическими характеристиками музыкальных залов и их субъективной оценкой.

Именно поэтому при проектировании зала должно быть обращено серьезное внимание на его звукоизоляцию, а мероприятия для звукоизоляции и снижения шума следует разрабатывать в соответствии с положениями Сводов правил по проектированию зданий общественного назначения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 118.13330.2022 Общественные здания и сооружения: дата введения 2022-06-20. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/351102147>. – Текст: электронный.

2. СП 309.1325800.2017 Здания театрально-зрелищные. Правила проектирования: дата введения 2018-03-02. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/556686921>. – Текст: электронный.

3. Шихов А.Н., Шихов Д.А. Архитектурная и строительная физика // Учебное пособие – ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013. – 377 с.

4. Лицкевич В.К., Макриненко И.В., Мигалина И.В. и др. Архитектурная физика: Учеб. Для вузов: Спец. «Архитектура» - М.: «Архитектура-С», 2007. – 448 с.

5. M. Barron. Theory and measurement of early, late and total sound levels in concert spaces - J. Acoust. Soc. Am. 137, 3087–3098 (2015).

6. J.Y. Jeon, H.S. Jang, Y.H. Kim and M. Vorländer. Subjective and objective evaluations of scattered sounds in concert halls - Proc. ISRA 2013, P077. Toronto (2013).

7. СП 51.13330.2011 Защита от шума: дата введения 2011-05-20. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084097>. – Текст: электронный.

8. Йордан В. Л. Акустическое проектирование концертных залов и театров – Москва: Стройиздат, 1985.

9. Ковригин С. Д. Архитектурно-строительная акустика – Москва: «Высшая школа», 1980.

10. Макриненко Л. И. Акустика помещений общественных зданий – Москва: Стройиздат, 1986.

11. Рейхардт В. Акустика общественных зданий – Москва: Стройиздат, 1984.

Дьячук Е. В., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Шарафутдинов Л. А.

*Казанский государственный энергетический
университет, г. Казань, Россия*

К ОЦЕНКЕ ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ УСИЛЕННОЙ СТАЛЕФИБРОБЕТОНОМ

Усиление железобетонных конструкций с использованием сталефибробетона (СФБ) – это инновационный метод, который увеличивает несущую способность, повышает надежность, долговечность и выносливость конструкций за счет физико-механических характеристик сталефибробетона [1]. Материал СФБ состоит из матрицы и дисперсного армирования. Матрицей служит бетон, дисперсное армирование представлено в виде тонких стальных волокон, фибр [2]. В результате этой комбинации получается материал, который обладает не только высокой прочностью на сжатие, характерной для обычного бетона, но и удивительной способностью выдерживать растяжение, благодаря стальным волокнам. За счет высоких прочностных характеристик СФБ можно добиться увеличения несущей способности усиленной конструкции в два и более раз [3].

В статье приведен начальный этап по оценке прочности железобетонных колонн, усиленных СФБ обоймой. Для этого разработана программа численного эксперимента, которая включает варьирование следующих факторов: повреждения, физических, статических и геометрических (табл. 1, 2). В качестве базовой модели принята железобетонная колонна эстакады технологических трубопроводов с усилением сталефибробетоном. Усиление выполняется обоймой с четырех сторон на всю высоту колонны. Колонна имеет марку ПК-19-1 по серии ИИ22-3/70 (рис. 1) [4]. Принятые геометрические размеры усиленной эстакады показаны на рис. 1. При этом для моделирования физической нелинейности диаграммы деформирования материалов приняты по ранее выполненным исследованиям [5, 6].

Результаты численного эксперимента и анализ результатов с учетом принятых факторов варьирования будет приведен в последующих публикациях авторов.

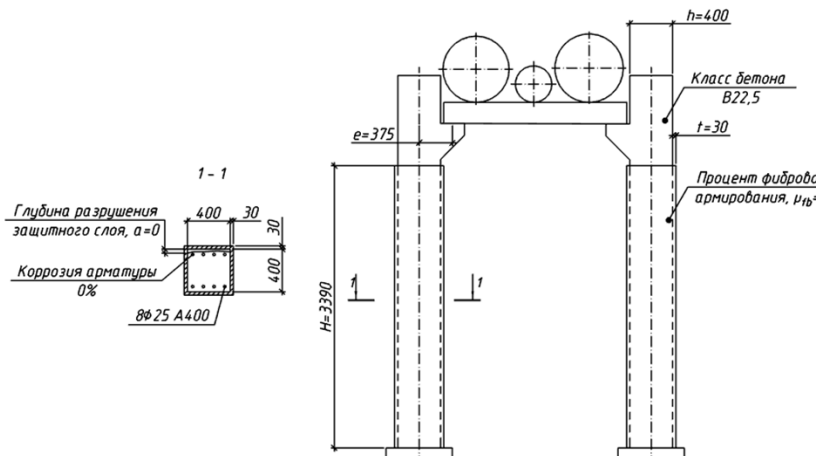


Рис. 1. Геометрические размеры железобетонной одноярусной эстакады, усиленной сталефибробетонной обоймой

Таблица 1

Интервалы варьирования для исследуемых факторов влияния

№ п/п	Фактор	Колонна	Базовый образец
Факторы повреждения			
1.	Глубина разрушения защитного слоя бетона a , мм	40; 30; 20; 10; 0	0
2.	Коррозия арматуры, %	40; 30; 20; 10; 0	0
3.	Класс бетона В	B22,5; B20; B15	B22,5
Физические факторы			
4.	Класс арматуры А	A400, A500	A400
5.	Процент фибрового армирования μ_{fb} , %	1, 2, 3	2
Статистические факторы			
6.	Эксцентриситет e , мм	275; 375; 475	375
Геометрические факторы			
7.	Ширина сечения колонны h , мм	300, 400, 500	400
8.	Толщина рубашки t , мм	20, 30, 40	30
9.	Высота колонны H , м	2,39; 3,39; 4,39	3,39 м
10.	Количество и диаметр рабочей арматуры, шт., мм	8Ø20, 8Ø25, 8Ø32	8Ø25

Таблица 2

Программа численных исследований

Серия	Параметры									
	a, мм	%	B, МПа	A, МПа	μ_{fb} , %	e, мм	h, мм	t, мм	H, м	8xØ, мм
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Б-1	0	0	B22.5	A400	2	375	400	30	3,39	8Ø25
Б-2	10	0	B22.5	A400	2	375	400	30	3,39	8Ø25
Б-3	20	0	B22.5	A400	2	375	400	30	3,39	8Ø25
Б-4	30	0	B22.5	A400	2	375	400	30	3,39	8Ø25
Б-5	40	0	B22.5	A400	2	375	400	30	3,39	8Ø25
Б-6	0	10	B22.5	A400	2	375	400	30	3,39	8Ø25
Б-7	0	20	B22.5	A400	2	375	400	30	3,39	8Ø25
Б-8	0	30	B22.5	A400	2	375	400	30	3,39	8Ø25
Б-9	0	40	B22.5	A400	2	375	400	30	3,39	8Ø25
Б-10	0	0	B20	A400	2	375	400	30	3,39	8Ø25
Б-11	0	0	B15	A400	2	375	400	30	3,39	8Ø25
Б-12	0	0	B22.5	A500	2	375	400	30	3,39	8Ø25
Б-13	0	0	B22.5	A400	1	375	400	30	3,39	8Ø25
Б-14	0	0	B22.5	A400	3	375	400	30	3,39	8Ø25
Б-15	0	0	B22.5	A400	2	275	400	30	3,39	8Ø25
Б-16	0	0	B22.5	A400	2	475	400	30	3,39	8Ø25
Б-17	0	0	B22.5	A400	2	375	300	30	3,39	8Ø25
Б-18	0	0	B22.5	A400	2	375	500	30	3,39	8Ø25
Б-19	0	0	B22.5	A400	2	375	400	20	3,39	8Ø25
Б-20	0	0	B22.5	A400	2	375	400	40	3,39	8Ø25
Б-21	0	0	B22.5	A400	2	375	400	30	2,39	8Ø25
Б-22	0	0	B22.5	A400	2	375	400	30	4,39	8Ø25
Б-23	0	0	B22.5	A400	2	375	400	30	3,39	8Ø20
Б-24	0	0	B22.5	A400	2	375	400	30	3,39	8Ø32

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Martinola G. и др. Strengthening and repair of RC beams with fiber reinforced concrete // Cement and Concrete Composites. Elsevier Ltd, 2010. Т. 32, № 9. P. 731–739.

2. СП 360.1325800.2017. Конструкции сталефибробетонные. Правила проектирования. Москва: Стандартинформ, 2018. 74 с.

3. Радайкин, О. В. Экспериментальные исследования железобетонных балок, усиленных сталефибробетонной рубашкой / О. В. Радайкин, Л. А. Шарафутдинов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2020. – № 3. – С. 34-45.

4. ИИ22-3/70. ГОССТРОЙ СССР. Типовые конструкции многоэтажных производственных зданий. Железобетонные колонны высоты этажей 6,0 м, 7,2 м и 10,8 м. Москва, 1973. 300 с.

5. Радайкин, О. В. К оценке совместного влияния начальных напряженно-деформированного состояния и силовых трещин на прочность, жесткость и трещиностойкость железобетонных балок, усиляемых сталефибробетонной "рубашкой", на основе компьютерного моделирования в ПК "ANSYS" / О. В. Радайкин, Л. А. Шарафутдинов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – № 1(47). – С. 155-165.

6. Радайкин, О. В. К оценке прочности, жесткости и трещиностойкости изгибаемых железобетонных элементов, усиленных сталефибробетонной "рубашкой", на основе компьютерного моделирования в ПК "ANSYS" / О. В. Радайкин, Л. А. Шарафутдинов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. – № 1(39). – С. 111-120.

Жуков А. Д., аспирант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Голова Т. А.

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

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ БАШЕННЫХ ГРАДИРЕН

Башенные градирни получили широкое распространение в системах оборотного водоснабжения, которые требуют устойчивого и глубокого охлаждения теплоносителя при высоких тепловых воздействиях.

В основном, башенные градирни применяются на атомных и тепловых электростанциях и от их эффективности работы зависят технико-экономические показатели работы электростанций, а также расход топлива.

К самым распространенным схемам башенной градирни относятся испарительная и противоточная. [4] Их основные технологические элементы представлены на рис. 1 [1-3].

Ороситель является основным конструктивным элементом любой башенной градирни, который определяет охлаждающую способность. Такая конструкция должна обеспечивать достаточную площадь

поверхности охлаждения при оптимальном аэродинамическом сопротивлении и воздухообмене.

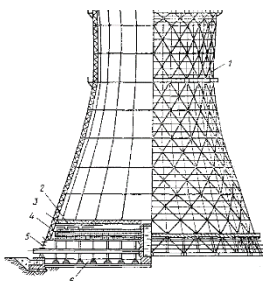


Рис. 1. Конструкция башенной градирни: 1 – вытяжная башня; 2 – водоуловитель; 3 – водораспределительная система; 4 – оросительное устройство; 5 – воздухорегулирующее устройство; 6 – водосборный бассейн

В зависимости от конструкции поверхности охлаждения, оросители существуют следующих типов: пленочные (рис. 2, а), капельные (рис. 2, б) и капельно-пленочные (комбинированные) (рис. 2, в) [4, 5].

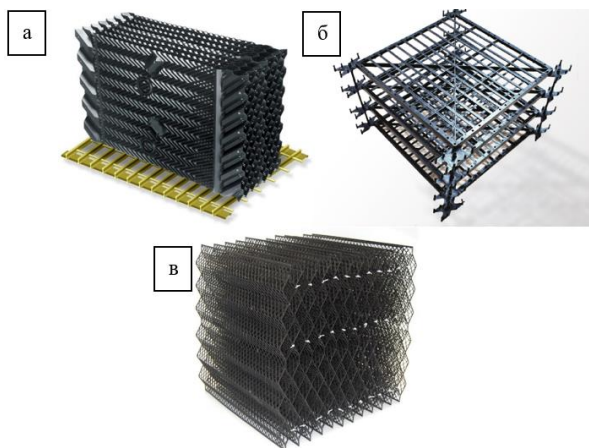


Рис. 2. Конструкция оросителей: 1 – пленочного типа; 2 – капельного типа; 3 – капельно-пленочного типа

Первые оросители изготавливались из дерева и относились исключительно к пленочным типам. Деревянные оросительные устройства изготавливались из брусков прямоугольной формы, которые

затем, при помощи вертикальных реек собирались в щиты, а эти щиты собирались в готовый блок пленочного (рис. 3).

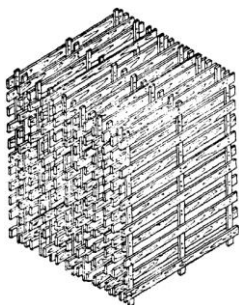


Рис. 3. Конструкция деревянного пленочного оросителя

Щиты производились из нестроганой древесины хвойных пород и были обработаны антисептиком [1, 2].

Однако, данное конструктивное решение имеет ряд недостатков:

- высокая стоимость дерева;
- чувствительность к агрессивному воздействию теплоносителя;
- хрупкость, разрушение дерева в процессе гниения;
- недолговечность материала;
- большие трудозатраты на изготовление блоков.

По мере развития технологий по производству новых материалов, пленочные оросители стали производить из асбестоцемента. Это позволило увеличить нормативный срок эксплуатации оросителя.

Основные преимущества асбестоцементных оросителей:

– хорошая смачиваемость водой (гигроскопичность) – благодаря этому вода хорошо растекается по поверхности тем самым улучшая эффект охлаждения;

– из-за более тонких листов увеличивается активная поверхность соприкосновения пленок воды с воздухом в сравнении с деревянным оросителем;

– более низкая высота оросителя позволяет снизить высоту подачи воды.

Но, несмотря на все свои преимущества, асбестоцементные оросители обладают рядом недостатков:

– большой вес блоков – следовательно, увеличенная нагрузка на несущие конструкции градирни;

– между листами в блоке должно быть достаточно большое расстояние, иначе на поверхности листов начнет образовываться нарост из солей;

- из-за хрупкости асбестоцемента листы должны быть толстыми, чтобы обеспечить жесткость каждого листа и всей конструкции;
- для соединения листов требуются большие трудозатраты.

Следующим этапом развития оросителей стало изменение самой конструктивной схемы – от пленочной схемы охлаждения был произведен переход на капельную.

Капельная система подразумевала под собой создание в плоских листах дополнительных отверстий для улучшения воздухообмена – тем самым улучшая охлаждение падающей воды.

В виду того, что асбестоцементные листы не могли обеспечить жесткость конструкции блока, было принято решение о разработке капельного оросителя из дерева (рис. 4) [1-3].

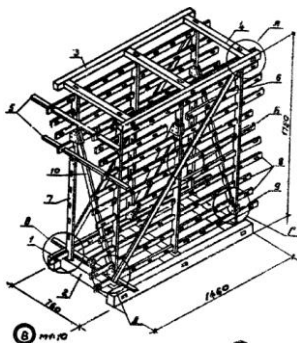


Рис. 4. Конструкция капельного оросителя из дерева

Применение капельной системы охлаждения хоть и повышало эффективность работы оросителя, но недостатки самого материала так и остались негативной характеристикой. Поэтому с распространением полимерных материалов оросители начали изготавливать из полиэтилена и полипропилена с плотностью меньше 1000 кг/м^3 (рис. 3) [4].

Это позволило решить сразу несколько проблем:

1. Блоки оросителей стали очень легкими – тем самым существенно снизилась нагрузка на несущие конструкции.
2. Полимерные конструкции, после истечения срока эксплуатации, можно переработать и материал использовать повторно.
3. Увеличился нормативный срок эксплуатации – снились затраты на переустановку и приобретение оросителей.

Дальнейший этап развития оросителей – интеграция преимуществ пленочных и капельных оросителей воедино. Новая схема охлаждения была названа капельно-пленочная. Такие оросители изготавливаются

только из полимерных материалов из-за большого количества взаимно перпендикулярных плоскостей и стержней в конструкции блока.

Благодаря такой схеме эффективность охлаждения увеличилась примерно в 2-2.5 раза по сравнению с пленочными оросителями.

На данный момент существует 2 основных типа капельно-пленочных оросителей – блоки, состоящие из трубок, спаянных между собой и блоки, состоящие из сетчатых листов. Обе конструкции имеют большое количество взаимно-перпендикулярных стержней, которые позволяют обеспечить эффективных воздухообмен и охлаждение, но в тоже время имеют и ряд существенных недостатков:

1. Большие трудозатраты на сборку как отдельных трубок, так и блоков в целом;

2. Соединения, применяемые в данных оросителях – пайка и хомуты являются не самым надежным способом компоновки блоков;

3. Небольшая вариативность размеров блоков, что снижает универсальность их применения;

4. Однотипность формы оросителя не позволяет максимально эффективно обеспечить охлаждение падающей воды.

Таким образом, на этапы развития конструкций оросительных систем влияло, в первую очередь, изменения материала самой системы. Последующее использование современных конструкций целесообразно развивать путем совершенствования отдельных элементов оросительной системы с применением инновационных композитных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пономаренко В.С. Градирни промышленных предприятий / В.С. Пономаренко, Ю.И. Арефьев. – М.: Энергоатомиздат, 1998 – 376 с.

2. Пособие по проектированию градирен (к СНиП 2.04.02-84.) [Текст]. – Введ. 1985-20-03. – М. ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР.

3. Сосновский С.К. Пути повышения эффективности вентиляторных и башенных градирен / С.К. Сосновский, В.П. Кравченко // Холодильная техника и технология. 2013 № 4 С. 51-60.

4. Столярова Е.Ю. Повышение тепловой эффективности охлаждения воды в пленочной градирне с комбинированными блоками оросителей; диссертация канд. техн. наук; 2.4.6 Теоретическая и прикладная теплотехника; защита: 21.12.2023. утв. 24.2.310.03/ Лаптева Елена Анатольевна. – Казань 2023 193 с.

5. Подобрать блоки оросителя градирни [электронный ресурс] / 2022 – Режим доступа: <https://dzen.ru/a/YoNX5mW81jw00kU> свободный.

Лавриков В. В., студент
Титенков В. В., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Хакимуллина Л. Ш.
Казанский государственный энергетический
университет, г. Казань, Россия

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ПЛАСТИНЫ С КРАЕВОЙ ТРЕЩИНОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОЭФФИЦИЕНТА ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ В COMSOL MULTIPHYSICS

Рассмотрим устойчивость пластины с краевой трещиной, подвергающуюся внешнему воздействию некоторой растягивающей нагрузки, действующей на пластину (см. рис. 1).

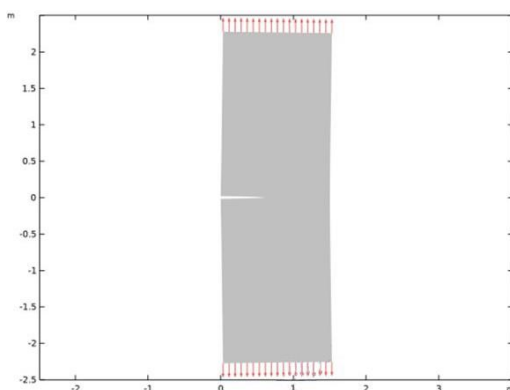


Рис. 1. Пластина с краевой трещиной

Для анализа степени устойчивости данной пластины воспользуемся принципами механики разрушения, в частности, применим для данной задачи применим такую характеристику устойчивости, как коэффициент интенсивности напряжений K_I . Суть данного параметра заключается в том, что он способен предсказать поведение рассматриваемой конструкции при приложенной к ней нагрузке: когда K_I становится равен критической вязкости разрушения материала рассматриваемой конструкции (K_{Ic}), то она разрушится [1].

Основная проблема, препятствующая прямому определению коэффициента интенсивности по локальному состоянию у вершины трещины, заключается в сингулярности напряжений, возникающих в этом месте.

Пластина шириной $w = 1,5$ м и высотой $h = 4,5$ м имеет единственную горизонтальную трещину на краю. Длина трещины варьируется от $a = 0,5$ м до $a = 0,7$ м (см. рис. 1). Внешняя нагрузка тянет пластину так, что верх и низ края испытывают растягивающее напряжение $\sigma = 20$ МПа.

Вычислим J -интеграла, необходимый для вычисления K_I :

J -интеграл – это двумерный линейный интеграл, независимый от пути вдоль контура против часовой стрелки, Γ , окружающего вершину трещины. Для трещины, идущей вдоль положительная ось X , J -интеграл определяется как

$$J = \int_{\Gamma} W dy - T_i \frac{\partial u_i}{\partial x} ds = \int_{\Gamma} (W n_x - T_i \frac{\partial u_i}{\partial x}) ds, \quad (1)$$

где W – плотность энергии деформации; T – вектор тяги; J -интеграл имеет следующую связь с коэффициентом интенсивности напряжений:

$$J = \frac{K_I^2}{E}, \quad (2)$$

где E – модуль Юнга.

Для линейно-упругого материала действительно возможно вычислить значение J -интеграла без использования интегралов по путям [2]. Причина в том, что его значение равно значению энергии скорости выпуска, G :

$$G = - \frac{1}{t} \frac{\partial U}{\partial a}, \quad (3)$$

где U – потенциальная энергия, a – длина трещины, t – толщина.

При воздействии периодической нагрузки скорость роста трещины (в метрах за цикл нагрузки) может быть выражено парижским законом [3]:

$$\frac{da}{dN} = A(\Delta K_I)^m, \quad (4)$$

где A и m – параметры материала, ΔK_I – диапазон коэффициента интенсивности напряжений. Предполагается, что нагрузка варьируется от 0 до 20 МПа, так что ΔK_I равен расчетному K_I [4].

Рассмотрим напряжение по Мизесу и деформированная форма пластины при длине трещины 0,6 м (см. рис. 2). Смещение преувеличено, чтобы проиллюстрировать деформацию под действием приложенной нагрузки.

На основании вышеуказанных данных аналитическое решение для коэффициента интенсивности напряжений имеет вид [5]:

$$K_{Ia} = \sigma \sqrt{\pi \cdot a} \cdot f, \quad (5)$$

где $\sigma = 20$ МПа, f – поправочный коэффициент.

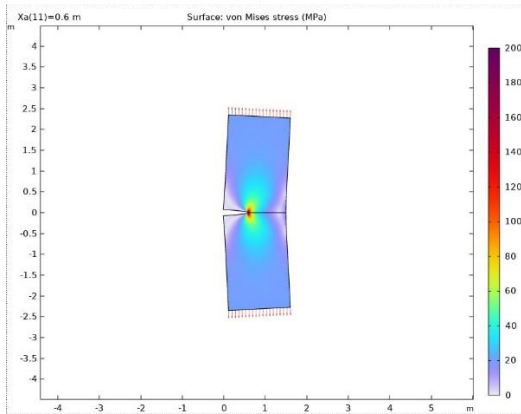


Рис. 2. Напряжение по Мизесу и деформированная форма пластины

Сравниваются три различных способа расчета скорости выделения энергии и, следовательно, K_I , (см. рис. 3). Как видно, все три метода дают по существу одинаковые значения.

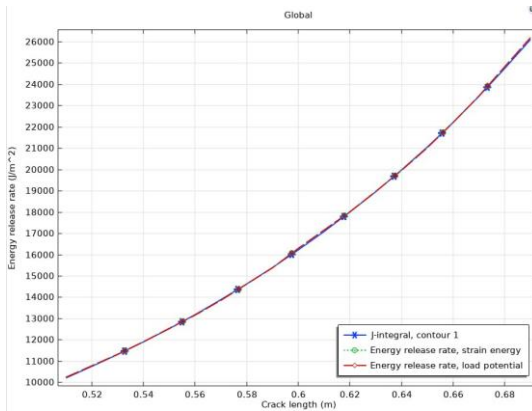


Рис. 3. Три различных способа расчета скорости выделения энергии

В данном исследовании проведен расчет устойчивости пластины с краевой трещиной при воздействии растягивающей нагрузки. Проанализированы различные методы вычисления J-интеграла, связанного с K_I , и представлены аналитические решения для коэффициента интенсивности напряжений. Результаты показывают сходство трех различных методов расчета K_I . Это исследование имеет практическое значение при проектировании и анализе устойчивости конструкций с трещинами под воздействием нагрузок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследование сингулярных полей напряжений в конструкциях соединений из разнородных материалов // disserCat URL: <https://www.dissercat.com/content/issledovanie-singulyarnykh-polei-napryazhenii-v-konstruktsiyakh-soedinenii-iz-raznorodnykh-m> (дата обращения: 8.11.2023).
2. Сингулярность напряжений // Энциклопедия по машиностроению XXL URL: <https://mash-xxl.info/info/39403/> (дата обращения: 8.11.2023).
3. симметрия тензора напряжений и сингулярные решения в теории упругости // naukarus URL: <https://naukarus.com/simmetriya-tenzora-napryazheniy-i-singulyarnye-resheniya-v-teorii-uprugosti> (дата обращения: 8.11.2023).
4. Прудников А. П. Интегралы и ряды / А. П. Прудников, Ю. А. Брычков, О. Н. Маричев. М.: Наука, 1981. Т. 1.
5. Механика разрушения (LEBM, FBM) Линейно-упругая механика разрушения (LEBM), механика разрыва потока (FBM) // zwickroell URL: <https://www.zwickroell.com/ru/otrasli/ispytanija-materialov/mekhanika-razrusheniya/> (дата обращения: 8.11.2023).

Ле Чунг Хиеу, аспирант

*Российский университет транспорта РУТ(МИИТ),
г. Москва, Россия*

Научный руководитель: канд. техн. наук., преподаватель

Ле Ван Чонг

Данангский архитектурный университет, г. Дананг, Вьетнам

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАИ-БАРЕТТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ НЕБОСКРЕБА «ЛАХТА-ЦЕНТР»

В Европе в 1983-1985 гг. на плитно-свайном фундаменте было построено здание Messe Torhaus, состоящее из 30 этажей [1]. Значительный вклад в развитие фундаментостроения высотных зданий на слабых грунтах внесло строительство башни ОДЦ «Лахта-Центр», которая сегодня является самым высоким зданием Европы и 13-м по высоте зданием в мире.

Небоскреб «Лахта Центр» имеет высоту 462 м и состоит из 87 надземных и 3-х подземных этажей. Подземные этажи в плане имеют форму равносidedного пятиугольника с длиной каждой стороны 57,5 м (рис. 1). Железобетонное центральное ядро и

сталежелезобетонные колонны опираются на коробчатый фундамент на свайном основании из 264 свай диаметром 2,0 м. (рис. 2).

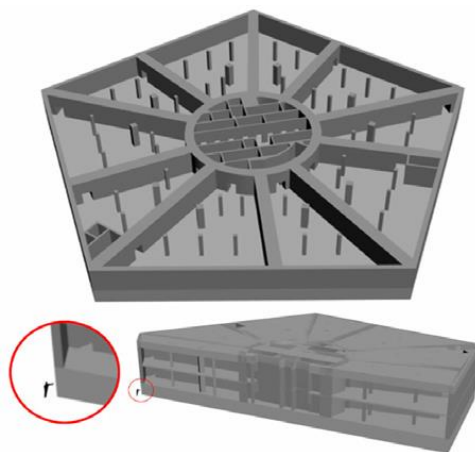


Рис. 1. Аксонометрический план подземной части небоскреба «Лакhta Центр»

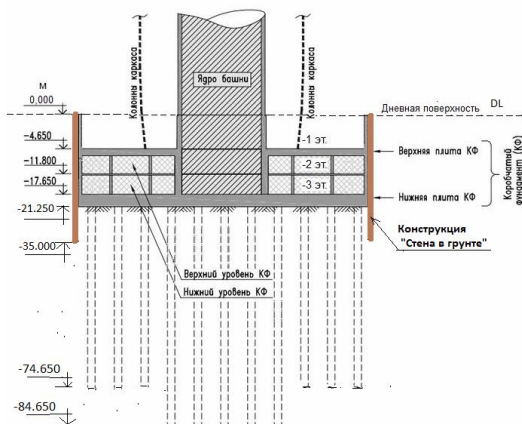


Рис. 2. Схема коробчатого фундамента и свайного основания Башни «Лакhta-Центра»

Широко известно, что к одной из таких технологий относится разработка глубоких котлованов способом «сверху-вниз» (Top-down), при котором в качестве распорной системы используются постоянные диски перекрытий строящегося объекта [2]. В этом проекте разработка котлована и строительство небоскреба методом «Top-down»

подразумевает устройство свайно-плитного фундамента, в том числе бареттного фундамента. Некоторые этапы устройства котлована для фундамента башни представлены на рис. 3.

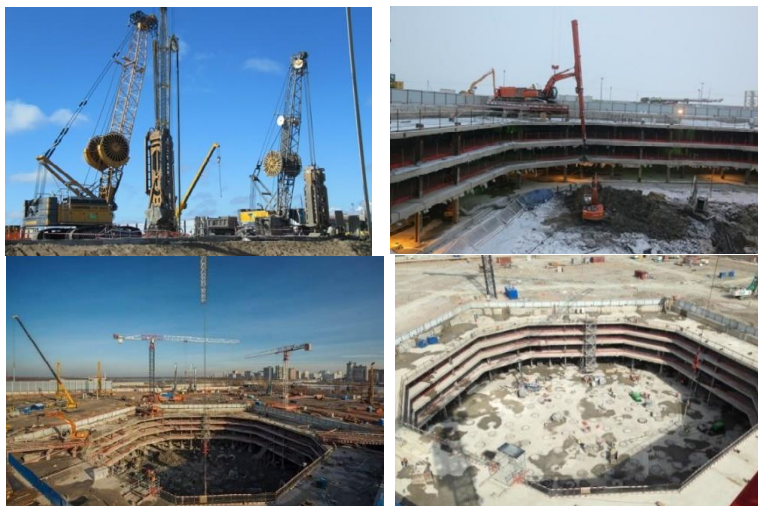


Рис. 3. Устройство котлована для фундамента башни

При подготовке к проектированию фундаментов небоскреба «Лахта Центр» на площадке строительства г. Санкт-Петербурга были выполнены и испытаны пять опытных свай-баретт размером $3,3 \times 1,0$ м и длиной 65 м. Основной задачей полевых испытаний было определение общей несущей способности бурунабивных свай и баретт. Основание баретт сечением $3,3 \times 1,0$ м длиной $L = 65$ м располагалось в толще коренных грунтов – вендских глин Vkt2. В качестве несущего слоя для свайного основания под башню небоскреба был определен слой вендских глин. Для снижения прогиба ростверка и уменьшения усилий в крайних сваях были приняты сваи различной длины [3].

Инженерно-геологические условия площадки строительства в условиях большой толщи слабых грунтов по данным проведенных изысканий приведены в табл. 1.

На рис. 4 представлены результаты полевых испытаний опытной баретты на первом этапе нагружения. При максимальной нагрузке 35000 кН осадка оказалась менее 20 мм. Экстраполяция графика нагрузка-осадка до горизонтальной линии соответствующей $s = 20$ мм, позволила оценить общую несущую способность опытной сваи-баретты при ее первичном нагружении величиной $F_d = 32000$ кН.

Таблица 1

Усредненные свойства грунтов

№	Наименование грунта	Геолог. индекс	γ , кН/м ³	W	e	I _L	E, МПа	ϕ , град	c, МПа
1	Насыпной грунт	tg IV	17,5				-		
2	Морские и озерные отложения	m,IV	19,6	0,256	0,683	0,71	14	24	0
3	Верхние озерно-ледниковые отложения	lg IIIb	18,6	0,360	0,980	1,1	4,5	7	6
4	Нижние озерно-ледниковые отложения	lg IIIz	20,4	0,220	0,600	0,87	10,5	17	30
5	Моренные отложения	g IIIz	21,5	0,160	0,43	17	17	22	36
6	Дислоцированные вендские глины	Vkt2	21,4	0,176	0,503	16	16	14	130
7	Недислоцированные вендские глины	Vkt2	22,3	0,129	0,367	113	113	22	840

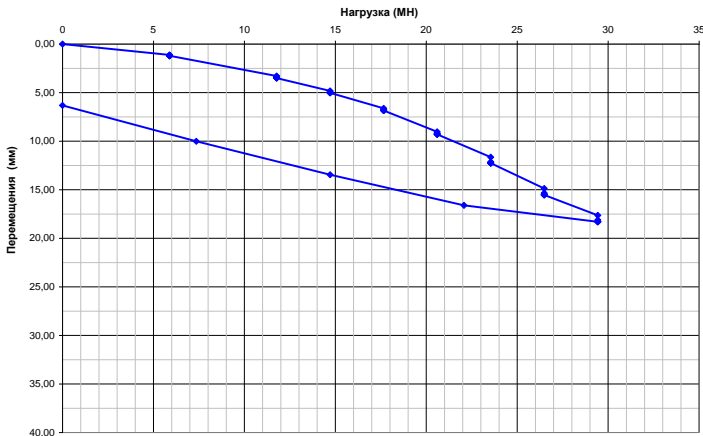


Рис. 4. График перемещения сваи-баретты от приложенной вертикальной нагрузки по результатам полевых испытаний (Мангушев Р.А., 2019) [4]

Аналитический расчет сваи-баретты по формуле [5] показал значение несущей способности по грунту $F_{d,calc} = 31244$ кН, что очень хорошо согласуется с результатами испытаний по методике Top-down.

Математическое моделирование изменений напряженно-деформированного состояния грунта массива в процессе виртуального испытания опытной сваи-баретты проводилось с помощью специализированного программного комплекса Plaxis 3D, ПК Midas GTS NX в пространственной постановке.

В сводной табл. 2 приведены результаты полевых испытаний баретты, аналитических и численных расчетов.

Таблица 2

Сводная таблица результатов испытаний и расчетов

Результаты полевых испытаний (первичное нагружение), κH , <i>F_{d,Top-Down}</i>	32000
Расчет по СП 24.13330.2011, κH , <i>F_{d,calc}</i>	31244 (-2,5%)
Расчет по PLAXIS 3D, κH , <i>F_{d,PLAXIS}</i>	27800 (-15%)
Расчет по Midas GTS NX, κH , <i>F_{d,MIDAS}</i>	32800 (+2,5%)

Можно сделать следующие основные выводы:

При расчете применяется множество различных способов для определения несущей способности свай: на основе результатов полевых испытаний, теоретических методов и путем численного моделирования.

Несущая способность баретты по результатам численного эксперимента в программе Midas GTS NX составила $F_d, MIDAS = 32800$ кН, что весьма точно (+2,5%) описывает результат полевых испытаний.

Данная методика проведения численного моделирования испытания в программе Midas GTS NX может быть использована в практических целях с достаточной точностью.

Принятая методика расчета и моделирования свай-барретт обеспечивает необходимую достоверность результатов и может быть использована в дальнейших исследованиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по высотным зданиям. Типология и дизайн, строительство и технология. Пер. с англ. – М.: ООО «АтлантСтрой», 2006. – 228 с.
2. Проектирование и устройство подземных сооружений в открытых котлованах: учебное пособие / Р. А. Мангушев, Н.С. Никифорова, В.В. Конюшков [и др.]. – М., СПб. : Издательство АСВ, 2013. – 256 с.
3. Шулятьев, О.А. Основания и фундаменты высотных зданий : Научное издание / О. А. Шулятьев – Изд. 2–е, перераб. и доп. – М. : Издательство АСВ, 2020. – 442 с.
4. Мангушев, Р.А. Основания и фундаменты : учебник / Р. А. Мангушев, И. И. Сахаров. – М.: Издательство АСВ, 2019. – 468 с.
5. СП 24.13330.2011. Свод правил. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 152 с.

**Мигулина А. А., магистрант,
Пахомов И. С., магистрант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Обернихин Д. В.**

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

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ К ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ ОБРУШЕНИЮ ЗДАНИЙ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ КАРКАСОМ

Несмотря на активное развитие исследований в области прогрессирующего обрушения зданий, отказы конструкций, приводящие к таким последствиям, в настоящее время все еще имеют место в практике строительства. Прогрессивным (лавинообразным) обрушением принято называть случаи, при которых локальное разрушение или повреждение одной из несущих конструкций приводит к последовательному выключению из работы других конструкций и, следовательно, обрушению здания или сооружения в целом. Необходимо не допускать подобные аварийные обрушения, так как они зачастую приводят не только к экономическим потерям, но и к человеческим жертвам.

Стоит отметить, что современная нормативная документация в данной области в основном содержит рекомендации к расчету и конструктивные требования к зданиям с монолитным железобетонным каркасом [1], в то время как вопросы проектирования зданий и сооружений с металлическим каркасом освещены слабо. Однако в соответствии с ГОСТ 27751-2014 [2] расчет на прогрессирующее обрушение необходимо выполнять для зданий и сооружений класса КС-3 (повышенный), а также класса КС-2 (нормальный) с массовым нахождением людей. Зачастую под эти категории попадают промышленные и общественные здания с металлическим каркасом, поэтому изучение проблем обеспечения устойчивости к лавинообразному обрушению таких конструкций является актуальной проблемой.

Одной из основных проблем зданий с металлокаркасом является неспособность всего здания при отказе одной из конструкций в поврежденном состоянии принять новое положение равновесия без разрыва связующих элементов. Зачастую данная проблема неизбежна из-за недостаточного количества связей или их некорректной постановки. Также наиболее проблемными в зданиях из металлических

конструкций считаются узловые зоны и ряд исследований показал, что достаточная несущая способность узлов плохо соотносится с фактической устойчивостью зданий к лавинообразному обрушению. Предполагается, например, что при выключении из работы одной из вертикальных несущих конструкций, опирающаяся на нее балка должна деформироваться и перейти в стадию работы по принципу ваны, однако зачастую потеря несущей способности узла (разрушение болтов или фланца) наступает значительно раньше, чем в нем возникают расчетные растягивающие усилия.

Одним из важных направлений является также минимизация влияния на работу конструкций возможных ошибок проектирования, монтажа и отклонений самих строительных конструкций, так как данные ошибки зачастую приводят к перегрузке конструкций или их работе по непредусмотренной расчетной схеме [3].

Также особенностью расчета зданий со стальным каркасом является необходимость учета различий в работе растянутых и сжатых стержней, а также стержней, сечение которых принято по предельной гибкости. Так, несущая способность растянутых стержней после наступления предела текучести исчерпана не полностью и еще 30-50% приходится на зону упрочнения диаграммы растяжения стали. После наступления предела текучести растянутый элемент продолжает работать в зоне пластических деформаций и, тем самым, ограничивает перемещения примыкающих к конструкции узлов, следовательно, моделирование полного выключения конструкции из работы не будет отражать реальную работу конструкций. Сжатые же элементы после потери устойчивости практически не обладают остаточной несущей способностью, поэтому их необходимо полностью исключать из расчетной схемы при создании модели с аварийным локальным отказом одной из конструкций [4, 5].

В связи с вышеперечисленными особенностями сопротивления зданий с металлическим каркасом прогрессирующему обрушению в ряде нормативных документов выделены рекомендации по их расчету и конструированию. Основным методом улучшения способности здания или сооружения сопротивляться прогрессирующему обрушению является повышение степени его статической неопределимости. Распространенным вариантом является включение в систему дополнительных связей, которые обеспечивают пространственную работу покрытий. Возможно также применение пространственных конструкций, таких как стержневые оболочки, купола, структурные покрытия, которые часто используются в большепролетных

сооружениях. Примером может являться покрытие в виде двухпоясной сетчатой оболочки здания аэровокзального комплекса «Внуково-1» (рис. 1). Также при проектировании стального каркаса следует уделять внимание обеспечению огнестойкости конструкций, так как частой причиной аварийного отказа несущих элементов является развитие пожара. Для продления работы растянутых элементов в условиях изменившейся расчетной схемы рекомендуется использовать стали с повышенной пластичностью и вязкостью.

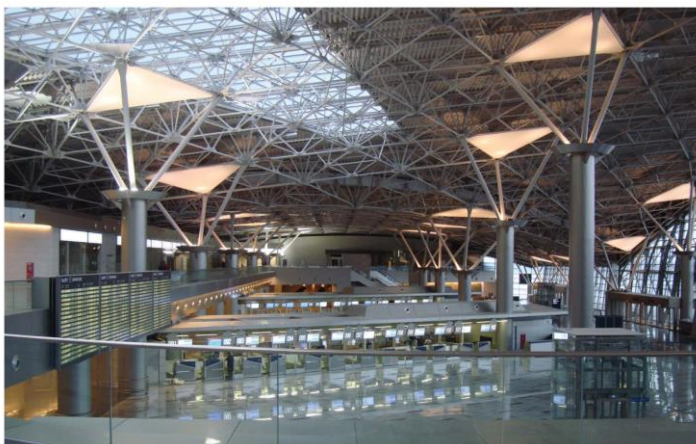


Рис. 1. Опираие двухпоясной сетчатой оболочки на железобетонные колонны

Таким образом, конструктивные требования, обеспечивающие лучшую устойчивость конструкций к прогрессирующему обрушению, для зданий со стальным каркасом в той или иной мере проработаны в нормативной документации, в то время как требований к созданию расчетных схем, которые могли бы наиболее полно отражать реальную работу конструкций при аварийных ситуациях, практически нет.

В практике строительства уже существует ряд примеров, которые отражают сложность решения задачи расчета на прогрессирующее обрушение зданий с металлическим каркасом. Трудности возникают в связи с неспособностью учесть в расчетной модели множества особенностей работы реальных конструкций, в том числе при динамических, температурных воздействиях. Также недостаточное количество исследований и статистических данных не позволяют с необходимой точностью предугадать, какая из возможных аварийных

ситуаций является наиболее опасной и, в том числе, является ли рациональным учет той или иной из них [6].

Традиционные методики расчета, представленные в нормативной документации, не дают исчерпывающих указаний о том, как следует учитывать в расчетных схемах различные формы поведения конструкций. Существующие рекомендации направлены на увеличение запаса несущей способности основных несущих элементов и многократное увеличение степени статической неопределимости здания или сооружения в целом, что зачастую приводит к повышению металлоемкости без пропорционального повышения эффективности работы конструкций на устойчивость к прогрессирующему обрушению [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Обернихин Д.В., Никулин А.И. Экспериментальные исследования деформативности изгибаемых железобетонных элементов различных поперечных сечений // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2017. №4. С. 56-59.

2. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения.

3. СТО 3655401-024-2010 Обеспечение безопасности большепролетных сооружений от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях.

4. Муцанов В.Ф., Оржеховский А.Н. анализ степени ответственности элементов для определения характеристик надежности и склонности к лавинообразному разрушению стержневых конструкций / Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2022. С. 5-10.

5. Стрелецкий Н. С. Избранные труды / сост.: Е. И. Беленя, Н. Н. Стрелецкий, Н. П. Мельников и др.; под общ. ред. Е.И. Беленя. – М: Стройиздат, 1975. 422 с.

6. Рекомендации по защите высотных зданий от прогрессирующего обрушения. Москва. ГУП НИАЦ. 2006. 34 с.

7. Меркулов С.И. Живучесть железобетонных конструкций и конструктивных систем // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова, 2015. № 3. С. 58-61.

Мищенко О. В., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Есипов С. М.

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

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ МОДУЛЕЙ ИЗ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РАСЧЕТНЫХ КОМПЛЕКСАХ

При проектировании зданий с использованием стальных модульных конструкций возникает ряд проблем, которые необходимо решить в процессе конструирования. Строительство из модульных конструкций отличается возможностью создания различных архитектурных решений, в связи с большой вариативностью конструирования стальных конструкций, поэтому, одной из проблем, зачастую, становится вопрос о компоновке и расчете соединений объемных модулей между собой [1-3]. В зависимости от количества соединяемых блоков существует множество различных вариантов конструирования узлов соединений (рис. 1).

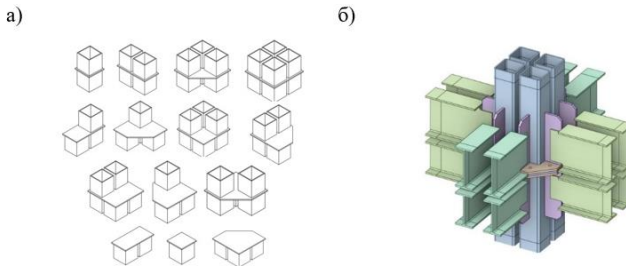


Рис. 1. Компоновка узлов сопряжения стальных модульных конструкций:
а – варианты соединения различного количества колонн без учета
горизонтальных конструкций; б – узел соединения между собой 4 стальных
блоков

Для получения расчетной схемы, максимально приближенной к реальной работе конструкций необходимо уделить особое внимание моделированию стальных соединений для корректной передачи усилий между элементами.

Одним из вариантов корректного моделирования узлового соединения, является способ, при котором несколько вертикальных и горизонтальных конструкций задаются как один стержень с большей жесткостью, которая устанавливается в зависимости от количества

соединяемых блоков [4, 5]. При этом горизонтальные элементы в плоскости этажа должны моделироваться с учетом эксцентриситета и шарнирного соединения с колоннами и между собой. Этого можно достичь с помощью установки абсолютно жестких вставок (рис. 2).

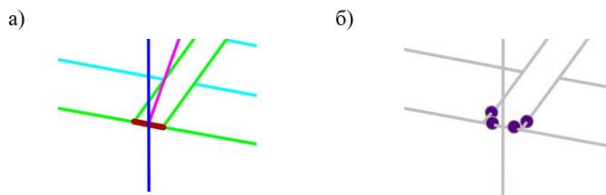


Рис. 2. Моделирование узла соединения стальных модулей с помощью жестких вставок и заменой нескольких стержней на один общий: *a* – общий вид модели узла; *b* – соединение отдельных конструкций между собой

Еще одним из вариантов моделирования является суперэлементный подход. Суть данного метода заключается в том, что каждый объемный элемент создается как один суперэлемент и моделируется в отдельном файле, а общая схема здания позднее создается из данных отдельных конструкций. Совместная работа элементов, обеспечивающая пространственную жесткость, моделируется введением объединения перемещений по направлению пространственных осей между узлами соседних модулей [5].

Одним из самых трудоемких способов моделирования стыков модулей является метод, при котором каждый отдельный конструктивный элемент, вертикальный или горизонтальный, задается отдельным стержнем с реальными параметрами конструкции. Данный способ должен учитывать реальные геометрические параметры конструкций, и моделирование должно проводиться с учетом реальных расстояний между центрами тяжести конструкций (рис. 3). При этом соединения стальных конструкций между собой задаются шарнирными [6].

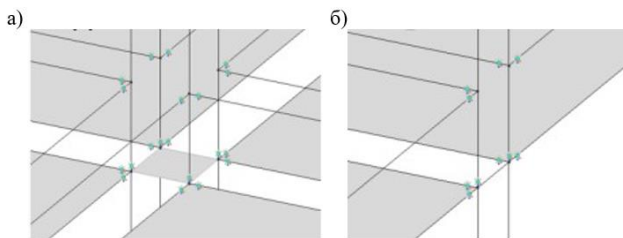


Рис. 3. Варианты моделирования узлов соединения стальных блоков, учитывая реальные геометрические параметры: *a* – соединение 8 блоков; *b* – соединение 4 блоков в торце

Передача усилий на фундамент или нижележащие конструкции (ферма) осуществляется с использованием абсолютно жестких тел (рис. 4).

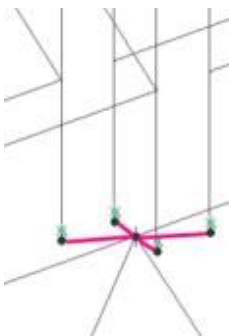


Рис. 4. Моделирование опирания колонны модуля на стальную ферму

При расчете конструкций модуля можно использовать комбинированные способы создания расчетных моделей. На стадии проектирования, когда неизвестны точные геометрические параметры конструкций, рационально использовать первый метод моделирования. В дальнейшем можно использовать второй и третий методы моделирования для уточнения расчетов сечений [6-7].

Также, рекомендуется применять несколько способов построения расчетных схем для верификации полученных результатов для того или иного случая.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солодов Н. В., Лусенков Я. В. Металлические конструкции большепролетных и высотных зданий: учебное пособие. Белгород. Изд-во: БГТУ, 2018. 90 с.

2. Меркулов С. И., Есипов С. М., Есипова Д. В. Уточнение численных параметров деформационной модели многослойного изгибаемого элемента, базирующееся на экспериментальных данных // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. Курск: Изд-во Курский государственный университет, 2019. С. 97-102.

3. Меркулов С. И., Есипов С. М. О вариации подходов к расчету многослойных элементов в SCAD // Научные технологии и инновации. Ч. 2. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2019. С. 70-74.

4. Батуков С.А. Перспективные направления развития строительной отрасли России // Российское предпринимательство. – 2008. – Том 9. – № 12. – С. 102-105.

5. Modular construction takes center stage in Wembley [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.buildingconstructiondesign.co.uk/news/modul-construction-takes-centre-stage-in-wembley> (доступ свободный).

6. Premier modular. UCL-John Dodgson House [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.premiermodular.co.uk/case-studies/ucl-john-dodgson-house> (доступ свободный)

7. Building. Construction methods: modular [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.building.co.uk/data/construction-methods-modular/5094760.article> (доступ свободный).

Николенко К. С. аспирант

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Абсиметов В. Э.**

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

УЧЕТ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ИЗ КРУГЛЫХ ТРУБ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Целью проведения численного исследования работы узлов конструкций является получение НДС (напряженно-деформированного состояния) от расчетных нагрузок. В результате анализа НДС определяются максимальные напряжения в узлах конструкций. В ходе анализа полученных результатов и сравнения напряжений с нормативными характеристиками материалов составляются выводы и рекомендации по проектированию узлов с учетом физической нелинейности.

Рассчитываемый узел представлен на рис. 1. Для расчета в программном комплексе была получена конечно-элементная модель узла.

В работе для определения эффективных характеристик сечения использован программный комплекс Ansys V11, основанный на методе конечных элементов (МКЭ).

Расчет ведется в геометрически и физически нелинейной постановке. Расчетные схемы узлов конструкции представляют собой объемные пространственные модель с минимальным числом упрощений (рис. 2).

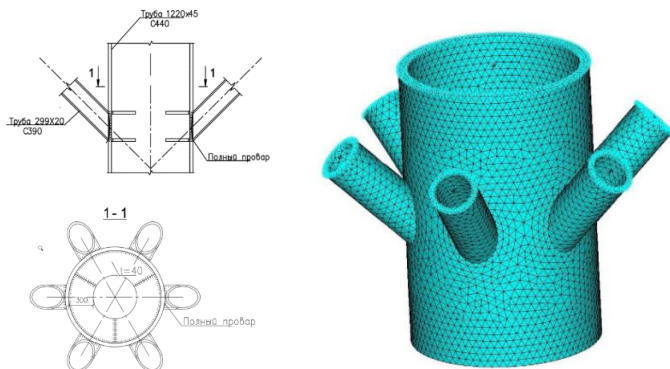


Рис. 1. Рассчитываемый узел и конечно-элементная модель узла

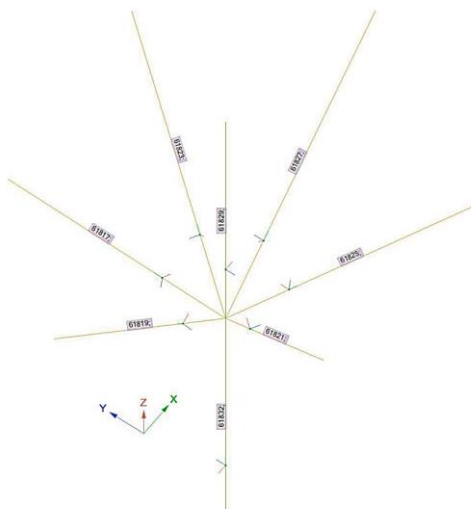


Рис. 2. Схема приложения нагрузок на узел

Для моделей определены отдельные точки, в которых задаются нагрузки. Эти нагрузки принимаются из конечно элементной модели здания в сечениях, расположенных в тех же местах что в рассчитываемой модели. С целью моделирования фактического НДС узла на конце одного из элементов принимается жесткая заделка, на концах других элементов прикладываются усилия из расчетной схемы.

Для анализа результатов были представлены следующие данные (рис. 3-5).

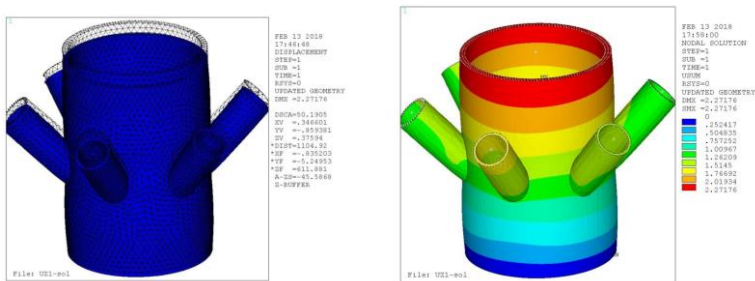


Рис. 3. Деформированная схема узла

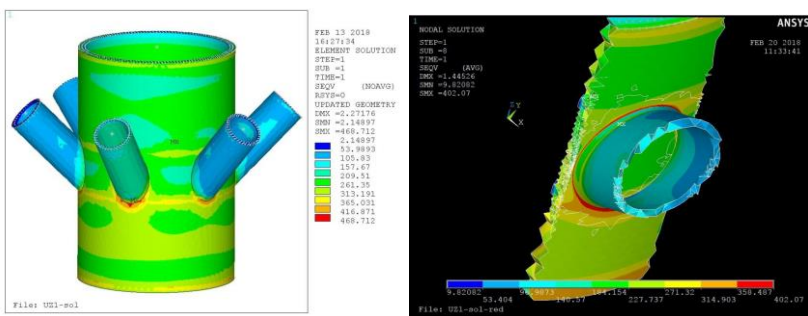


Рис. 4. Результирующие напряжения по Мизесу и распределение напряжений по Мизесу в зоне наиболее нагруженного раскола

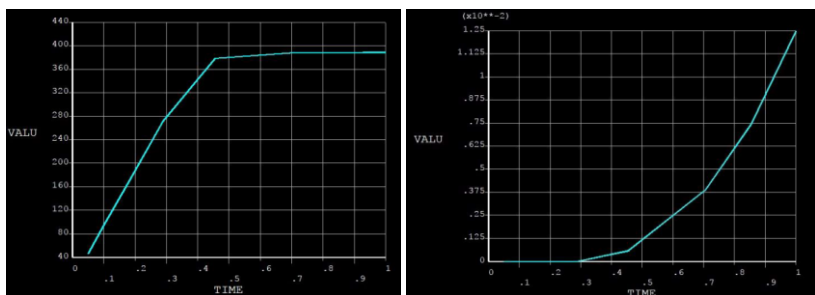


Рис. 5. График напряжения по Мизесу в наиболее напряженной точке и график максимальных относительных деформация по Мизесу

В результате расчета установлено:

– с учетом физической нелинейности металла несущая способность узла обеспечена. Наиболее нагруженная зона узла находится в местах примыкания раскосов 299×20 на внутренние ребра колонны. Для того, чтобы обеспечить более равномерную передачу усилий рекомендуется приварить два вертикальных ребра между

горизонтальными кольцевыми ребрами колонны, отвечающие боковым стенкам раскосов.

Рекомендации для сборки узла заводом изготовителем:

– с учетом имеющихся допущений в расчетной схеме и проектной документации следует отметить, что катеты сварных швов примыкания основных несущих элементов в узле должны обеспечивать равнопрочное соединение. При изготовлении обеспечить ультразвуковой контроль основных швов в узле в объеме 100%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП П-23-81*. М.: 2011.

2. Александров А.В. Основы теории упругости и пластичности: учебник / А.В. Александров, В.Д. Потапов. М.: Высшая школа, 1990. 399 с.

3. Балдин В.А., Вельский Г.Е., Потапов В.Н. Экономия стали на основе совершенствования норм расчета и проектирования стальных конструкций // Строительная механика и расчет сооружений. -1982. - № 6. - 18-21.

4. Биргер И.А. Общие алгоритмы решения задач теории упругости, пластичности и ползучести / И.А. Биргер // Успехи механики деформируемых сред. №2, 1975. С. 51-73.

**Плотникова С.В., ассистент
Лужецкий А.С., студент
Стерников И.В., студент**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Плотников В.В.**

*Брянский государственный инженерно-технологический
университет, г. Брянск, Россия*

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ КУПОЛЬНЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРОИТЕЛЬНЫХ 3-D ПРИНТЕРОВ

В настоящее время большой интерес у архитекторов, проектировщиков и строителей вызывают уникальные энергоэффективные здания, в том числе жилые, с ограждающими конструкциями в виде купольных конструкций или различных типов оболочек (рис. 1) [1-3].



Рис. 1. Общий вид жилых домов с ограждающими конструкциями в виде различных типов оболочек

Такие дома, наряду с оригинальным внешним видом, имеют ряд эксплуатационных и объемно-планировочных преимуществ:

- при одинаковых значениях полезной площади, дома с различным типом оболочек имеют намного больший объем внутреннего пространства по сравнению с постройками классических прямоугольных очертаний, что, в свою очередь, обуславливает улучшение экологических параметров внутренней среды;

- минимальная площадь поверхности наружных ограждающих конструкций при одинаковой с традиционным домом полезной площадью внутренних помещений позволяет значительно повысить энергоэффективность купольных домов;

- светопрозрачные конструкции купольного здания могут размещаться в любой зоне, обеспечивая высокую инсоляцию помещений;

- открываются широкие возможности использования световодов и других технических решений;

- конструктивно купольные дома являются очень прочными и устойчивыми сооружениями с высокой однородной теплозащитной оболочкой с отсутствием тяжелых перекрытий, системы стропил и отдельной кровли;
- отсутствие границы между ограждающими конструкциями (стенами) и крышей позволяет решить проблему сосулькообразования;
- купольные здания отличаются идеальной аэродинамической обтекаемостью, вследствие чего способны успешно противостоять ураганным ветрам;
- за счет меньшей площади внешней поверхности и повышения ее однородности внутрь купольного здания проникает меньше уличного шума, что обеспечивает комфортные условия для проживания людей;
- благодаря симметрии сферы или ассиметричных оболочек появляется возможность максимально эффективной пространственной ориентации на ограждающих конструкциях солнечных батарей, модулей солнечных коллекторов;
- купольные дома можно сделать вращающимися относительно центральной оси для повышения эффективности использования солнечных батарей и решения других инженерных задач;
- появляется возможность создания ограждающих конструкций с управляемыми свойствами.

На кафедре «Строительное производство» разработана уникальная технология возведения купольных зданий и зданий с различным типом оболочек с использованием 3-D принтера. Отличительной особенностью технологии является использование несъемной скользящей опалубки, на которую под давлением сжатого воздуха наносится двухкомпонентная композиция с микроармированием и отверждающий состав, позволяющий мгновенно формировать прочную структуру оболочки (рис. 2) [2, 3].

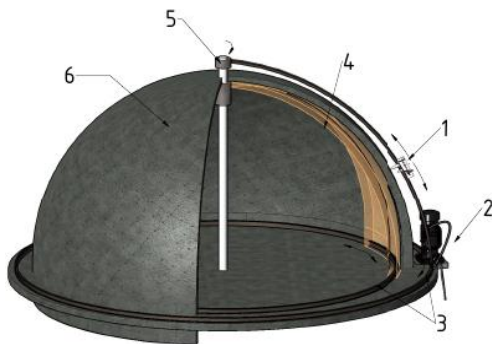


Рис. 2. Возведение купольного здания с использованием 3-D принтера

Печатающая головка 1 принтера перемещается по криволинейной направляющей для нанесения вяжущей композиции и отвердителя на перемещающуюся по криволинейному пути 3 скользящую опалубку 4 закрепленную шарнирно на стойке 5 для формирования оболочки 6.

Для получения вяжущей микроармированной композиции используется роторно-пульсационный аппарат [4]. Для формирования заданной структуры и свойств композиции в процессе ее активации вводятся специальные добавки, полученные в том числе на основе промышленных отходов [5].

В настоящее время ведется работа по исследованию режимов работы принтера с учетом формирования ограждающих конструкций с высокой степенью теплозащиты и управляемыми теплофизическими свойствами [6, 7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плотников, В.В. Многослойные наружные стены зданий из теплоизоляционного монолитного пенобетона на основе активированных промышленных отходов/ В.В.Плотников, М.В.Ботаговский // Промышленное и гражданское строительство. - 2016, №5. - С 9-14.

2. Плотников, В.В. Ресурсосберегающая технология использования промышленных отходов при получении бетонов низкой плотности/ В.В.Плотников, М.В. Ботаговский // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. - 2014. № 4 (8). - С. 65-77.

3. Плотников, В.В. Современные конструкционные, теплоизоляционные и отделочные материалы для стен энергоэффективных зданий [Текст] / В.В.Плотников. – Брянск: БГИТА, 2013.- 168 с.

4. Роторно-пульсационный аппарат /Плотников В.В., Ботаговский М.В. Патент на полезную модель №183943 от 09 октября 2018 г.

5. Плотников В.В. Активированные микро- и наноструктуры для синтеза цементных композиционных материалов. Брянск: БГИТА, 2009.- 185 с.

6. Динамический энергосберегающий фасад с изменяемыми свойствами: пат. на изобретение № 2 710 157. Рос. Федерация. № 2019111584 / С.В. Плотникова; заявл. 16.04.2019; опубл. 24.12.2019 Бюл. № 36.

7. Энергосберегающая стена с регулируемыми теплозащитными свойствами: пат. на изобретение 2732555. Рос. Федерация. № 2020101625/ С.В.Плотникова; заявл. 16.01.2020; опубл. 21.09.2020 Бюл. № 27.

Рябокоть И. Р., аспирант

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

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАТИВНОСТИ БАЛОК С ГОФРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ ПРИ КРУЧЕНИИ

Перед современной строительной наукой стоит задача повышения прочности и снижения при этом металлоемкости элементов каркаса зданий и сооружений [1-3]. Одним из параметров деформативности балок является жесткость при кручении. Предполагается, что сечение балки с поясами коробчатого сечения и стенкой из гофрированного листа будет обладать высокой жесткостью при кручении [4-6].

В рамках исследования в данной статье были приняты образцы балок с различным сочетанием профиля стенки и сечений поясов. Расстояние между центрами тяжести поясов образцов составляет 400 мм, длина каждой балки равна 4000 мм.

Для испытаний выбраны следующие сечения балок (для образцов принята маркировка ОБ):

– образец ОБ1 имеет пояса из плоских листов толщиной 8 мм и шириной 120 мм, стенку из плоского листа толщиной 1,5 мм с установленными по ней поперечными ребрами жесткости толщиной 4мм и шириной 58 мм;

– образец ОБ2 имеет пояса из плоских листов толщиной 8 мм и шириной 120 мм, стенку из плоского листа толщиной 1,5 мм;

– образец ОБ3 имеет пояса из ГНЗ 100×60×6, стенку из плоского листа толщиной 1,5 мм с установленными по ней поперечными ребрами жесткости толщиной 4мм и шириной 48 мм;

– образец ОБ4 имеет пояса из ГНЗ 100×60×6, стенку из плоского листа толщиной 1,5 мм;

– образец ОБ5 имеет пояса из плоских листов толщиной 8 мм и шириной 120 мм, гофрированную стенку толщиной 1,5 мм с треугольной формой гофрирования (шаг гофра 110 мм, высота гофра 50 мм);

– образец ОБ6 имеет пояса из плоских листов толщиной 8 мм и шириной 120 мм, гофрированную стенку толщиной 1,5 мм с синусоидальной формой гофрирования (шаг гофра 110 мм, высота гофра 50 мм);

– образец ОБ7 имеет пояса из ГНЗ 100×60×6, гофрированную стенку толщиной 1,5 мм с треугольной формой гофрирования (шаг гофра 110 мм, высота гофра 50 мм);

– образец ОБ8 имеет пояса из ГНЗ 100×60×6, гофрированную стенку толщиной 1 мм с треугольной формой гофрирования (шаг гофра 110 мм, высота гофра 50 мм). Общий вид образцов представлен на рис. 1.

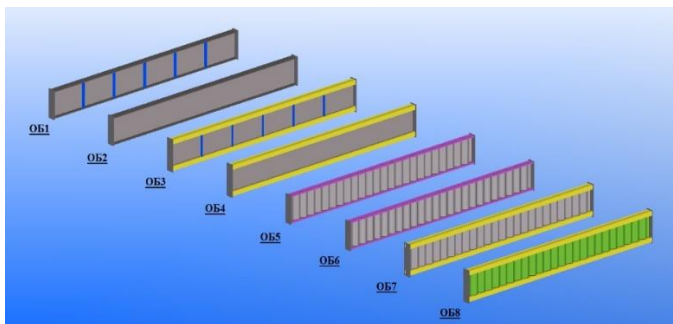


Рис. 1. Общий вид образцов ОБ № 1-8

Для получения жесткостных характеристик образцы были численно исследованы в программном комплексе Ansys Workbench 2022 R1. Расчетная схема принята консольной, жестким закреплением с одного торца балки и приложенным крутящим моментом к другому, свободному, торцу.

В результате численного эксперимента были получены горизонтальные перемещения узлов сетки конечных элементов свободного торца балки от крутящего момента. Значения перемещений были преобразованы аналитически в угол поворота сечения от крутящего момента, относительно центральной продольной оси образца. Углы поворота свободного торца образцов представлены в табл. 1, где а – маркировка образца; б – угол поворота в градусах; в – крутящий момент, кгс·м.

Таблица 1

Углы поворота образцов от приложенного усилия

а	ОБ1	ОБ2	ОБ3	ОБ4	ОБ5	ОБ6	ОБ7	ОБ8
б	9.53	32.29	1.38	3.60	22.51	20.70	3.46	3.50
в	200	100	400	400	100	100	400	400

Численный эксперимент предусматривает работу образцов в упругой стадии. Ввиду того, что жесткость образцов на кручение

сильно отличается, к образцам были приложены разные по величине крутящие моменты. Для сравнения по значению углов поворота от различных величин крутящего момента, выполним переход к жесткости образцов на кручение, которая принята как произведение модуля сдвига G и момента инерции кручения I_r . Значения жесткости образцов при кручении отображены в табл. 2, где a – маркировка образца; b – $G \cdot I_r$, $\Gamma \cdot \text{м}^2$.

Таблица 2

Жесткость образцов при кручении

a	ОБ1	ОБ2	ОБ3	ОБ4	ОБ5	ОБ6	ОБ7	ОБ8
b	4.82	0.71	66.75	25.50	1.02	1.11	26.60	26.23

Для объективного сравнения образцов необходимо учитывать их массу путем сопоставления несущей способности и металлоемкости. Массы образцов представлены в табл. 3, где a – маркировка образца; b – масса образца в килограммах.

Таблица 3

Массы образцов

a	ОБ1	ОБ2	ОБ3	ОБ4	ОБ5	ОБ6	ОБ7	ОБ8
b	93	86	104.6	99.6	89.3	90	102.4	96.1

Анализ и сравнение жесткостей образцов выполним в порядке возрастания их жесткостей. Образец ОБ2, который представляет собой традиционную двутавровую балку без ребер жесткости, показал наименьший результат.

Образец ОБ5 продемонстрировал, что стенка из гофрированного листа повышает жесткость балки на кручение, которая, в соответствии с приведенными расчетами, оказалась на 43% больше относительно жесткости ОБ2. В образце ОБ6 произошло увеличение жесткости балки уже на 56% относительно жесткости ОБ2 [7]. Образец ОБ1, с установленными поперечными ребрами жесткости, показал лучший результат среди образцов с плоскими поясами: относительно ОБ2 жесткость увеличилась в 6,77 раза относительно жесткости ОБ2. Это свидетельствует о высоком влиянии ребер жесткости по стенке на работу двутавра при кручении.

Образец ОБ4 показал значение жесткости в 35,84 раза большее, чем у ОБ2 и в 4,3 раза, чем у ОБ1. Это говорит о высокой эффективности работы ГНЗ в поясе при работе балки на кручение. При этом, применение гофрированной стенки совместно с ГНЗ в образце ОБ7 не привело к существенному увеличению жесткости образца при кручении, которое составило всего 4,3% относительно жесткости ОБ4.

Образец ОБ8 с гофрированной стенкой толщиной в 1мм при меньшей общей массе показал результат практически идентичный образцу ОБ7 с толщиной гофрированной стенки в 1,5мм. Наибольшую жесткость при кручении среди образцов показал образец ОБ3. Крутильная жесткость ОБ3 в 93,82 раза больше жесткости образца ОБ2, в 13,84 раза больше жесткости образца ОБ1 и на 51% - образца ОБ8. Такой результат можно объяснить большой жесткостью на кручение замкнутых сечений поясов и малой высотой стенки образцах с поясами из ГНЗ, вследствие чего ребра жесткости эффективно препятствуют деформациям сдвига и деформациям контура сечения образца. Однако образец ОБ3 обладает самой высокой массой.

Жесткость каждого образца, выраженная через отношение к образцу ОБ2, представлена табл. 4, где а – маркировка образца; б – отношение жесткости конкретного образца к ОБ2.

Таблица 4

Отношение жесткости образцов к ОБ2

а	ОБ1	ОБ2	ОБ3	ОБ4	ОБ5	ОБ6	ОБ7	ОБ8
б	6.77	1.00	93.82	35.84	1.43	1.56	37.38	36.87

Общий вид образца ОБ3 в деформированном состоянии, с изополями перемещений узлов сетки МКЭ, показан на рис. 2. Изополя перемещений остальных образцов качественно идентичны данным образца ОБ3.

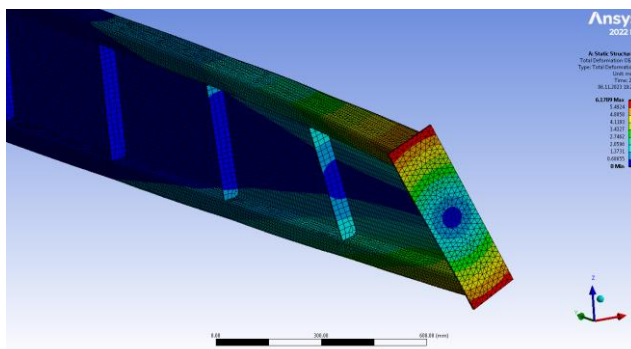


Рис. 2. Образец ОБ3 с изополями перемещений

Результаты, полученные в данном эксперименте, являются промежуточными. Для полноценных выводов необходимо большее количество исследуемых образцов, варьирование пролета и геометрических параметров сечений образцов [8]. Можно

предположить, что в балках с большими пролетами и поперечными сечениями разница в металлоемкости образцов будет более значительной. В целом, в результате выполненного численного эксперимента первоначальное предположение подтвердилось: образец ОБ8 с поясами из ГНЗ и гофрированной стенкой показал высокую жесткость при кручении в сочетании с оптимальной металлоемкостью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брянцев А. А., Абсиметов В. Э., Лалин В. В. Эффективность применения двутавров с гофрированными стенками в производственных зданиях //Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2017. – №. 3. – С. 93-104.

2. Тишков Н. Л. и др. Совершенствование конструкции стальной двутавровой балки с тонкой поперечно-гофрированной стенкой //Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2020. – Т. 22. – №. 2. – С. 104-111.

3. Дмитриева Т. Л., Уламбаяр Х. Использование балок с гофростенкой в современном проектировании //Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2015. – №. 4 (15). – С. 132-138.

4. Соловьев А. В. и др. Учет особенностей работы балок с гофрированной стенкой в расчетах на стесненное кручение //Вестник МГСУ. – 2012. – №. 11. – С. 105-112.

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

6. Пат. 175354 U1, Российская Федерация, МПК E04C 3/07. Металлическая двутавровая балка с гофрированной стенкой / Н.В. Солодов, В.А. Ечин. № 2017125573; заявл. 17.07.2017; опубл. 01.12.2017.

7. Митрофанов С. В., Митрофанов В. А. Работа балки с гофрированной стенкой с различными профилями гофрирования //Строительство и техногенная безопасность. – 2017. – №. 9 (61). – С. 87-92.

8. Зубков В. А., Лукин А. О. Экспериментальные исследования влияния технологических и конструкционных параметров на несущую способность металлических балок с гофрированной стенкой //Вестник МГСУ. – 2013. – №. 2. – С. 37-46.

**Севрюков В. А., студент,
Половченя Е. М. студент**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Есипов С. М.**

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

МЕТОДЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗДАНИЙ ДИНАМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

С древних времен человек возводил сооружения на основе собственного опыта путем проб и ошибок. В 19 веке были осуществлены первые приближенные методы расчета на подвижные нагрузки учеными О. Мором, Э. Винклером, Ф. Виллисом, Дж. Стоксом. Тогда считалось что форма прогиба конструкции зависела от положения нагрузки статической задачи. Большой вклад в становления науки о динамике внесли А.Н. Крылов, С.П. Тимошенко, А.Г. Барченков и Р.И. Мальцев. В трудах А.Н. Крылова и С.П. Тимошенко балка имела распределенный вес по длине, а по ней двигалось пульсирующее тело. А.Г. Барченков и Р.И. Мальцев произвели опыты с периодическим воздействием на рамы и неразрезные балки. Существенный вклад в развитие методов расчета конструкций на подвижную нагрузку внесли исследования В.В. Болотина. В его работах была получена система связанных дифференциальных уравнений с периодическими коэффициентами относительно обобщенных координат, зависящих от времени. Еще один метод расчета с учетом массы конструкции и массы тела был предложен Шалленкампом. Этот способ был основан на разложении в ряд Фурье с неизвестными коэффициентами сил инерции груза. Существенный вклад в развитие метода интегральных уравнений внес Г.Б. Муравский своими исследованиями бесконечных балок на упругом основании. Этот перечень ученых далеко не весь, исследователей изменяемых нагрузок порядка сотни и каждый из них так или иначе внес свой вклад в становлении науки. Таким образом многие ученые и коллективы ученых совместными усилиями сформировали новую дисциплину – динамику.

В процессе эксплуатации конструкции подвергаются различным видам динамических воздействий. К ним относятся:

- ветровые и подвижные нагрузки;

- воздействие периодических вибраций и ударов работающих машин и оборудования на несущие конструкции промышленных зданий;
- сейсмические воздействия на здания и сооружения, которые заставляют двигаться фундаменты и вызывают изменение нагрузок во времени по сложным законам, что приводит к возникновению сложных колебаний в конструкции (рис. 1).

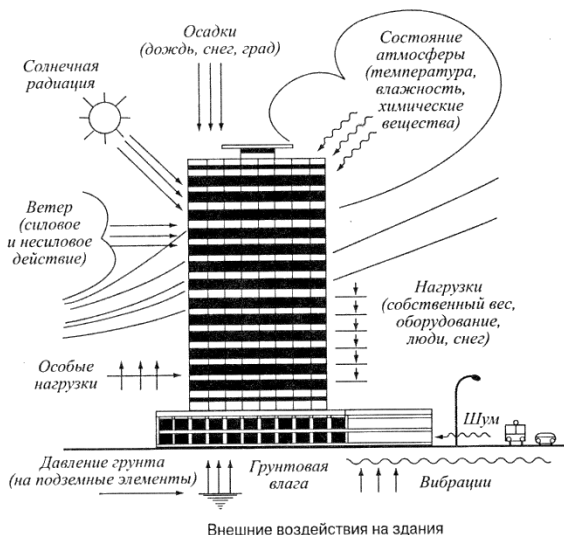


Рис. 1. Воздействия на здание

Характерной особенностью динамического нагружения является то, что конструкция приходит в состояние движения. Периодическое повторение динамических ударов может привести к накоплению энергии в механической системе, постепенному увеличению амплитуды колебаний и возникновению резонансных явлений, что может привести к разрушению от ударов малой интенсивности.

Механика и устойчивость конструкций является важнейшей областью строительной механики.

Многолетний опыт проектирования и эксплуатации сооружений показал, что только расчеты на прочность при статических нагрузках недостаточны для обеспечения надежности конструкций. На протяжении всей истории человечества было много катастроф и разрушений, вызванных недооценкой динамических явлений при проектировании, что приводило к потере устойчивости конструкций и их элементов.

Вибрации в зданиях, мостах и самолетах вызывают дополнительные напряжения и деформации в конструкциях, оказывая пагубное воздействие на людей. Постоянно растущие скорости движения транспорта и увеличение мощности машин и оборудования приводят к повышению уровня вибрации конструкций, увеличивая риск их разрушения.

Динамический расчет конструкции состоит из нескольких этапов:

1. Определение динамических свойств материала.
2. Определение динамических степеней свободы.
3. Теоретический расчет колебаний.

4. Оценка целесообразности строительства или эксплуатации сооружения.

Способы учета землетрясений:

1. Расчет по приближенной формуле, основанной на измеренных сейсмических силах. Этот метод используется для простых конструкций, которые могут быть смоделированы как пружинные системы. Этот метод не позволяет учесть многие факторы, такие как геометрия здания или местные геологические условия.

2. Расчет, основанный на динамических испытаниях и моделировании. В этом случае здание сначала подвергается динамическим испытаниям в реальных условиях, а затем моделируется в компьютерной программе. Этот метод позволяет учитывать более сложные условия и такие факторы, как состояние грунта и геометрия здания.

Способы учета других динамических воздействий (ветер, вибрации и др.)

1. Моделирование строительных конструкций с помощью компьютерных программ, позволяющих учитывать динамические воздействия.

2. Испытания конструкций в реальных условиях при различных динамических воздействиях.

3. Математические модели, позволяющие учитывать динамические нагрузки на строительные конструкции.

Основные методы расчета динамической нагрузки. Существует как минимум 3 основных метода расчета на динамическую нагрузку:

1. Метод силового баланса.

Метод силового баланса основывается на принципе равновесия сил и моментов. Если на конструкцию действуют внешние силы такие как собственный вес конструкции или динамическая нагрузка, то эти силы должны быть уравновешены внутренними силами.

Чтобы этот метод применить следует выполнить следующие этапы

1. Определить внешние нагрузки.
2. Распределить внешние нагрузки на балку.
3. Определить внутренние силы в балке.
4. Уравновесить внешние нагрузки с внутренними силами путем равенства сил и моментов.

5. Решить уравнения.

2. Метод конечных элементов Метод конечных элементов – численный метод, в основе которого лежит разложение сложного элемента на простые элементы, называемые конечными элементами. При расчете для каждого конечного элемента составляется набор уравнений. После разбивки на конечные элементы и составлении уравнений происходит сборка уравнений для описания работы системы в целом.

2. Метод конечных элементов включает следующие этапы:

1. Разбиение области на конечные элементы
 1. Формулировка уравнений для каждого конечного элемента
 2. Сборка системы уравнений
 3. Решение системы уравнений
 4. Проверка и адаптация результатов

Существуют преимущества и недостатки метода конечных элементов.

К преимуществам относят:

1. Универсальность
2. Гибкость
3. Высокая точность
4. Возможность учета граничных условий
5. Возможность оптимизации

К недостаткам относят:

1. Высокие вычислительные затраты
2. Потребность в опыте и специализированном программном обеспечении

3. Приближенность решения
4. Ограничения на сложные физические явления
5. Зависимость от качества сетки
3. Метод конечных разностей

Метод конечных разностей основан на аппроксимации производных функции с помощью разностных отношений. Метод разбивает систему на конечное число узловых точек аппроксимирует значения функции в этих точках.

Метод конечных разностей делится на несколько этапов:

1. Дискретизация области
2. Аппроксимация производных

3. Построение разностных уравнений

4. Решение разностных уравнений

Рассмотрим преимущества и недостатки метода конечных разностей

К преимуществам относят:

1. Простота реализации

2. Универсальность

3. Гибкость

4. Эффективность

К недостаткам относят:

1. Погрешность аппроксимации

2. Ограничения на геометрию

3. Вычислительная сложность

4. Чувствительность к граничным условиям

Каждый, из приведенных основных методов расчета динамических нагрузок, является индивидуальным. Любой из примеров может не подходить к какому-либо расчету динамических нагрузок.

Из представленных, метод силового баланса можно назвать одним из самых надежных.

Метод конечных элементов, несмотря на его недостатки, широко применяется в механике благодаря своей эффективности при выполнении расчета. И к примеру, метод конечных разностей применяется в расчетах для моделирования распределения напряжений в конструкциях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гурвич А.И., Гусаров О.П., Ковалев В.В. и др. "Сейсмостойкость зданий и сооружений". Госстройиздат, 1987.

2. Воробьева З.Л., Попов В.О., Савин А.М. и др. "Конструкции зданий и сооружений при сейсмическом воздействии". Стройиздат, 1995.

3. Колчанова М.М., Волчков К.В., Колоколова Е.В. и др. "Анализ сейсмической устойчивости зданий и сооружений". Бауман Медиа, 2011.

4. Антоновский В.В., Капустин С.В., Мищенко М.Е. и др. "Методы исследования динамических характеристик зданий и сооружений". Наука, 2015.

5. Ингерсолл, Ричард и Джозеф Вайс. "Динамика зданий: теория и методы расчета". Springer, 2018.

6. Чопра, Анил К. "Динамика зданий: теоретические и экспериментальные основы строительной динамики". Prentice Hall, 2011.

7. СП 413.1325800.2018 "Здания и сооружения, подверженные динамическим воздействиям"

8. СП 14.13330.2018 "Строительная сейсмостойкость зданий и сооружений. "

9. Белов В.Г. "Динамика зданий. Москва: Академия строительства. " 2006

10. СП 20.13330. 2011. Нагрузки и воздействия

11. Малыгина В.С., Есипов С.М. "Конструкции из дерева и пластмасс": учеб. пособие – Белгород: Изд-во БГТУ. 2016. – 216 с.

Терещенко С. С., магистрант

Научный руководитель: доц.

Делова М. И.

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

ТЕХНОЛОГИЯ УТЕПЛЕННОГО БЕЗОПАЛУБОЧНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

На сегодняшний день, в нашей стране технология строительства из трехслойных сэндвич-панелей является наиболее актуальной и широко распространенной. Утепленные панели с оболочками из древесно-стружечных плит, металлических или полимерных листов, широко используются в качестве ограждающих конструкций в индивидуальном жилом, промышленном и коммерческом строительстве. Так же в многоэтажном жилом крупнопанельном строительстве распространены трехслойные железобетонные панели.

Но в отличие от других стран, незаслуженно остается без внимания технология возведения конструкций из безопалубочного трехслойного железобетона. Она носит множество названий, но самое распространенное SCIP (Structural Concrete Insulated Panels) – Конструкционные бетонные панели с утеплителем.

Данная технология сочетает в себе принципы сборно-модульного строительства и монолитно-бетонного возведения, что делает конструкцию быстровозводимой, а отдельные конструкционные элементы наделяет несущей способностью.

В основе технологии лежит использование 3-х слойных панелей, представляющих собой пространственную конструкцию, состоящую из блока вспененного полистирола толщиной от 50 до 120 мм и двух параллельных арматурных сеток с шагом 50×50 мм. Панель «прошивают» насквозь диагональные штыри из толстой проволоки, образуя вместе с боковыми сетками пространственный армокаркас, на подобии фермы, где поясами выступают сетки, а раскосами диагональные связи. При малом весе такая панель за счет наличия диагональных поперечных связей обладает высокой прочностью и жесткостью.

Из готовых панелей на строительной площадке собирают в единый каркас стены, перекрытия, а также покрытия и лестничные марши. Сам арматурный каркас обладает не очень большой пространственной жесткостью, поэтому для горизонтальных элементов устраивают временные опоры. А затем на него с обеих сторон, в два слоя, наносят сплошную бетонную оболочку. Таким образом, стены, перекрытия и несущие элементы объединяются в единую монолитную конструкцию.

Бетон на обе стороны стен и нижнюю сторону перекрытия наносят методом торкретирования, на несущие стены- слой толщиной 50-60 мм, на внутренние- 40 мм. Первый слой должен едва скрыть арматурные сетки, после его затвердевания, можно удалить временные опоры и смело производить дальнейшие работы (рис. 1).

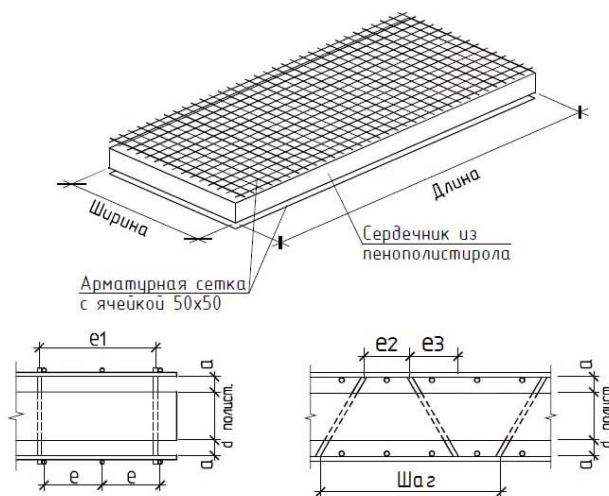


Рис. 1. Конфигурация SCIP панели

При рассмотрении такой панели в качестве перекрытия используют тот же подход к расчету, что и к пустотным плитам. Слои бетона сравнивают с полками двутавровой балки, поскольку они несут нагрузку изгибающих напряжений, которым подвергается балка, где один слой в сжатии, другой – в растяжении. Точно так же, как и стенка двутавровой балки, работают на сдвиг соединители в сердечнике сэндвич-панели. Сердечник противостоит сдвиговым нагрузкам, увеличивает жесткость конструкции за счет разделения наружных бетонных оболочек, обеспечивает непрерывную поддержку фланцев или оболочек для получения панели с равномерной жесткостью.

Бетон имеет высокую прочность на сжатие, но у него очень низкая прочность на растяжение ($\approx 10\%$ от прочности на сжатие), поэтому он требует армирования в растянутой зоне. Бетон в растянутой зоне не сопротивляется воздействиям и не вносит вклад в работу конструкции, поэтому, в целях уменьшения веса конструктивных элементов, в растянутой зоне уменьшают площадь поперечного сечения бетона и увеличивают площадь сечения арматуры (рис. 2).

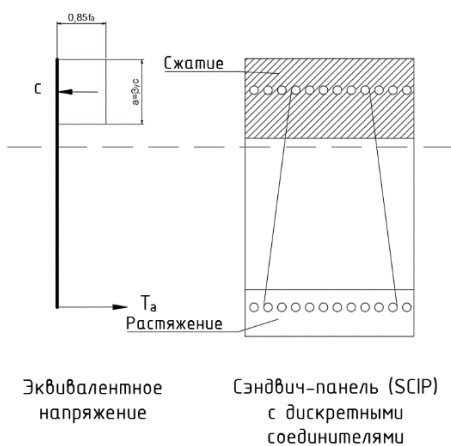


Рис. 2. Распределение усилий в SCIP перекрытий

Диагональные стержни соединители, за счет триангулированной конфигурации перераспределяют внешние силы, которые передаются в осевом направлении, подвергая стержни либо растяжению, либо простому сжатию в зависимости от их положения в панели (рис. 3).

Система возведения монолитного трехслойного железобетона отличается от других «сэндвич-панелей», большей гибкостью в придании форм. Конфигурация панелей не определяется сеткой колонн

или шагом прогонов, и не имеет никаких конструктивных ограничений, в части сборки и креплений. Как и монолитное строительство, такая система позволяет создавать уникальную архитектуру со сложной геометрией. Но из процесса возведения исключаются опалубочные работы, что в разы удешевляет и ускоряет производство работ, а процесс проектирования делает еще свободнее.

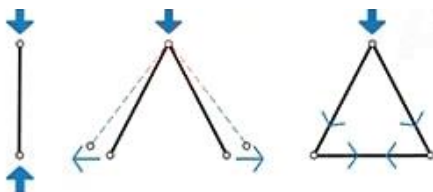


Рис. 3. Работа диагональных стержней соединителей

Здания, построенные из SCIP панелей, обладают высокой энергоэффективностью и шумоизоляцией. Толстый слой полистирола обеспечивает надежную теплоизоляцию даже в самых холодных регионах, но при этом остается пожаробезопасным, т.к. запечатан в железобетоне.

Железобетонная оболочка из торкретированого бетона, выделяет эту технологию сейсмостойчивостью и высокой надежностью к разрушающим факторам. Бетон, нанесенный методом торкретирования, обладает более высокими показателями, чем литой, поэтому даже относительно тонкий слой, обладает достаточно высокой прочностью.

Область применения SCIP панелей – очень широка. По этой технологии строят индивидуальный жилые дома, многоквартирные дома до 5 этажей, большепролетные промышленные и коммерческие здания. Чрезвычайно простой принцип устройства панелей и заливки бетона, позволяет использовать высокоэффективные пространственные покрытия. Благодаря этому технология отличается не только низкой трудоемкостью, но и материалоемкостью.

По всем показателям технология является передовой в строительстве, при этом прошла многолетнюю проверку в странах Европы и на континентах двух Америк.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бертольди, Ренато Х. «Характеристики конструктивной системы с утеплителем, состоящей из торкретбетона покрывающего сердцевину из пенополистирола и стальной сетки: два тематических исследования

во Флорианополисе». Диссертация. UFSC, Флорианополис, Южная Каролина, 2007. - 127 с.

2. Тревехо Хиаго Энрике «Сравнительный анализ обычных и монолитных строительных систем из пенополистирола для частных домов» Цесумарский Университет, Бразилия 2018. – 37 с.

4. Эхсан Мирнатеги. Оптимизация конструкции цементно-армированной ортотропной многослойной композитной системы. Диссертация, Калифорнийский Университет в Ирвине (США). 2017. – 194 с.

5. Томлисон Дуглас, Фам Амир «Аналитический подход к реакции на изгиб частично изолированных бетонных многослойных стен» *Engineering Structures*, v. 122, 2016. - 251-266 с.

6. Эхаб Хамед, «Несущая способность композитных сборных железобетонных сэндвич-панелей с диагональными соединителями армированных фиброй полимерными стержнями.», *PCI Journal*, июль-август 2017.

**Чернышев В. С., студент,
Виноходова Е. А., студент**

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

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

ПЕРЕКРЫТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕНОБЕТОНА В ИНДИВИДУАЛЬНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В наше время пенобетон является одним из известных материалов для перекрытий. Его отличие от других строительных материалов - небольшой вес, прочность, хорошие теплоизоляционные показатели. Он отлично подходит для разных видов здания. В данной статье мы рассмотрим разновидности перекрытий из пенобетона, их преимущества и технологии производства работ.

В любом здании перекрытие является несущей и ограждающей конструкцией. Перекрытия из пенобетона имеют ряд преимуществ, благодаря которым данные конструкции весьма популярны в современном строительстве [1].

Рассмотрим главные свойства, которые имеет пенобетон. Этот материал состоит из цемента, песка, воды и пены, которую добавляют в

процессе приготовления раствора, чтобы создать в нем большое количество пор, придающих пенобетону отличные теплоизоляционные характеристики [4].

Также он прочный и имеет отличную устойчивость к огню. Перекрытия из пенобетона можно выполнить из разных конструктивных элементов таких как:

Пенобетонные плиты. Самым распространенным видом являются пенобетонные плиты. Они укладываются на стены или на балки. Ниже приведен пример плит из пенобетона (рис. 1) [5].



Рис. 1. Перекрытия из пенобетонных плит

Установка пенобетонных плит происходит следующим образом: сначала устанавливаются балки или стены, а затем на них укладываются пенобетонные плиты. Они могут быть различных размеров и толщин, в зависимости от требуемой прочности и нагрузки.

Преимущества пенобетонных плит включают высокую прочность, легкость (что очень упрощает строительство), тепло- и звукоизоляцию, а также хорошую устойчивость к огню и влаге [5].

2. Пенобетонные балки

Пенобетонные балки - еще один вид перекрытий с применением пенобетона. Они состоят из пенобетонных балок, которые устанавливаются на опоры или стены. Балки имеют прямоугольную форму и различные размеры, в зависимости от требуемой прочности и нагрузки.

Установка пенобетонных балок похожа на установку перекрытий: сначала устанавливаются опоры или стены, а затем на них устанавливаются пенобетонные балки. Они могут быть различных размеров и толщин, в зависимости от требуемой прочности и нагрузки.

Основные преимущества такие же, как и в пенобетонных плитах: высокая прочность, легкость, теплоизоляция и звукоизоляция, хорошая устойчивость к огню и влаге [5].

3. Пенобетонные панели

Пенобетонные панели – также вид перекрытий с применением пенобетона. Они состоят из панелей из пенобетона, которые устанавливаются на опоры или стены. Панели имеют прямоугольную форму и различные размеры, в зависимости от требуемой прочности и нагрузки. Пенобетонные панели (рис. 2).



Рис. 2. Перекрытия из пенобетонных панелей

Различие пенобетонных панелей от плит перекрытия заключается в следующем:

1. Размеры: пенобетонные плиты перекрытия обычно имеют большие размеры, чем панели перекрытия.

2. Применение: пенобетонные плиты перекрытия используются в более ответственных зданиях, где присутствуют большие нагрузки, в то время как панели перекрытия применяются для создания более легких и менее нагруженных конструкций.

3. Установка: установка пенобетонных плит перекрытия требует более сложных и трудоемких процессов, в то время как установка панелей перекрытия более проста и быстра.

4. Нагрузка: пенобетонные плиты перекрытия способны выдерживать более высокие нагрузки, чем панели перекрытия.

5. Цена: из-за своих больших размеров и более высокой прочности, пенобетонные плиты перекрытия обычно стоят дороже, чем панели перекрытия. [5].

4. Пенобетонные блоки

Пенобетонные блоки – это еще один вид перекрытий с применением пенобетона. Они состоят из блоков из пенобетона,

которые укладываются на опоры или стены. Блоки имеют прямоугольную форму и различные размеры, в зависимости от требуемой прочности и нагрузки. Перекрытия из пенобетонных блоков (рис. 3).



Рис. 3. Перекрытия из пенобетонных блоков

Установка пенобетонных блоков происходит следующим образом: сначала устанавливаются опоры или стены, а затем на них укладываются пенобетонные блоки. Блоки могут быть различных размеров и толщин, в зависимости от требуемой прочности и нагрузки [2].

Преимущества пенобетонных блоков включают высокую прочность, легкость, теплоизоляцию и звукоизоляцию. Они также обладают хорошей устойчивостью к огню и влаге [3].

В заключение, перекрытия с применением пенобетона являются отличным выбором для строительства различных типов зданий. Они обладают высокой прочностью, легкостью и теплоизоляционными свойствами, что делает их идеальным выбором для создания комфортных и безопасных условий для жильцов. Благодаря различным видам перекрытий с применением пенобетона, строители и архитекторы имеют возможность выбрать наиболее подходящий вариант для конкретного проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пириев Ю.С., Конструктивные схемы малоэтажных домов с применением пенобетона // В сборнике: Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова.-Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008. №4. С. 18-20.
2. Дегтев И.А., Денисова Ю.В., Применение пенобетона в гражданском строительстве // В сборнике: Университетская наука. 2023. № 1 (15). С. 35-38.

3. Пирьев Ю.С., Применение пенобетона в современном строительстве // В сборнике: Научные технологии и инновации. Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 90-93.

4. Чистый Ю.А., Ксенофонов М.В., Газобетон и пенобетон: особенности, достоинства, недостатки // В сборнике: инновации России. 2019. № 4. С. 9-14.

5. Актуганов А.А., Актуганов А.Н., Совместная работа тонкостенных гнутых профилей с утеплителем из пенобетона в перекрытиях малоэтажных зданий // В сборнике: Инновации в образовательном процессе. Сборник трудов научно-практической конференции. 2017. С. 53-55.

**Чернышев В. С., студент,
Шептун К. Р., студент,
Виноходова Е. А., студент**

**Научный руководитель: ст. преп.
Пирьев Ю. С.**

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

КОНСТРУКЦИИ ИЗ ПЕНОБЕТОННЫХ БЛОКОВ В ИНДИВИДУАЛЬНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В последние годы можно увидеть все больше домов, построенных из пенобетона. Этот материал становится более популярным из-за своих уникальных свойств и преимуществ.

Пенобетон – это материал, состоящий из цемента, песка, воды и пены. Он имеет невысокую плотность и хорошую теплоизоляцию. Пенобетон один из самых легких материалов для строительства домов, благодаря этому они удобны в транспортировке и монтаже. Пенобетонные блоки изображены на рис. 1.

Главное положительное свойство пенобетона – высокая теплоизоляция. Благодаря мельчайшим воздушным пузырькам в структуре материала, пенобетон обретает отличные теплоизоляционные свойства, что позволяет существенно снизить затраты на отопление и кондиционирование в доме [1].

Кроме того, пенобетонные блоки также обладают и высокой звукоизоляцией. Они поглощают звуковые волны и предотвращают их распространение через стены.



Рис. 1. Пенобетонные блоки

Следующее преимущество пенобетона – огнестойкость. Из-за высокого содержания минеральных компонентов, пенобетон не горит и не поддерживает горение, это делает его безопасным материалом для строительства домов.

Пенобетонные блоки отличаются высокой прочностью и долговечностью. Они способны выдерживать большие нагрузки и не подвержены коррозии.

Также плюс пенобетонных блоков – экологическая безопасность. Блок не содержит вредных веществ, не выделяет опасных газов.

Стоит отметить, что пенобетонные блоки обладают хорошей паропроницаемостью, это позволяет стенам «дышать» и предотвращает образование конденсата, что особенно важно для создания здорового внутреннего микроклимата в доме [7].

Конструкции индивидуальных жилых домов с использованием пенобетонных блоков могут быть различными. Распространенный вариант – каркасно-панельная система. Сначала возводится каркас, а затем стены из пенобетонных блоков, создавая замкнутый контур [5].

Второй вариант – монолитная система. В этом случае, стены и перекрытия строятся из пенобетона без использования каркаса [4].

При возведении индивидуального жилого дома с использованием пенобетонных блоков необходимо учесть ряд факторов: размеры, форму дома, а также количество этажей. Надо учитывать климатические условия и геологические особенности местности [3].

Пенобетонные блоки могут использоваться для строительства как одноэтажных, так и многоэтажных домов. Они легко сочетаются с другими материалами, такими как кирпич или дерево, что позволяет создавать разнообразные архитектурные решения [2].

Существуют разные виды пенобетонных блоков:

1. Обычные пенобетонные блоки – самые распространенные блоки из пенобетона, которые используются для строительства стен и перегородок. Они имеют прямоугольную форму и различные размеры (обычно 200×300×600 мм).

2. Утепленные пенобетонные блоки – эти блоки имеют дополнительный слой утеплителя, который увеличивает теплоизоляцию стен, что снижает энергопотребление здания и повышает его энергоэффективность.

3. Пазогребневые пенобетонные блоки – этот вид блоков отличается наличием специальных пазов и гребней на своих поверхностях, что обеспечивает более прочное соединение между блоками при их укладке.

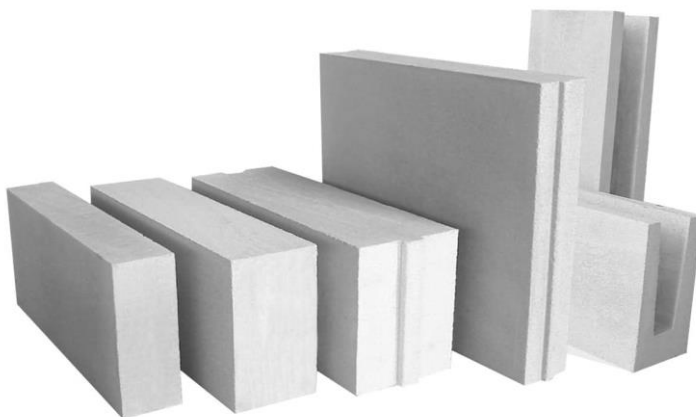


Рис. 2. Пазогребневые пенобетонные блоки

4. Перфорированные пенобетонные блоки – имеют отверстия или перфорацию на своей поверхности. Они используются для создания вентилируемых стен – позволяют проникать воздуху и воде через структуру, из-за отверстий улучшается вентиляция и циркуляция воздуха в помещении.

5. Фасадные пенобетонные блоки – данный вид имеет специальное покрытие или отделку на своей поверхности, которая придает им эстетический вид и защищает их от воздействия окружающей среды. Используется для облицовки фасадов.

6. Блоки для перекрытий – это специальные пенобетонные блоки, которые используются для перекрытий между этажами в зданиях. Они обладают высокой прочностью и легкостью.

При строительстве дома из пенобетона нужно обратить внимание на качество материала и профессионализм строителей. Важно выбрать надежного поставщика пенобетонных блоков и проверить его сертификаты качества. Также рекомендуется обратиться к опытным специалистам, которые имеют опыт работы с пенобетоном [6].

Строительство индивидуальных жилых домов с использованием пенобетонных блоков становятся все более популярными. Этот материал обладает рядом уникальных свойств, таких как высокая теплоизоляция, звукоизоляция, огнестойкость, прочность и долговечность. Пенобетонные блоки могут использоваться в различных конструкциях, таких как каркасно-панельная система или монолитная система.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пириев Ю.С., Конструктивные схемы малоэтажных домов с применением пенобетона // В сборнике: Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова.-Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008. №4. С. 18-20.

2. Чжан Д.Иэ., Применение пенобетона для наружных стен зданий // В сборнике: Международный студенческий строительный форум-2017. Сборник докладов: в 2 томах. Белгород, 2017. С. 398-402.

3. Дегтев И.А., Денисова Ю.В., Применение пенобетона в гражданском строительстве // В сборнике: Университетская наука. 2023. № 1 (15). С. 35-38.

4. Халина Т.А., Кретьова В.А., Амелин В.Ю., Стариков А.А., Исследование эффективности применения пенобетона в малоэтажном строительстве // В сборнике: Инновации в строительстве глазами молодых специалистов. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор: Гладышкин А.О., 2014. С. 308-311.

5. Пириев Ю.С., Применение пенобетона в современном строительстве // В сборнике: Научные технологии и инновации. Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 90-93.

6. Чистый Ю.А., Ксенофонов М.В., Газобетон и пенобетон: особенности, достоинства, недостатки // В сборнике: инновации России. 2019. № 4. С. 9-14.

Мамина Т.Ю., Абакумов Р.Г., Пенобетонные блоки: основные технические характеристики, достоинства и недостатки // В сборнике: Молодежь и научно-технический прогресс. Сборник докладов XI международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х томах. Составители В.Н. Рошупкина, В.М. Уваров. 2018. С. 110-112.

Черских Д. Ю., студент,
Жилин Д. А., студент,
Чуйко К. К., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Фролов Н. В.

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

ПРИМЕНЕНИЕ АРМАТУРЫ РАЗНОГО ДИАМЕТРА ПО ВЫСОТЕ ЗДАНИЯ КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В настоящее время в России при строительстве различных зданий и сооружений остается актуальной проблема экономии ресурсов. Это связано в том числе с напряженным положением в экономике, ее трансформацией из-за санкционного давления. Для решения этой проблемы, необходимо создать такие возможности, которые позволят без дополнительных капитальных затрат получить выгоду. Этого можно достичь благодаря сокращению расхода стали в железобетонных конструкциях [4]. При этом следует в обязательном порядке соблюдать требования по обеспечению безопасности жизни людей в соответствии с требованиями федерального закона №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Решив проблему сохранения ресурсов, мы сможем параллельно сократить расходы на строительство железобетонных зданий и сооружений.

При изучении данной проблемы было проведено исследование нескольких случаев армирования колонн каркасного монолитного здания с размерами в плане 36х18м. Высота этажа принята величиной 3 м.

Проанализировав архитектуру города Белгород, было установлено, что самыми распространенными этажностями жилых домов являются 10-20 этажей.

С помощью программного комплекса ЛИРА САПР 2016 (Некоммерческая версия) были сконструированы железобетонные каркасы 10, 15 и 20 этажей (рис. 1) [1]. В соответствии с СП 20.13330.2017 «Нагрузки и воздействия» были учтены такие нагрузки как собственный вес несущих конструкций, ветровая нагрузка (ветровой район – 3), снеговая (снеговой район – 2), вес от конструкции покрытия пола, равномерно распределенная кратковременная (полезная) нагрузка [3].

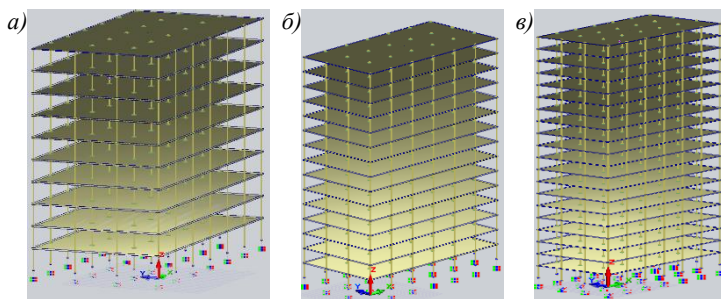


Рис. 1. Расчетные схемы монолитных каркасов: а – 10 этажей; б – 15 этажей; в – 20 этажей

При конструировании каркаса были запроектированы колонны сечением 400×400 мм с симметричным армированием (рис. 2). Они располагаются с шагом 6 м.

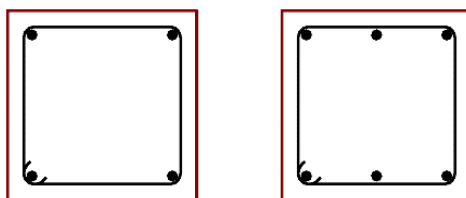


Рис. 2. Типы армирования

Во многих случаях при возведении таких объектов для всех этажей принимают одинаковое армирование. Если разбить каркас по высоте на несколько блоков с разным армированием, то можно добиться огромной экономии стали. Это и является основной мыслью нашей статьи.

10-этажный каркас. При конструировании монолитного 10-этажного каркаса было установлено, что для 1-го этажа, который является наиболее нагруженным, необходима площадь поперечного армирования $12,8 \text{ см}^2$, что соответствует четырем стержням 22-го диаметра класса А500 (рис. 3). В обычной практике эту арматуру распределили бы на все этажи [5]. Но если разбить каркас на 2 блока, то можно получить следующее армирование колонн: 1-4 этаж армируем 4мя стержнями 22-го диаметра, а остальные вышележащие – 14-го диаметра, потому что, начиная с 5-го этажа необходимая площадь армирования равна $4,8 \text{ см}^2$ [2].

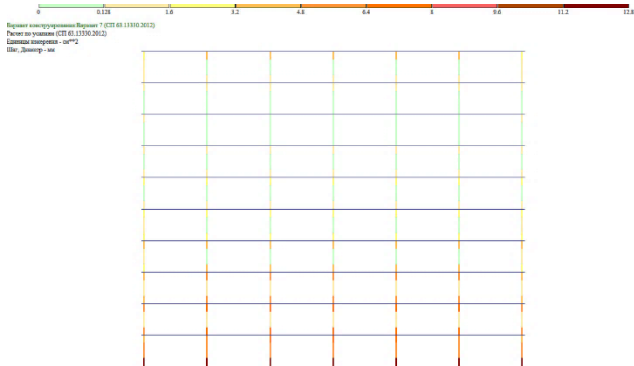


Рис. 3. Подбор армирования для 10-этажного каркаса

Аналогичным образом разделим на блоки 15-ти и 20-этажные каркасы. Подбор арматуры для них приведен на рис. 4, 5.

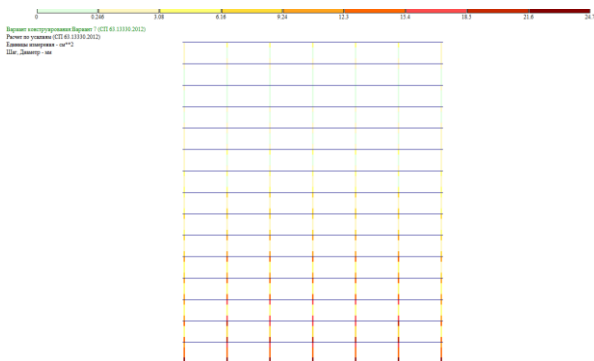


Рис. 4. Подбор армирования для 15-этажного каркаса

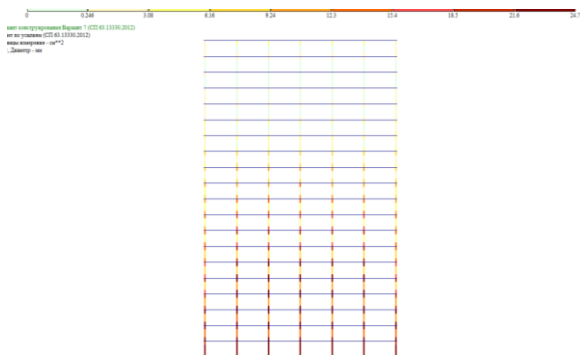


Рис. 5. Подбор армирования для 20-этажного каркаса

15-этажный каркас. В данном случае каркас делим на 3 блока:

- 1-5 этаж. Колонны армируем бю стержнями 25го диаметра;
- 7-11 этаж. Колонны армируем бю стержнями 20го диаметра;
- 12-15 этаж. Колонны армируем бю стержнями 14го диаметра.

20-этажный каркас. Этот каркас делим на 3 блока:

- 1) 1-8 этаж. Колонны армируем бю стержнями 25го диаметра;
- 2) 9-13 этаж. Колонны армируем бю стержнями 20го диаметра;
- 3) 14-20 этаж. Колонны армируем бю стержнями 16го диаметра.

После полученных результатов, мы сравнили количество расходуемой арматуры на все колонны здания и полученную выгоду в рублях (табл. 1). Количество колонн в 10-ти, 15ти и 20-ти этажных каркасах составляет 280 шт, 420 шт и 560 шт соответственно.

Таблица 1

Сравнение армирования во всех случаях

	10-ти этажный каркас			15-ти этажный каркас				20-ти этажный каркас			
	Все этажи	1-4 этаж	5-10 этаж	Все этажи	1-5 этаж	7-11 этаж	12-15 этаж	Все этажи	1-8 этаж	9-13 этаж	14-20 этаж
диаметр, мм	22	22	14	25	25	20	14	25	25	20	16
масса, т	10,01	4,01	2,44	29,11	9,70	6,22	2,44	38,8	15,52	6,22	5,57
Стоимость, тыс.руб.	222,3	88,9	79,3	1307	435,9	356,7	79,25	1744	697,5	357	434,8
Итого, т	10,01	6,44		29,11	18,37			38,8	27,32		
Итого, тыс. руб	222,3	168,17		1307	871,8			1744	1488,91		
Разница, руб	54115,69			435908,79				254737,22			

Анализируя полученные результаты, мы можем сказать, что деление здания на вертикальные захваты с разным армированием помогает добиться финансовой выгоды, однако при этом повышается трудоемкость работ. При увеличении количества блоков с разным армированием увеличивается срок строительства и вероятность ошибки установки колонны с неправильным армированием. Именно поэтому при конструировании здания необходимо понимать, что стоит в приоритете: скорость или стоимость строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Водопьянов Р.Ю. Моделирование и расчет крупнопанельных зданий в ПК Лира-САПР 2017 // Жилищное строительство. 2017. №3.
2. Страхов Д.Е. Конструирование и расчет пространственного железобетонного каркаса многоэтажного монолитного здания с плитным фундаментом на упругом основании с применением программных комплексов САПФИР и ЛИРА-САПР : учеб.-метод. пособие. Казань : Изд-во Казан. гос. архитект.-строит. ун-та, 2018. 99 с.

3. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456044318> (дата обращения: 01.11.2023).

4. Мочалова, А. О. Основные преимущества и недостатки строительства зданий из монолитного железобетона / А. О. Мочалова // VII Международный студенческий строительный форум - 2022 : Сборник докладов VII Международного студенческого строительного форума, Белгород, 24 ноября 2022 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 221-224. – EDN BZFLZC.

5. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможности их анализа. – М, 2007. – 595 с.

**Чуйко К. К., студент,
Черских Д. Ю., студент,
Жилин Д. А., студент**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Обернихин Д. В.**

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

СВЯЗИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Связи – элементы каркаса здания, обеспечивающие его пространственную жесткость, а также, устойчивость основных конструкций. Система связей обычно состоит из стержневых конструкций и отдельных стержней [1].

В строительстве связи разделяют по конструкциям, соединяемым между собой, по виду соединения конструкций и по положению в пространстве. Связи как правило устанавливают по колоннам и фермам. Для обеспечения жесткости и устойчивости по колоннам применяются вертикальные (рис. 1), а для ферм преимущественно горизонтальные связи. Связи выполняются из уголков или швеллеров и крепятся к колоннам и фермам через косынки посредством сварки или болтов.

Вертикальные связи по колоннам. Согласно СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции», пункту 15.4.3., для зданий с балками крановых путей вертикальные связи между основными колоннами располагаются в двух уровнях по высоте. Связи ниже подкрановой балки следует располагать в середине температурного блока, а связи выше подкрановой балки – в торцах здания. Такое решение обосновано воздействием горизонтальных нагрузок, включая ветровую. Очевидно, что с увеличением высоты, воздействие ветра на конструкции

увеличивается. Ветровые нагрузки воспринимают вертикальные связи, расположенные выше подкрановой балки и передают их через распорки или подкрановые балки на подкрановые связи, после чего усилия гасятся в фундамент (рис. 2). Выбор связи зависит от конкретных условий. Портальные связи отличаются от крестовых способом включения в работу и позволяют организовать, например, проезд транспорта, если он требуется.

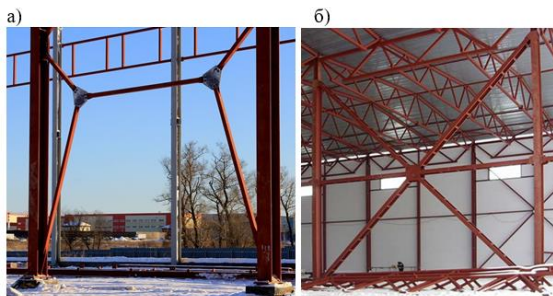


Рис. 1. Вертикальные связи: а – портальная связь; б – крестовая связь

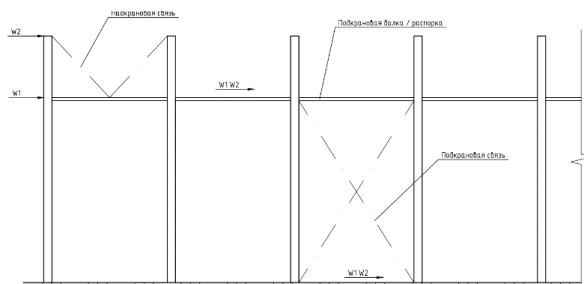


Рис. 2. Схема расположения вертикальных связей

1. Поперечные связи между верхними поясами ферм.

При достижении критического значения усилия в верхнем поясе фермы, любой стержень может потерять устойчивость по двум направлениям, из плоскости и в плоскости фермы. (рис. 3). Расчетная длина стержня, потерявшего устойчивость в плоскости фермы, во время проверки на устойчивость – не изменится, следовательно, и на устойчивости фермы в целом это не отразится. При потере устойчивости верхнего пояса фермы из плоскости прогоны, которые обычно крепятся к верхнему поясу фермы посредством шарниров, сами по себе, без связей, не будут препятствовать его перемещению, т.к. после потери устойчивости верхние пояса выпучатся, а прогоны спокойно переместятся в новое положение [2]. Установка крестовых

или треугольных связей позволяет включаться связям в работу конструкции посредством растяжения, что будет препятствовать перемещению (рис. 4). Следовательно, в точках крепления диагоналей пояс фермы сохранит свое первоначальное положение, и расчетная длина не изменится.

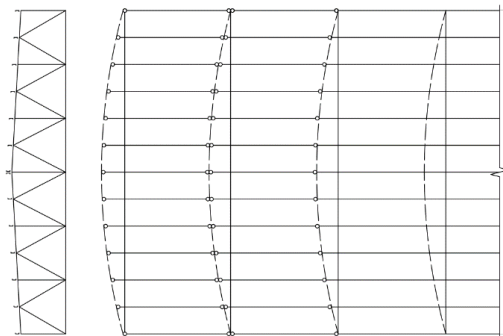


Рис. 3. Потеря устойчивости верхних поясов фермы из плоскости



Рис. 4. Связи по верхним поясам фермы

2. Вертикальные связи между фермами.

Вертикальные связи в основном устраиваются для обеспечения проектного положения фермы во время монтажа и позволяют увеличить жесткость из плоскости. Обычно устраивается одна-две вертикальные связи по ширине пролета (рис. 5). Вертикальные связи между фермами предусматриваются по длине здания или температурного блока в местах размещения поперечных связей ферм по нижним поясам [3].



Рис. 5. Вертикальные связи между фермами

3. Горизонтальные продольные связи по нижним поясам ферм.

Опорами для верхних концов стоек продольного фахверка служат горизонтальные продольные связи по нижним поясам ферм. Они включают в работу соседние рамы, уменьшая поперечные деформации и предотвращают заклинивания мостовых кранов. Эти связи обязательны в однопролетных зданиях большой высоты, с тяжелыми мостовыми кранами, при наличии продольного фахверка. В процессе монтажа распорки обеспечивают проектное положение, ограничивают гибкость ферм из их плоскости. (рис. 6).

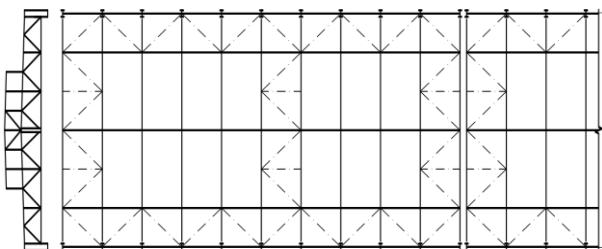


Рис. 6. Горизонтальные продольные связи по нижним поясам ферм

При проектировании зданий и сооружений правильной расположением связей в строительных конструкциях с соблюдением симметрии позволяет получать геометрически неизменяемые системы, обладающие достаточной пространственной жесткостью, сопротивлением при скручивании и обеспечивающие совместную работу конструкций, позволяющее воспринимать внешние воздействия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шевченко, А. В. Расчет вертикальных связей каркасных систем с учетом деформаций сдвига / А. В. Шевченко, С. М. Шаповалов, В. А. Шаповалова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2015. – № 1. – С. 65-67. – EDN TGGNEV.
2. Н.М. Кирсанов, Связи металлических конструкций [Электронный ресурс] <http://vuz.exponenta.ru/PDF/book/sv/sv.html>
3. Расположение вертикальных связей. Связи стального каркаса производственного здания. [Электронный ресурс] <https://fondeco.ru/raspolozhenie-vertikalnyh-svyazei-svyazi-stalnogo-karkasa-proizvodstvennogo-zdaniya-sostavnye-elementy/>
4. Связи в металлическом каркасе. Связи по покрытию производственных зданий. Продольные горизонтальные связи по нижним поясам ригелей. [Электронный ресурс] <https://hiddenshell.ru/svyazi-v-metallicheskom-karkase-svyazi-po-pokrytiyu-proizvodstvennyh/>
5. СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции»

**Шляпкин А. Ф., магистрант,
Гойдин А. С., магистрант**

**Научный руководитель: ст. преп.
Обернихина Я. Л.**

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

ВНЕШНЕЕ АРМИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ УГЛЕВОЛОКНОМ

На территории России ежедневно используется огромное количество железобетонных мостов, большая часть которых запроектирована и построена еще в советские годы. С течением времени повышается интенсивность, скорость движения и расчетные нагрузки от транспортных средств, что неминуемо приводит как к физическому, так и к моральному старению мостовых сооружений и необходимости принятия мер по поддержанию их в работоспособном состоянии.

Примерно четвертая часть мостов на автомобильных дорогах общего пользования уже не соответствует современным требованиям, а

конструкции сооружений после длительного периода эксплуатации (30-40 лет) имеют высокую степень физического износа.

Помимо этого, также распространены дефекты, связанные с влиянием агрессивной окружающей среды. Их можно наблюдать в виде выщелачивания бетона и коррозии оголенной арматуры [1].

С каждым годом ситуация на дорогах будет неизбежно усугубляться, поэтому необходимо принимать мероприятия по усилению конструктивных систем, причем в некоторых случаях без остановки движения транспортного потока.

Традиционные методы усиления железобетонных большепролетных сооружений с использованием стальной арматуры зачастую оказываются более трудозатратны, а в некоторых случаях и вовсе невозможны. Принимая это во внимание встает острая необходимость использовать более современные, легкие, неподверженные коррозии материалы. Так, за границей, уже давно и довольно успешно распространена практика применения композитного материала на основе прочных углеродных волокон [2.3].

Эффективность подобных методов усиления в России уже доказана несколькими реализованными проектами. Например, была проведена работа по усилению пролетных конструкций автомобильного моста через реку Кехта под Архангельском без перекрытия автомобильного движения. В рамках сотрудничества с Архангельским мостовым эксплуатационным управлением был проведен комплекс мероприятий, включая восстановление защитного слоя, обработку оголенной арматуры и бетона ингибиторами коррозии, а также усиление балок путем наклейки нескольких слоев углеродной ткани по нижней части ребра и хомутов в опорной части [4].

Применение композитов из углеволокна для наружного армирования конструкций значительно упрощает процесс усиления по сравнению с традиционными методами, что позволяет обеспечивать непрерывное движение по мосту и сокращать время, затраченное на проведение ремонта.

Углеволокно это полимерный-композитный материал, состоящий из углеродных нитей. Он обладает значительно большей прочностью на разрыв по сравнению со сталью, при этом вес углеволокна легче веса стали на 75% и алюминия на 30%. Углеродные волокна сами по себе довольно хрупкие, поэтому из них создают ткань, обладающую эластичными свойствами.

Преимущества углеволокна включают в себя возможность выполнения работ без необходимости применения тяжелой техники благодаря его легкому весу, сокращение времени, затрачиваемого на усиление бетона углеволокном при использовании технологии внешнего армирования, увеличение несущей способности конструкции без увеличения ее веса, стойкость к коррозии и долговечность [6].

Недостатком этого вида усиления является его стоимость, ведь оно в разы дороже чем традиционное усиление. Однако это так лишь в краткосрочной перспективе, ведь применяя материал с высокими показателями долговечности и прочности мы значительно экономим на будущих ремонтных работах. К тому же только сам материал отличается высокой стоимостью, его же технология устройства усиления в разы проще. Незначительное отличие в стоимости металлического и композиционного усиления впоследствии может сэкономить значительные средства.

Усиление конструкций композитным материалом заключается в приклеивании высокопрочного углеволокна на поверхность конструкции [5]. Этот материал принимает на себя часть усилий от временной нагрузки, что позволяет увеличить несущую способность усиленного элемента. Такая технология хоть и не позволяет решить абсолютно все задачи ремонта, но имеет достаточно широкий спектр применения.

При усилении конструкций применяются различные виды материалов из углеволокна. К ним можно отнести:

– ламель из углеволокна (рис. 1). Представляет собой пропитанные и полимеризованные в заводских условиях углеродные нити, ставшие композитной пластиной;

– углеродная ткань\холст (рис. 2). Такая ткань, полученная из углеродного волокна методом плетения, применяется в качестве материала, для создания различных конструктивных элементов. В процессе пропитки эпоксидными или аналогичными по химической природе связующими волокна фиксируются, а начальная структура плетения ткани создает жесткий каркас, воспринимающий высокие нагрузки.

Подводя итог можно выделить ряд преимуществ систем с использованием композитных материалов по отношению к традиционным. Во-первых, материал удобно использовать для усиления любых по форме конструкций, при этом конечный результат практически не изменяет геометрию сооружения. Во-вторых,

углеволокно имеет высокую прочность и выносливость, небольшой вес, невосприимчиво к коррозии, а также обладает высокой стойкостью к агрессивным воздействиям окружающей среды. В-третьих, применение композитных материалов позволяет значительно ускорить и упростить процесс реконструкции автомобильных мостов, что способствует более эффективному потоку транспорта и повышению скорости движения.

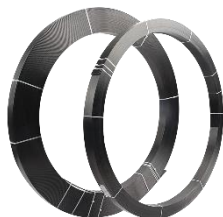


Рис. 1. Ламель из углеволокна



Рис. 2. Углеродная ткань (холст)

Опыт эксплуатации подобных сооружений показывает, что использование композитных материалов является эффективным и надежным способом увеличения несущей способности конструкций автомобильных мостов. Этот метод может быть рекомендован для применения на других аналогичных сооружениях. В конечном итоге это приведет к улучшению качества жизни всех жителей России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дементьев, В.А. Усиление и реконструкция мостов на автомобильных дорогах: учеб. пособие / В.А. Дементьев, В.П. Волокитин, Н.А. Анисимова; под общ. ред. проф. В.А. Дементьева; Воронеж. гос. арх. - строит. ун-т. – Воронеж, 2006. С. 116.
2. Brühwiler E. UHPFRC technology to enhance the performance of existing concrete bridges. // Structure and Infrastructure Engineering. 2020. № 16(1). Pp. 94–105.
3. Belan E. S., Smerdov D.N., Yashnov A.N. Composite structures of reinforced concrete superstructures and methods of their calculation // Current state and innovations of the transport complex // Materials of the Intern. scientific and technical conf. Perm.2009. Vol. 2. Pp. 49–56.
4. Ю. Г. Хаютин, В. Л. Чернявский, Е. З. Аксельрод. Применение углепластиков для усиления строительных конструкций. // «Бетон и железобетон». 2002г. №6. С. 33-41.

5. Кульбин С. В. Применение современных методов реконструкции мостовых сооружений // Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли Юга России: материалы X Международной науч.-технич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Волгоград: ВолгГАСУ, 2016. С. 60-63.

6. Смоляго Г.А., Обернихина Я.Л. Прочность и деформативность изгибаемых железобетонных элементов, усиленных углепластиком // Вестник БГТУ им В.Г. Шухова. 2022. №4. С. 25-38.

**Шляпкин А. Ф., магистрант,
Гойдин А. С., магистрант**

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

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

ОСОБЕННОСТИ СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ГАЗОБЕТОННЫХ БЛОКОВ С ТОНКОСЛОЙНЫМИ ШВАМИ

Определиться с выбором строительных материалов, при возведении различных типов стеновых конструкций как для малоэтажного частного строительства, так и для современных высотных многоквартирных зданий достаточно просто. Огромную долю на рынке строительных материалов в России сейчас занимают изделия для каменной кладки с высокой точностью геометрических размеров [6]. По большей части такие изделия представлены в виде блоков из ячеистого бетона автоклавного твердения, изготовленных по ГОСТ 31660-2007 «Изделия стеновые неармированные из ячеистых бетонов автоклавного твердения. Технические условия».

Газобетонные блоки автоклавного твердения отличаются относительно невысокой теплопроводностью (на фоне других типов конструкционно-теплоизоляционных изделий). Высокая точность геометрических размеров (отклонения в пределах ± 1 мм) позволяет ограничиться созданием между блоками адгезионного слоя минимальной толщины и исключить формирование выравнивающего кладочного шва.

В качестве связующих составов между блоками можно использовать, как кладочные растворы по ГОСТ 28013-98 «Растворы строительные. Общие технические условия», так и различные растворы, и клеи, предназначенные специально для устройства кладочного шва минимальной толщины [1, 2].

Мелкие загрязнения, запыление поверхности автоклавных блоков или различные ошибки в технологии применения кладочной смеси, напрямую влияют на качество газобетонной конструкции, что снижает как прочность готовой каменной кладки, так и ее целостность. Помимо этого, толщина швов кладочной смеси с цементно-песчаным составом способствует появлению так называемых «мостиков холода» – определенных конструктивных участков здания, на которых из-за нарушения непрерывности теплоизоляционной оболочки происходит повышенная теплоотдача. Появляются такие участки в местах склеивания раствором на цементно-песчаной основе и ячеистым бетоном плотностью D400...D600 [3, 6]. Следствием появления «мостиков холода» служит повышенная вероятность возникновения теплопотерь, увеличивающих потребление дополнительной энергии систем отопления для поддержания комфортной температуры в доме. Применяя тонкослойные клеи, можно добиться снижения потерь тепловой энергии на 10% или на 30% при использовании цементно-песчаных растворов, в сравнении с монолитными стенами из ячеистого бетона [1].

Один из возможных способов решения этой проблемы заключается в уменьшении толщины шва путем использования специального цементного или однокомпонентного полиуретанового клея (ППУ-клея). Применение тонкослойных клеевых составов при кладке стен обеспечит равномерный и однородный шов, что в конечном итоге приведет к созданию более прочной и устойчивой кладки, а также улучшит сцепление материала шва с блоками.

Использование полиуретановых составов позволяет избежать необходимости проведения "влажных" процессов на строительной площадке, а также практически удвоить скорость монтажа мелкоблочных стен по сравнению с традиционными методами [2, 5].

Исследованиям каменной кладки на полиуретановых клеях посвящены работы многих авторов. Так, в ряде работ [4, 7] отмечено, что при возведении внутренних перегородок на полиуретановых швах наблюдается повышение их трещиностойкости.

В исследовании [4], посвященном устойчивости каменных перегородок к образованию трещин, было обнаружено, что применение растворных швов из пенополиуретана с увеличенной податливостью приводит к уменьшению жесткости конструкции при сдвиге. Это способствует увеличению гибкости перегородок, что в свою очередь снижает главные растягивающие напряжения, являющиеся одной из основных причин образования трещин в перегородках.

В работе [7] представлены результаты испытаний, которые показывают, что прочность кладки при использовании полиуретановых растворов превышает прочность кладки с обычными минеральными растворами при растяжении при изгибе как параллельно, так и перпендикулярно горизонтальным швам на 40%. Это свидетельствует о значительном улучшении прочностных характеристик кладки при различных направлениях нагрузки благодаря использованию пенополиуретановых растворов.

В статье [2] утверждается, что при кладке на полиуретановом клее при незначительных нагрузках происходит деформация в пределах толщины шва до момента, когда смежные блоки устанавливают плотный контакт по вертикали. После этого кладка на полиуретановом клее ведет себя также, как и кладка с использованием минерального кладочного раствора, подвергаясь деформациям под воздействием вертикальных нагрузок в том же объеме.

На основании представленной информации можно сказать, что использование пенополиуретанового клея для скрепления газобетонных блоков в кладке стен представляет собой технически осуществимое и экономически целесообразное решение. Пенополиуретановый клей обладает хорошей адгезией и способен обеспечить прочное скрепление блоков, образуя прочный межслойный шов. Это упрощает процесс кладки, ускоряет его выполнение и снижает расходы на использование кладочных растворов. Кроме того, пенополиуретановый клей обладает низкой теплопроводностью, что способствует повышению теплоизоляционных свойств стены и может привести к снижению затрат на отопление и кондиционирование помещений в долгосрочной перспективе.

Для получения однозначного вывода о возможности использования пенополиуретанового клея в кладке несущих стен зданий требуются дополнительные испытания, включая испытания на внецентренное сжатие фрагментов кладки. Это поможет оценить

прочность и надежность такой кладки в различных условиях эксплуатации.

Кроме того, необходимо обратиться к производителям пенополиуретанового клея для получения разъяснений о его применимости в кладке наружных стен зданий, сроках службы в конструкциях стен, а также о способах защиты клея от ультрафиолетового облучения и перепадов температур.

Пока данные о сроке службы пенополиуретанового клея в наружных стенах зданий не получены, наиболее целесообразным может быть его использование во внутренних перегородках с последующей отделкой стен (например, штукатуркой), которая будет защищать клеевые швы от прямого воздействия ультрафиолетовых лучей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гладких А.А. Влияние растворных швов кладки на параметры теплотехнической однородности стен из газобетона / А.А. Гладких, А.С. Горшков // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 3. С. 39-42.
2. Горшков А.С. Свойства стеновых конструкций из ячеистобетонных изделий автоклавного твердения на полиуретановом клее / А.С. Горшков, Н.И. Ватин // Инженерно-строительный журнал. № 5. 2013. С. 5-19.
3. Горшков А.С. Мероприятия по повышению энергоэффективности в строительстве / А.С. Горшков, А.А. Гладких // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 246-250.
4. Деркач В.Н. Трециностойкость каменных перегородок / В.Н. Деркач, Р.Б. Орлович // Жилищное строительство. 2012. №8. С. 34-37.
5. Сулейманова, Л.А. Строительная система из газобетона для реконструкции зданий / Л.А. Сулейманова, М.В. Марушко, А.К. Лукьяненко // Университетская наука. 2018. № 1 (5). С. 21-24.
6. Сулейманова Л.А. Энергосберегающие газобетоны на композиционных вяжущих / Л.А. Сулейманова, И.А. Погорелова, К.Р. Кондрашев, К.А. Сулейманов, Ю.С. Пириев // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 4. С. 73-83.
7. Jager A., Kuhlemann C., Habian E., Kasa M., Lu S. Verkelbung von Planziegelmauerwerk mit Poliurethankleben / A. Jager, C. Kuhlemann, E. Habian, M. Kasa, S. Lu // Mauerwerk. 2011. Vol. 15. №.4. С. 223-231.

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Галайко Р. А., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Крючков А. А.

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

ПРОЧНОСТЬ КОНТАКТНЫХ ШВОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

При воздействии циклических нагрузок на железобетонные конструкции важнейшим показателем их эксплуатационной надежности является долговечность. Учитывая расширяющийся спектр применения железобетонных конструкций, необходимо изучать прочностные и деформационные характеристики в контактных соединениях балочных изгибаемых элементов, подвергающихся в процессе эксплуатации многократному нагружению.

Экспериментальные исследования для определения работы бетона и железобетонных изгибаемых элементов, подвергающихся в процессе эксплуатации циклическому нагружению, проводятся в основном на пульсационных, в некоторых случаях, на вибрационных установках. При таких испытаниях полученные данные используются для оценки деформативности и прочности (выносливости или статической прочности после воздействия) элементов, в которых не учитываются влияния частоты приложения нагрузки. [1]

Особенностью данного вида нагружения, согласно современным представлениям, является то, что в материале периодически могут возникать высокого уровня напряжения, которые превышают так называемые "критические" значения. В результате чего происходит постепенное накопление повреждений и последующее хрупкое разрушение конструкции, приближающееся к прочности при однократном нагружении.

Воздействие малоцикловых нагрузок может привести к серьезным последствиям и как правило к разрушениям здания или сооружения. В тоже время имеющиеся экспериментальные данные и разработанные на их основе рекомендации по вопросу прочности и деформирования материалов и конструкций при таких нагрузках недостаточны в нормативных документах для обобщения знаний и учета малоцикловых режимов при расчете строительных конструкций.

Разработка рекомендаций по расчету прочности и деформаций контактных соединений балочных изгибаемых элементов является важной и необходимой частью современного этапа нормотворчества [2, 3].

Ван Орнам первым провел экспериментальные испытания бетонных образцов на циклическое сжатие. Он испытал 18 кубов размером $17,8 \times 17,8 \times 17,8$ см и 179 бетонных призм размером $12,7 \times 12,7 \times 30$ см. Прочность бетона составляла 85 и 110 кгс/см² соответственно, при частоте 4 цикла в минуту и коэффициенте асимметрии циклов напряжений $\rho=0$.

По результатам экспериментальные исследований было показано, что предел выносливости бетона составил $K_b = 0,55f_c$, при этом график $\sigma - \varepsilon$ изменяется: кривая обращается выпуклостью к оси абсцисс и модуль упругости бетона уменьшается.

Е. Пробст со своими учениками А. Мемель, Ф. Трайбер, Хейм провел испытания на цилиндрах и призмах возрасте бетона при этом составлял от 2 месяцев до 3-х лет. В результате этих исследований было выявлено, что с возрастом бетона упругие свойства проявляются более сильнее, а остаточные деформации, наоборот, меньше. Важные результаты испытаний, состоят в следующем:

- при увеличении количества циклов нагружения, остаточные и упругие деформации также возрастают;
- попеременные напряжения, которые ниже предела выносливости упрочняют бетон, подобно металлическому наклепу;
- при напряжениях ниже предела выносливости кривая «напряжения – деформация» имеет линейной характер;
- предел выносливости бетона составляет 47-60% от статической прочности.

В СССР первые исследования выносливости бетона были проведены Б.Г. Скрамтаевым и Л.И. Панфиловым. Они провели испытания на 96 кубиках размером $7 \times 7 \times 7$ см, с минимальными от нуля до $0,3f_{c,28}$ и максимальными напряжения от $0,5f_{c,28}$ до $0,9f_{c,28}$. В результате эксперимента было получены значения предела выносливости бетона, которые существенно отличались от значений иностранных исследователей в сторону убывания результатов.

О.Я. Берг предложил и разработал теория, объясняющую физическую природу в результате чего при циклических нагружениях происходит снижение прочности бетона. В основном бетон рассматривают как материал, в котором сопротивление касательным напряжениям существенно превышает сопротивление отрыву, поэтому считается, что под действием сжимающих сил и при всех видах

разрушения бетона сопротивление его поперечному отрыву преодолевается.

А.П. Кириллов отметил, что в бетоне, при циклическом нагружении, будут происходить два разных по структуре процесса: динамическое упрочнение бетона, из-за быстрого нагружения и одновременное накопление усталостных повреждений, которые приводящих к снижению прочности бетона. [4]

Опытные данные о деформациях бетона при циклических нагрузках противоречивы. Большинство авторов отмечают, что по сравнению с деформациями ползучести, при статическом нагружении, происходит ускоренное развитие деформаций виброползучести.

При разрушение контактного шва происходит образование трещины по всему периметру шва, в результате две стадии работы соединения:

1) процесс работы шва до того момента пока не произойдет нарушения сцепления частей конструкции и образования трещин между ними;

2) процесс работы шва после того, как на поверхности конструкции образовались трещины.

Сдвигающие усилия в армированном контакте, до разрушения связи между двумя бетонами, воспринимаются в основном силами связи на поверхности сопряжения и частично работой сдвига поперечной арматуры по контактному шву. При увеличении сдвигающих усилий наступает вторая стадия работы контакта, которая характеризуется образованием трещин вдоль стыка и разрушением его, в результате этого в работу активно включаются арматурные стержни. Под действием сдвигающих усилий один элемент смещается относительно другого, в результате чего происходит изгиб поперечной арматуры и сминается бетон под ней, при этом изгиб арматуры происходит по обе стороны от шва. Чем больше происходит удаление от плоскости сдвига, тем меньше становится прогиб арматуры и в результате обращается в ноль. На этом этапе сдвигающие усилия уже поглощены механическими силами взаимодействия шероховатости контактной поверхности и нагельного эффекта поперечной арматуры. Оканчивается второй стадии появлением в контакте физических разрушений. Возрастание сдвиговых деформаций контакта происходит быстрее после того, как под поперечной арматурой, деформация бетона, достигает предела смятия или напряжения предела текучести самой арматуры. Большие сдвиговые деформации ($\Delta = 1\div 3$ мм) и разрыв арматуры возникает в физическом разрушении контакта. [4-6]

Так как первая фаза армированного контакта представляет интерес только при циклическом нагружении, т.е. при определении момента

активного включения арматуры в процессе работы. То для расчета несущей способности армированных контактных соединений при статических нагрузках необходимо рассматривать вторую фазу поведения контакта [6].

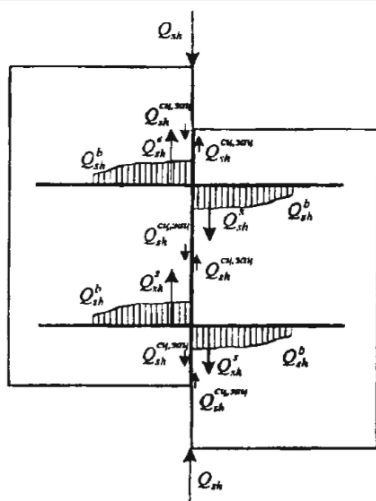


Рис. 1. Расчетная модель контактного шва

Основные допущения и предпосылки, возникающие в контактных соединениях, которые возникают под действием сдвигающих нагрузок, образуются в результате анализа напряженно-деформированного состояния и необходимые для построения расчетных моделей и устройств для оценки несущей способности контактных соединений.

Выполнение различными авторами экспериментальные и теоретические исследования, а также проанализировав возможные схемы разрушения контактных соединений, позволяют составить основные выводы для оценки несущей способности контактных соединений при сдвиге:

- при сдвигающих усилиях несущая способность неармированных соединений обеспечивается только силами сцепления;
- несущая способность контактного соединения обеспечивается силами сцепления на границе сдвига конструкций и нагельной работой поперечной арматуры;
- для нахождения нагельной работы арматуры через контактный шов в расчетной схеме арматуру следует рассматривать как стержень, заделанный в бетонный массив, на свободном конце которого сосредоточены поперечные силы;

– нагельный эффект поперечной арматуры обусловлен работой арматуры на изгиб и смятия бетона под арматурой;

– в небольшой части бетонного основания под арматурой (так называемая зона активной деформирования бетона) участвует в действии поперечных сил из-за нагельного эффекта арматуры, работой остальной части пренебрегается;

– предельное состояние бетон в зоне активного деформирования работает неупруго;

– в качестве параметра для снижения несущей способности при сдвиге контактных соединений используются три случая напряженно-деформированных состояний:

1. разрушение происходит, когда при изгибе в арматуре от напряжений происходит достижения предела прочности, стали.

2. в результате смятия бетона под арматурой происходит разрушение.

3. одновременное достижение предельного состояния несущей способности бетона и арматуры.

Объединив приведенные выше допущения и предпосылки, сопротивление сдвигающим усилиям армированного плоского контакта в предельном состоянии можно выразить как сумму силы сцепления и сопротивления смятию бетона под арматурой [1, 3, 5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бранцевич В.П. Деформативность железобетонных изгибаемых элементов при циклических нагружениях низкой частоты: Автореф. дис. канд. тех. наук. Брест, 1994. 25 с.;

2. Мирсаяпов И.Т. Выносливость железобетонных конструкций в зоне совместного действия изгибающих моментов и поперечной силы при многократно повторяющихся нагрузках: Автореф. дис. канд. тех. наук. Казань, 2014. 36 с.

3. Павлинов В. В. Надежность железобетонных конструкций при кратковременных малоцикловых нагружениях: Дис. канд. тех. наук. Москва, 2000. с. 225.

4. Воскобойников И.С., Тюшкевич Т.Н., Игнатюк Т.В. К вопросу о прочности контактных швов железобетонных составных конструкций при циклических нагрузках // Исследования в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении. Саратов, 2016. – 17 с.

5. Хасанов Р.Р. Прочность и выносливость плоских контактных швов сборно-монолитных железобетонных конструкций в зоне действия изгибающих моментов и поперечных сил: Автореф. дис. канд. тех. наук. Пенза, 2002. 24 с.

6. Крючков А. А. Деформативность сборно-монолитных стержневых конструкций: Дис. канд. техн. наук. Белгород, 2006. с. 210.

Галлямов Л. З., аспирант

Научный руководитель: канд. пед. наук, доц.

Кашина С. Г.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Россия

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕСУРСНО-КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТИМ

В последние годы происходит активный рост использования технологий информационного моделирования (ТИМ) в строительстве, т.к. появилась возможность создания виртуальных моделей зданий и сооружений, оптимизировать процессы строительства, повышать качество и безопасность строительства за счет более детального моделирования объектов, улучшать коммуникацию между участниками проекта, учитывать различные требования на этапах проектирования.

Программное обеспечение, предназначенное для ресурсно-календарного планирования (РКП), может быть оснащено разнообразными инструментами и методами, такими как автоматизированные системы проектирования (CAD), софт для трехмерной визуализации (3D-моделирование) и программы для управления строительными проектами.

Системы автоматизированного проектирования используются для создания схем и планов комнат, а также для демонстрации проектов. Трехмерное моделирование позволяет создавать объемные изображения интерьеров и представлять, как будет смотреться готовый ремонт. Программы для управления проектами позволяют планировать мероприятия, отслеживать сроки и затраты, а также оценивать итоги [1].

В качестве примера программного обеспечения для РКП приведем ПО Synchro 4D, эта программа позволяет создавать 3D-модели зданий, с возможностью планирования и оценки проекта [2, 3].

Опыт использования ТИМ в ресурсно-календарном планировании демонстрирует значительное сокращает сроков выполнения работ и снижение потребности в ресурсах. Так, применение ТИМ позволяет более точно рассчитать стоимость проекта и запланировать работы, принимая во внимание все возможные трудности и изменения в процессе строительства [4, 5].

В качестве примера рассмотрим два варианта ресурсно-календарного планирования строительства жилого 9-ти этажного здания, отличительной чертой вариантов является распределение внутренних штукатурных работ в процессе ресурсно-календарного планирования.

В первом (классическом) варианте – внутренние штукатурные работы начнутся после завершения строительно-монтажных работ по возведению каркаса здания.

Во втором варианте – начало внутренних штукатурных работ будет смещено на этап возведения каркаса здания, с обеспечением условий безопасности.

Использование ТИМ в данном ресурсно-календарном планировании, а именно ПО Synchro 4D помогает выстроить две модели строительства и продемонстрировать разницу строительных процессов, происходящих в одинаковый период (рис. 1).

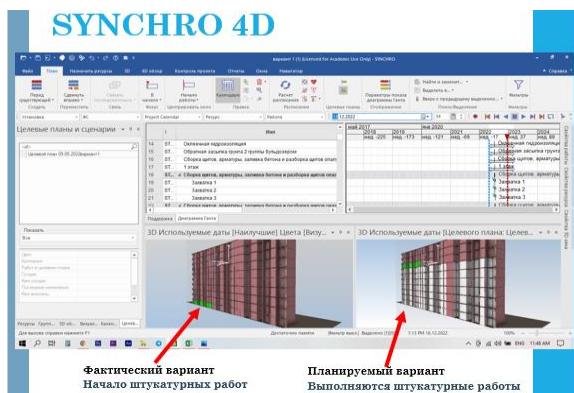


Рис. 1. Два варианта строительства жилого 9-этажного здания в ПО Synchro 4D

По окончанию анализа приведенных вариантов строительства произведен расчет стоимости строительства, продолжительность и количество затрачиваемых ресурсов. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты исследования

№ п/п	Стоимость строительства	Продолжительность строительства	Количество штукатуров
Вариант 1	Снижение стоимости на 3,04%	14 месяцев	12 человек
Вариант 2		11 месяцев	5 человек

Эффективность использования ТИМ в ресурсно-календарном планировании обеспечена демонстрацией объекта строительства и строительных процессов, а также возможностью принятия разумных решений и учета всевозможных факторов, влияющих на сроки и стоимость выполнения работ. Обеспечением контроля на всех этапах строительства и постоянным совершенствованием процесса строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Abakumov R.G., Naumov A.E., Zobova A.G. Advantages, tools and effectiveness of implementing information modeling technologies in construction. DOI: 10.12737/article_590878fb8be5f0.72456616 Vestnik BSTU im. V.G. Shukhova, 2017 No. 5 – 11 p.

2. Vafaeva K.M., Gaevskaya Z.A., Zabirowa S.V., Shinkareva M.K., Bassam A Tayeh PLANNING AND ORGANISATION OF WORK IN THE 4D BIM PROJECT OF AN INDUSTRIAL BUILDING // Инновации и инвестиции. 2023. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/planning-and-organisation-of-work-in-the-4d-bim-project-of-an-industrial-building> (дата обращения: 16.11.2023).

3. Нечипорчук Я., Башкова Р., Краткий обзор 4D моделирования в строительстве. DOI: 10.18503/2309-7434-2020-1(15)-35-41 Архитектура строительство образование 2020. С. 7

4. Диско А. И. Применение продуктов SYNCHRO для комплексного управления строительством // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. Санкт-Петербург, 20-22 апреля 2022 г. СПб.: СПбГАСУ, 2022. С. 226-232

5. Григорьева, М.И. Использование BIM технологий в строительстве / М.И. Григорьева // Архитектура. Строительство. Дизайн. 2017. - №3. – С. 100 – 123.

Галлямов Л. З., аспирант

Научный руководитель: канд. пед. наук, доц.

Кашина С. Г.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Россия

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РЕСУРСНО-КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

В условиях нынешней обстановки растет потребность в использовании специализированного программного обеспечения (ПО) для ускорения темпов строительства. Это связано с увеличением масштабов строительства жилых объектов в городах, а также с усложнением экономической ситуации, ростом цен на стройматериалы и введением ограничений. В этих условиях многократно усиливается необходимость оптимизации строительных процессов. Благодаря оптимизации строительства можно достичь баланса между ключевыми параметрами: стоимостью, соблюдением графика и качеством. Для

обеспечения этих составляющих требуется разработка оптимизированной системы ресурсно-календарного планирования (РКП) путем анализа существующих подходов и создания нового, оптимизированного подхода. Существует много методов разработки РКП, однако сегодня лидирующие позиции занимает РКП с применением технологий информационного моделирования (ТИМ), которая позволяет создать строительную информационную модель. Ее преимуществами являются сочетание календарного графика, 3D-модели планируемого объекта и сметной документации.

Ниже представлен анализ существующих программных решений для управления строительными проектами и отмечены их плюсы и минусы. Эти ПО значительно улучшают работу менеджера проекта и необходимы для работы с современными системами.

Большинство программных комплексов обладает широким спектром команд и функций, однако мы рассмотрим ключевые технические параметры, которые важны для снижения различных рисков.

На сегодняшний момент существует множество программных комплексов для ресурсно-календарного планирования:

- Primavera P6 Professional;
- OpenPlan;
- SpiderProject;
- MicrosoftProject.

Описанные программные комплексы недостаточно эффективны для решения задач планирования по следующим причинам:

– календарный план может содержать большое количество работ, что делает его проверку и поиск ошибок сложным и трудоемким процессом.

– без визуального представления строительных процессов сложно анализировать календарный план.

– процесс согласования календарных планов требует затрат ресурсов строительных компаний, включая время их руководителей и специалистов [1].

Если календарное планирование не способствует достижению лучших результатов в процессе реализации строительных проектов, то его полезность теряется или, что еще хуже, оно может начать мешать [2].

Поэтому мы рассмотрим современные программные комплексы, относящиеся к технологии ТИМ, соответствующие стратегии ТИМ в России.

Synchro 4D – это цифровая технология, предназначенная для совершенствования процесса строительства от классического

двухмерного планирования до эффективного четырехмерного планирования и виртуального проекта производства работ.

Synchro 4D помогает решать задачи визуализации, анализа, корректировки и мониторинга всего процесса строительства. Кроме того, программа позволяет анализировать стоимость проекта и контролировать исполнение бюджета.

Система Synchro обеспечивает:

- координацию и взаимодействие участников проекта благодаря единой наглядной визуализации всего проекта;
- точность планирования;
- контроль выполнения работ;
- снижение рисков, сроков и затрат благодаря своевременному выявлению ошибок.[3]

Navisworks Manage – это программное обеспечение от компании Autodesk. Оно предназначено для управления проектами с использованием технологии BIM, объединения моделей, проверки на наличие пересечений, работы с четырехмерным и пятимерным моделированием. Данное ПО используется для выявления ошибок в проектах, коллизий, мониторинга строительных работ, отображения объектов и решения многих других задач.[4]

Преимущества Navisworks Manage:

- автоматическая проверка и создание отчетов;
- возможность просмотра свойств объектов, измерения расстояний, добавления пометок;
- интеграция с календарными планами, подключение информации о сроках строительства с возможностью последующего анализа объемов;
- обнаружение пересечений между изделиями и конструкциями;
- объединение данных, получаемых от участников проекта, для эффективного управления его реализацией.

Полученная в программе Navisworks модель представляет собой модель, включающую в себя элементы из различных разделов (архитектурные решения, конструктивные решения, отопление, вентиляция и кондиционирование, электрооборудование и т.д.), то есть все проектируемые разделы объединены в одной сводной модели. Эта модель помогает заранее обнаружить проблемы, которые могут возникнуть на этапе строительства.

DELMIA – это программный комплекс для виртуального моделирования (четырёхмерного моделирования) объектов энергетического сектора, гражданских и промышленных зданий. Он позволяет оптимизировать использование ресурсов и планирование за счет использования современных технологий.

Основные функции DELMIA включают:

- оптимизацию графика строительства с созданием 3D-модели;
- воспроизведение и проверку вариантов выполнения работ на этапе разработки;
- интеграцию с любым программным обеспечением для планирования работ;
- использование четырехмерного моделирования (4D);
- визуализацию процесса строительства здания;
- оценку надежности строительных конструкций и безопасности на основе моделирования.

Результат. Анализируя распространенные программные средства для управления проектами, можно отметить, что все они работают на основе методов планирования проектов, использующих графическое отображение задач и последовательности их выполнения. Это позволяет рассчитывать сроки выполнения работ, определять ресурсы, необходимые для выполнения строительных работ, и находить критические пути в проекте. Однако среди всех упомянутых программ ПО Synchro 4D обладает всеми функциями перечисленных программных комплексов. Кроме того, в нем возможно создание строительной модели с использованием строительной техники. Строительная модель, которая может быть получена в программе Synchro 4D, является максимально достоверной. В ней можно учесть максимальное количество ошибок проекта с помощью встроенной визуализации строительного объекта и строительных процессов.

Также проведенный анализ наиболее популярных информационных систем для управления проектами показывает, что на данный момент невозможно найти универсальное решение для оптимизации проектного управления. Такая ситуация, главным образом, обусловлена несколькими причинами.

Во-первых, разнообразие подходов к планированию и мониторингу реализации проектов затрудняет обеспечение единства проектного управления внутри одной информационной системы.

Во-вторых, закрытость структуры информационных систем проектного менеджмента и отсутствие возможностей для конфигурирования не позволяет проводить пользовательские доработки согласно требованиям конкретной сферы применения. И, в-третьих, недостаточный уровень стандартизации и формализации технологических и регламентных баз в этих случаях не дает в полной мере автоматизировать процессы управления проектами.

Полностью решить вопрос универсализации информационных систем проектного управления невозможно из-за наличия множества методологий управления, некоторые из которых являются как общепризнанными, так и узкоспециализированными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пименов, С.И. Анализ современных программных комплексов для виртуального строительства (4D-моделирования) / С.И. Пименов // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2022. – Выпуск №3 (67). – с. 92 – 104.
2. Бовтеев, С. В. Применение 4D-моделирования в целях повышения эффективности календарного планирования строительства / С. В. Бовтеев // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – СПб.: СПбГАСУ, 2020. – С. 81–87
3. Умар, У.А. Применение 4D BIM в отрасли АЕС: влияние на комплексную реализацию проектов / У.А. Умар, Н. Шафик, А. Малахахмад, Т.С. Хаупт // Рез. Дж. Прил. наук. англ. Технол. – 2015. – № 10 (5). – С. 547–552. – DOI: 10.19026/rjaset.10.2462.
4. OSP – Гид по технологиям цифровой трансформации. – [Москва, 2023]. – Текст: электронный // <https://www.osp.ru/cio/2001/10/171919> (дата обращения: 09.11.2023)
5. Строительство, городская инфраструктура и территории – [Москва, 2023]. – Текст: электронный // <https://www.3ds.com/ru/produkty-i-uslugi/delmia/reshenija/stroitelstvo-gorodskaja-infrastruktura-i-territorii/> (дата обращения: 09.11.2023)

Евсеев Д. Р., курсант

Научный руководитель: канд. техн. наук

Иванов В. Е.

*Ивановская пожарно-спасательная
академия ГПС МЧС России, г. Иваново, г. Белгород*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ЗДАНИЙ

Существует множество программ для разработки информационных моделей зданий (BIM). Некоторые из них предназначены для профессиональных пользователей, таких как архитекторы, инженеры и строители, в то время как другие ориентированы на более широкую аудиторию. В современных условиях, когда становятся недоступны программы иностранного производства, необходимо выбрать правильный продукт отечественного производства.

Для разработки информационных моделей зданий хорошо зарекомендовали себя такие программы как Autodesk Revit и ArchiCAD

[1-5], но данные программы иностранного производства. Среди отечественных программ для разработки информационных моделей зданий или металлических конструкций наиболее известны Renga и NanoCAD (NanoCAD Конструкторский BIM). Для студентов и преподавателей данные программы распространяются бесплатно.

Renga позволяет создавать 3D модели зданий и строительных конструкций. Разработка программы началась в 2012 г. компанией «АСКОН», далее совместно с компанией «1С» была создано предприятие Renga Software. К 2020 г. BIM-система Renga объединила три компонента Architecture, Structure и MEP и сейчас представляет мощный инструмент для архитекторов, конструкторов и инженеров по внутренним системам. К преимуществам программы можно отнести бесплатную версию для образовательных организаций, простой и понятный интерфейс (рис. 1), поддержка русского языка, поддержка совместной работы над одним проектом. При моделировании в трехмерном пространстве есть возможность корректировки в плане здания. Все виды в проекте синхронизируются автоматически. Renga полностью поддерживает концепцию информационного моделирования зданий (BIM), позволяя создавать и анализировать сложные объекты и модели. К недостаткам можно отнести ограниченный функционал по сравнению с другими BIM-программами.

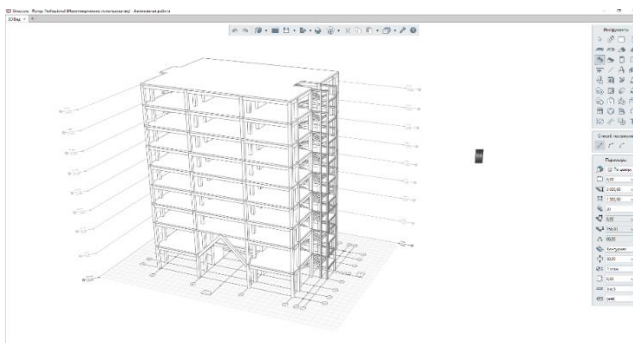


Рис. 1. Интерфейс программы Renga

С правой стороны рабочего окна программы Renga располагается панель инструментов. В верхней части рабочего экрана располагается панель быстрого доступа к визуальному стилю, настройкам, а также командам для работы с проектом (сохранение, открытие, печать) и др.

NanoCAD Конструкторский BIM разработан компанией ООО «Нанософт разработка» позволяет моделировать железобетонные,

металлические и другие конструкции. Конструкторский BIM основывается на интерфейсе NanoCAD (рис. 2).

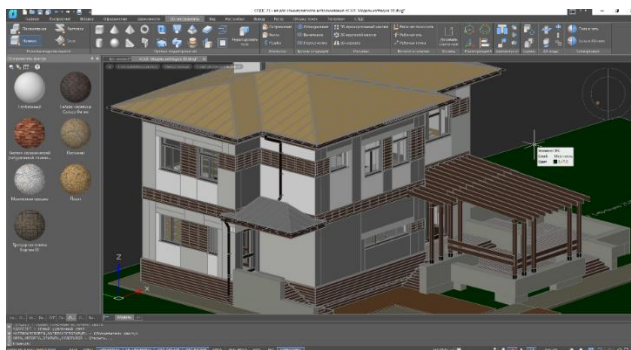


Рис. 2. Интерфейс программы NanoCAD

Интерфейс NanoCAD имеет в верхней части рабочего экрана ленту команд с вкладками различного назначения. Кроме этого, есть возможность добавлять необходимые панели инструментов в рабочую область экрана. Во многих системах автоматизированного проектирования применяется похожий интерфейс, поэтому при переходе с программы AutoCAD [6] на NanoCAD трудностей не будет с изучением программы. В программе NanoCAD возможно разработать не только модели конструкции, но и трехмерные модели деталей или каких-либо устройств [7-8].

Моделирование конструкций в NanoCAD Конструкторский BIM ведется в 3D-пространстве. Проектная документация формируется автоматически на основании модели. К преимуществам данной программы можно отнести: бесплатные версии для образовательных организаций, поддержка русского языка, большая библиотека стандартных элементов конструкций, с возможностью ее пополнения. К недостаткам можно отнести следующее: ограниченный функционал по сравнению с другими BIM-программами; для построения инженерных сетей требуется NanoCAD Инженерный BIM, не полностью реализована связь между 3D и 2D проектированием конструкций.

При рассмотрении функциональных возможностей программ Renga и NanoCAD Конструкторский BIM выявлены их достоинства и недостатки. Программы предлагают широкий спектр инструментов для создания и редактирования моделей. Renga полностью поддерживает концепцию информационного моделирования зданий (BIM), позволяя создавать и анализировать сложные объекты и модели. NanoCAD

Конструкторский ВМ ориентирован на моделирование конструкций. В целом, выбор между Renga и NanoCAD Конструкторский ВМ зависит от конкретных потребностей конечного пользователя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов В. Е. Имитационное моделирование чрезвычайных ситуаций, связанных с наводнением / В. Е. Иванов, П. В. Пучков // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Железногорск, 25 октября 2019 года. – Железногорск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирская пожарно-спасательная академия" Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий", 2019. – С. 201-204.

2. Иванов В. Е. Значение 3D-графики в образовательном процессе при подготовке специалистов пожарной безопасности / В. Е. Иванов, К. М. Ляхова // Общенаучные проблемы инженерной подготовки кадров МЧС России: Сборник трудов секции № 16 XXX Международной научно-практической конференции, Химки, 19 марта 2020 года. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России, 2020. – С. 50-54.

3. Вокуев Д. Н. Современное программное обеспечение для визуализации проектных решений / Д. Н. Вокуев, В. Е. Иванов, П. В. Пучков // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2017 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2017. – С. 456-459.

4. Программные средства для разработки трехмерной анимации и использования ее в виртуальных тренажерных комплексах при подготовке специалистов пожарной охраны / Г. С. Шумнов, И. Д. Юрин, А. А. Серебряков, В. Е. Иванов // Пожарная и аварийная безопасность: СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ ГОДУ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, Иваново, 29–30 ноября 2017 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства

Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2017. – С. 748-751.

5. Использование программы ArchiCAD при моделировании чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах / В. Е. Иванов, И. А. Легкова, В. П. Зарубин, Н. А. Кропотова // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXVIII международной научно-практической конференции: в 2 частях, Ногинск, 19–20 мая 2016 года. Том Часть 1. – Ногинск: Всероссийский ордена "Знак Почета" научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2016. – С. 417-421.

6. Инновационные технологии при обучении графическим дисциплинам / И. А. Легкова, В. П. Зарубин, В. В. Киселев [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: материалы IX Международной научно-практической конференции, Иваново, 20–21 ноября 2014 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2014. – С. 300-301.

7. Патент на полезную модель № 220671 U1 Российская Федерация, МПК В25В 25/00. Устройство для навязки проволочных хомутов: № 2023117311: заявл. 29.06.2023: опубл. 28.09.2023 / И. А. Малый, И. Ю. Шарабанова, П. В. Пучков [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий".

8. Патент на полезную модель № 165103 U1 Российская Федерация, МПК А62С 27/00. Гусеничная пожарная машина: № 2015146347/12: заявл. 27.10.2015: опубл. 10.10.2016 / И. А. Малый, И. Ю. Шарабанова, О. И. Орлов [и др.]; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий" (ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России).

Жилин Д. А., студент,
Черских Д. Ю., студент,
Чуйко К. К., студент

Научный руководитель: ассистент
Амелин П. А.

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

ПЕРЕХОД НА BIM ПРОЕКТИРОВАНИЕ НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММ REVIT И RENA

Информационная модель здания (ИМЗ) является достаточно современным средством комплексного проектирования зданий, которое позволяет специалистам разных направлений одновременно работать с одним объектом. Для внедрения ИМЗ в реальную практику требует, как новых подходов в работе проектировщиков, так и введения новых методик в обучении студентов [1].

Технология ИМЗ предполагает сбор, хранение и полную обработку информации о здании на всех этапах проектирования, включая взаимосвязи и зависимости, а также позволяет создать виртуальный дубликат здания [4].

В 2021 г. было проведено статистическое исследование, результатом которого стало распространение и применения на практике ИМЗ-технологии в разных странах. Результат данного исследования представлен на рис. 1.



Рис. 1. Процент использования BIM среди застройщиков

В ходе сбора статистики было обнаружено, что в 2020 году только 7% российских застройщиков используют технологии информационного моделирования. На момент 2021 г. процент использования увеличился до 12%, что является одним из худших результатов среди других стран, ведь лидером по распространению ИМЗ среди строительных компаний является Германия, где данный

показатель по результатам исследования составил 80%. Однако с 1 января 2022 г. стало обязательным формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства, если на этот объект выделены средства из любого уровня бюджета [2].

Важной проблемой в проектировании вовремя достаточно быстрого развития современных технологий является слабое распространение инновационных BIM-технологий в России. Однако стоит отметить, что данное направление не остается без внимания. Так в 2015 г. в ответ на иностранный продукт Revit отечественные специалисты выпустили программный комплекс для информационного моделирования под названием Renga. Так же в 2019 г. появилось понятие ТИМ, которое тождественно термину BIM [5].

Наиболее востребованной программой в сфере BIM-технологий является Revit. В отличие от CAD-систем в Revit элементы проекта представлены не как линии, которые связаны между собой, а как объемные объекты, имеющие свои параметрические характеристики. Процесс проектирования в Revit можно сравнить с возведением здания. Программный комплекс оперирует свойствами элементов, которым необходимо задавать материал, теплопроводность, акустические и прочностные характеристики [3]. Программа позволяет создавать объект более точным и приближенным к реальности. Широкое распространение и популярность были получены за счет большого и гибкого функционала. Интерфейс и пример объемной 3D модели представлен на рис. 2.

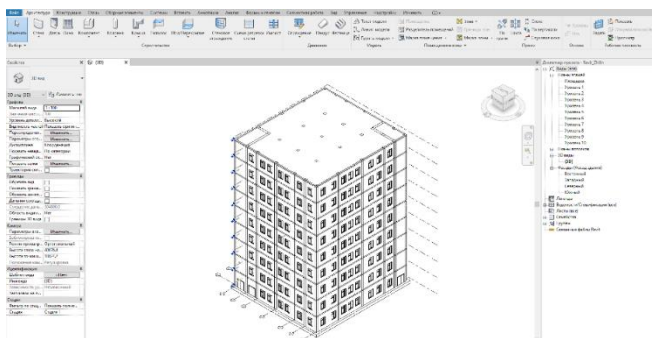


Рис. 2. 3D-модель здания в Revit Structure

Благодаря информации, которая заложена в элементы объекта, предоставляется возможность извлечения из проекта тех данных, которые необходимы для дальнейшего использования. Одним из

немаловажных достоинств Revit заключается в связи проектной модели и рабочей документации [3]. Изменив чертежи, модель или ее параметры документация изменится автоматически. Так же при внесении изменений на одном из видов, например, на плане, приведет к автоматическому изменению всех видов, что ощутимо упрощает задачу проектировщикам.

Значимую роль занимает взаимодействие программы с техническими стандартами. Стандартизация и унификация строительных конструкций отражается в элементах, которые занесены в семейства. В свойствах присутствует возможность изменения типоразмеров, плотности и другие характеристики в соответствии с ГОСТ [3].

Revit предоставляет возможность вариантного проектирования конструкций и объектов, что позволяет разработать несколько вариантов одного объекта на основе одной модели и сравнивать их простым нажатием кнопки.

Помимо наглядных преимуществ существуют и недостатки. Так сложностью для внедрения и широкого распространения функциональной программы является техническое переоснащение, ведь для комфортной работы в Revit необходимы более мощные и быстрые компьютеры по сравнению с оборудованием, необходимым для работы в AutoCAD [1].

Еще одним недостатком является время для разработки шаблонов, обычно его бывает достаточно мало для необходимых семейств и всевозможных настроек. Однако по мере разработки проектов шаблоны дополняются, модернизируются и совершенствуются, что в дальнейшем способствует ускорению работы. Данный недостаток с течением времени превращается в достоинство программы.

Так же к минусу можно отнести, что, несмотря на интуитивно понятный интерфейс программы, она достаточно сложна в освоении. Ведь для грамотной работы и использования вышперечисленных положительных и сильных сторон необходимо потратить достаточно времени для изучения и понимания работы в программе [4].

Российской компанией Renga Software были разработаны базовые продукты для проектирования и информационного моделирования. Renga Architecture предназначена для архитектурно-строительного проектирования. Renga Structure служит для конструктивной составляющей зданий. Renga MEP позволяет проектировать инженерные системы зданий. Данный программный комплекс является

первой отечественной BIM-системой. Реализация трехмерного моделирования в Renga представлено на рис. 3.

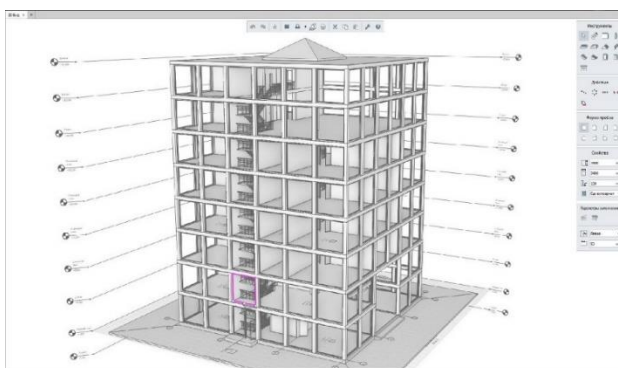


Рис.3. 3D-модель здания в Renga Architecture

Работа в программном комплексе происходит в режиме плоского проектирования с возможностью разработки трехмерной модели в неограниченном пространстве. Renga обладает удобным перечнем возможностей формирования элементов для 3D-проектирования. Документирование формируется в программе и соответствует нормативным документам, используемым в России [5].

Результаты работы можно сохранять в различных форматах ifc, dwg, stl, obj и dxf, что позволяет использовать информационную модель на всех стадиях коллективной работы над проектом.

Преимуществом программного комплекса Renga является возможность одновременно плоского и трехмерного моделирования. В рабочем поле достаточно удобно и легко ориентироваться. Renga имеет интуитивно понятную навигацию по интерфейсу, что позволяет быстрее освоиться в программе [5].

В отличие от Revit в Renga архитектор сможет создать строительные элементы в соответствии с проектной задачей гораздо быстрее, так как для этого не нужно обновлять семейства или производить долговременную настройку библиотек. Так же уникальной особенностью в интерфейсе для конструирования можно отметить автоматическое армирование монолитных железобетонных конструкций.

Renga отличается своей высокой производительностью. Проблем со скоростью в рабочем пространстве не наблюдается даже в работе с файлами довольно большого размера.

Так же отечественный продукт значительно дешевле иностранных аналогов. Общая стоимость постоянной лицензии составляет около 270 тыс. рублей, в то время как годовая лицензия Revit стоит 95 тыс. рублей.

К недостаткам можно отнести отсутствие возможности работы одновременно в нескольких видовых окнах. Так же нет вывода спецификаций, связанных с моделью. При документировании проекта не вся доступная информация переходит на лист [4].

В ходе рассмотрения программных комплексов были выявлены их преимущества и недостатки. Revit и Renga предоставляют довольно большие возможности для реализации различных идей. Использование систем BIM-проектирования позволит ускорить появление новых подходов к проектированию и обеспечению контроля над инвестиционно-строительным процессом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А. Темурзиева Р.Н., Рябчевский И.С. Оптимизация технологических процессов в строительном производстве с помощью BIM-технологий // Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации в строительстве» – Белгород, 2020. С. 121-127.

2. Исследования по использованию BIM технологий [Интернет-ресурс]: <https://www.planradar.com/ru/bim-tekhnologiya-uroven-gasprostraneniya-v-7-stranah/#10>.

3. BIM системы. Программное обеспечение Revit / Н.Г. Павлов, А.А. Кузнецов Е.Н. Ни, Е.В. Фалеева // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2018. – Т. 2. – С. 101–104.

4. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С., Атапина Н.А. Совместное моделирование ограждающих конструкций зданий // Университетская наука. 2021. № 1 (11). С. 77-79.

5. Амелин П. А. Проектирование архитектурно-конструктивной и аналитической BIM-модели здания / П. А. Амелин // Образование. Наука. Производство: XIII Международный молодежный форум, Белгород, 08–09 октября 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 746-750. – EDN HSASEU.

**Звонов В. Л., магистрант,
Зубкова М. Н., магистрант**

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

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗА СЧЕТ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СОПОСТАВЛЕНИЯ ВАРИАНТОВ ИХ КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ

В 21 веке прогресс информационных технологий привел к существенным изменениям в области автоматизации проектирования в строительстве. В России, а также во многих зарубежных странах появились новые современные программы, которые создают высокое качество проектных решений, сокращают время на разработку новых проектов, повышают эффективность работы специалистов и улучшают условия их работы, а также, сокращают расход ресурсов [1].

Повышение эффективности проектирования объектов строительства всегда являлось важной задачей для инженеров и архитекторов. Одним из способов достижения этой цели в настоящее время является использование автоматизированного сопоставления вариантов конструктивного решения.

Автоматизированное сопоставление вариантов конструктивного решения позволяет быстро и эффективно анализировать различные варианты проектирования объектов строительства. Это позволяет быстро оценить различные варианты и выбрать наиболее оптимальный с точки зрения стоимости, сроков выполнения и качества.

Такой подход также позволяет учитывать различные параметры, такие как прочность, устойчивость, теплоизоляция и другие характеристики конструкций. Это позволяет создавать более надежные и эффективные объекты строительства.

Автоматизированное сопоставление вариантов конструктивного решения можно достичь при применении следующих методов.

1. Использование специализированного программного обеспечения для автоматизированного анализа и сопоставления различных вариантов конструктивного решения.

Проблемы автоматизации проектирования в последние годы привлекают внимание все большего числа проектировщиков и исследователей. Развитие методологии, численных методов и алгоритмов оптимального проектирования оказывает решающее

влияние на особенности систем автоматизированного проектирования (САПР), внедряемых на предприятиях.

Поэтому в учебные планы по подготовке студентов различных специальностей - будущих специалистов, использующих САПР в своей инженерной деятельности, введена специальная дисциплина по основам принятия оптимальных решений с помощью ЭВМ.

Система автоматизированного проектирования (САПР) представляет собой специализированное программное обеспечение, которое позволяет инженерам и архитекторам автоматизировать процесс проектирования объектов строительства. САП включает в себя различные инструменты для анализа, сопоставления и выбора оптимальных конструктивных решений.

Основная цель создания САПР – повышение эффективности труда инженеров, за счет автоматизации работ на стадиях проектирования и подготовки производства.

2. Внедрение методов искусственного интеллекта для быстрого анализа большого количества данных и выбора оптимального варианта.

Использование нейронных сетей в строительстве это одно из наиболее перспективных направлений в данной отрасли, способствующей повышению безопасности, производительности и эффективности строительства в целом.

Нейросеть – это компьютерная модель, которая использует алгоритмы машинного обучения для анализа больших объемов данных и выполнения определенных задач. Они состоят из соединенных узлов, или "нейронов", которые передают и обрабатывают информацию.

Искусственные нейронные сети (ИНС) дают возможность на высокой скорости обрабатывать большие массивы статистических данных и прогнозировать выходные параметры сети с высокой степенью вероятности с учетом оценки рисков и оптимизации потоков основных ресурсов [2].

3. Разработка специальных алгоритмов для учета различных параметров и характеристик конструкций при сопоставлении вариантов.

Алгоритмическое проектирование заключается в разработке алгоритмов функционирования и создании математического обеспечения ЭВА [3]. Специальные алгоритмы для учета различных параметров и характеристик конструкций играют важную роль в процессе моделирования в строительстве.

Такие алгоритмы позволяют учитывать разнообразные факторы, такие как временные и постоянные нагрузки, теплотери, акустика, прочность и другие инженерные параметры, что в свою очередь помогает создавать более точные и реалистичные модели зданий и сооружений [4].

Совершенствование методов решения оптимизационных задач предполагается алгоритмизации оптимизационных моделей и алгоритмов для построения автоматизированной системы проектирования различных конструктивных решений на основе системного подхода и алгоритмических методов.

Благодаря данному методу проектировщики могут оптимизировать проектирование и усовершенствовать качество конечного результата.

4. Использование 3D-моделирования для визуализации различных вариантов конструктивного решения и их сравнения.

Трехмерное проектирование в свое время сумело кардинально изменить представление о методах конструирования и на сегодняшний день не перестает быть уникальным. 3D-моделирование – это процесс создания трехмерных моделей объектов или сцен с помощью специального программного обеспечения [5]. Эти модели могут быть использованы в различных областях, таких как архитектура, дизайн, промышленное проектирование и т.д. В строительстве 3D-моделирование используется для создания трехмерных моделей зданий, сооружений и инфраструктуры.

При 3D проектировании резко уменьшается число ошибок в проекте. Это происходит по следующим причинам: Конструктор может наглядно видеть результат своей работы уже в процессе проектирования; Виды чертежа формируются на основании модели автоматически и поэтому исключаются ситуации, когда информация в одном виде не соответствует другому.

В целом, 3D-моделирование в строительстве играет важную роль в улучшении процесса проектирования. С помощью 3D-моделирования можно спроектировать и в дальнейшем сопоставлять различные варианты конструктивных решений, что в свою очередь будет значительно ускорять данный этап строительства зданий и сооружений.

Это лишь некоторые методы, которые позволяют инженерам и архитекторам быстро и эффективно анализировать различные варианты проектирования объектов строительства и выбирать наиболее оптимальный вариант.

Таким образом, использование автоматизированного сопоставления вариантов конструктивного решения позволяет во много раз сократить затраты и ускорить процесс проектирования и всего строительства в целом. Именно поэтому тема «Проектирование объектов строительства за счет автоматизированного сопоставления вариантов их конструктивного решения» очень актуальна в наше время и способна при дальнейшей разработке значительно повысить эффективность проектирования зданий и сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Сапожников П.В., Кривчиков А.Н. Цифровизация строительной отрасли как it-структурирование пирамиды управления процессами // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2022. № 4. С. 12-24.
2. Амелин П.А. Применение искусственного интеллекта на этапе проектирования зданий и сооружений // В сборнике: Строительство. Архитектура. Дизайн. Материалы Четвертой Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Под редакцией С.И. Меркулова. Курск, 2023. С. 11-17.
3. Системы автоматизированного проектирования [Электронный ресурс] // Файловый архив студентов «StudFiles». URL: <https://studfile.net/>
4. Автоматизация вариантного проектирования конструкций на основе систем агентов с адаптивным поведением [Электронный ресурс] // Электронная библиотека диссертаций «DisserCat». URL: <https://www.dissercat.com/>
5. 3D моделирование в строительстве: создание проектов и моделей зданий и сооружений [Электронный ресурс] // 3D ARCMAN. URL: <https://arcman.ru/>

**Кириллова А. Е., магистрант,
Михайлова А. С., магистрант**

**Научный руководитель: канд. экон. наук., доц.
Абакумов Р. Г.**

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Понятие «Строительство» трактуется по-разному, в первую очередь это отрасль науки, техники и промышленности, которая занимается сборкой, возведением конструкций и реконструкцией зданий и сооружений, только потом это станет частью уютного места, которое используется для обеспечения жилья. Каждый новый жилой дом должен обладать рядом факторов (качеств), таких как безопасность и износостойкость, а также качество и комфорт среды обитания, ведь «комфортное жилье определяет комфортную жизнь» [1].

В целях выявления качества и объема исполняемых строительных и ремонтных работ проводится строительно-техническая экспертиза.

Целью экспертизы является предоставление доказательств для юридических и страховых целей, обеспечение подотчетности, повышение безопасности и качества строительной отрасли. Строительная экспертиза включает в себя систематическое изучение и анализ зданий, инфраструктуры и строительных процессов с целью определения причин разрушения конструкций и дефектов. Экспертиза дает возможность исследовать объект на предмет всех возможных нарушений, осмотреть и изучить его структуру, сделать анализ документов и их сравнение с действующими нормативами.

В современном обществе нет такой области человеческой деятельности, в которой бы не было цифровых технологий, судебная экспертиза не стала исключением. Благодаря стремительно развивающейся научной деятельности в сфере компьютерных технологий в мире на помощь судебным экспертам приходит возможность использования BIM – моделей [4].

Преимущества применения BIM:

- улучшенный доступ к данным;
- повышена точность и визуализация;
- экономия времени и затрат;
- совместный анализ.

BIM (Building Information Modeling) или технология информационного моделирования зданий (ТИМ) это программный метод который адаптирует 2D-модель строительного объекта в его виртуальную информационную копию (рис. 1). Технология BIM повышает эффективность и снижает затраты за счет предоставления информации через центральный документ, который моделирует здание с использованием реальной цифровой информации, обеспечивая тесное сотрудничество и обмен информацией на всех этапах строительного процесса.

Этот метод позволяет собрать информацию о ходе работ и исследовании материалов, и оборудовании на всех этапах проектирования и строительства (рис. 2).

На начальном этапе проектирования вносятся все важные данные об объекте, в дальнейшем эти данные на уровне автоматизации обновляются под управлением нейросети. Это означает, что со временем образовывается большая база данных, используемая в последующем и позволяющая исключить возможные неприятные моменты при строительстве и эксплуатации объекта [3].



Рис. 1. BIM (Building Information Modeling)



Рис. 2. Этапы пользования BIM (Building Information Modeling)

Судебные аудиты назначаются, когда произошел несчастный случай, разрушение, возник спор по договорам, по объемам выполненных работ или их стоимости.

Информационная модель содержит объектные данные которая в автоматическом режиме собирает следующую информацию: используемые материалы, оборудование, затраты, продолжительность, объемы (количество) и отклонение от проекта [2].

Эта возможность дает судебным экспертам большое преимущество, позволяя проводить судебно-экспертные и проверочные исследования объектов и давать рекомендации на основе сформулированных гипотез. Однако информационное моделирование не может полностью заменить деятельность экспертов, а может лишь облегчить процесс проектирования сбора и обработки материала.

Еще одним важным преимуществом BIM является наличие информационных моделей используемого оборудования. Поскольку эти модели являются частью BIM, можно создавать непрерывную

взаимосвязь на протяжении рабочего процесса и пронизывающую весь объект исследования [5].

Инновации в BIM радикально трансформируют индустрию АЕС. Таким образом, при быстро растущих технологиях, объединение BIM и судебных расследований представляет собой значительный прогресс в строительной отрасли, в связи с этим растут требования к их специальным познаниям, которые требуют постоянного обучения, освоения новых навыков, знаний. Именно поэтому при оказании помощи судам важно, чтобы специалисты по судебной экспертизе, отвечающие за проведение экспертизы, имели опыт работы, с BIM моделированием для получения качественных, точных и бесприкрышных выводов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Строительно-техническая экспертиза: задачи, этапы, результаты // Статья с сайта, 2022, Источник: <https://www.business.ru/article/3789-stroitelno-tehnicheskaya-ekspertiza-zadachi-etapy-rezultaty>

2. Харченко В.Б. Использование BIM-моделей при производстве судебной строительно-технической экспертизы // Научная статья с сайта, 2019, Источник: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovaniya-bim-modeley-pri-proizvodstve-sudebnoy-stroitelno-tehnicheskoy-ekspertizy>

3. Абакумов Р.Г. Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве / Р.Г. Абакумов, А.Е. Наумов, А.Г. Зобова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2017. № 5. 171-181 с.

4. Семенов К.П., Нешко А.Н. Реализация экспертного метода оптического наложения при помощи цифровых технологий // Саратовский юридический институт МВД России. 303-341 с.

5. Жариков И.С., Давиденко П.В. Эффективное использование BIM-технологий при проведении строительно-технических экспертиз // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 1. С. 42-48.

Ланина А. В., магистрант

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

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

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПОС И ППР

Программное обеспечение для информационного моделирования в строительстве является одним из ключевых инструментов, позволяющих современным организациям эффективно планировать, проектировать и управлять проектами. Информационное моделирование, или Building Information Modeling (BIM), представляет собой подход к созданию и использованию детальных трехмерных моделей зданий и инфраструктуры, интегрирующих информацию о геометрии, свойствах и характеристиках элементов конструкции [1].

Задачи информационного моделирования строительства:

1. Создание единой информационной модели проекта строительства: Одной из основных задач информационного моделирования строительства является создание единой информационной модели, которая объединяет все данные и информацию, связанные с проектом строительства. Это позволяет управлять и контролировать все аспекты проекта, от проектирования до строительства и эксплуатации.

2. Визуализация проекта: Информационное моделирование строительства позволяет создавать трехмерные модели, которые позволяют визуализировать проект и его элементы. Это помогает лучше понять и представить, как будет выглядеть готовый объект, а также позволяет выявить возможные проблемы или конфликты в проектировании.

3. Коллизионная проверка: Информационное моделирование строительства позволяет проводить коллизионную проверку, то есть проверять наличие конфликтов между различными элементами проекта. Это помогает выявить и исправить проблемы, связанные с пересечением или неправильным расположением элементов.

4. Управление ресурсами: Информационное моделирование строительства позволяет управлять ресурсами проекта, такими как материалы, оборудование, трудовые ресурсы и время. Это помогает оптимизировать использование ресурсов и уменьшить затраты на проект.

5. Анализ и оптимизация проекта: Информационное моделирование строительства позволяет проводить различные анализы проекта, такие как анализ прочности, анализ энергетической эффективности или анализ стоимости. Это помогает выявить возможные проблемы или улучшения проекта еще на стадии проектирования.

6. Улучшение коммуникации и сотрудничества: Информационное моделирование строительства позволяет улучшить коммуникацию и сотрудничество между всеми участниками проекта, включая заказчика, архитекторов, инженеров, подрядчиков и других заинтересованных сторон. Это позволяет лучше координировать работу и уменьшить возможные конфликты или ошибки. [2-4]

Существует несколько программных комплексов для разработки ПОС (программное обеспечение сферы обслуживания) и ППР (программное обеспечение процесса проектирования):

1. 1С:Предприятие – платформа разработки программного обеспечения для автоматизации бизнес-процессов, включая ПОС и ППР.

2. Microsoft Dynamics 365 – комплекс программных продуктов для управления бизнесом, включая решения для ПОС и ППР.

3. SAP ERP - интегрированная система управления предприятием, которая включает возможности для разработки ПОС и ППР.

4. Autodesk AutoCAD – программный комплекс для проектирования и документирования в области инженерии и архитектуры, включая возможности для ППР.

5. Siemens NX – интегрированная система проектирования и производства, включающая модули для ППР.

6. PTC Creo - программный комплекс для проектирования изделий, включая возможности для ППР.

7. NanoCAD СПДС Стройплощадка – надежная автоматизация разработки чертежей по разделам «Проект организации строительства» (ПОС) и «Проект производства работ» (ППР).

Это лишь некоторые из множества программных комплексов, доступных на рынке для разработки ПОС и ППР. Выбор конкретного комплекса зависит от требований и задач вашего проекта.

Применение программных комплексов для разработки проекта организации строительства и проекта производства работ имеет следующие преимущества:

1. Увеличение эффективности работы: программные комплексы позволяют автоматизировать множество рутинных задач, что сокращает время и усилия, затрачиваемые на разработку проекта. Это

позволяет сократить время на выполнение проекта и повысить производительность.

2. Улучшение качества проекта: программные комплексы обеспечивают точность и надежность в процессе разработки проекта. Они позволяют проводить анализ и моделирование различных сценариев, что помогает выявить потенциальные проблемы и ошибки еще на стадии проектирования.

3. Улучшение коммуникации и сотрудничества: программные комплексы обеспечивают возможность совместной работы над проектом несколькими участниками. Это упрощает обмен информацией, координацию действий и повышает эффективность командной работы.

4. Сокращение затрат: использование программных комплексов позволяет оптимизировать использование ресурсов и сократить затраты на разработку проекта. Они позволяют проводить анализ стоимости, оптимизировать распределение ресурсов и прогнозировать затраты.

5. Улучшение контроля и управления: программные комплексы обеспечивают возможность контроля за выполнением проекта и управления его ходом. Они позволяют отслеживать прогресс, контролировать бюджет и ресурсы, а также принимать оперативные решения при необходимости.

6. Увеличение конкурентоспособности: использование программных комплексов позволяет повысить конкурентоспособность организации в сфере строительства и производства работ. Они позволяют быстрее и качественнее выполнять проекты, что привлекает заказчиков и повышает репутацию компании.

Несмотря на множество преимуществ, применение программных комплексов для разработки проектов организации строительства и производства работ также имеет некоторые недостатки:

1. Высокая стоимость: приобретение и поддержка программных комплексов может быть дорогостоящим для организации. Необходимо учитывать затраты на лицензии, обучение персонала, а также обновление и поддержку программного обеспечения.

2. Сложность внедрения: внедрение нового программного комплекса может потребовать значительных усилий и времени. Необходимо провести обучение сотрудников, настроить систему под нужды организации и интегрировать ее с существующими системами.

3. Ограничения функциональности: не все программные комплексы могут полностью удовлетворить требования и потребности организации. Возможно, придется использовать несколько различных программных решений для покрытия всех аспектов проекта.

4. Риск потери данных: использование программных комплексов может повлечь за собой риск потери данных в случае сбоев или ошибок в системе. Необходимо регулярно создавать резервные копии данных и обеспечивать надежность системы хранения.

5. Зависимость от поставщика: при использовании программных комплексов организация становится зависимой от поставщика данного программного обеспечения. В случае проблем с поставщиком или его решением, организация может столкнуться с проблемами в работе и продолжительными перерывами.

6. Необходимость обучения персонала: использование новых программных комплексов требует обучения сотрудников, что может занимать время и ресурсы. Некоторые сотрудники могут испытывать сложности в освоении новых инструментов и технологий.

В целом, несмотря на некоторые недостатки, применение программных комплексов для разработки проекта организации строительства и проекта производства работ является целесообразным и выгодным с точки зрения повышения эффективности, качества и конкурентоспособности организации [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анисимов А. А. Программное обеспечение Building Information Modeling: принципы и применение / А. А. Анисимов, Л. В. Линецкая // Автоматизация, управление, высокоинформационные технологии в строительстве. – 2017. – № 8(95). – С. 82-90.

2. Игнатьев С. В. Программное обеспечение с применением методов искусственного интеллекта для мониторинга зданий и сооружений / С. В. Игнатьев, А. Р. Польшгалова // Информационные технологии в проектировании и строительстве. – 2018. – № 3(51). – С. 6-12.

3. Кочерженко В. В. Организационно-технологические решения по безопасности строительства: учебное пособие для студентов направления подготовки 08.04.01 - Строительство профиля "Технологии, организация и информационное моделирование строительства" / В. В. Кочерженко, Л. А. Сулейманова, А. В. Кочерженко. - Белгород: Издательство БГТУ им. В. Г. Шухова, 2021. - 158 с.

4. Мелкозеров Д. В. Информационное моделирование в процессе управления строительными организациями / Д. В. Мелкозеров, А. П. Старикова // Актуальные проблемы экономики и права. – 2020. – Т. 14. – № 1(71). – С. 51-54.

5. Никулина Е. М. Информационная модель зданий: создание, функции, использование / Е. М. Никулина, М. А. Федяева //

Информационные технологии в проектировании и строительстве. – 2017. – № 5(53). – С. 27-34.

6. Чабан, Н. В. Методы учета и контроля уровня информационной безопасности при использовании BIM-технологий / Н. В. Чабан, И. В. Романова // Информационные технологии в проектировании и строительстве. – 2020. – № 5(63). – С. 20-23.

7. Шейн О. В. Международные и российские стандарты градостроительного проектирования, управления и информационного моделирования / О. В. Шейн // Урбанистика. – 2018. – № 1(2). – С. 8-15.

Мирошников Д. А., магистрант

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

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

ПРОЕКТНЫЕ И ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Внедрение информационных моделей объектов является одним из важных элементов цифровизации строительной отрасли. В настоящее время вся техническая деятельность человека связана с моделированием, которое представляет собой процесс описания и формализации видимых и скрытых параметров конструкций средствами, доступными на текущий момент развития науки и техники.

Информационное моделирование в строительстве – процесс коллективного создания и использования информации о здании или сооружении, формирующий основу для всех решений на протяжении жизненного цикла объекта от планирования до проектирования, выпуска рабочей документации, строительства, эксплуатации и сноса (рис. 1) [1, 2].

При проектировании строительного объекта, по сути, формируется модель конструкции здания, сооружения, модель нагрузок, модель путей передачи нагрузок по конструкциям на основании и модель прогнозирования свойств и изменения свойств во времени.

Модели условно можно разделить на два типа. Это проектные модели и действительные модели физического объекта, то есть, те модели, которые в реальности получает конструкция в комплексе.

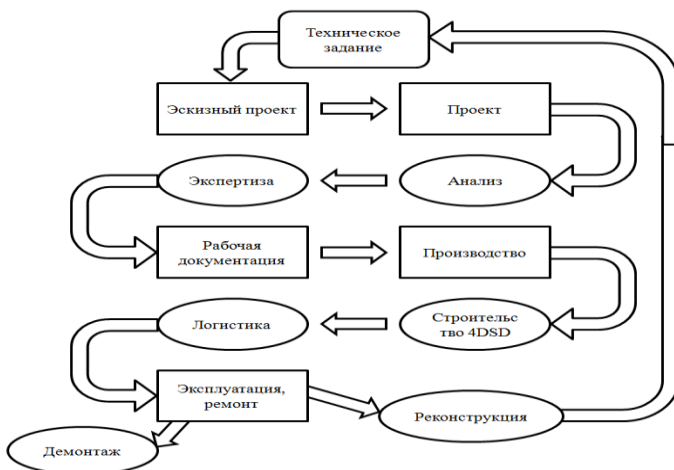


Рис. 1. Жизненный цикл объекта строительства

В процессе подготовки проектной документации ключевой задачей является обеспечение соответствия расчетных схем, применяемым конструктивным решениям, что обеспечивается более точным конструированием.

Конечная цель разработки моделей строительных объектов, процессов, состояний и явлений состоит в прогнозировании сроков безопасной эксплуатации.

Реализация расчетных предпосылок в конструктивной форме способна обеспечить принятые на стадии расчета модели работы под нагрузкой отдельных конструктивных элементов и здания в целом, модели реализации нагрузок и предусмотренных путей передачи усилий на основании и является одной из ключевых задач при разработке проекта нового строительного объекта.

На стадии создания проекта количество типов расчетных и конструктивных моделей, моделей нагрузок и работы материалов ограничено и определяется проектировщиком.

Полнота модели, разрабатываемой на стадии проекта нового объекта строительства, определяется требованиями нормативных документов, законов, актов, постановлений в области строительства или составляющих отраслей хозяйства страны.

Сам процесс строительства представляет собой реализацию проектной модели в физический объект.

Нормативными документами предусмотрена корректировка проектной документации в процессе строительства путем выполнения контроля и надзора за процессом строительства по данным

исполнительной документации. Фактически, в подавляющем большинстве случаев, по причине сжатых сроков строительства разработка исполнительской документации носит формальный характер и отражает проектные, а не фактические данные. Как показывает опыт, фактическая модель возведенного объекта строительства имеет существенные расхождения с его проектной моделью. Подобная ситуация приводит к тому, что реально построенная конструкция неизвестна и неясно как она поведет себя при эксплуатации.

Модель возведенного объекта претерпевает изменения в процессе эксплуатации и корректируется по результатам обработки данных плановых и внеочередных работ по оценке технического состояния объекта [3, 11].

Действительная модель является результатом систематизации, обобщения и правильной интерпретации полученных результатов обследования и полнота этой модели, создаваемой для эксплуатируемого объекта, определяется объемом полученных при проведении работ по обследованию зданий исходных данных, в частности, при проведении визуально-измерительного и инструментального контроля.

Наибольшее количество типов конструктивных исполнений сопряжений и опираний строительных конструкций, моделей передачи нагрузок на конструкции и механизмов распределения усилий с последующей передачей усилий на основание реализуется в процессе эксплуатации. По данным многочисленных работ установлено, что реализовавшиеся в процессе эксплуатации модели имеют отличия от моделей в проекте [3].

Существует комплекс факторов, определяющих ситуацию, с которой сталкиваются специалисты в процессе обследования оценки технического состояния строительного объекта (рис. 2).

Каждый объект является уникальным набором расчетных схем, моделей. Оценка технического состояния объекта выполняется по регламенту, предусмотренному в общих правилах проведения обследования и мониторинга технического состояния, но за частую в зависимости от объема финансирования объекта, некоторые пункты исключаются, ссылаясь на ответственность заказчика. Объемы инструментального контроля можно сократить, но не исключать его полностью. Так как, оценка по внешним признакам хорошо применима для каменных, частично для железобетонных конструкций, деревянных, но крайне редко применима для оценки текущего действительного технического состояния стальных конструкций, где

без проведения инструментального контроля, без перерасчета конструкций сложно определить их техническое состояние [4, 12].

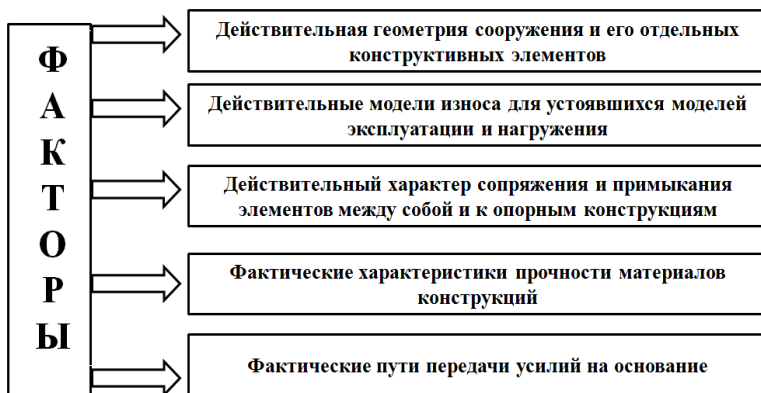


Рис. 2. Основные факторы, влияющими на достоверность информационной модели

Проведение обследования строительных объектов с помощью информационных моделей обеспечивает точность и полноту полученных сведений об обследуемом объекте и позволяет формировать рекомендации и перечень мероприятий по восстановлению работоспособного состояния строительных конструкций здания [3, 5].

Информация, собранная на разных этапах жизненного цикла объектов строительства с учетом специфики отдельных подзадач и используемых инструментов, позволяет эксплуатировать объект с учетом разработанного проекта. Информационная модель обеспечивает возможность доступа ко всей проектной и предпроектной документации и позволяет спланировать ремонтные работы на объекте с учетом его особенностей, а также фиксировать дефекты в едином информационном пространстве (рис. 3) [1, 6].

Наличие только проектной модели недостаточно для успешной реализации любого строительного проекта [5, 6].

В начале развития информационного моделирования в России, правильным и достаточным считалось изучение правил и особенностей построения проектных информационных моделей. Дальнейшее развитие технологий информационного моделирования показало необходимость изучения правил и развития информационных моделей для последующих этапов жизненного цикла объектов капитального строительства [4, 7-9].

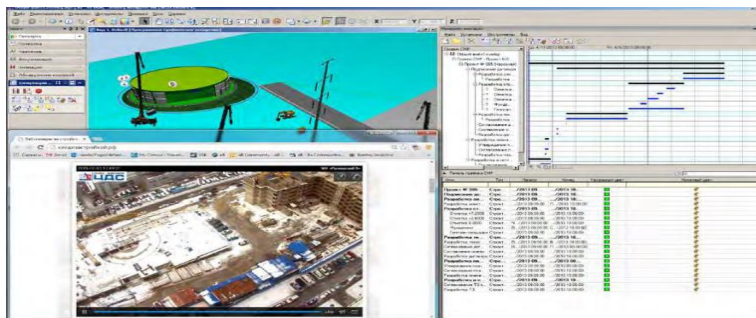


Рис. 3. Пример применения информационной модели для строительного контроля

Цифровая проектная информационная модель на стадии строительства должна быть дополнена новыми данными, необходимыми для эффективной работы строительным организациям, с целью эффективной организации и управления строительством объектов, особенно сложных [2, 5, 10].

В частности, проектная информационная модель и существующие программные обеспечения для формирования проектной информационной модели не предназначена для создания исполнительной документации и регистрации строительного контроля за объемами, качеством и сроками выполняемых работ.

Отсутствие знаний специалистов проектной организации в области технологии и организации строительного производства, организация и выполнение строительных работ на объекте различными строительными организациями, отсутствие согласованности действий между участниками строительного проекта, уникальность каждого строительного проекта и высокая изменчивость приводят к высокому уровню неопределенности и несовершенству организационно-технологической системы, что влечет за собой финансовые и временные потери для заказчика непосредственно в ходе строительства.

Важно создать цифровую строительную информационную модель, которая будет содержать в себе цифровые модели местности, объекта капитального строительства, временных зданий и сооружений, основных ведущих машин и механизмов, необходимых для реализации строительства и взаимосвязанным с ней календарно-сетевым графиком. На стадии проектирования организационно-технологические решения подлежат критическому анализу путем моделирования нескольких вариантов (сценариев) с целью поиска и выбора наиболее эффективного.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абакумов Р. Г. Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве / Р. Г. Абакумов, А. Е. Наумов, А. Г. Зобова // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2017. - № 5. - С. 171-181.
2. Сулейманова Л.А., Сапожников П.В., Кривчиков А.Н. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами // Вестник БГТУ им. Шухова. 2022. № 4. С. 12-24.
3. Голиков А.В., Лейчу Ф.Ф. Повреждаемость и действительная работа стальных конструкций покрытий балочного типа в составе конструкций каркасов зданий // Металлические конструкции. 2022. Том 28, № 1. С. 33-49.
4. ГОСТ 31937-2011. Межгосударственный стандарт. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния/ МНТКС – М., 2014.
5. Пименов С.И. Строительная информационная модель // Construction and Geotechnics. – 2022. – Т. 13, № 3. – С. 72–84.
6. Шеина С.Г., Виноградова Е.В., Денисенко Ю.С. Пример применения BIM технологий при обследовании зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона, 2021, № 6 (78).
7. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ.
8. СП 333.1325800.2020. Свод правил. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла / Росстандарт.– М., 2021.
9. СП 328.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели. / Росстандарт. – М., 2021.
10. Письмо Минстроя России от 17.04.2023 N 10629-ОГ/14 «О порядке формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства после 1 марта 2023 года».
11. Сулейманова Л.А., Амелин П.А. Проектирование архитектурно-конструктивной и аналитической BIM-модели здания. // Сборник: Образование. Наука. Производство. XIII Международный молодежный форум. Белгород, 2021. С. 746-750.
12. Сулейманова Л.А., Крючков А.А., Есипов С.М., Амелин П.А. Цифровое обследование зданий и сооружений, поврежденных в результате чрезвычайных ситуаций // В книге: 65 лет ДонГТИ. Наука и практика. Актуальные вопросы и инновации. Сборник тезисов докладов юбилейной международной научно-технической конференции. Алчевск, 2022. С. 201-203.

Мирошников Д. А., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Крючков А. А.

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

РОЛЬ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ, ВИРТУАЛЬНОЙ, ДОПОЛНЕННОЙ И СМЕШАННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

При использовании зданий и сооружений периодически возникает необходимость в улучшении их первоначальных характеристик, что достижимо путем их реконструкции.

Реконструкция объектов капитального строительства - это изменение параметров объекта капитального строительства, его частей (высоты, количества этажей, площади, объема), в том числе надстройка, перестройка, расширение объекта капитального строительства, а также замена и (или) восстановление несущих строительных конструкций объекта капитального строительства, за исключением замены отдельных элементов таких конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановления указанных элементов [1].

Это один из способов приведения здания с устаревшей планировкой помещений и незначительным износом основных несущих и ограждающих конструкций к требованиям действующих норм и уровню комфорта, с одновременным увеличением строительного объема.

Для проведения эффективной реконструкции зданий важны инновации и IT-решения. Строительный рынок обладает достаточным списком разнообразных IT-решений: программы для расчетов и сметы; мобильные решения для управления проектом и дефект-менеджмента; лазерное сканирование; дроны; ТИМ (BIM); AR-VR-MR.

Важным инструментом реконструкции объектов капитального строительства является технология информационного моделирования (ТИМ), которую также называют «BIM-технология» от английского выражения «Building Information Modelling» [5, 6, 11].

BIM – это совместная работа, образующая базу данных, которую можно впоследствии интегрировать с различными платформами, используемыми для эксплуатации сооружений, и эффективно управлять информацией на протяжении всего жизненного цикла здания. В таких платформах существует возможность быстрого и удаленного доступа

ко всем характеристикам компонентов строительного объекта, геометрии здания и анализу энергопотребления [4, 8, 15, 13].

При создании проекта реконструкции старого здания на основе BIM каждый процесс управляется соответствующими проектировщиками. Они выдвигают предложения для архитектурных дизайнеров, основываясь на своих профессиональных знаниях [7, 11, 12].

Как правило, оригинальные проектные чертежи старых зданий, имеющих долгую историю, являются не полными, и некоторые данные не отображаются на чертежах. Следовательно, есть неопределенности на начальном этапе проектирования строительства. В частности, внутренние трещины и ключевые скрытые работы обычно имеют несоответствия с чертежами, которые могут быть не обнаружены до начала строительства. Это приведет к изменению оригинальных проектных чертежей, задержкам строительства и отходам. BIM может виртуализировать здания, и отображать внутреннюю структуру зданий в виде имитационной модели для проектировщиков. При реконструкции старых зданий они могут проверить, согласована ли структура внутри и снаружи зданий и нет ли препятствий для контура [2, 3].

Технологии виртуальной (VR) и дополненной (AR), смешанной (MR) реальности открыли строителям новые возможности проектной работы. Благодаря им, граница между физическим и виртуальным проектом исчезает.

Так, технологии виртуальной реальности обеспечивают наглядную визуализацию обновленного здания, которую можно продемонстрировать заказчику для скорейшего согласования проекта, дают возможность реально оценить будущие изменения объекта строительства (рис. 1).



Рис. 1. Очки виртуальной реальности, интегрированные с BIM

Технологии VR используются в едином информационном пространстве с BIM. В данном контексте VR рассматривается как созданный с помощью технического и программного обеспечения

виртуальный проект, передающийся через зрение. Критерии, с помощью которых должен создаваться VR следующие: аппаратное обеспечение, необходимое для работы в ВМ системе; детализация, необходимая для изучения окружающего пространства; интерактивность [10, 14].

Система, интегрирующая ВМ и VR, удобна работой с цифровыми данными об объекте, автоматическим составлением отчетов и выгрузкой информации, что может быть использовано для проведения реконструкции зданий, для усиления контроля за работами, с целью фиксации ошибок, их предупреждения [9].

Используя дополненную реальность (AR) на планшете или смартфоне можно до начала реальных работ увидеть, как новые конструктивные элементы будут интегрироваться в сооружение. AR позволяет цифровые объекты накладывать поверх изображения реального мира (рис. 2).



Рис. 2. Применение технологии дополненной реальности на строительном объекте

Реконструкция здания может стать более точной, когда строители имеют доступ к технологии смешанной реальности (MR).

Она состоит из различных компонентов, которые работают вместе для создания обогащенного опыта. Эти компоненты включают в себя:

1. Виртуальную реальность (VR) – созданную компьютером трехмерную (3D) среду, с которой пользователи могут взаимодействовать и исследовать ее. Она работает с использованием дисплеев на голове, контроллеров и технологий отслеживания движения, что позволяет пользователям взаимодействовать с окружающей средой в виртуальном мире. Примеры платформ виртуальной реальности включают Oculus Rift, HTC Vive и Samsung Gear.

2. Дополненную реальность (AR) – технологию, которая использует камеру устройства для наложения цифровых элементов на изображение физического мира в режиме реального времени. Это

позволяет пользователям взаимодействовать с окружающей средой более увлекательным и интерактивным способом. Примеры платформ дополненной реальности включают ARCore от Google и ARKit от Apple.

3. Haptics-технология, которая использует тактильную обратную связь для создания ощущения прикосновения. Это позволяет пользователям чувствовать среду, с которой они взаимодействуют, а также обеспечивает иммерсивный опыт. Примеры тактильных технологий включают использование контроллеров с силовой обратной связью, вибрационной обратной связью и обратной связью по давлению.

4. Технологию отслеживания объектов, которая используется для обнаружения и отслеживания объектов в окружающей среде. Эта технология используется для обеспечения более точного взаимодействия и обеспечения более реалистичного опыта. Примерами технологий отслеживания объектов являются Kinect от Microsoft и RealSense от Intel.

5. Взаимодействие человека и компьютера (HCI) – наука о создании интерфейсов и взаимодействий между людьми и компьютерами. Эта технология используется для создания более естественных взаимодействий между пользователями и их окружением. Примерами технологий HCI являются распознавание голоса, жестов, лиц и обработка естественного языка [16].

Одним из ключевых преимуществ смешанной реальности является иммерсивный опыт, который она обеспечивает. В созданных реалистичных интерактивных средах пользователи погружаются полностью в среду, что позволяет развивать естественное понимание объектов, отношений и направлений относительно их физической среды, что приводит к эффективному пониманию и управлению трехмерными объектами. Также технология MR может быть использована для обучения сотрудников строительной сферы.

Стирая границы между физическим и цифровым миром, она позволяет манипулировать смоделированной средой также, как это происходит в реальности, обеспечивая уникальный опыт для строителей. Технология смешанной реальности помогает существенно повысить качество строительства, делая его более эффективным.

Дефицит рабочей силы в строительстве не всегда позволяет бригадам завершать работы в том темпе, в котором его требуют заказчики. Смешанная реальность дает возможность, проектировщикам, строителям погрузиться в проект реконструируемого здания до его запуска и узнать о необходимости внесения каких-либо изменений в проект до начала работ, что ускорит

процесс подготовки к строительству, а также позволит точно следовать намеченному плану. Данная технология позволяет своевременно определить проблемы на стройплощадке еще до начала работ, повышая качество работы строительных бригад.

Выявленные нестыковки с проектом еще до того, как начнут проводиться работы, например, по устройству крыши с использованием тяжелых и дорогостоящих материалов, позволяют исключить переделки в дальнейшем, сократить затраты и сроки выполнения работ.

3D макеты зданий со всеми характеристиками дают инженерам и архитекторам лучшее представление о свойствах будущего объекта, чем 2D чертежи. К тому же голографические макеты конкретных конструкций можно примерить на планируемом месте установки.

(MR) позволяет цифровые объекты встраивать в реальное окружение (рис. 3).



Рис. 3. Применение технологии смешанной реальности на строительном объекте

В России разработана платформа дополненной и смешанной реальности для строительства – BRIO MRS. Она предоставляет инструменты работы с цифровыми моделями здания инженерными системами, непосредственно на строительной площадке в режиме реального времени, позволяет эффективнее управлять процессами проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации объектов на всех стадиях жизненного цикла.

Внедрение технологии информационного моделирования и данной платформы создало синергетический эффект, в результате чего удалось отказаться от устаревших затратных бумажных технологий управления и механического инструментального контроля при строительстве. На сегодняшний день, идентичных решений в мире не существует. На рынке нет прямых аналогов платформы, а существуют лишь разработки зарубежных компаний, которые можно охарактеризовать как аналоги компонентов, составляющих платформу.

Основными конкурирующими разработками являются: HoloLens 2; Daqri; Magic Leap One; Решения на базе планшетов Apple iPad/iPad Pro и Samsung Galaxy; Trimble XR10 with HoloLens 2.

Ключевыми преимуществами решений в платформе BRIO MRS являются: ориентация и определение местоположения в абсолютных координатах на не ограниченной территории за счет уникальных технологий; эффективность и точность методов позиционирования и трекинга за счет уникальных технологий, использующих комбинированный трекинг (оптический, инерциальный) и бесшовную интеграцию с глобальными навигационными спутниковыми системами (GPS/ГЛОНАСС) и высокоточными приборами определения координаты (например, роботизированные тахеометры); взаимодействие с системой управления информационной моделью в режиме онлайн и онлайн-взаимодействие с BIM-проектом строительного объекта и возможность работы со строительными чертежами, которое присутствует только у аналогичного решения оболочек IOS или Android; инструментом визуализации в платформе BRIO MRS выступает планшет – легкое устройство с интуитивно понятным интерфейсом. Платформа BRIO MRS интегрируется с любой информационной системой, где цифровые модели представлены в любом формате. BRIO MRS позволяет более эффективно управлять процессами проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации объектов на всех стадиях жизненного цикла [17].

Таким образом, применение BIM, технологии, виртуальной, дополненной и смешанной реальности помогают оперативно решать возникающие вопросы контроля и сравнения проектных чертежей и фактического исполнения, позволяют эффективнее управлять процессами проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации объектов на всех стадиях жизненного цикла. Внедрение цифровых сервисов и продуктов предоставляют расширенные возможности контроля при реконструкции объектов капитального строительства и являющихся залогом успешного перехода строительной отрасли к цифровым методам управления и контроля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ.
2. Абалтусов, Ю. А. BIM-технологии. Проблемы их внедрения и перспективы развития в строительстве и проектировании / Ю. А. Абалтусов, В. В. Чатуров. // Молодой ученый. - 2019. - № 25 (263). - С. 151-153.
3. Бабаева В.М. Информационное моделирование в строительстве // Экономика и социум. 2021. № 6-1 (85).
4. Есипов С.М., Алескеров В.В., Борисенко С.А. Информационное моделирование строительства. // VII Международный

студенческий строительный форум – 2022: сб. докл.: в 2 т. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2022. – Т.1. – 250. С. 115-119.

5. Ильинова В. В., Мицевич В. Д. Международный опыт использования BIM-технологий в строительстве. // Российский внешнеэкономический вестник. 2021. № 6.

6. Кочеткова Т.В. информационное моделирование при реконструкции, техническом перевооружении и капитальном ремонте объектов капитального строительства // Современные инновации. 2020. №3 (37).

7. Король Е.А., Дрепалов И.Ф. реконструкция зданий с использованием bim-технологий // Системные технологии. 2021. №4 (41).

8. Мирошников Д.А., Пашкова Л.А. Инновационные технологии и материалы в современном строительстве. // Университетская наука. 2021. № 2 (12). С. 49-53.

9. Мауленова Г. Д., Барсукова О. В. Применение bim технологий для реконструкции и модернизации существующей застройки // Проблемы Науки. 2020. №5 (150).

10. Смолин А.А., Жданов Д.Д., Потемин И.С., Меженин А.В., Богатырев В.А. Системы виртуальной, дополненной и смешанной реальности Учебное пособие. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО. 2018. – 59 с.

11. Сулейманова Л.А., Амелин П.А. Проектирование архитектурно-конструктивной и аналитической BIM-модели здания. //Сборник: Образование. Наука. Производство. XIII Международный молодежный форум. Белгород, 2021. С. 746-750.

12. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С. Метамоделирование для компьютерного инженерного проектирования. Университетская наука. 2022. № 2(14). С. 92-94.

13. Сулейманова Л.А., Сапожников П.В., Кривчиков А.Н. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. Шухова. 2022. № 4. С. 12-24.

14. Тускаева З.Р., Албегов З.В. осуществление строительного контроля с применением технологий информационного моделирования зданий и виртуальной реальности // ИВД. 2021. №2 (74).

15. Фонтокина, В. А. Роль BIM-технологий в организации и технологии строительства / В. А. Фонтокина, А. А. Савенко, Е. Д. Самарский // Вестник евразийской науки. - 2022. - Т. 14. - № 1.

16. Различные типы смешанной реальности и как они работают. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vr-app.ru/blog/razlicnye-tipy-smesannoi-realnosti-i-kak-oni-rabotaiut/?ysclid=lobzn9jccj84111568>.

17. Разработка платформы дополненной и смешанной реальности для технологического контроля строительства. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://irr.energypolicy.ru/2023/06/07/razrabotka-platformy-dopolnnoy-i-smeshannoy-realnosti-dlya-tehnologicheskogo-kontrolya-stroitelstva/>

Мясоедов А. В., магистрант

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Абсиметов В. Э.**

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ

Использование BIM на существующих объектах, построенных без использования этих решений, требует от нынешних пользователей привлечения дополнительных финансовых ресурсов для создания и развития численных моделей. Если технические и экономические причины для разработки таких моделей отсутствуют, то вполне вероятно, что в строительных работах не будут реализованы современные информационные технологии. Соответствующая оценка необходимости создания BIM-модели, помимо прочего, может быть обусловлена изменениями в процессе модернизации объекта или его реконструкции. В этом случае незаменимы процессы поиска решений в зданиях, включая размещение в зоне технологических установок [1-3].

Стоимость строительства можно рассчитать с использованием спроектированной модели здания, ту же систему можно применить при составлении графиков, можно выполнить расчет текущего количества материалов и т. д. Цифровые модели необходимы для определения набора жизненно важных технических параметров в зависимости от широкого спектра экологических и функциональных воздействий существующих анализируемых зданий.

Внедрение в архитектуру вычислительных методов, таких как аэрофотосъемка и лазерное сканирование, делает возможным анализ характеристик здания на ранней стадии проектирования. Рассмотрение здания как системы и выявление сложных зависимостей делает возможными новые подходы, и для достижения энергетических целей с

экономической эффективностью использование инструментов моделирования на ранней стадии проектирования очень важно [4].

Лазерное сканирование или аэрофотосъемка создают даже самые большие и сложные 3D-модели существующих условий реального мира, включая масштабы целых городов, из простых фотографий, чтобы легко и быстро обеспечить контекст для принятия решений по проектированию, строительству и эксплуатации все виды инфраструктурных проектов по всему миру. Традиционные методы обследования и документирования старых зданий могут занять много времени, в то время как лазерное сканирование и аэрофотосъемка экономят время, обеспечивают более высокую точность и могут указывать на строительный материал.

Кроме того, внедрение основанной на знаниях среды принятия решений для стратегий реконструкции, контроля качества, а также разработки процедур проверки и мониторинга для устранения разрыва между ожидаемыми и фактическими энергетическими показателями. Проектно-строительная деятельность и лазерное сканирование являются инструментом, позволяющим обеспечить высокий уровень координации. Технология 3D-сканирования – это просто постепенный технологический прогресс в геодезии, обеспечивающий более безопасный, богатый и быстрый метод сбора пространственных данных для геодезических приложений. Хотя это, безусловно, одно из применений 3D-сканирования, эта технология предоставляет менеджерам проектов и инженерам множество возможностей для мониторинга, оценки и анализа физических данных, полученных из окружающей среды. Помимо экономии времени и денег для выполнения тех же задач с помощью традиционных методов, 3D-сканирование предоставляет лицам, принимающим решения, революционный инструмент для оценки существующих условий, оценки хода строительства, выполнения структурных и культурных оценок, записи фактических условий и управления крупными проектами, портфели активов. Во многих отношениях 3D-сканирование закладывает прочную основу для общего улучшения управления информацией в проектах и программах управления активами [5, 6].

Полученная при этом техническая информация позволит частично разработать модели информации, полученной в ходе работы. При этом позволяя использовать последующие процессы, разрабатываемые решения и расширять модель на новые данные в будущем. Использование этих этапов изменения и модернизации строительства оказывается незаменимым для начала моделирования в BIM с использованием коррелированных технических параметров, возникающих в ходе текущих задач. Путем адаптации условий

ограждающих конструкций к изменившимся параметрам нагрузки оказывается необходимым произвести макроскопическое исследование котлованов, идентификацию использованных материалов и т. д., что позволяет запустить неполную модель BIM. Идентификация некоторых параметров проектирования для исследовательского этапа представлена на рис. 1.

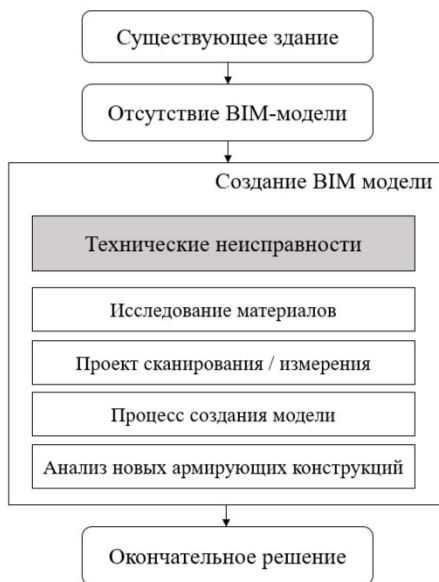


Рис. 1. BIM-модель в процессе изменения нагрузок

Как правило, не полная BIM-модель оказывается достаточной для поиска технического решения, обеспечивающего поведение ограждающих конструкций, возникающее в результате выполнения предельного состояния и работоспособности.

Преимущества 3D-моделирования:

- снижение рисков за счет большей наглядности интерфейсов и действий при проектировании и строительстве;

- повышение безопасности за счет повышения осведомленности о строительстве благодаря простому просмотру сложных деталей или процессов на площадке;

- снижение количества ошибок благодаря использованию надежного подхода «единого источника правды» к управлению данными, например, обеспечение использования только наиболее подходящей версии моделей, чертежей и документации;

- улучшение сотрудничества благодаря связанным наборам данных и интегрированным 3D-моделям, которые создают «виртуальную» модель до того, как будет построено физическое здание, что позволит внести коррективы в проектирование и строительство;
- сокращение потерь информации между этапами проекта, гарантируя, что рабочие группы собирают и передают полную информацию об активах на этапы эксплуатации и обслуживания;
- улучшение реализации проектов с использованием технологических достижений, включая совместимость и мобильность данных.

Выполнение статических расчетов опорных элементов, расположенных непосредственно на плоской кровле, осуществляется с использованием фактических распределений нагрузок, действующих на сборную балку – ребра, плиты, подстропильные конструкции, колонны и щиты. Принятие такой концепции расчета позволит достичь намеченного эффекта утилитарной концепции работы с одновременным устранением возможных ошибок, возникающих из-за несовершенства численной модели и ограничений на работу строительной системы, состоящей из различных типов компонентов.

В процессе построения модели необходимо выявить конструктивные элементы здания и провести исследования процессов на основе концепции учета предельного состояния. Обследование конструкций проводится как методом неразрушающего контроля, так и дефектоскопией, проводя при этом анализ технического решения на основе сохранившихся фрагментов технической документации за счет использования нестандартных конструктивных решений. Затем вносятся изменения в методику расчета и значения нагрузок воздействия на окружающую среду, которые в современном состоянии содержатся в положениях, ограничивающих правильную интерпретацию проектной мощности объекта с точки зрения фундамента [7, 8].

Снижение усилия подстропильных конструкций достигается за счет использования дополнительных конструкций в виде балок, образованных непосредственно на зонах поперечных балок и средней подстропильной конструкции.

Модернизация технологической установки приводит к необходимости выполнения дополнительных элементов конструкции, которые позволили распределить дополнительную нагрузку на колонны. Также используется железобетонная стена позади балки, что приводит к уменьшению усилий в подстропильной конструкции и колонне. Реализация этого варианта стала возможной благодаря разработке модели здания в BIM с последующей имитацией размещения конденсаторов в подкровельном пространстве.

Работы по эффективному использованию технологий для разработки BIM-решений поддерживают структуру существующего здания в связи с необходимостью адаптации конструкции к возросшей нагрузке. Процедура, использованная при поиске структурного усиления в виде решетчатых и стержневых элементов, указала на необходимость использования отдельных балок, чтобы решением была эффективная технология [9-10].

Использование численного решения при поиске решений с использованием методик позволяет провести вариантный эффективный анализ структурных систем и выбрать наиболее оптимальный вариант.

Из всего вышесказанного можно выделить следующие факторы, которые оптимизируют строительный процесс при использовании BIM технологий.

Технология BIM позволяет решить проблемы высокой стоимости, длительных условий строительного процесса, долговечности и перепланировки конструкции при реконструкции общественных зданий за счет выбора альтернативных вариантов строительства. Это новое состояние для промышленности, связанное с технологией 3D-визуализации параметров и отраслевых процессов.

Соединение информации со сканированием здания (фотограмметрия здания) и энергетическими показателями позволяет нам проводить энергетическое моделирование и выбирать альтернативную комбинацию модернизации.

Использование новых технологий в науке дает наиболее быстрый путь к точному подсчету.

Процесс построения описательных критериев систем и методов, позволяющих осуществлять проекты в области экспериментального проектирования и многокритериального анализа.

Развитие технологии BIM создает совершенно новые возможности сбора информации о зданиях. Это обеспечивает легкий и быстрый доступ ко всем характеристикам компонентов, геометрии здания или энергетическому анализу.

Модель может адаптироваться и варьироваться с использованием различных материалов и применением современных материалов, используемых в строительстве, что повышает энергоэффективность и снижает затраты.

Использование системы BIM, доступной в различных моделях, четкой и подробной модели, облегчает строительные работы и приносит долгосрочные выгоды.

Используемая в мире система BIM показывает, что ее можно адаптировать к различным ситуациям, как при реконструкции, так и при новом строительстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Марушко М.В. Сущность аддитивных технологий в строительстве // Университетская наука. 2018. № 2 (6). С. 70-74.
2. Сулейманова Л.А., Сапожников П.В., Кривчиков А.Н. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 4. С. 12-24.
3. Рябчевский И.С., Кашуба С.О., Сулейманова Л.А. 4D BIM-моделирование объектов строительства в программном комплексе BENTLEY SYNCHRO PRO // В сборнике: ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2021. С. 20-29.
4. Сулейманова Л.А., Темурзиева Р.Н., Рябчевский И.С. Оптимизация технологических процессов в строительном производстве с помощью BIM-технологий // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Белгород, 2020. С. 121-127.
5. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С., Атапина Н.А. Совместное моделирование ограждающих конструкций зданий // Университетская наука. 2021. № 1 (11). С. 77-79.
6. Кочкаров Н.О. BIM ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ // Форум молодых ученых. 2019. №2 (30). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bim-tehnologii-v-stroitelstve>
7. Т.В. Горохова BIM-ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ // Вестник магистратуры. 2022. №2-2 (125). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bim-tehnologii-v-proektirovanii>
8. Кочерженко, В. В. Технология строительных процессов: учеб. пособие для студентов строит. специальностей / В. В. Кочерженко, В. М. Лебедев; В.В. Кочерженко, В.М. Лебедев; Федеральное агентство по образованию, Белгородский гос. технологический ун-т им. В.Г. Шухова. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. – EDN QNMHVP.
9. Антонов И.Г. BIM ТЕХНОЛОГИИ И ИХ ОСВОЕНИЕ // Достижения науки и образования. 2020. №13 (67). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bim-tehnologii-i-ih-osvoenie>
10. Рыбин Е.Н., Амбарян С.К., Аносов В.В., Гальцев Д.В., Фахратов М.А. BIM-технологии // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. №1 (28). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bim-tehnologii>

Пашков Г. А., студент

Научный руководитель: ст. преп.

Рябчевский И. С.

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

ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В ИНДИВИДУАЛЬНОМ ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Традиционное проектирование строительных объектов обычно представлено в виде чертежей, планов, экспликаций и остальной строительной документации. Такой набор инструментов все еще пользуется спросом среди проектных организаций. Однако, малоэтажный строительный сектор характеризуется повышенной конкурентностью. На рынок малоэтажной недвижимости постоянно приходят новые участники с новыми методами и способами проектирования [1]. Одним из важнейших преимуществ является использование BIM технологий [2, 3].

В настоящее время малоэтажное строительство является ключевым инструментом к улучшению жилищного состояния населения, а также к преодолению стесненности проживания населения в современных больших городах. Данный тип строительства имеет несколько преимуществ по сравнению с многоэтажным: возможность вариативности при строительстве, реализация предпочтений собственников, использование более экономичных технологий строительства, улучшенное экологическое проживание. Стоит отметить, что в случае размещения дома в черте города доступной становится также развитая социальная инфраструктура.

Учитывая актуализированную проблему снижения негативного воздействия поселений на природу, вызванное повышенным в последние годы вниманием общественности к вопросам охраны окружающей среды, индивидуальное строительство легче адаптировать к природным условиям местности [4]. Возведение жилых объектов в соответствии с новыми решениями позволяет существенно улучшить не только экологичность объектов строительства, но и их технико-экономические показатели. Вместе с этим устойчивая тенденция к рационализации в строительстве прослеживается в следующих аспектах:

- увеличение доли домов, построенных по проекту с учетом геологии, особенностей рельефа и т.п., разработанной архитектурной, конструктивной и инженерной частью;

– развитие экологического строительства, снижение расхода или нерационального потребления материальных и энергетических ресурсов на протяжении всего жизненного цикла объекта недвижимости, использование альтернативных источников энергии;

– применение эффективных систем инженерии в строительстве, их автоматизация, внедрение систем умного дома [5].

Частное жилищное строительство ориентировано на индивидуальное лицо, которое в дальнейшем будет использовать здание для своего проживания и проведения досуга. При работе с заказчиком возникает задача удовлетворить предпочтения жильца. Для этого необходимо повышенное понимание его требований, дальнейшей комфортности и будущего окружения заказчика, что имеет важный фактор. На данный момент одним из лучших решений является использование BIM-технологий на всех этапах работы не только с заказчиком, но и на этапах строительства, что положительно скажется на взаимоотношениях клиента и проектных организаций, так как информационная модель проще воспринимается для человека, далекого от понимания строительной документации [1].

BIM-технологии позволяют грамотно распределить работу между отделами и создать единую модель здания. На этапе начала работы с заказчиком обсуждается весь проект, подробно описывается и разбирается каждая деталь – как дом должен выглядеть, какая у него должна быть планировка, площадь помещений, используемые материалы, желаемый архитектурный стиль, ландшафтный дизайн территории и т.д. В дальнейшем, по желанию заказчика возможно внесение корректировок в будущий жилой объект.

На этапе строительства BIM способно автоматизировать множество процессов. Одним из них является экономия времени и денежных средств, которое выражается в:

- анализе и выборе наиболее экономически выгодных решений;
- четком планировании, анализе критических путей, адекватном управлении рисками;
- правильном распределении обязанностей;
- сборе, управлении и утилизации отходов в ходе строительства;
- способности точного проектирования и планированию проекта [6].

Также преимуществом автоматизации является возможность вносить изменения в любой узел строительной конструкции без последующего соответствующего изменения данного узла в остальной документации. Замена объектов автоматически будет произведена во

всех планах этажа, экспликациях, спецификациях. Полученные изменения сразу заметят другие участники проекта.

В дальнейшем, при эксплуатации дома, выполненного по технологиям BIM, у будущих жильцов будет цифровая модель здания, при использовании которой можно увидеть места расположения трубопроводов и других коммуникаций. Тем самым облегчается возможность определения поврежденных участков, которые подлежат замене или ремонту. Таким образом, при наличии BIM-модели дома можно получить полную информацию о его составляющих.

Стоит отметить, что при работе с проектом возможно использование VR-технологий, которые позволяют добиться удобства для всех участников проекта. Например, архитекторам и дизайнерам удобно использовать данную технологию при выборе материалов, а также при планировке территории. Рабочие могут изучить элементы конструкции и правильность монтажа, при наложении цифровой модели на фактическую строительную площадку [7]. А у заказчика появляется возможность понимания процесса и визуализации проекта.

Применение BIM-технологий в индивидуальном жилом строительстве обладает следующими преимуществами:

- подробность при взаимодействии с заказчиком (например, возможность обсуждения каких-либо замечаний и их редактирование в кратчайшие сроки);
- быстрое создание нескольких вариантов проекта дома, его оформления, возможной архитектурной стилистики;
- четкое разбитие проекта на определенные этапы с учетом каждой детали;
- повышенное качество проекта.

Недостатками применения BIM-технологий на данный момент являются:

- нехватка кадров и высокая стоимость проектирования в частном домостроении;
- применение BIM на различных этапах развито в разной степени, что может препятствовать общей интероперабельности проекта;
- высокие первоначальные вложения;
- боязнь компаний использования новых инструментов и технологий, т.к. возникает вопрос о полном изменении ее структуры;
- адаптация крупных подрядчиков к использованию BIM происходит быстрее, чем частных компаний;
- рост эффективности наступает с опытом работы в BIM: ускорение сроков выполнения работ и сокращение трудоемкости за счет

возможности использовать наработки, которые характерны при реализации проектов повторного применения [8].

Учитывая текущую ситуацию в строительстве индивидуальных жилых домов, можно сказать, что у данного типа строительства существует большое количество преимуществ, в сравнении с другими типами строительства, а также перспективы для развития. При этом существуют и препятствия, которые препятствуют внедрению BIM-технологии в ближайшее время. Однако появление новых технологий и переход к ним будет способствовать развитию этого направления в строительстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Доронина В.Г., Шнурикова Е.П. Тенденции развития BIM технологий в строительстве малоэтажных жилых зданий // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 82-1. С. 52-53

2. Сулейманова Л.А. Темурзиева Р.Н., Рябчевский И.С. Оптимизация технологических процессов в строительном производстве с помощью BIM-технологий // Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации в строительстве» – Белгород, 2020. С. 121-127.

3. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С., Атапина Н.А. Совместное моделирование ограждающих конструкций зданий // Университетская наука, № 11, 2021. С. 77-79.

4. Арутюнян М.С., Попов А.Р., Попов Р.А., Соловьева Е.В. Мотивационные и экономико-организационные механизмы малоэтажного жилищного строительства в условиях урбанизации // ЭКОНОМИКА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ. 2023. № 1. 13 С.

5. Дребот А.М., Гармашова Е.П. Рациональность в индивидуальном строительстве // Материалы ежегодной науч. конф. МГУ. Под редакцией О.А. Шпырко. 2020 Изд-во: Филиал Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова в г. Севастополе. 214 с.

6. Толстых И.Е. Эффективное управление ресурсами в строительстве // Обществознание и социальная психология. 2023. № 10–4 (53). С. 133-134.

7. Аветисян Р.Т., Мирзаханова А.Т., Казарян Р.Р. VR – моделирование как один из аспектов BIM проектирования // Строительное производство. 2019. № 4. 25 с.

8. Рыбаков Д.А., Астафьева Н.С. Анализ эффективности строительно-инвестиционных проектов с учетом применения BIM-технологий // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 33.

**Рафаелян А. В., магистрант,
Аноприенко Д. С., магистрант**

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Использование нейронных сетей в строительстве это одно из наиболее перспективных направлений в данной отрасли, способствующей повышению безопасности, производительности и эффективности строительства в целом. Принятые на стадии проектирования организационно-технологические решения часто изменяются на стадии возведения объекта в связи с различными непредвиденными ситуациями, которые связаны с стоимостью, временем, безопасностью и качеством. Такая неопределенность делает весь процесс строительства весьма непредсказуемым. Искусственные нейронные сети (ИСН) дают возможность на высокой скорости обрабатывать большие массивы статистических данных и прогнозировать выходные параметры сети с высокой степенью вероятности с учетом оценки рисков и оптимизации потоков основных ресурсов [1-3].

Нейросеть это компьютерная модель, состоящая из множества связанных между собой узлов, называемых нейронами, и построенная по принципу функционирования биологического нейронального сетевого механизма. Нейроны в данной компьютерной модели могут обрабатывать входные данные, вычислять результаты и выдавать выходные значения [4].

Главная задача в управлении и организации строительства заключается в разработке мероприятий, обеспечивающих достижение целей проекта: сдача объекта в эксплуатацию в проектные сроки, с высоким качеством и минимальными денежными, трудовыми и материальными затратами. Несмотря на множество исследований в области организации и управления проектами, существует много проектов, которые по-прежнему классифицируются как неуспешные, с точки зрения того, как они были реализованы или из-за их результатов. Решением данной проблемы может стать именно применение ИСН, поскольку это вычислительный инструмент, имитирующий

способность человеческого мозга эффективно использовать способы рассуждения и распознавания образов [3].

Применение нейронных сетей в гражданском строительстве возможно в контексте выполнения множества задач: прогнозирования процесса строительства, его оптимизации, системного моделирования, анализа рисков [5].

Использование современных технологий и искусственного интеллекта в строительстве становится все более распространенным явлением. Нейросети, машинное обучение, анализ больших данных все это помогает оптимизировать процессы, снижать затраты и повышать качество работ. Однако, как и в любой другой области, использование таких технологий требует внимательного отношения и контроля. Важно помнить, что даже самые передовые технологии не могут полностью исключить ошибки и человеческий фактор. Поэтому контроль за работой нейросетей и других систем искусственного интеллекта остается важной частью строительного процесса [4].

ИНС используются для оценки стоимости строительства различных типов зданий (многоквартирные жилые здания, железобетонные каркасные здания), а также для определения стоимости строительных проектов в целом. С помощью ИНС можно прогнозировать стоимость строительства дорог, тоннелей и определять отклонения в проектах реконструкции на основе одного измеряемого показателя эффективности затрат [3].

Также ИСН могут использоваться для контроля и управления строительными процессами. Например, нейросети могут быть использованы для прогнозирования сроков выполнения строительных проектов, определения наиболее эффективных схем проведения работ, контроля качества используемых материалов и обеспечения безопасности на строительных объектах [4].

Искусственные нейронные сети могут помочь в разработке новых строительных материалов и технологий, повысить эффективность и точность процессов строительства, а также улучшить качество жилых и коммерческих объектов [4].

Одной из ключевых и важных функций ИСН в строительстве является проектирование и планирование строительных объектов. Нейросети используются для создания трехмерных моделей зданий, определения оптимальных характеристик строительных конструкций и выбора подходящих материалов. Также нейросети позволяют автоматизировать процесс проектирования и планирования, что ускоряет и упрощает работу специалистов [4].

Обеспечение эффективности достижения целей строительных проектов является главной задачей управления и организации

строительного процесса. На этапе проектирования решаются задачи, направленные на выявление и уменьшение угроз, связанных с неопределенностью. В качестве инструмента для снижения рисков может использоваться технология искусственного интеллекта с ее разнообразными методами расчета [5].

На сегодняшний день в России уже существуют программные комплексы, использующие ИНС, которые можно применять в строительной отрасли. В России программу STATISTICA Neural Networks от Statsoft можно применять в строительстве для различных целей. Например, нейронные сети могут использоваться для прогнозирования времени выполнения строительных проектов, что поможет оптимизировать планирование и управление ресурсами. Также они могут быть применены для анализа данных о качестве строительных материалов, что поможет улучшить качество и долговечность строительных конструкций [6].

Другим примером использования программы STATISTICA Neural Networks в строительстве может быть анализ данных о безопасности на стройплощадке. Нейронные сети могут помочь выявить потенциальные опасности и риски, что позволит предпринять меры по предотвращению несчастных случаев и обеспечению безопасности работников на объекте. Программа STATISTICA Neural Networks от Statsoft может быть использована в различных аспектах строительства для повышения эффективности, качества и безопасности строительных проектов [5].

Также в строительстве может быть очень полезным использование ИСН RSM (Recursive Self-Organizing Maps) для анализа и прогнозирования различных аспектов проектирования и строительства. Например, нейронные сети RSM могут использоваться для анализа геологических данных и прогнозирования условий грунта на строительной площадке. Это позволяет инженерам и архитекторам более точно определить необходимые меры по укреплению фундамента или выбору подходящих материалов для строительства.

Кроме того, нейронные сети RSM могут быть использованы для анализа данных о технических характеристиках материалов, что позволяет оптимизировать процессы строительства и выбирать наиболее подходящие материалы для конкретных задач.

RSM в строительстве может значительно повысить эффективность проектирования и строительства, а также улучшить качество и безопасность окончательного продукта.

ИНС представляют собой мощный инструмент, который может быть применен в различных областях, включая строительство. Одним из основных преимуществ использования ИСН в строительстве является возможность улучшения точности прогнозирования

результатов проектов. Нейронные сети могут анализировать большие объемы данных и выявлять закономерности, что позволяет более точно предсказать время выполнения работ, затраты на материалы и ресурсы, а также потенциальные риски и проблемы. Также стоит отметить, что использование ИНС в строительстве может способствовать развитию новых технологий и инноваций.

Таким образом, перспективы использования ИНС в строительстве огромны. Их применение может значительно улучшить процессы проектирования, планирования и управления строительством, а также способствовать развитию новых технологий и инноваций в отрасли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Сапожников П.В., Кривчиков А.Н. Цифровизация строительной отрасли как it-структурирование пирамиды управления процессами // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2022. № 4. С. 12-24.

2. Амелин П.А. Применение искусственного интеллекта на этапе проектирования зданий и сооружений // В сборнике: Строительство. Архитектура. Дизайн. Материалы Четвертой Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Под редакцией С.И. Меркулова. Курск, 2023. С. 11-17.

3. Лapidус А.А., Ндайрагидже Ив Применение искусственных нейронных сетей в оценке организационно-технологических и управленческих решений в строительстве // Технология и организация строительного производства. 2017. № 2 (3). С. 3-6.

4. Хороших И.С. Проблемы и перспективы применения нейросетей в строительстве // В сборнике: MODERN RESEARCH AND TECHNOLOGY - 2023. сборник статей Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2023. С. 65-71.

5. Серопян А.В. Применение технологии нейронных сетей в строительстве // Общественное и социальная психология. 2022. № 10 (40). С. 177-179.

6. Коженко Н.В. Нейросети в проектировании и строительстве // В сборнике: ТОЧКИ НАУЧНОГО РОСТА: НА СТАРТЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ. Материалы ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2022 г.. Краснодар, 2023. С. 164-166.

Рыбаков Д. А., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Крючков А. А.

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ УЗЛОВОГО СОЕДИНЕНИЯ РИГЕЛЯ С КОЛОННОЙ В МОНОЛИТНЫХ И СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Моделирование строительных конструкций – это процесс создания модели или прототипа строительной конструкции, который позволяет инженерам, архитекторам и строителям тестировать и оценивать ее характеристики, функциональность и эффективность до начала фактического строительства. Этот процесс помогает выявить потенциальные проблемы и недоразумения в конструкции, а также оптимизировать дизайн и структуру до того, как будет затрачено большое количество ресурсов на строительство [1].

Моделирование строительных конструкций может включать в себя создание физических моделей, компьютерных 3D-моделей, макетов или просто предварительных чертежей и схем. Эти прототипы могут быть использованы для тестирования прочности, устойчивости к нагрузкам, энергоэффективности и других характеристик конструкции.

Физическое моделирование может включать в себя создание макетов зданий, мостов, дамб, дорог, аэропортов и других инфраструктурных объектов с использованием различных материалов, таких как дерево, пластик, металл и др. Эти модели могут быть масштабированы, чтобы точно представить будущий объект, исследовать его конструкцию и выполнить необходимые тесты, чтобы удостовериться в его надежности и эффективности.

Узловое соединение ригеля и колонны является одним из главных элементов в конструкции зданий из железобетона, так как здесь сосредоточены максимальные нагрузки. Оно обеспечивает прочность и устойчивость всей конструкции, а также позволяет распределять нагрузки равномерно по всему зданию [3].

Принципы моделирования узлового соединения ригеля с колонной в железобетонных конструкциях основаны на нескольких важных принципах и подходах [4]. Вот некоторые из них:

1. Анализ и проектирование: Моделирование начинается с анализа требований и проектирования соединения. Это включает определение

нагрузок, которым будет подвергаться соединение, выбор соответствующих материалов и размеров компонентов, а также определение оптимального расположения узла. Проектирование также включает в себя учет требований нормативных документов и стандартов.

2. Моделирование и создание прототипа: Следующим шагом является создание модели или прототипа соединения. Это может быть физическая модель, созданная с использованием масштабирования или 3D-печати, или виртуальная модель, созданная с использованием компьютерных программ и специализированных инструментов. Моделирование позволяет проверить работоспособность и эффективность соединения, а также выявить возможные проблемы или несоответствия [6].

3. Испытания и анализ: после создания прототипа следует провести испытания на прочность и деформативность. Это может включать статические или динамические испытания, испытания на устойчивость или испытания на долговечность. Результаты испытаний позволяют оценить работоспособность и надежность соединения, а также внести необходимые изменения или улучшения в его конструкцию.

4. Оптимизация и улучшение: Моделирование также предоставляет возможность оптимизировать и улучшить соединение. Это может включать изменение размеров или типов компонентов, изменение способа крепления, а также использование новых материалов или технологий. Целью оптимизации является достижение наилучшей производительности и надежности соединения.

5. Тестирование и проверка. После внесения изменений и улучшений следует провести повторные испытания и проверку работоспособности соединения. Это позволяет убедиться в эффективности и надежности соединения и подтвердить его соответствие требованиям нормативных документов и стандартов.

В монолитном железобетоне узловое соединение ригеля и колонны выполняется за счет литого монолитного блока, который образуется при заливке бетона в опалубку (рис. 1). Такой способ соединения обеспечивает высокую прочность и надежность конструкции, так как монолитный блок не имеет швов и стыков, которые могут быть слабыми местами [5].

В сборно-монолитном железобетоне узловое соединение ригеля и колонны выполняется за счет использования готовых сборных элементов, которые затем связываются между собой бетоном. Этот метод соединения сочетает в себе преимущества как монолитного, так

и сборного железобетона (рис. 2). С одной стороны, он позволяет быстро и экономично возвести здания с использованием готовых элементов, с другой стороны, благодаря бетонированию мест соединения, конструкция приобретает прочность и устойчивость, сравнимую с монолитным железобетоном [2].



Рис. 1. Модель узла сопряжения монолитных железобетонных колонны и ригеля

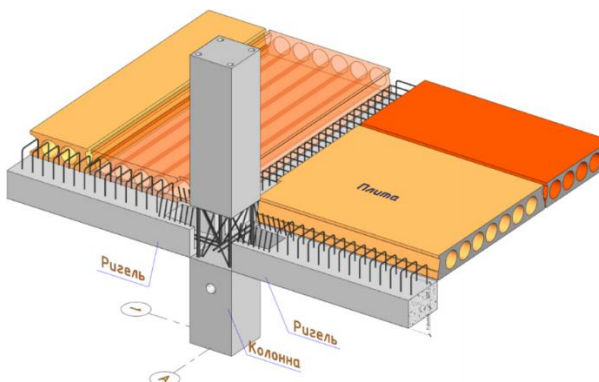


Рис. 2. Узел сопряжения колонны и ригеля в сборно-монолитном каркасе

Однако, несмотря на преимущества обоих методов соединения, у каждого из них есть свои недостатки. Так, в монолитном железобетоне требуется большой объем работ, а также определенные навыки и квалификация у строителей. В сборно-монолитном железобетоне может

возникнуть проблема соединения готовых элементов, особенно если они несовместимы по размерам или форме.

В целом, можно сказать, что узловое соединение ригеля и колонны является ключевым элементом в конструкции зданий из железобетона, независимо от того, какой метод соединения используется, поэтому, моделирование – обязательный процесс перед выполнением такого рода ответственных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 57563-2017. Моделирование информационное в строительстве. Основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Издание официальное: Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28.07.2017 г. № 763-ст. Москва: Стандартинформ, 2017. – 4 с.

2. ЦЭИИС [Электронный ресурс]: ГБУ г. Москвы «Центр экспертиз исследований и испытаний в строительстве» : URL : <https://ceiis.mos.ru>. (дата обращения: 22.10.23)

3. Свод правил по проектированию и строительству: СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры: нормативно-технический материал. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 53 с.

4. Луценко А.И., Арискин М.В. Исследование работы узлового сопряжения ригелей и колонн в сборно-монолитном железобетонном каркасе с применением системы автоматизированного проектирования // Строительная механика. 2022. №4. С. 2-4.

5. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения (актуализированная редакция СНиП 52-01-2003). М.: Минрегион России, 2012. 161 с

6. Зобова А.Г., Крючков А.А. Использование единой среды проектирования и расчета (информационное моделирование) на примере типового проекта серии 291-8-19С.87 // Сборник докладов Международной научно-практической конференции (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова). 2018. С. 65-70.

Фарстова Д. А., магистрант

**Научный руководитель: канд. архитектуры
Борисов С. В.**

*Московский архитектурный институт
(государственная академия), г. Москва, Россия*

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ХРАМОВЫХ ОБЪЕКТОВ

Проблема инновационного подхода на всех этапах жизненного цикла, в том числе и при проектировании, представляется важной для всего строительного комплекса. По всему миру идет постепенное внедрение BIM (Building Information Modeling) в процесс разработки проектов – трехмерного моделирования, в котором модель неразрывно связана с базой данных. В BIM-модели собрана вся информация о строящемся или реставрируемом объекте: размещение в пространстве, материалы и их стоимость, инженерные системы, проект интерьеров и фасадов, конструктивные решения. Но, несмотря на кажущиеся преимущества, в России количество архитектурных бюро, работающих в BIM, мало. Это обуславливается спецификой BIM-моделирования. Кроме того, большая часть тех, кто не перешел на проектирование в BIM, или же имели опыт работы с использованием информационного моделирования, осознали необратимость изменений, происходящих в архитектурной среде: т.е. замене архитектора на искусственный интеллект – программу для типового строительства из типовых элементов. В данной статье мы рассмотрим преимущества и недостатки BIM-моделирования храмовых объектов в сложившейся современной архитектурной практике.

Проектирование храмов – особое направление в архитектуре, требующее не только профессиональных знаний, но и понимания и особого внимания к традициям и канонам, сформированных веками. При этом должны быть учтены действующие нормы и правила. Проектирование культовых зданий и сооружений является одним из самых сложных видов проектных работ, т.к. каждый собор, храм, часовня – уникальный, неповторимый и технически сложный объект, который предполагает высокую детализацию при проектировании и не приемлет типовые элементы. Архитекторы, проектируя религиозное здание, зачастую обращаются к «ручным» эскизам, которые могут быть выполнены в любой технике. На стадии эскиза работа в BIM-системе крайне сложна, т.к. архитектор должен согласовывать каждый свой шаг с BIM-менеджером, который в свою очередь будет координировать

процесс работы и создавать необходимые элементы, например, семейства окон. По сути, архитектор должен выдавать задание человеку, далекому от архитектуры, для разработки деталей здания. Это обуславливается отсутствием в программах информационного моделирования каталогов и библиотек элементов, которые возможно модернизировать и применить на конкретном объекте. Работа над созданием библиотек – труд огромного числа специалистов BIM.

Из самых известных храмовых комплексов, построенных по BIM технологии, можно выделить храм Новомучеников и Исповедников Церкви Русской на крови на территории Сретенского монастыря в Москве (рис. 1, а, б). Данный комплекс является результатом использования BIM-технологий с применением программных продуктов AutoCAD, Revit, Lumion, Pilot-ICE [1, с. 79].

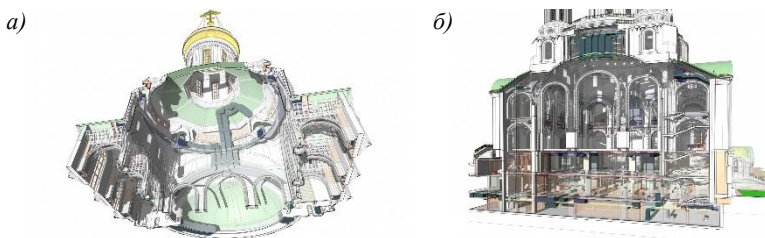


Рис. 1. Храм Новомучеников и Исповедников Церкви Русской на крови на территории Сретенского монастыря в Москве¹: а, б – информационная модель

С помощью информационной модели были получены следующие результаты: осуществлена горизонтальная и вертикальная увязка проекта интерьеров, фасадов и архитектурно-строительной части; реализована геометрическая увязка инженерных систем со строительной; обеспечено удобное визуальное представление спроектированных конструкций и инженерных систем (рис. 1, б) [1, с. 82].

Также можно привести в пример проект восстановления собора Нотр-Дам де Пари. Для его реставрации было создано несколько моделей, показывающий первоначальный вид собора, собор после пожара и варианты реконструкции (рис. 2, а). Кроме того, общественная организация EРА и Autodesk совместно разработали модель Revit BIM, включающую в себя сам Нотр-Дам, склеп, ризницу, шпиль и сады за собором (рис. 2, б).

¹ Генпроектная организация – ООО «Проектная мастерская «Точка сборки» (Источник: <https://stroj.mos.ru/gallery/1251>, дата обращения 06.11.2023.)

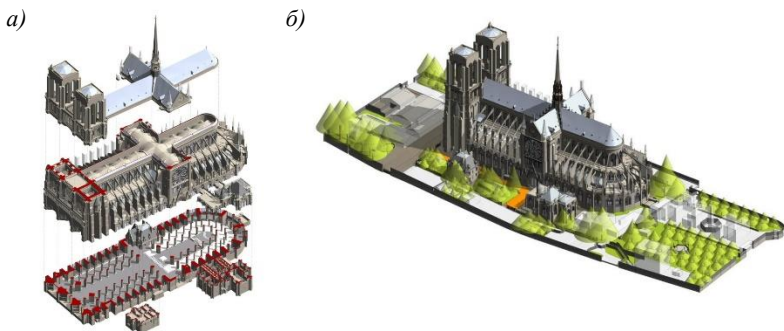


Рис. 2. Собор Нотр-Дам де Пари в Париже²: а, б – информационная модель

В работе над перечисленными объектами работала большая команда ведущих специалистов архитектурных компаний и представителей компаний-разработчиков программ для BIM-моделирования, что значительно оптимизировало действия.

При идеальной работе BIM позволит в виртуальном режиме согласовывать конструкции, архитектуру, инженерные системы здания, выполнить анализ проекта и принять наилучшее решение с учетом имеющихся данных, получить точные спецификации, ведомости и технико-экономические характеристики. Возможна реалистичная визуализация. Специалисты, принимающие участие в проектировании, наглядно и в режиме реального времени видят работу друг друга. Созданная модель передается в эксплуатационную службу. BIM позволяет в виртуальном режиме состыковывать и согласовывать все компоненты и системы здания, проверять их функциональность. Стоит заметить, что на данный период времени эти системы для большинства организаций не отработаны, так как развитие технологии BIM находится только на своей начальной стадии, еще не выработан единый стандарт информационного моделирования зданий. Стоит особо подчеркнуть ряд отрицательных качеств BIM. Во-первых, построение информационной модели – трудоемкий и длительный процесс. Во-вторых, для быстрой разработки проекта необходима обширная библиотечная база, которой пока еще не существует. В-третьих, высокая стоимость программного обеспечения и время для обучения сотрудников. Поэтому на практике для широкого и качественного использования информационного моделирования в проектной работе

² Управление реставрацией: государственное агентство Établissement Public (Источник: <https://bim-portal.ru/stati/bim-modeli-v-vosstanovlenie-notr-dam/?ysclid=lomzq0qlmy551178023>, дата обращения 06.11.2023.)

над храмовыми объектами, кроме совершенного владения программами BIM, необходима также четкая и совершенная методика создания информационных моделей.

Решением проблемы информационного моделирования храмовых объектов нами видится создание четкой стратегии действий в работе над проектом здания религиозного назначения. На стадии эскиза архитектор работает в ручной графике и в любых удобных для него САД-программах. На стадии «П» (проектная документация) архитектор со смежными специалистами передают техническое задание BIM-менеджеру на разработку подготовительной модели проекта (создание осей, уровней, семейств). На стадии «РД» (рабочая документация) будет осуществляться BIM-моделирование с помощью команды BIM-менеджеров, где главный архитектор проекта будет осуществлять контроль. Стоит заметить, что именно на стадии «РД» заказчик сможет контролировать создание информационной модели.

По данному методу нами был разработан проект певческого комплекса с часовней во имя святого преподобного Романа Сладкопевца в деревне Млевичи (рис. 3а). В процессе работы над комплексом эскизы были выполнены в ручной графике, затем отработаны объемно-планировочные решения в AutoCAD (рис. 3, б). Также на этом этапе было выполнено конструктивное решение и решение инженерных систем. На последнем этапе, когда принципиальных изменений не ожидалось, была создана информационная модель в Revit. Данный способ нами видится наиболее удачным в работе над храмовыми сооружениями.

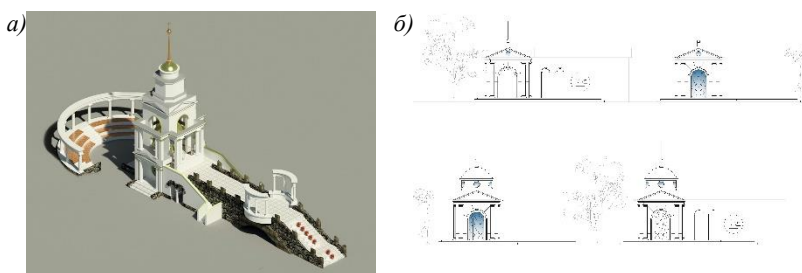


Рис. 3. Певческий комплекс с часовней во имя святого преподобного Романа Сладкопевца³ : а – информационная модель; б – поисковые эскизы

Развитие BIM-технологий – необратимый эволюционный процесс технологии проектирования и строительства. Анализируя работу в BIM,

³ Автор проекта Фарстова Д.А., научн. рук. Борисов С.В., кафедра «Храмовое зодчество», Московский архитектурный институт, 2022–2023 гг.

можно сделать вывод, что моделирование храмовой архитектуры с использованием информационных технологий – задача выполнимая. Хотя современные программы BIM моделирования зданий первоначально не рассчитаны на работу с такими уникальными объектами, а больше приспособлены к проектированию типовых зданий и сооружений. Использование технологии информационного моделирования зданий в проектировании храмов может открыть новые возможности виртуального эксперимента, но и требует разработки новых методик моделирования, больших трудозатрат и сотрудников. Но учитывая специфику разработки проектов церковных сооружений, к внедрению BIM-систем необходимо подходить избирательно. Практика показывает, что разработка уникальных объемов, интерьеров, деталей храма нуждается в «ручной» проработке. Храмовые объекты - не типовое строительство. BIM-технологии при строительстве храмов разумно применять на финальных стадиях проектирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ильвицкая С.В., Ильвицкий Д.Ю., Этенко В.П., Истомин Б.С., Колесникова Т.Н., В Прыки Н.Б. Инновационные технологии компьютерного моделирования конструкций и сооружений в проектировании и строительстве нового храма Сретенского монастыря в Москве // Construction materials. 2018. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-tehnologii-kompyuternogo-modelirovaniya-konstruktsiy-i-sooruzheniy-v-proektirovanii-i-stroitelstve-novogo-hrama> (дата обращения: 30.10.2023).
2. Как Нотр-Дам восстанавливают с помощью BIM-модели [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://digital-build.ru/kak-notr-dam-vosstanavlivayut-s-pomoshhyu-bim-modeli/>, дата обращения 31.10.2023.
3. Козлова Т.И., Талапов В.В. Об особенностях информационного моделирования памятника деревянного зодчества - Спасо-Преображенской церкви Зашиверского острога // АМТ. 2011. №3 (16). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-osobennostyah-informatsionnogo-modelirovaniya-pamyatnika-derevyannogo-zodchestva-spaso-preobrazhenskoj-tserkvi-zashiverskogo-ostroga> (дата обращения: 30.10.2023).
4. Новый храм Сретенского монастыря: BIM-технологии, скрытые инженерные сети и 3D-мэппинг [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://stroi.mos.ru/gallery/1251>, дата обращения 31.10.2023.
5. Преимущества и недостатки использования BIM при проектировании [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://saf.petsru.ru/journal/article.php?id=1501>, дата обращения 31.10.2023.
6. Храм, построенный по BIMу [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://cad.kz/articles/khram-_postroennyy_po_bimu/, дата обращения 31.10.2023.

ПРОГРЕССИВНЫЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Арутюнян Л. Г., магистрант,
Пастухов А. А., магистрант**

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

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

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ФРАГМЕНТОВ РАЗРУШЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В современном мире, на фоне возрастающей нестабильности и разнообразных вызовов, таких как природные катаклизмы, техногенные кризисы и военные действия, некоторые страны сталкиваются с серьезной дилеммой: как справиться с огромными объемами строительных и промышленных отходов, которые негативно влияют на окружающую среду и визуальный облик регионов.

Эта проблема становится все более острым фактором для ряда государств. Сложность заключается в том, что огромные объемы строительных отходов, которые часто неверно утилизируются и остаются на открытых площадках или в низинах рельефа, не только портят эстетику местности, но и представляют реальную экологическую угрозу. Загрязнение почвы, водных ресурсов и воздуха становится нормой.

В условиях возрастающей сложности исчерпания ресурсов и роста экологических проблем, вторичное использование строительных отходов становится неотъемлемой частью устойчивого строительства. Это рациональное решение проблемы обращения с отходами, а также путь к более экологичной будущей инфраструктуре. В частности, в ситуациях, когда доставка новых строительных материалов осложнена из-за различных факторов, таких как поврежденные дороги или удаленные регионы, вторичное использование отходов становится жизнеспособной альтернативой. Данный ресурс может быть эффективно переработан и использован для восстановления зданий и сооружений [2].

Этот метод не только снижает экологический след, но и способствует экономии ресурсов. Он поднимает вопросы устойчивости и ответственности в строительной индустрии, поощряя инновации и развитие рециклинга в экономике. В конечном итоге, вторичное использование строительных отходов может сыграть важную роль в создании более устойчивого и экологически дружелюбного будущего.

Для преодоления данной проблемы необходимо провести глубокое исследование, начиная с тщательного отбора представительных образцов обломков разрушенных зданий и инфраструктуры. По этим образцам можно разработать инновационный метод внедрения техногенных материалов в строительство с максимальной эффективностью.

Исходя из этого, создание смешанных композитных материалов для различных строительных целей на основе отходов дробления фрагментов разрушенных объектов становится настоятельной задачей. Это позволит разработать новые вяжущие материалы и мелкозернистые бетоны, которые можно будет использовать в различных строительных проектах. Такой подход обеспечит двойную выгоду: сокращение объема отходов и создание более устойчивых материалов для будущего строительства.

Так, например, на сегодняшний день, Донбасс столкнулся с огромной проблемой в виде накопленных 3,5 миллиарда тонн различных отходов, включая промышленные, строительные и твердые бытовые. И что более важно, этот объем постоянно увеличивается на сотни тысяч тонн каждый год. Поэтому использование этих ресурсов для производства экологически чистых строительных материалов может стать ключевым шагом к улучшению экологической обстановки и устойчивого развития [4].

Оставшиеся остатки после строительства, ремонта и разрушения зданий остаются в следующем процентном выражении:

- приблизительно 20-30% составляют древесные отходы;
- металлические отходы составляют около 10-15%;
- полимерные материалы, включая пластик, приблизительно 10-20%;
- большую долю, около 30-40%, занимают минеральные материалы, такие как бетон, кирпич, песок, щебень и гравий;
- остатки, такие как стекло и керамика, составляют менее 1% от общего объема. Этот низкий процент показывает, что их утилизация остается недостаточной, и множество этих материалов попадает на свалки, что несет ненужную нагрузку на окружающую среду [5].

Несмотря на существующие стандарты и передовые технологии для обработки и утилизации крупнотоннажных строительных отходов,

до сих пор не удалось найти подходящее государственное или отраслевое решение.

В связи с этим, рассмотрим различные виды строительных отходов, а также их потенциальное применение.

Таблица 1

**Основные виды отходов строительного комплекса,
являющиеся потенциальными вторичными ресурсами**

Продукция	Виды малоопасных (4 класс) и практически неопасных (5 класс) отходов	Назначение продукции
Гранулят асфальтобетона	Лом асфальтобетонных покрытий	Отсыпка площадок, стоянок
Заполнитель асфальтобетонных смесей	Лом асфальтобетонных покрытий	Бетон для различных строительных работ
Щебень из лома, боя бетона, железобетонных конструкций	– лом бетонных изделий, отходы бетона в кусковой форме; – отходы затвердевшего строительного раствора в кусковой форме; – лом бетонных, железобетонных изделий в смеси при демонтаже строительных конструкций	Заполнитель для бетонов, основания дорожных покрытий, планировочные работы
Щебень из боя, лома кирпича	– бой строительство кирпича; – лом кирпичной кладки от сноса и разборки зданий	Планировка территорий. Строительство временных дорог, площадок
Брикетированное полимерное сырье	– отходы пленки полиэтилена и изделий из нее; – лом и отходы изделий из полиэтилена, полипропилена, полистирола; – отходы ПВХ в виде изделий или лома изделий	Выпуск продукции строительного и иного назначения из полимерного сырья
Эковата	– отходы упаковочной бумаги, картона, гофрокартона незагрязненные; – отходы потребления различных видов картона и бумаги	Теплоизоляционный материал

Данные отходы, характеризующиеся низкой степенью опасности, становятся ценными вторичными материальными ресурсами после соответствующей обработки. Этот ресурс может обрести товарную

ценность и широко использоваться в производстве, а также в иных рабочих процессах.

Общая последовательность выполнения рециклинговых работ происходит следующим образом:

1. Сбор и транспортировка: первым делом необходимо собрать строительные отходы со стройплощадки. Затем организовать их транспортировку к месту рециклинга.

2. Сортировка: прибыв на место рециклинга, провести тщательную сортировку отходов. Необходимо разделить различные типы материалов, такие как бетон, кирпичи, металл, дерево и пластик, чтобы облегчить последующие этапы переработки.

3. Дробление и измельчение: в зависимости от материала, отходы должны быть раздроблены и измельчены, а также отсортированы по фракциям.

4. Тестирование качества: важным этапом является проверка на качество полученных вторичных материалов, чтобы удостовериться, что они соответствуют стандартам и могут быть безопасно использованы в строительстве.

5. Сбыт и использование: после успешной переработки и проверки качества, вторичные материалы могут быть проданы или использованы в новых строительных проектах.

6. Отслеживание и отчетность: Важно вести учет всех этапов рециклинга и подготавливать отчеты о количестве и типе материалов, которые были рециклированы. Это помогает следить за эффективностью процесса и придерживаться экологических норм.

Правильное проведение этих этапов позволяет максимально использовать строительные отходы в качестве вторсырья, сокращая необходимость в новых природных ресурсах и снижая воздействие на окружающую среду.

При проектировании бетонных смесей необходимо учитывать различные характеристики фракций щебня, такие как прочность, дробимость и другие факторы. Эти параметры помогают определить оптимальный класс бетонной смеси для восстановления фрагментов разрушенных зданий и сооружений. Если фрагменты слабые, то рекомендуется использовать классы бетона В15 или В20, в то время как для более прочных фрагментов подойдут классы В25, В30 и так далее. Такой подход позволяет эффективно классифицировать фрагменты и разрабатывать соответствующие бетонные составы. Кроме того, после проведения анализа и классификации фрагментов, можно получить необходимые композиционные вяжущие, исследовав пробы. Эти композиционные вяжущие будут основой для создания бетона, который

может быть использован при восстановлении разрушенных зданий и сооружений [1].

Так, например, современные исследования подтверждают, что бетон, созданный на основе керамического кирпича в качестве заполнителя, обладает уникальной однородностью прочности. Это обусловлено превосходной адгезией керамики к цементному раствору, что обеспечивает надежное сцепление и достаточно высокую прочность. Сравнивая прочность керамического кирпича с цементным камнем, можно утверждать, что они находятся на одном уровне. Однако бетон на основе щебня из бетонного лома демонстрирует самую низкую однородность прочности, в силу того, что щебень из бетонного лома сам по себе неоднороден, включая элементы как природного, так и искусственного происхождения. В настоящее время идут работы по разработке технологий для разделения бетонного лома на исходный заполнитель и цементный камень, что предоставит более эффективные методы переработки и повторного использования этого материала [3].

Рациональное использование строительных материалов, полученных из фрагментов разрушенных зданий и сооружений, представляет собой важный аспект устойчивого и экологически обоснованного строительства. Эта практика позволяет не только сократить количество строительных отходов и снизить негативное воздействие на окружающую среду, но также обеспечивает доступ к ценным ресурсам для восстановления и реконструкции существующих объектов. Благодаря использованию современных технологий и методов, эти материалы могут быть обработаны и применены с минимальными затратами, что делает данную практику не только экономически выгодной, но и важной для устойчивого развития строительной индустрии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик, Р.В. Теоретические аспекты использования фрагментов разрушенных зданий и сооружений / Р.В. Лесовик, А.Х. Аласханов, А.А.А. Ахмед // Междунар. науч.-практ. конф. «Наукоёмкие технологии и инновации». - Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 29 апреля 2019 г. - С. 287-289.

2. Муртазаев, С-А. Ю. Эффективные бетоны и растворы на основе техногенного сырья для ремонтно-строительных работ / Сайд-Альви Юсупович Муртазаев: дис. ... д-ра техн. наук. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. - 383 с.

3. Муртазаева, Т.С.-А. Разработка рецептур высококачественного бетона на основе местного техногенного сырья / Т.С.-А. Муртазаева, А.Х. Аласханов, Х.И. Магомадов, Ш.С. Сайдумов // ШАГ В НАУКУ.

Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции с участием студентов. Грозный, 2021. С. 336-341.

4. Перспективы развития строительного комплекса в Донецкой Народной Республике: сборник тезисов докладов II-го Республиканского научно-практического круглого стола (с международным участием), 17 декабря 2020 г., г. Макеевка / ГОУ ВПО «ДОННАСА». Макеевка: ДОННАСА, 2021. - 143 с.

5. Фролов, Н.В. К вопросу об использовании щебня из вторичного сырья / Н.В. Фролов, В.Ю. Переверзева // VII Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство». -Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015 г. -С. 58-62.

**Белогубкин В. А., студент,
Кушнин А. С., студент**

**Научный руководитель: ст.преп.
Салтанова Е. В.**

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

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОДУЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Модульное строительство – технология которая из года в год набирает обороты на строительном рынке во всем мире. Возводить здания за считанные месяцы при относительно небольших финансовых затратах стало возможным именно благодаря блок – модулям.

Может показаться что использование блок – модульной системы несколько противоречит современным строительным тенденциям как в архитектуре, так и во всем строительстве в целом. На самом же деле здания получаются минималистичными, современными и энергоэффективными.

Мировая практика уже не один десяток лет доказывает эффективность строительства при использовании модульных систем. За рубежом можно найти достаточно много интересных реализованных проектов зданий и сооружений в которых были использованы блок – модули. Примерами могут служить Башня-капсула «Накагин» в Японии, Тель-Авивская башня в Израиле, zola Social Housing в Словении и многие другие [1].

В СССР в 60 г.г. прошлого века активно стала внедряться индустриализация объемно-блочного домостроения. По этой

технологии начали возводить опытные объекты различного назначения. Массовое строительство жилья из объемных элементов заводского изготовления был одним из определяющих факторов. Новым этапом истории строительства модульных зданий в России стала программа строительства федеральных высокотехнологичных медицинских центров в рамках национального проекта «Здоровье» и других социальных объектов, рис. 1, 2. «Федеральный центр травматологии ортопедии и эндопротезирования», г. Смоленск 2008 г.; «Строительство детского сада на 120 мест Московская обл., п. Зеленоградский», 2013 г.; «Гостиница» на 145 номеров г. Воронеж, 2014 г. [2, 3].



Рис.1. Детский сад «Василек» на 120 мест



Рис. 2. «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования»

Интенсивнее всего в настоящее время технологии модульного строительства используются для освоения территорий Крайнего севера. Примером применения блочно-модульного метода строительства рис. 3, 4 в современной России является проект по добыче, сжижению и реализации газа «Ямал СПГ».



Рис. 3. Модуль завода «Ямал СПГ»



Рис. 4. Помещение первичной обработки сырья «Ямал СПГ»

Также примером блочно-модульного строительства являются медицинские многофункциональные центры, которые были возведены Минобороны во время пандемии в 16 городах страны (Смоленске, Севастополе, Калининграде, Волгограде, Одинцово, Новосибирске, Петропавловске-Камчатском, Уссурийске и др.) рис. 5, 6. Общая площадь объектов составила более 100000 м². Продолжительность возведения каждого из центров – от 40 до 65 дней [4].



Рис. 5. МКЦИБ в Воронцовском



Рис. 6. Инфекционный центр в Калининграде

Строительство модульных отелей и глэмпингов, в рамках национального проекта «Туризм и индустрия гостеприимства», идет в 19 регионах страны (Республика Алтай, Республика Дагестан, Республика Карелия, Республика Крым, Камчатский, Краснодарский край, Тверская, Тульская, Ярославская области и др.), рис. 7, 8.



Рис. 7. Модульный отель «Курильский рыбак». Курильские острова



Рис. 8. Модульный отель «Ковчег». Горный Алтай

В рамках федерального проекта «Бизнес-спринт (Я выбираю спорт)» будет построено 84 спортивных модульных объектов – физкультурно-оздоровительных комплексов, катков, бассейнов в Удмуртии, Татарстане, Саратовской Самарской Ростовской областях, рис. 9, 10.



Рис. 9. Спортивный зал из блок-модулей. Московская область



Рис. 10. Теннисная академия из блок-модулей. Астраханская область

На сегодняшний день, модульное строительство является одним из приоритетных направлений развития строительной отрасли. Согласно Постановлению Правительства РФ от 30.12.2017 г. №1710 «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации», ведется активная работа над созданием комфортной среды для стимулирования внедрения новых технологий в производстве строительных материалов, изделий и конструкций [5].

Для внедрения технологии в массовое жилое строительство нужно создать общероссийскую базу типовых модульных конструкций, из которых можно будет моделировать жилые дома как многоквартирные и многоэтажные, так и малоэтажные и даже индивидуальные.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Асаул А.Н., Казаков Ю. Н., Быков В. Л., Князев И. П., Ерофеев. Теория и практика использования быстровозводимых зданий – Россия. 2004. С. 19-24.
2. Адам Ф. М. Полносорное строительство модульных быстровозводимых малоэтажных зданий // Материалы научно-практической конференции «Постсоветское градостроительство». / Госстрой Росси ГУП НИИГрадостроительства. СПб, 2001. - С. 119-121.
3. Альхименко А. И., Ватин Н. И., Рыбаков В. А. Инновационные технологии ЛСТК. Теория и практика. // Технология легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) – Россия. 2008. С. 4-6.
4. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Рябчевский И.С. Современные технологии в строительстве Изд-во БГТУ им В.Г Шухова, Белгород, 2022.
5. Организационно-технологические основы строительства одноэтажных зданий индустриальным методом Кочерженко В.В., Гоков А.С. В сборнике: Научные технологии и инновации (XXIV научные чтения). Сборник докладов Международной научно-практической конференции. Белгород, 2021. С. 70-73.

Галаганова В. В., магистрант

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сергеева Н. Д.

*Брянский государственный инженерно-технологический
университет, г. Брянск, Россия*

К ВОПРОСУ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В строительной отрасли, как известно, есть ряд нерешенных проблем, среди которых отсутствие роста производительности труда, высокая доля ручных операций и производственный травматизм. Все эти три проблемы так или иначе предопределяются уровнем механизации и автоматизации технологических процессов. Несмотря на большое разнообразие средств, механизации остается актуальным вопрос непосредственного увеличения физической силы человека, его выносливости и защищенности на работах, связанных с перемещением тяжелых предметов на грани максимально допустимых для человека масс, их подъема на высоту и удержания в поднятом состоянии в течение длительного времени. Но, на текущий этап технического развития, а строительная отрасль пока не перешагнула уровня 3 технологического уклада, осуществить полную механизацию трудоемких работ не удалось. Это объясняется в том числе и огромным разнообразием рабочих операций, и примерами могут послужить погрузочно-разгрузочные, отделочные и др. работы. Ручные операции сложность типизировать и выполнение их часто связаны «со смекалкой», творчеством рабочего. Отметим, что в настоящий период полная автоматизация таких работ пока невозможна и нерентабельна в силу требований к обеспечению высокого уровня гибкости вследствие отмеченного большого разнообразия. Производственные операции с высокой долей ручного труда требуют рабочих невысокой квалификации, а проблемы с нарушением технологической дисциплины приводят к травматизму и профессиональным заболеваниям. Одним из решений вышеприведенных проблем является использование промышленных экзоскелетов [1, 2].

Промышленный экзоскелет – сменное устройство, предназначенное для преумножения физических возможностей человека по перемещению, подъему и удержанию грузов за счет внешнего каркаса и/или приводящих элементов. Целью применения промышленных экзоскелетов в строительной отрасли является улучшение условий труда подсобных рабочих, монтажников, отделочников и др., снижения производственного травматизма и повышения производительности труда [3]. Согласно

классификации, в зависимости от вида источника энергии и типа привода различают активного и пассивного типов. Первые - в качестве источника энергии используются внешние устройства, а вторые - и используют перераспределение кинетической энергии самого человека. В настоящее время промышленного производства экзоскелеты выпускают для верхних и нижних конечностей человека, а также экзоскелеты-костюмы [4]. Главной задачей экзоскелетов для выполнения ручных операций является снижение длительной статической или динамической нагрузки на конечности и позвоночник работников, повышение их работоспособности, снижение риска травматизма и создание гигиены труда на высоком уровне. Преимуществом экзоскелетов является небольшой вес, способность в несколько раз преумножить физическую силу человека и возможность механического повторения большого количества движений. Именно в силу этих качеств экзоскелеты в настоящее время остро востребованы в медицине, военных целях, в условиях радиационной опасности, строительстве и промышленности с поточным производством продукции.

Среди ограничений к применению экзоскелетов в строительном производстве отметим такие как:

- требование сохранять устойчивое равновесие тела относительно опоры;
- требование сохранять форму физиологичных изгибов позвоночника с, положение плечевого пояса и состояние суставов;
- требование исключения поворотов плечевого пояса, заменив по возможности подъем и перенос на перекатывание;
- требование не превышать предельные нагрузки.

Как известно, первые разработки экзоскелетов начались в 1960-х гг. по заказу Министерства обороны США, в частности требовались устройств для реабилитации пациентов после повреждений опорно-двигательного аппарата, в промышленные экзоскелеты [5].

В настоящее время можно выделить следующие области применения промышленных экзоскелетов:

- в горнорудной отрасли для добычи сырья (например, шахты, бункеры и на других подземных сооружениях);
- в мелкосерийном промышленном производстве, когда гибкость автоматизированного или роботизированного участка недостаточна в виду большого ассортимента выпускаемой продукции;
- в единичном производстве крупных технологически сложной уникальной продукции, когда выстраивание роботизированного сборочного производство нецелесообразно;
- при погрузочно-разгрузочных работах при переменной и большой номенклатуре грузов, их переносе внутри зданий и на стройплощадке.

– при выполнении работ текущего и капитального ремонта зданий и сооружений с тяжелым ручным механизированным инструментом [6].

Особе следует отметить перспективы применения в строительном производстве экзоскелетов-костюмов. Ввиду того, что силовой каркас экзоскелетного костюма позволяет значительно сократить нагрузку на рабочего при статическом удержании груза, его конструктивные особенности выполнять работу не только в положении стоя, но и в положении сидя (важно в условиях ограниченного пространства). А наличие механических упоров, гравитационных компенсаторов и противовесов, позволяют перенести нагрузку с тела человека, на механический каркас костюма при выполнении технологических операций, связанных с подъемом, удержанием и переносом грузов (рис. 1).



Рис. 1. Демонстрация возможностей обеспечения статического равновесия в положении сидя

Таким образом, перспективы применения экзоскелетов хорошие, но в настоящее время связаны с проблемами организации научно-производственного потенциала ИТР к созданию собственных разработок; организации серийного производства и динамики роста их выпуска, а также стоимостью.

Мировой рынок экзоскелетов быстро развивается, демонстрируя рост с 25,4 млн долларов в 2015 г. с перспективой роста до 4,2 млрд долларов к 2027 г. Ожидается, что сегмент промышленных экзоскелетов будет самым быстрорастущим [5].

На российском рынке уже в 2018-2020 гг. было представлено несколько промышленных экзоскелетов:

– EgoChair, пассивный промышленный экзоскелет для нижних конечностей, представленный компанией ООО "Полезные роботы" и конструкторским бюро "Карфидов Лаб" (центр коллективного пользования "Сколково"). Заявленная стоимость экзоскелета – около 150 тыс. рублей.

– ExoBelt, прототип пассивного промышленного экзоскелета для снижения нагрузки на мышцы спины и позвоночник при поднятии предметов на 40%, представленный на международной конференции Skolkovo Robotics компанией «ЭкзоАтлант». Заявленная стоимость экзоскелета – около 2 тыс. долларов при массовом производстве [3].

– Exorise, линейка пассивных экзоскелетов для металлургической отрасли, представленная магнитогорской компанией «РнД МГТУ», участником рынка «Нейронет» Национальной технологической инициативы. Заявленная стоимость экзоскелета – 50 тыс. рублей.

– Экзоскелеты для работы с тяжелыми грузами для промышленных предприятий, переносящие на себя до 90% нагрузки со спины человека, представленные компанией «Норникель» совместно с Юго-Западным государственным университетом. Запущено серийное производство для российских предприятий.

– ProEXO, модульный промышленный экзоскелет, являющийся пассивным или активным в зависимости от конфигурации, представленный в марте 2020 г. компанией «Ростех – Доверенные Платформы Робототехнические Комплексы». Заявленная стоимость – от 30 тыс. руб.

Однако, использование промышленных экзоскелетов имеет некоторые недостатки. Несовпадение кинематики экзоскелета и конкретного рабочего, ограничение физической подвижности человека может привести к развитию новых профессиональным заболеваний. Так, например, использование пассивного промышленного экзоскелета для верхних конечностей может снижать нагрузку на мышцы плеча, но при этом увеличивать нагрузку на поясницу. Кроме того, перед внедрением экзоскелетов на предприятие, необходимо проводить перепланировку рабочих мест в соответствии с габаритами и кинематикой экзоскелетов [4].

Использование промышленных экзоскелетов в строительной отрасли как важного направления решения насущных проблем, в их числе рост производительности; улучшение условий труда, снижение риска производственного травматизма. Наибольшее развитие в РФ в отрасли получили пассивные промышленные экзоскелеты по причинам невысокой стоимости, отсутствия элементов привода и внешних источников энергии, наличия на рынке к приобретению, их конструктивная простота и удобство использования с перспективой расширения области применения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Официальный сайт компании «Экзомед» [Электронный ресурс]: URL: <https://www.exomed.org/exoarm1> (дата обращения: 9.11.2023).

2. Терминология и классификация экзоскелетов / А. А. Воробьев [и др.] // Вестник ВолгГМУ. – 2015. – № 3 (55). – С. 71-78.
3. Яцун С. Ф. и др. Кинематический анализ экзоскелета в процессе подъема груза // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологии. – 2015. – №. 3. – С. 24.
4. Яцун С. Ф. и др. Подъем груза в экзоскелете с гравитационной компенсацией // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2019. – Т. 23. – №. 2. – С. 8-17.
5. Яцун С. Ф., Антипов В. М., Карлов А. Е. Моделирование подъема груза с помощью промышленного экзоскелета // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2019. – Т. 22. – №. 6. – С. 14-20.
6. Dahmen, C. Challenges and possible solutions for enhancing the workplaces of the future by integrating smart and adaptive exoskeletons / C. Dahmen, F. Wцlcke, C. Constantinescu // Procedia CIRP. – 2018. – Vol. 67. – pp. 268-273.

**Гойдин А. С., магистрант,
Шляпкин А. Ф., магистрант**

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

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

ПРОВЕРКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШВОВ В ГАЗОБЕТОННОЙ КЛАДКЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КЛЕЯЩИХ СОСТАВАХ

В последнее время в Российской Федерации высокую популярность приобрела кладка из газобетонных блоков. Такая тенденция просматривается как в малоэтажном частном домостроении, так и в высотных застройках. Причина довольно проста – это дешево, надежно и не требует высококвалифицированного кадрового состава.

Применяют газобетон при возведении как несущих, так и ненесущих, и самонесущих наружных и внутренних стеновых ограждающих конструкций, что идеально подходит для строительства в самых различных сферах [5]. Для кладки чаще всего используют раствор на цементно–песчаной основе, клей для газобетона и клей–пену. Все они отличаются как по составу, так и по толщине слоя. Важно понять, насколько значимое влияние толщина шва при различных

клеевых составах будет оказывать на физико – механические характеристики газобетонной кладки.

Технология возведения газобетонных построек с течением времени не претерпевает особо значимых изменений. Клеевые составы, на которых производится кладка ячеисто–бетонных блоков, все же меняются. Последствия этого могут быть самые разные: чем толще шов, тем большей теплопроводностью он будет обладать, так как цементные растворы имеют ощутимо большую теплопроводность ячеистых изделий марок плотностью D400...D600 [2].

Швы на цементно–песчаном растворе, как правило, имеют толщину 10 ± 3 мм. Клей на основе цемента и минеральных наполнителей будет существенно отличаться, занимая всего 2 ± 1 мм. Самую тонкую толщину шва имеет полиуретановая клей–пена, обладающая высокой прочностью и отличной адгезией с различными материалами.

Таким образом, выбор клеевого состава напрямую влияет на толщину шва, что может приводить к увеличенным расходам тепла [1]. При использовании цементно–песчаных растворов процент тепло потерь может достигать 30%. В тоже время при использовании клея для кладки блоков этот показатель снижается до 10%. Даже при таком результате это неминуемо влечет дополнительные затраты ресурсов на отопление дома, что негативно влияет на ресурсосбережение, как таковое.

Важную роль может играть неравномерность кладочного раствора, которая появляется в следующем: несоблюдение технологии на производстве или пыль, мелкие камни или различные загрязнения, попадающие в шов при проведении самой кладки, что способствует более худшему уплотнению горизонтального шва. Согласно Глумову А., это приводит к тому, что кладочный элемент при вертикальных нагрузках на кладку, кроме сжатия испытывает еще и изгиб. Результатом служит снижение прочности кладки, по сравнению с каждым из элементов, из которых она состоит [3].

В моей работе предполагается провести эксперимент для проверки прочности и деформативности кладки из ячеисто–бетонных блоков на полиуретановых швах. Во-первых, предполагается проверка образца на сжатие. Для этого следует:

- первоначально, подготовить опытные образцы, проклеив их по техническим указаниям фирмы изготовителя тремя полосками по всему блоку;
- прикладывать предварительную вертикальную равномерно распределенную нагрузку;

- прилагать нагрузку с помощью гидравлического пресса;
- для выявления результатов использовать силоизмерительные приборы.

Проверку необходимо будет вести до фиксирования образования первых трещин, а также относительной деформации бетонной кладки. Эксперимент предполагается проводить до появления первых трещин на боковых гранях и до выявления характера разрушения.

Во-вторых, проверка на работу газобетонных блоков при изгибе. Изгиб важно учитывать, например:

- в наружных стенах при ветровой нагрузке;
- во внутренних стенах, из – за прикрученных к стенам различных предметов интерьера или шкафов;
- в стенах подвальных помещений или на подпорных стенах, подвергавшихся горизонтальному воздействию.

Испытывать образец следует при полном затвердении шва. При проведении эксперимента, силу предполагается прикладывать под углом 45° к горизонтальным швам.

В-третьих, предполагается проверить прочность и деформативность швов при сдвиге, так как в данном случае механизм разрушения должен предполагать сдвиг по неперевязанному сечению и разрыв по наклонному сечению. Деркач В.Н. в своей работе писал, что теоретически, первый механизм разрушения должен происходить, когда прочность горизонтального шва на срез или сцепление материалом шва и кладочным изделием ниже прочности последнего на растяжение. Второй – когда прочность швов на срез превышает прочность кладочного изделия на растяжение, или при высоких значениях сжимающих напряжений в кладке [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Кондрашев К.Р., Сулейманов К.А., Пирiev Ю.С. Энергосберегающие газобетоны на композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 4. С. 73-83.

2. Грановский А.В., Вишевский А.А., Экспериментальное определение нормального и касательного сцепления кладки из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения на различных клеевых составах // научно-технический и производственный журнал. 2015.

3. Глумов А. Кладка на полиуретановых составах: как устранить мостики холода // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. 2014. № 4. С. 30–31.

4. Деркач В.Н. Прочность и деформативность каменной кладки из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения на полиуретановых швах. Прочность и деформативность при сжатии, изгибе, сдвиге // Строительные материалы. 2017. № 5. С. 29-32.

5. Горшков А.С., Ватин Н.И. Инновационная технология возведения стеновых конструкций из газобетонных блоков на полиуретановый клей. // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. №8. С. 20-28.

**Гойдин А. С., магистрант,
Шляпкин А. Ф., магистрант**

**Научный руководитель: ст. преп.
Обернихина Я. Л.**

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

ТЕХНОЛОГИЯ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ СИСТЕМАМИ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН

Проблема обеспечения безопасности, надежности и долговечности зданий и сооружений является крайне важной и социально значимой. Любое строение может прийти в негодность из-за ошибки, допущенных при проектировании или производства строительно-монтажных работ, нарушения правил эксплуатации здания и сооружения, агрессивной природной среды, физического износа конструкции, процессов развития коррозии арматуры, отрывающих защитный слой или же локальных повреждений от температурных воздействий [1].

Из-за недостаточности исследований полимеркомпозитных материалов, в России наиболее распространены традиционные методы усиления железобетонных конструкций, хоть они и обладают ограниченной эффективностью и увеличивают вес конструкции. Однако, примерно 10-15 лет назад, на отечественном рынке появилась такая инновационная технология, как обертывание системой из углеродного волокна. В сравнении с традиционными методами, системы укреплений из углеродного волокна обладают значительным превосходством: отличаются прочностью, легкостью и неинвазивными свойствами. В отличие от традиционных методов модернизации или реконструкции, карбоновая обертка наносится прямо на существующую основу. Это сводит к минимуму поломки во время ремонта и значительно экономит время и затраты на установку.

Углеродное волокно подходит для постоянного укрепления любого железобетонного элемента конструкции [6]. Оно увеличивает несущую способность балок, колонн, перекрытий и стен, укрепляя потрескавшийся бетон и герметизируя его, предотвращая проникновение воды и восстанавливая прочность поврежденных элементов конструкции. Такие системы просты в использовании и подходят для различных областей укрепления, включая как массовые проекты гражданской инфраструктуры, такие как многоэтажные жилые застройки, так и сооружения очистных колодцев или элементов сооружения систем канализации и так далее [2-4].

Сама мембрана представляет собой однонаправленное углеродное волокно, сплетенное воедино для формирования листовой ткани и вместе с грунтовкой, клеем и пропиткой образует волокнистый композит. Он также выпускается в виде предварительно отвержденного ламината, используемого для улучшения изгиба и подвижности конструкции.

Технология применения довольно проста. Монтаж производится на внешней стороне бетонной колонны, балки или плиты перекрытия, в результате чего значительно повышается прочность без увеличения веса, что при традиционных способах увеличило бы нагрузку на другие элементы конструкции. Такая инновационная система обладает высокой прочностью на растяжение, а также небольшим весом.

Однако, при использовании обертывания системой из углеродного волокна необходимо следовать определенной технологии применения. Во-первых, подготовить поверхность усиливаемой конструкции шлифовкой поверхности для удаления любого рыхлого бетона, деформаций, химикатов или грязи. Края также следует закруглить, чтобы предотвратить концентрацию напряжений в одной плоскости. Если конструкция имеет некоторые дефекты, то их устраняют путем заполнения отверстий и трещин выравнивающим средством, представляющим собой трехкомпонентную эпоксидную шпатлевку [5].

Следующим шагом на бетон наносится двухкомпонентная пропитывающая грунтовка, которая позволяет соединению впитаться в бетон на глубину до 5 сантиметров. Далее наносится двухкомпонентный эпоксидный клей, специально разработанный для склеивания листов из углеродного волокна. Этот эпоксидный клей может передавать напряжение сжатия, сдвига и растяжения между сегментами железобетонной конструкции. Лист из углеродного волокна обрезается в соответствии с требуемой длиной. Лист, предварительно пропитанный грунтовкой, оборачивают вокруг колонны, с нахлестом в 10 см.

Важно позаботиться о том, чтобы в отсутствии воздушных карманов. Для их удаления используют резиновый валик, способствующий правильному прилеганию ткани к поверхности. При завершении работы, на лист наносится двухкомпонентный эпоксидный наполнитель, который полностью герметизирует волокна. Как только волокнистый композит полностью затвердеет, его прочность на сжатие может увеличиться на 30-40% и, следовательно, увеличится несущая способность.

В заключение можно отметить, что технология усиления железобетонных конструкций композитами в целом является эффективным методом восстановления и увеличения несущей способности изгибаемых элементов. В данном случае, обертывание углеродным волокном является эффективной и экономичной альтернативой традиционным методам модернизации железобетонных конструкций. Благодаря своему составу, волокно не подвержено коррозии [7], что благоприятно влияет на прочность, долговечность, а также уменьшение затрат на ремонт и обслуживание железобетонной конструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лapidус А.А. Формирование интегрального потенциала организационно-технологических решений посредством декомпозиции основных элементов строительного проекта // Вестник МГСУ. № 12. 2016. стр. 114-123.

2. Гриценко М.Ю., Щуцкий В.Л. Применение композитной арматуры: перспективы внедрения // Новое слово в науке: перспективы развития: сборник материалов II международной научно-практической конференции. Чебоксары. 2014. С. 68–69.

3. Барабанщиков Ю.Г., Беляева С.В. Стеклопластиковая арматура для гидротехнического строительства // Труды СПбГТУ № 502. Строительство. К 100-летию Инженерно-строительного факультета. Санкт-Петербург. 2007. С. 202–210.

4. Ищук Я.Л., Водяхин Н.В. Обзор эффективности системы усиления полимеркомпозитными материалами. Свойства материалов при повышенных температурах // IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТУДЕНЧЕСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ – 2019. Сборник докладов (К 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова). Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. Том 2. С. 39-45.

5. Быков А.А., Калугин А.В. Особенности использования композитных материалов при усилении изгибаемых железобетонных конструкций // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика. 2013. № 3. С. 54-72.

6. Топчий Д.В., Сафенков Е.В. Зарубежный и отечественный опыт усиления железобетонных конструкций углепластиком // Технология и организация строительного производства. 2017. №3. С. 10-13.

7. Каримова С.А., Павловская Т.Г., Чесноков Д.В., Семенова Л.В. Коррозийная активность углепластиков и защита металлических силовых конструкций в контакте с углепластиком // Российский химический журнал. 2010. №1. С. 110-116.

**Горбачев Д. М., магистрант,
Атапина Н. А., магистрант**

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

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

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДОВ МОНТАЖА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РЕБРИСТО-КОЛЬЦЕВЫХ КУПОЛОВ

Монтаж ребристо-кольцевых куполов является одним из важных этапов при строительстве сооружений. Такие купола представляют собой конструкции из специальных металлических или железобетонных элементов, соединенных между собой (рис. 1). Они могут применяться как для промышленных и коммерческих зданий, так и для жилых. Ребристая форма купола обеспечивает ему прочность и устойчивость [1].

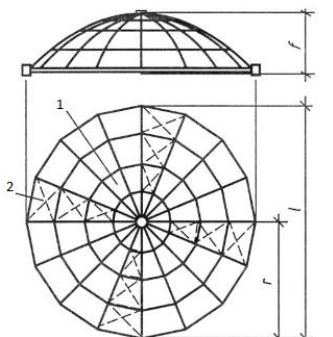


Рис. 1. Ребристо-кольцевой купол: 1 – промежуточные кольца, 2 – связи

Основными видами работ при монтаже ребристо-кольцевых куполов являются монтаж каркаса, установка элементов крыши и внутренней отделки. Для монтажа каркаса используются специальные металлические конструкции, которые крепятся друг к другу, образуя каркас купола [2, 3].

Одним из главных преимуществ монтажа ребристо-кольцевых куполов является их высокая прочность и надежность. Купола изготавливаются из качественных материалов, что позволяет им выдерживать различные нагрузки и сохранять свою форму в течение длительного времени.

Кроме того, ребристая крыша купола обеспечивает отличную защиту от воздействия атмосферных явлений, таких как дождь, снег, ветер и т. д. Это особенно важно при монтаже куполов на открытых площадках, таких как спортивные стадионы или выставочные центры.

Важным моментом при монтаже ребристо-кольцевых куполов является соблюдение всех требований и норм безопасности. При выполнении работ необходимо использовать специальное оборудование и соблюдать все инструкции и рекомендации производителя [4].

Монтаж ребристо-кольцевых куполов предполагает выполнение нескольких этапов, включающих в себя следующие виды работ:

1. Подготовительные работы. Включают в себя очистку места установки купола от мусора, установку опорной конструкции и установку временных опор для поддержки купола в процессе монтажа.

2. Установка каркаса купола. Каркас купола состоит из металлических ребер и колец, которые соединяются между собой. Каркас устанавливается на временные опоры и фиксируется.

3. Установка покрытия. Покрытие купола может быть выполнено из различных материалов, таких как металлический лист, стекло, поликарбонат и т.д. Покрытие устанавливается на каркас купола и фиксируется.

4. Завершающие работы. Включают в себя установку дренажной системы, установку вентиляционных отверстий и обработку соединений между элементами купола.

Правильное выполнение всех видов работ при монтаже ребристо-кольцевых куполов позволяет создать надежную и эстетичную конструкцию и достичь оптимальных результатов в установке данного типа куполов (рис. 2) [5].

Технологии монтажа ребристо-кольцевых куполов.

Монтаж ребристо-кольцевых куполов является важной частью процесса строительства. При правильном монтаже достигается оптимальная прочность и надежность конструкции. Существует несколько технологий монтажа ребристо-кольцевых куполов, каждая из которых имеет свои особенности и преимущества [6].

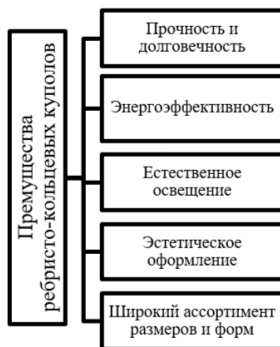


Рис. 2. Преимущества ребристо-кольцевых куполов

1. Каркасно-панельный метод.

При использовании данного метода, сначала устанавливается готовый каркас из профильных труб и уголков, который затем обшивается панелями. Панели предварительно изготавливаются в заводских условиях и обладают высокой точностью размеров и геометрической формы. После монтажа панелей производится укрепление каркаса. Каркасно-панельный метод обладает высокой скоростью монтажа и позволяет сократить время строительства.

2. Монтаж в две фазы.

Данный метод предусматривает монтаж купола в две фазы. Сначала производится установка основы купола и его облицовка внутренней части. После этого приступают к монтажу ребер и наружной облицовке. Вторая фаза монтажа позволяет упростить процесс работ и улучшить контроль качества, так как внутренняя часть уже готова и обеспечивает устойчивость конструкции.

3. Плавающий метод.

Данный метод монтажа применяется при высокой сложности конструкции купола. Сначала устанавливаются горизонтальные кольца, которые затем обвязываются вертикальными ребрами. Плавающий метод позволяет достичь максимальной точности монтажа и обеспечить устойчивость конструкции в условиях сильного ветра или других неблагоприятных погодных условий.

4. Монтаж по сегментам.

Данный метод предполагает, что купол монтируется по частям. Сначала устанавливаются основной каркас и необходимое количество сегментов. Затем производится монтаж оставшихся сегментов. Данный метод позволяет контролировать процесс монтажа и достичь высокой точности и качества работы [7].

Технологии монтажа ребристо-кольцевых куполов предлагают различные подходы к процессу строительства и имеют свои преимущества. Выбор оптимальной технологии зависит от многих факторов, таких как требования заказчика, условия строительства и бюджет проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочерженко В.В. Технология и организация возведения большепролетных и высотных зданий и сооружений / Кочерженко В.В., Сулейманова Л.А. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 178 с.

2. Канчели В.Н. Строительные пространственные конструкции: Издание второе переработанное и дополненное. Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 128 с.

3. Пелешко И.Д., Юрченко В.В. Оптимальное проектирование металлических конструкций на современном этапе (обзор работ) // Металлические конструкции. 2009. №1(15). С. 27-36.

4. Кривошапко С.Н. Металлические ребристо-кольцевые и сетчато-стержневые оболочки XIX –первой половины XX-го веков // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2014. № 6. С. 4-15.

5. Лебедь Е.В., Алукаев А.Ю. Большепролетные металлические купольные покрытия и их возведение // Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва. 2018. Т 14. №1. С. 4-16.

6. Тур В.И. Купольные конструкции: формообразование, расчет, конструирование, повышение эффективности. – М.: Изд-во АСВ. 2004. 96 с.

7. Металлические конструкции: справочник проектировщика: в 3-х т. / под общ. ред. В.В. Кузнецова. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений. – М.: Изд-во АСВ, 1998. 512 с.

Жиляев А. А., студент

Научный руководитель: д-р техн. наук., проф.
Меркулов С. И.

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МОНОЛИТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Одной из приоритетных задач, стоящих перед строительной отраслью, является увеличение темпов строительства при одновременном снижении материалоемкости и трудоемкости возведения объектов. При возведении монолитных железобетонных конструкций данное направление реализуется применением сборно-монолитного метода строительства, основанного на использовании несъемной опалубки. Процесс возведения монолитных железобетонных конструкций состоит из технологических операций: монтаж опалубки, армирование, бетонирование с виброуплотнением бетона, уход за бетоном, демонтаж опалубки. В этой технологической цепочки монтаж и демонтаж опалубки, бетонирование с виброуплотнением бетона формируют высокую трудоемкость монолитных работ. Кроме того, бетонирование монолитных конструкций в условиях строительной площадки в конечном счете определяют качество конструкции. Для снижения трудоемкости возведения монолитных конструкций применяют несъемную опалубку.

Несъемная опалубка обеспечивает выполнение точных геометрических размеров и форму конструктивных элементов возводимого сооружения, после укладки бетонной смеси и завершения последующих процессов опалубка остается в теле конструкции и работает в ней как единое целое. Применение несъемной опалубки практически исключает работы по отделке бетонных поверхностей. Необходимо отметить, что применение несъемной опалубки предполагает организацию заводского изготовления элементов опалубки, что экономически целесообразно при больших объемах монолитных работ.

В настоящее время накоплен опыт при возведении технически сложных объектов. Наиболее распространены в настоящее время: сборные и литые блоки, армоопалубочные блоки, плоские армированные панели.

Армоопалубочные блоки включают в себя укрупненный армокаркас и жестко соединенной с ним несъемной опалубки (из сталефибробетонной панели), которая в свою очередь воспринимает нагрузку бетонной смеси во время ее укладки [1, 2].

Наиболее перспективным направлением в обеспечении современной строительной индустрии надежными и качественными зданиями и сооружениями в максимально короткие сроки является применение сборно-монолитного метода с использованием армоопалубочных блоков с листами несъемной сталефибробетонной опалубки (далее – СФБП, несъемная опалубка).

Высокое качество СФБП обеспечивает необходимую плотность стыков благодаря промышленному изготовлению армоопалубочных блоков непосредственно в цехах и осуществлению при монтаже на стройплощадке после.

В Курской области вышеуказанные технологии хорошо себя зарекомендовали при возведении объектов Курской АЭС-2 (рис. 1).



Рис. 1. Использование сталефибробетонных панелей при строительстве Курской АЭС-2

Для обеспечения строительства на Курской АЭС-2 на строительные площадки построен цех по выпуску СФБП, максимальная близость цеха по изготовлению элементов несъемной опалубки к возводимому объекту значительно снижает себестоимость монолитных работ [3].

Размер сталефибробетонных элементов несъемной опалубки 5,0×7,2 м, при толщине 3 см. Элементы опалубки обеспечивают восприятие нагрузки при бетонировании 10 КПа. Изделия обладают повышенной водонепроницаемостью, не нуждаются в дополнительной гидроизоляции, выдерживают давление воды в 20 атмосфер. Совместить все эти свойства в бетонной плите до сих пор не удалось никому из российских специалистов-строителей. Высокие прочностные свойства опалубки обеспечивает сталефибробетон. В качестве сырьевых компонентов использовались следующие материалы: цемент ПЦ 500-Д0-Н, песок кварцевый крупный мытый, с модулем крупности более 2,5 и содержанием растворенной глины менее 1%. В качестве микронаполнителей использовался микрокремнезем неуплотненный

МК-85 и минеральный неактивированный порошок МП-1, содержание стальной фибры не более 0,5% по объему бетона. Сталефибробетон имеет следующие характеристики: прочность на осевое сжатие 80 МПа, модуль деформаций 42000 МПа, марка по морозостойкости F600.

Применение несъемной опалубки для вертикальных густоармированных конструкций, которыми являются монолитные стены объектов АЭС, с использованием самоуплотняющихся бетонов позволяет значительно сократить сроки строительства. Обладая особыми реологическими характеристиками и повышенной удобоукладываемостью, самоуплотняющиеся смеси упрощают процесс бетонирования конструкций, способствуют улучшению качества конструкций и условий труда. Самоуплотняющиеся бетонные смеси, способные без признаков расслоения заполнять опалубку (форму) с установленной арматурой и закладными деталями и уплотняться под действием собственного веса [4-6]. Опыт применения самоуплотняющихся смесей накоплен при строительстве таких объектов, как высотные комплексы ММДЦ «Москва-Сити», «Лахта Центр», Белоярская АЭС и другие.

Основной характеристикой самоуплотняющихся бетонных смесей, помимо обеспечения прочности бетона, является удобоукладываемость смеси, которая характеризуется величиной распыла нормального конуса. Для бетонирования рассматриваемого класса конструкций распыл стандартного конуса должен быть 76...80 см с временем распыла порядка 2 секунд.

Таким образом, значительно сократить сроки возведения монолитных железобетонных конструкций и сократить себестоимость работ с одновременным повышением качества возведения конструкций позволит комплексное применение несъемной опалубки и самоуплотняющегося бетона. Опыт использования несъемной опалубки, применяемой в настоящее время при строительстве Курской АЭС-2, показал возможность значительно сократить сроки возведения объекта и одновременно повысить качество проводимых работ. Кроме того, применение СФБП в сочетании с особо высокопрочными самоуплотняющимися бетонными смесями обеспечивает высокую надежность сооружений Курской АЭС-2.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «ГОСТ Р 59964-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Комбинированные железобетонные конструкции атомных станций с несъемной сталефибробетонной опалубкой. Расчет и конструирование» (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 23.12.2021 № 1836-ст)

2. СП 414.1325800.2018 «Несъемная опалубка. Правила проектирования» (утв. Приказом Минстроя России от 12.11.2018 № 719/пр)

3. На КуАЭС-2 применяют сталефибробетонные панели для несъемной опалубки [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://publishernews.ru/PressRelease/PressReleaseShow.asp?id=718483> (дата обращения 30.10.2023).

4. Шестернин, А. И. Основы технологии самоуплотняющегося бетона / А. И. Шестернин, М. О. Коровкин, Н. А. Ерошкина. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2015. – № 6 (86). – С. 226-228. – URL: <https://moluch.ru/archive/86/16436/> (дата обращения: 09.11.2023).

5. Каприелов С.С. Новый национальный стандарт на самоуплотняющиеся бетонные смеси/С. С. Каприелов, А. В. Шейнфельд, И. А. Арзуманов, И. А. Чилин//Вестник НИЦ «Строительство»Режим доступа: <https://vestnik.cstroy.ru/jour/article/viewFile/144/144> (дата обращения: 09.11.2023).

6. Каприелов С.С., Травуш В.И., Шейнфельд А.В. Модифицированные бетоны нового поколения в сооружениях ММДЦ «Москва-Сити» // Строительные материалы. 2006, №10. С. 8-12.

Зубкова М. Н., магистрант

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

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

ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ ДЕФЕКТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ КАМНЯ И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Одна из главных тем, волнующих современность – повышение долговечности зданий и сооружений, улучшение их эксплуатационных характеристик и внешнего вида. В связи с развитием промышленности, городов, роста населения и числа автомобилей, которые пагубно влияют на здания и сооружения, проблема их защиты от разрушений становится все более острой [1].

Технологии восстановления эксплуатационной пригодности дефектных строительных конструкций играют важную роль в обеспечении безопасности и долговечности зданий и сооружений. В процессе эксплуатации строительные конструкции могут подвергаться различным воздействиям, таким как влажность, температурные

изменения, механические нагрузки и другие факторы, что может привести к возникновению дефектов.

Совершенствование технологии восстановления эксплуатационной пригодности дефектных конструкций из камня и железобетона является актуальной задачей в сфере строительства и ремонта. Эти материалы широко используются в строительстве зданий, мостов, дорог и других инженерных сооружений, но со временем подвергаются различным воздействиям, которые могут привести к повреждениям и деформациям.

Одним из основных методов восстановления эксплуатационной пригодности дефектных конструкций из камня и железобетона является метод ремонта с использованием специальных составов и материалов. Эти составы и материалы позволяют заполнить трещины, устранить деформации и восстановить прочность конструкции.

Для ремонта дефектных конструкций из камня используются специальные цементные составы, которые обладают высокой адгезией к поверхности и хорошей пластичностью. Они позволяют заполнить трещины и устранить деформации, обеспечивая надежное соединение поврежденных участков.

Для ремонта дефектных конструкций из железобетона используются композитные материалы, которые состоят из специальных смол и армирующих волокон. Эти материалы обладают высокой прочностью и адгезией к поверхности, что позволяет восстановить прочность и устойчивость конструкции.

Однако, помимо использования специальных составов и материалов, совершенствование технологии восстановления эксплуатационной пригодности дефектных конструкций из камня и железобетона также включает разработку новых методов и техник ремонта.

Их эффективный ремонт и заполнение в настоящее время требуют знания современных технологий, квалифицированных специалистов, а также применения специальных материалов, инструментов и средств механизации работ. Первоначальное определение причин образования, вида и размера трещин является обязательным условием их эффективного ремонта.

Существует несколько технологий восстановления эксплуатационной пригодности дефектных конструкций из камня и железобетона:

1. Метод укрепления армирующими материалами: при этом методе поврежденные участки конструкции укрепляются с помощью армирующих материалов, таких как стекловолокно или углепластик. Армирующие материалы накладываются на поверхность конструкции с

использованием специального клея или смолы, что позволяет восстановить прочность и устойчивость [2].

2. Метод гидроабразивной обработки: при этом методе поверхность дефектной конструкции обрабатывается струей воды под высоким давлением, смешанной с абразивными частицами. Это позволяет удалить поврежденные слои материала и подготовить поверхность для последующего ремонта.

3. Метод применения композитных материалов: при этом методе поврежденные участки конструкции заполняются специальными композитными материалами, состоящими из смолы и армирующих волокон.

Композитные материалы представляют собой комбинацию двух или более компонентов, которые обладают различными свойствами. Один из компонентов обычно является матрицей, которая обеспечивает структурную целостность, а другой компонент – усилитель, который улучшает механические и физические свойства материала.

Эти материалы обладают высокой прочностью и адгезией к поверхности, что позволяет восстановить прочность и устойчивость конструкции.

4. Метод лазерной обработки: при этом методе поверхность дефектной конструкции обрабатывается лазерным лучом, что позволяет точно установить размеры и глубину дефектов. Также лазерная обработка может использоваться для точечного восстановления поврежденных участков [3]. Лазерная обработка поверхностей материалов относится к локальным методам термической обработки с помощью высококонцентрированных источников нагрева.

5. Метод инъекционного ремонта: при этом методе специальные составы вводятся в трещины и поры поврежденных конструкций с помощью насосов и специальных инъекционных систем. Эти составы затвердевают и создают прочное соединение, заполняя пустоты и трещины.

Инъекционный метод позволяет произвести структурное склеивание трещины на всю ее глубину, гарантирую тем самым полное восстановление целостности конструкции. При выявлении значительных пустот в теле конструкции или в грунте за конструкцией, метод инъектирования позволяет произвести их заполнения без разрушения основания [4].

6. Вакуумирование бетонной смеси. Вакуумированием называют удаление из свежесуложенной бетонной смеси свободной воды при помощи разряженного воздуха. Вакуумированный бетон значительно быстрее набирает прочность, обладает повышенной

водонепроницаемостью, менее подвержен трещинообразованию и истиранию.

Вакуумирование способствует ускорению распалубливания, повышает итоговую прочность на 20...25%. В зависимости от типа конструкции вакуумирование производят либо сверху, либо со стороны боковых поверхностей возводимой конструкции.

7. Виброуплотнение. Виброуплотнение-сообщение частицам смеси повторяющиеся колебания небольшой величины. Механизмы, создающие вибрационные колебания, называются вибраторами. В результате вибрирования бетонная смесь становится текучей, т. е. приобретает повышенную подвижность, а частицы, перемещаясь, стремятся под воздействием силы тяжести занять более устойчивое положение [5].

Это лишь некоторые из технологий, используемых для восстановления эксплуатационной пригодности дефектных конструкций из камня и железобетона. Каждая из этих технологий имеет свои особенности и применяется в зависимости от типа и степени повреждений.

Таким образом, совершенствование технологии восстановления эксплуатационной пригодности дефектных конструкций из камня и железобетона является важным направлением развития в строительной отрасли. Это позволяет сохранить и продлить срок службы инженерных сооружений, обеспечивая безопасность и надежность их эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочерженко В.В., Сулейманова Л.А., Кочерженко А.В. Организационно-технологические решения по безопасности строительства. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. 158 С.
2. Кочерженко В.В., Кочерженко А.В. Технология производства работ при реконструкции. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. 239 С.
3. Кочерженко В.В., Глаголев Е.С. Специальные вопросы проектирования зданий и сооружений. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. 372 С.
4. Инъекционный метод при ремонте бетона [Электронный ресурс] // StroyLogistics. URL: <https://stroy-log.ru/>
5. Уплотнение бетонной смеси вибраторами [Электронный ресурс] // Файловый архив студентов «StudFiles». URL: <https://studfile.net/>

Комаров М. В., магистрант

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

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

ОСОБЕННОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ БЛОЧНЫМ МЕТОДОМ

Совершенствование конструктивных форм строительных стальных конструкций происходит за счет разработки и внедрения в производство эффективных решений конструкций массового применения.

В последние годы широко применяют укрупнение конструкций в монтажные и монтажно-технологические блоки. В этом случае сборку ведут на нижнем уровне строительной площадки, то есть в более благоприятных условиях.

С одной стороны, укрупнительную сборку конструкций применяют в тех случаях, когда элементы конструкций из-за их габаритных размеров или массы не могут доставляться с заводоизготовителей в целом виде. С другой стороны, конструкции зданий содержат много мелких элементов, монтаж которых на высоте трудоемок и опасен.

Применение метода укрупнительной сборки металлических конструкций обусловлена уменьшением количества строительных процессов на высоте [7]. Что в свою очередь, ведет к снижению трудоемкости, уменьшению транспортных издержек и повышению качества монтажа. Данный метод широко используется при строительстве как наземных, так и подземных сооружений.

На практике метод укрупнения элементов на земле до подъема существенно сокращает сроки строительства, так как ведется параллельно с возведением здания или с опережением.

Процесс монтажа покрытия с использованием крупноблочного метода монтажа сборной конструкции имеет равномерный последовательный характер (прогнозируемость), циклически повторяется, а количество шагов к достижению проектной отметки определяется шагом опорного элемента, величина которого выходит из конструктивных особенностей как монтированной здания, так и технологии крупноблочного метода монтажа (рис. 1) [3].

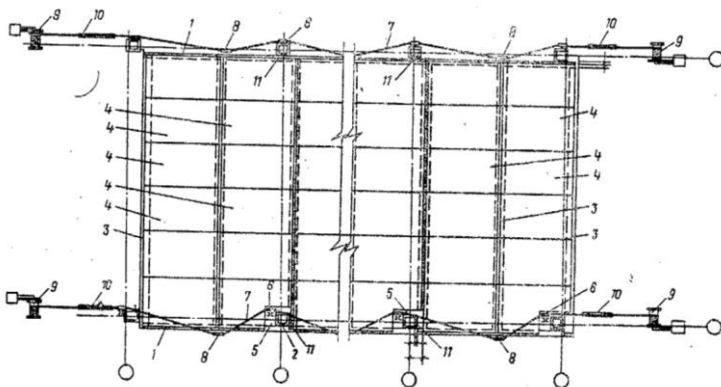


Рис. 1. Укрупненный монтажный блок покрытия здания, вид в плане

Укрупнять отдельные элементы в монтажные блоки целесообразно при всех условиях, так как это значительно сокращает число подъемов деталей.

Элементы, подлежащие укрупнению:

- стальные колонны;
- подкрановые балки;
- стропильные фермы с большими пролетами, имеющие два и более стыковых участка.

Организация процесса монтажа должна строиться с учетом последовательности и характера отдельных монтажных операций, технологии укрупнения монтажных элементов, их транспортирования и подачи в зону монтажа, с учетом необходимой механизации отдельных процессов, технологии оснастки, строповки, наводки и установки элементов конструкций в проектное положение, их выверки, фиксации и закрепления [5].

Укрупнительная сборка возможна в зоне монтажа и на стационарных площадках. В зоне монтажа укрупнение осуществляется либо на нулевых отметках с использованием переставных стендов с последующим монтажом в проектное положение, либо на проектных отметках с опиранием на временные опоры и кондукторы, например, при монтаже оболочек, составных предварительно напряженных арок, крупных металлических подкрановых балок, трехшарнирных арок и т.д.

Укрупнительная сборка на нулевой отметке исключает значительную часть верхозазных работ, позволяет выполнить некоторые послемонтажные работы до монтажа укрупненной конструкции, но требует использования тяжелых монтажных кранов.

Укрупнительная сборка конструкций на проектной отметке, напротив, позволяет отказаться от необходимости использовать тяжелые монтажные краны, но требует дополнительных затрат на устройство временных опор под монтируемые конструкции и дополнительной заработной платы за выполнение верхолазных работ.

В условиях доступности транспортных путей укрупненную сборку целесообразно производить в производственном цеху, а потом готовую конструкцию перевозить на строительный объект [2].

Данный способ характерен при больших объемах работ, так как для такой сборки требуется устройство стационарных стеллажей. Высота металлических стеллажей составляет до 80 см. Стеллажи из металла выполняются из стоек с уложенными по ним рельсами, швеллерами или двутаврами. Выбор обоснован оптимальными условиями для сборки на месте производства – наличием сложного сборочного оборудования, специальных упоров и фиксаторов, сварочных аппаратов.

Перевозка крупногабаритных конструкций (например, пролетом более 12 м) автотранспортом или по железной дороге может быть затруднена, а иногда невозможна. В этом случае с завода-изготовителя конструкцию доставляют отдельными частями (отправочными марками), а затем на монтажной площадке собирают их в целую конструкцию (укрупняют конструкцию).

Как правило, деление на отправочные марки необходимо для стальных конструкций, длина которых превышает длину четырехосной железнодорожной платформы, а также для тяжелых элементов, вес которых превышает грузоподъемность платформ. Чаще всего отправочными марками доставляют фермы пролетом 24 м и более, колонны и подкрановые балки длиной более 13,77 м, негабаритные листовые конструкции [4].

С целью уменьшения транспортных затрат площадки следует располагать как можно ближе к монтируемым объектам. Для обслуживания сборочных площадок рациональнее использовать козловой кран, при котором значительно упрощается складирование, ибо конструкции можно распределить равномерно по всей площади независимо от их массы.

При небольших объемах укрупнение выполняют под монтажным краном. Однако, выполнение укрупнения на месте монтажа не позволяет так тщательно проконтролировать качество сборки, при этом на работы может быть потрачено большее количество времени и материальных затрат.

Для укрупнительной сборки на строительной площадке устраиваются специальные сборочные площадки, на которых устанавливаются стенды или кондукторы, позволяющие закреплять, выверять и рихтовать конструкции в процессе сборки. Стенды могут быть стационарные, переставные или передвижные. В целом на укрупнительной площадке можно собирать как однотипные, так и разнотипные элементы, но для укрупнительной сборки конструкций каждого типа нужен свой сборочный стенд.

Монтаж металлических конструкций выполняется в соответствии с монтажными схемами [6]. На монтажных схемах все отдельные монтажные и отправочные марки имеют свою маркировку, которая наносится и на сами элементы на заводе-изготовителе. Эта маркировка должна быть хорошо заметна. Заводы-изготовители стальных конструкций перед их отправкой на строительную площадку выполняют проверку качества в отделе технического контроля продукции.

Одним из путей повышения производительности труда является применение способов укрупнения элементов конструкций в плоские рамы и пространственные блоки (совмещенно-блочный монтаж), который выполняется в непосредственной близости к месту монтажа.

В зависимости от направления развития монтажного процесса различают поперечный или продольный монтаж здания, пролета, который учитывает направление технологического функционирования объекта.

Как правило, фермы покрытий, подкрановые балки, колонны укрупняются в горизонтальном положении. Такие конструкции часто обладают большой гибкостью и их укрупнение в вертикальном положении без дополнительных приспособлений для временного закрепления не рационально.

Для сокращения сроков монтажа и его трудоемкости можно применять крупноблочный монтаж. Такой способ применяется, например, для монтажа покрытия. В этом случае на площадке укрупнительной сборки собирают блок покрытия, состоящий из двух ферм, объединенных постоянными или временными связями, с установленными прогонами и кровельными конструкциями. Затем блок поднимается в проектное положение. В этом случае сокращается объем работ на высоте, так как большинство соединений выполняется на земле.

Наиболее часто принимаются блоки с размерами в плане 12×12, 12×30, 12×36, 24×24, 24×30 м. Масса таких блоков варьируется от 15 до 70 т, а блоков полной строительной готовности от 40 до 200 т. Обычно

металлоконструкции блока состоят из 2-4 стропильных ферм, конструкций фонаря (при наличии), связей, прогонов и элементов ограждающих конструкций. В некоторых случаях в блок включаются подстропильные фермы [9].

Каждый блок должен опираться на четыре колонны, что в свою очередь требует высокой точности сборки. Важно, чтобы блоки были замкнутыми, а компоновка блоков симметричной. Данные условия позволят исключить на высоте дополнительные работы по выполнению стыков выступающих элементов.

Колонны первого яруса, обычно самые тяжелые в каркасе, монтируются чаще всего в самостоятельном потоке. Перед началом монтажа на каждом ярусе заканчивают установку всех конструкций нижестоящего яруса, производят сварку узлов, предусмотренных проектом, переносят разбивочные оси на перекрытие, оголовки колонн, распределяют монтажный горизонт, составляют исполнительную схему расположения элементов смонтированного этажа (яруса) [8].

Характер укрупнительных работ на монтажной площадке зависит от принятых монтажных кранов, особенностей монтируемых конструкций, а также целесообразности монтажа укрупненными монтажными элементами.

Перед подъемом конструкции в проектное положение ее необходимо полностью подготовить к установке, по максимуму выполнив на земле все работы, которые затруднительно выполнять на высоте. Все дефекты конструкций необходимо устранить до подъема.

После укрупненный блок устанавливают соответствующими монтажными механизмами в проектное положение. Для ведения монтажа целыми сооружениями, состоящими не только из металлических, но также из железобетонных конструкций, их предварительно (у места монтажа на уровне земли) собирают полностью с устройством стыков и выдерживают до приобретения ими проектной прочности. После этого сооружения устанавливают соответствующими монтажными механизмами в проектное положение [10].

Подъем конструкций может быть осуществлен следующими способами.

Вертикальный подъем применяется для большинства элементов, устанавливаемых на ранее смонтированных конструкциях. Конструкция поднимается вверх после поворота, при этом нижняя часть отрывается от поверхности.

При подъеме поворотом возводимая конструкция собирается в горизонтальном положении. При этом нижний элемент конструкции соединяется с фундаментом посредством временного шарнира, вокруг

которого происходит поворот с помощью специальной оснастки или крана (полиспасты, падающая стрела, расчалки и пр.).

Поворот со скольжением используется для аналогичных конструкций, но основным отличием от предыдущего метода является то, что одновременно с подъемом верха элемента нижняя часть его часть на тележке перемещается в направлении опоры или фундамента.

Путем метода наращивания монтажные элементы устанавливают последовательно в проектное положение снизу-вверх, то есть на предварительно установленные элементы.

Также к способам подъема конструкций относят метод подрачивания. На земле собирается верхняя часть сооружения, а далее собранная часть поднимается на уровень выше, чем высота нижележащего звена. Под верхней частью на освободившемся месте монтируются, соединяются элементы и поднимаются вверх с помощью гидродомкратов. Данный процесс повторяется до окончания монтажа сооружения на всю высоту.

Если надвигаемый элемент собирается в стороне от места проектной установки, а затем надвигается по специальным накаточным путям с помощью горизонтальных домкратов или лебедок (с полиспастами), то такой способ называют методом передвижки [1].

Прогрессивные методы возведения укрупненными блоками металлических конструкций позволяют сократить сроки возведения зданий, а также способствуют повышению качества и долговечности здания.

Таким образом, выделяют следующие основные достоинства укрупнительной сборки:

- эффективное использование грузоподъемности монтажных приспособлений;
- уменьшение трудоемкости;
- ускорение возведения объекта в целом;
- повышение производительности труда персонала;
- снижение стоимости сборки за тонну металлоконструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Блочный метод монтажа конструкций [Электронный ресурс] / URL: <https://el-montage.ru/blochnyy-metod-montazha-konstruktsiy/> (дата обращения: 03.07.2023).

2. Калмыкова, Е.П. Эффективность применения блочного метода монтажа металлических конструкций в сравнении в поэлементном при возведении объектов / Е.П. Калмыкова // Технические науки – от теории к практике, № 11 (47), 2015.– С. 162-166.

3. Кочерженко, В.В. Разработка эффективного крупноблочного метода монтажа сборной конструкции покрытия одноэтажных промышленных зданий / В.В. Кочерженко, А.В. Титаренко // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции.– Белгород: Изд-во БГТУ, 2020.– С. 237-249.

4. Кравчук, В.А. Проектирование стального каркаса зданий повышенной этажности: учебное пособие / В.А. Кравчук.– Хабаровск: Издательство Тихоокеанского государственного университета, 2018. – 92 с.

5. Руководство по проектированию стальных конструкций многоэтажных зданий. / Ассоциация развития стального строительства: Ведяшев И.И., Конин Д.В., Артамонов В.А., Егорова А.А., Кониная С.М., Крылов А.С. Москва: Аксиом Графикс Юнион, 2018. – 816 с.

6. Стаценко, А. С. Монтаж стальных и железобетонных конструкций: Учебник / А. С. Стаценко. - Электрон. текстовые данные. – Минск: Республиканский институт профессионального образования, 2016. - 468 с.

7. Холодняк, В. Д. Быстровозводимые конструкции. Модульное строительство / В. Д. Холодняк. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 22 (312). – С. 188-190. – URL: <https://moluch.ru/archive/312/70940/> (дата обращения: 03.07.2023).

8. Черноиван, В.Н. Монтаж строительных конструкций: учебно-методическое пособие по дисциплине «Технология строительного производства» для студентов специальности: 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» / В.Н. Черноиван, С.Н. Леонович. – Минск: БНТУ, 2013. – 153 с.

9. Эффективные жилые здания на стальном каркасе / Ассоциация развития стального строительства – Текст : электронный //URL: https://steel-development.ru/images/projects/downloads/zdania_na_stal_karkase_final.pdf (дата обращения: 03.07.2023).

10. Юдина, А. Ф. Металлические и железобетонные конструкции. Монтаж : учебник для вузов / А. Ф. Юдина. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 302 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-06927-3. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/512787> (дата обращения: 03.07.2023).

Комков А. В., аспирант

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.,

Сергеева Н. Д.

*Брянский государственный инженерно-технологический
университет, г. Брянск, Россия*

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СНИЖЕНИЮ БЮДЖЕТНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ РЕНОВАЦИИ ИЗНОШЕННОГО ЖИЛИЩНОГО ФОНДА

Актуальность темы исследований обусловлена проблемой повышения эффективности производственной деятельности предприятий строительного комплекса, занятых в процессе реновации жилого фонда, высоким уровнем бюджетного финансирования объектов реновации жилищного фонда.

Для обеспечения населения новым и современным жильем в России принята Государственная Программа реновации жилищного фонда (далее ЖФ), рассчитанная на реализацию в три этапа за период с 2020 по 2035 гг. Действенность Программы в субъектах РФ, в том числе в Брянске сдерживается не столько несовершенством правового обеспечения, а недостатком средств бюджетного финансирования. Исключение составляют столичные мегаполисы – Москва и Санкт-Петербург.

Кроме этого необходимо изучение проблем высоких стоимости и трудоемкости процессов реновации, отсутствия паспортов технического состояния зданий и др. и поэтому необходимы мероприятия по их снижению.

Решение такой задачи осложняется большим разнообразием конструктивного исполнения зданий, а также низким уровнем организационно-технологической подготовки производства демонтажных работ на стадии проектирования. Рациональный подход к процессу демонтажа заключается в выборе технологий в рамках комплексно-механизированной организации работ, а также обеспечения частичной компенсации финансовых затрат за счет организации вторичного использования демонтированных конструкций и строительных материалов.

После вступления в силу Федерального закона о реновации жилищного фонда и Федерального закона о комплексном развитии территорий перед строительным комплексом страны поставлены серьезные

задачи по сносу изношенного жилищного фонда. Этот закон фактически экстраполирует опыт реновации целых кварталов массовой застройки жилищного фонда двух столичных городов для остальных регионов РФ и первые проекты с объемами порядка 25-27% стартуют в этом году в крупных городах. Моральный и физический износ так называемых «хрущевок», таких массовых серий как Г-2И, утративших свои изначально заложенные характеристики и, не удовлетворяющих современным требованиям, предопределил разработку в РФ программ реновации жилищного фонда [1]. Программа направлена на расселение и снос жилищного фонда, построенного в первую очередь индустриального строительства пятиэтажных домов в 1957-1968 гг.

По данным 2017 г. ветхий и аварийный фонд составил 91 млн. м² Аварийный жилищный фонд на конец 2018 г. составил 25 473,8 тыс. м², а удельный вес аварийного жилищного фонда в общей площади всего жилого фонда составил 0,7 %. Площадь аварийного жилья в стране растет, несмотря на госпрограмму расселения. И к 2030 г. она увеличится по сравнению с 2020 г. в полтора раза, сообщает госкорпорация «Фонд содействия реформированию ЖКХ». При этом учет аварийного жилья находится в ведении Минстроя. Росстат в этом вопросе больше не участвует. Как считают эксперты, проблема в том, что не всегда региональные власти, предоставляющие данные федеральному Центру, стремятся оперативно признавать жилье аварийным [2].

Изучение зарубежной и отечественной практики, в том числе опыт реновации целых кварталов массовой застройки жилищного фонда в г. Москве позволили выявить некоторые проблемы в организации производственных процессов реновации.

Низкая эффективность реновации как производственного процесса объясняется:

- наличием большого числа технологий на фоне широкого конструктивного разнообразия жилой застройки;
- отсутствия единства подходов и рекомендаций к выбору технологии демонтажа даже на серии массовой жилой застройки;
- фактически осуществляемых процессов на основе технического задания вследствие отсутствия ПОС И ПОР;
- отсутствия методики автоматизированной подготовки проектной документации по выбору рациональных решений;
- отсутствия применения рециклинга с целью вторичного использования строительных материалов и конструкций и др.

Авторами выдвинута концепция повышения уровня организационно-технологической подготовки производства

демонтажных работы на стадии проектирования. Вариантное проектирование повысит надежность и обоснованность организационно-технических решений, что находит отражение на качественных и экономических показателях.

Разработка методики повышения уровня организационно-технологической подготовки на демонтаж зданий на стадии проектирования была начата с выбора серии массовой застройки ЖФ в г. Брянске как объекта исследования - серии типа 1-335А.

В связи с наличием перспектив активизации реализации в Брянске Государственной Программы реновации ЖФ, ранних лет постройки, характеризуемые ныне медленными темпами, задача совершенствования организационно-технологической подготовки производства на стадии проектирования первоочередна для предприятий строительного комплекса Брянска. Поэтому авторами была поставлена задача разработки научных основ организации проведения экономически и технологически эффективных работ на объектах реновации ЖФ ранних лет постройки, включая инструменты подготовки проектной документации по выбору оптимальной технологии и календарного планирования.

Отметим, что практическое применение методологии позволит выполнять производственные процессы с высокими значениями ТЭП, но и обеспечить достижение частичной компенсации бюджетных затрат.

Методология проектирования процессов производства демонтажных работ на объектах реновации ориентирована на выполнение демонтажных работ в рамках комплексно-механизированной организации с включением в состав комплексов принципиально новой техники, включая роботов и манипуляторов [3].

Методологическим ключом к достижению эффективности процессов является - вариативный расчет с целью определения рационального состава комплекса техники для демонтажных работ.

Методология включает в себя экономико-математическую и организационно-технологическую модели; алгоритм и программу расчета, которая является инструментом оперативного управления в условиях изменяющихся условий и серийной жилой застройки.

Расчеты базируются на модели с многократным определением экстремального значения целевой функции при периодическом изменении условий и ограничений. При этом осуществляется:

- количественный анализ взаимосвязи параметров отдельных компонентов системы;
- статистическое обобщение значений взаимосвязанных параметров согласно действующим нормативам;

– аналитический анализ посредством математического и инфо-графического моделирования.

В качестве критерия оптимизации в экономико-математической модели приняты себестоимость или трудоемкость работ. При расчете трудоемкости при комплексно-механизированной организации производства демонтажных работ значение определяется по производительности ведущей машины, а наличие вспомогательной машины определяется как функция производительности вспомогательных машин, умноженная на их количество.

К числу основных критериев оптимальности в области производства демонтажных работ, которые получили наибольшее применение и обоснование, относятся:

1. Минимум себестоимости работ.

2. Минимум трудоемкости работ и максимум производительности - технические показатели эффективности, которые целесообразны при ограничениях по срокам и ресурсам в конкретных условиях производств работ на объектах демонтажных работ.

3. Максимум экономического эффекта [4].

Методология расчета по выбору оптимальной технологии и комплекса средств механизации на объект демонтажных работ предусматривает выполнение трех основных этапов:

– на первом этапе подготавливаются исходные данные.

– на втором этапе выполняется расчет технико-экономических показателей на основе организационно-технологической модели, алгоритма и программы оптимизационного расчета на ЭВМ: стоимость, трудоемкость, сроки производства работ, выбор рациональной технологии и средств механизации. Расчет трудоемкости и стоимости каждого из методов происходит на основании ГЭСН и ТЕР.

– на третьем этапе составляется ППР.

При разработке ППР на демонтаж типового этажа жилой серии 1-335А выявлено преимущество технологии *поэлементной разборки*, рассчитан рациональный состав комплекса техники, в состав которого включен робот-разрушитель. При этом установлены объемы строительных конструкций пригодных для вторичного использования.

Экономический эффект от компенсации бюджетных затрат на демонтаж зданий массовой жилой серии 1-335-А от продажи конструкций и отходов для их вторичного использования по технологии «Умного сноса» и поэлементной разборки приведен в табл.1.

Таблица 1

**Сравнительная экономическая оценка технологий производства
демонтажных работ типового этажа здания жилой серии 1-335-А**

Технология	Стоимость демонтажных работ, тыс. руб.	Компенсация затрат, тыс. руб.	Экономический эффект демонтажных работ, тыс. руб.
«Умный» снос	584,449	101,208	483,241
Поэлементной разборки	488,505	307,030	181,475

Таким образом, в результате апробации разработанной методологии на объекте-представителе – жилой серии 1-335-А в г. Брянске при условии выполнения работ в рамках комплексно-механизированной их организации установлено преимущество технологии поэлементной разборки с прогнозируемым экономическим эффектом 181,475 тыс.руб.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О реновации жилищного фонда в Российской Федерации (редакция, внесенная в ГД ФС РФ, по состоянию на 19.09.2018: Проект Федерального закона N 550294-7 : [Внесен депутатами Государственной Думы С. М. Мироновым, Г. П. Хованской] // система «КонсультантПлюс» - . - URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=PRJ&n=175901#nfcrcvTcrZ7qTEsZ> – (дата обращения 01.11.2023). – Текст: электронный.

2. Проблема аварийного жилья не решится еще 10 лет // Независимая - . - URL: https://www.ng.ru/economics/2021-10-03/1_4_8267_lodging.html – (дата обращения 01.11.2023). – Текст: электронный.

3. Сергеева Н.Д., Матвеев А.А., Вербицкий А.С., Бацанов Д.С. Научно-техническое обеспечение реализации стратегии модернизации производства строительного комплекса. Znanstvenamisel journal The journal is registered and published in Slovenia. ISSN 3124-1123 VOL. 1, №4/2017. – Текст: непосредственный.

4. Н.Д. Сергеева, В.В. Цыганков. Методология организационно-технологической подготовки на объектах примагистрального шумозащитного озеленения: Монография. – Брянск, БГИТУ, 2018 – 146 с. – Текст: непосредственный.

5. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 г. № 190-ФЗ (ред. от 01.05.2023) – 129 с. Текст: непосредственный

6. Н. Д. Сергеева, А. В. Комков. К вопросу решения задачи повышения эффективности демонтажных работ на объектах реновации жилого фонда ранних лет постройки: Вестник донбасской национальной академии строительства и архитектуры; Главный редактор журнала – Горохов Е. В. Макеевка, 2021 – Выходит 8 раз в год. – ISSN 2519-2817. – 10-12 с. – Текст: непосредственный.

**Кочерженко А. А., студент,
Андреева Д. А., студент**

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

МЕТОДЫ УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ В ПЛИТАХ И МАССИВНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

При возведении монолитных железобетонных конструкций, как правило, возникает необходимость устраивать технологические перерывы для набора бетоном необходимой прочности. Сокращение периода набора прочности зависит от степени уплотнения бетона.

Качественное уплотнение бетонной смеси можно осуществлять:

– вибрацией в процессе укладки бетонной смеси (в этом случае обеспечивается также и необходимая степень ее удобоукладываемости);

– методом укатки в процессе укладки бетонной смеси;

– методом вакуумирования бетонной смеси сразу после ее укладки.

При вибрационном уплотнении бетонной смеси частицы смеси под действием гравитационных сил перегруппировываются, стремясь занять по отношению друг к другу более устойчивое положение, и происходит более плотная «упаковка» частиц смеси.

По способу передачи колебаний на бетон различают вибраторы: внутренние (глубинные), погружаемые рабочим органом в бетонную смесь; наружные, прикрепляемые к опалубке и передающие через нее

колебания; поверхностные, устанавливаемые на бетонную поверхность и передающие колебания на укладываемый слой [8].

Поверхностные вибраторы используют обычно при бетонировании плит перекрытий и тонкостенных конструкций, бетонных подготовок под полы, открытых автостоянок, складских и других площадок.

Для поверхностного уплотнения применяют площадочные вибраторы (виброплощадки), различного рода виброрейки и вибробрусы. Для виброплощадок и управляемых вручную виброреек эффективного уплотнения бетонной смеси достигают при толщине слоя не более 200 мм.

При устройстве тяжелых дорожных покрытий и мощных плит, бетонирования плотин и в ряде случаев, когда ввиду больших объемов укладки бетона решающими факторами являются интенсивность бетонирования и сокращение стоимости строительства, успешно используют такой метод уплотнения бетона, как укатка. Уплотнение бетонной смеси методом укатки несмотря на кажущуюся простоту требует особого внимания к контролю качества смеси в процессе ее укладки и последующего выдерживания [3].

Вакуумирование бетонной смеси при бетонировании тонкостенных конструкций является одним из эффективных технологических методов ее уплотнения. Он позволяет извлечь из уложенной и уже уплотненной бетонной смеси около 10 – 20 % избыточной (свободной) воды затворения и вследствие этого существенно улучшить физико-механические свойства бетона (рис. 1) [2, 3].

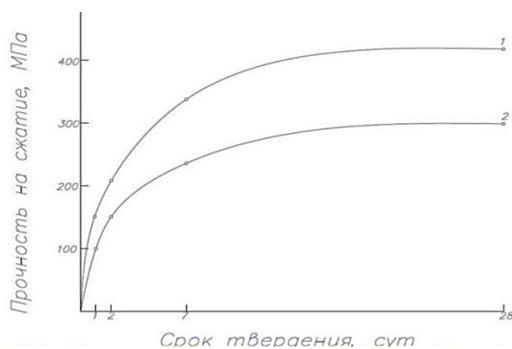


Рис 1. Примерный характер нарастания прочности бетона при различных способах укладки: 1 – для вакуумированного бетона; 2 – для невакуумированного бетона

Вакуумирование бетонной смеси по сравнению с другими методами уплотнения (для определенного класса конструкций) обладает рядом технико-экономических преимуществ. К ним относят следующие:

- возможность достижения сразу после вакуумирования прочности бетона 0,3 – 0,5 МПа, достаточной для частичного или полного распалубливания бетонируемой конструкции, затирания, железнения или другой обработки поверхности;

- ускорение твердения бетона, при котором прочность при сжатии уже в возрасте 1-2 дня увеличивается на 35 – 40 %, а в возрасте 5 – 7 дней – на 40 – 60 %.

Уплотнение смеси методом вакуумирования применяют при бетонировании конструкций толщиной не более 250 – 300 мм. При большей толщине происходит быстрое затухание эффекта вакуумирования, что объясняется как падением градиента разрежения, так и кольматацией образующихся капилляров частицами цемента и песка [2].

Для вакуумирования конструкций различных типов используют специальные комплекты оборудования. Комплект состоит из вакуум-насоса с двигателем; ресивера, обеспечивающего равномерный режим вакуумирования; водосборника (одного или нескольких), в котором собирается вода, извлекаемая из бетона; приборов вакуумирования.

В качестве приборов для вакуумирования используют вакуум-щиты, вакуум-маты, вакуум-опалубки, вакуум-трубки (рис. 2).

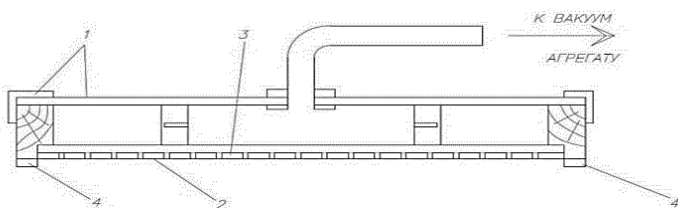


Рис. 2. Вакуум-щиты: 1 – короб; 2 – фильтрующая ткань; 3 – распределительная сетка; 4 – резиновые подкладки

Ниже приведена схема вакуумной обработки бетона в плитах толщиной до 250-300 мм (рис. 3).

Для внутреннего вакуумирования преимущественно массивных конструкций применяют вакуум-трубки (рис. 4). В данном случае они выполнены в виде конических трубок из перфорированной оцинкованной стали. Трубки обтянуты двумя слоями сетки, из которых нижняя имеет ячейки 4×4 мм, а верхняя – 1×1 мм. На трубку надеты чехлы из фильтрующей ткани.

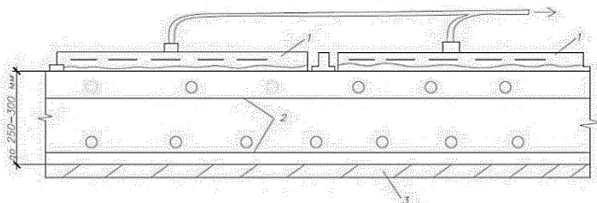


Рис. 3. Схема вакуумной обработки бетона в плитах толщиной до 250-300 мм:
1 – вакуум-щит; 2 – арматура; 3 – опалубка

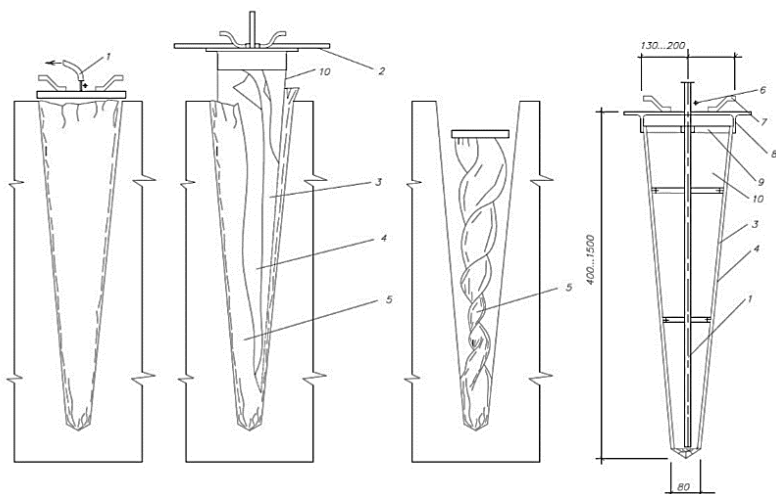


Рис. 4. Вакуум-трубки: 1 – соединительный рукав с всасывающей трубкой;
2 – накладная рукоятка; 3 – нижняя сетка; 4 – верхняя сетка; 5 – чехол
из фильтрующей ткани; 6 – кольцо; 7 – ручка; 8 – стальной колапк; 9 – верхняя
пробка; 10 – перфорированная коническая трубка

Для уплотнения бетонной смеси в плитах и других массивных конструкциях можно рекомендовать электровакуумный способ обработки бетона. Его сущность заключается в том, что верхняя зона бетона в массивных конструкциях уплотняется методом вакуумирования, а влага из нижних слоев бетона перемещается к верхней зоне под действием явления электроосмоса (рис. 5).

Для создания эффекта электроосмоса на нижнюю арматуру подается отрицательный потенциал постоянного электрического тока силой 3-15 А/м², на верхнюю арматуру подается положительный потенциал, что вызывает движение воды в бетоне снизу вверх [5, 7].

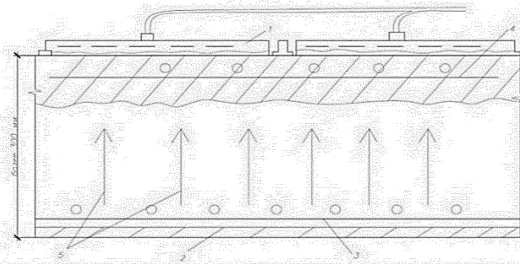


Рис. 5. Схема электровакуумной обработки бетона в плитах толщиной более 250-300 мм: 1 – вакуум-щит; 2 – опалубка; 3 – нижняя арматура; 4 – верхняя арматура; 5 – направление движения воды в бетонной смеси под действием электроосмоса

Таким образом происходит уплотнение всей толщины массивной плиты и сокращается время набора прочности бетона, а, следовательно, и технологических перерывов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методические рекомендации по устройству бетонных конструкций методом вакуумирования бетонной смеси. – М.; Стройиздат, 1984.
2. Гиршберг, О.А. Вакуумирование бетона в монолитных конструкциях / О.А. Гиршберг.– М.: Стройиздат, 1952. – 60 с.
3. Гордон, С.С. Вакуумирование бетона / С.С. Гордон.– М.: Машинстройиздат, 1949.
4. Кочерженко, В.В. Технологические процессы в строительстве / В.В. Кочерженко, А.И. Никулин: Учебник. – М.: Изд-во АСВ, 2016. – 288 с.
5. Бирюков, А.И. Исследование влияния частоты электрического поля на твердение вяжущих / А.И. Бирюков, А.Н. Плугин, А.А. Старосельский // Коллоидный журнал. 1970. Т. XLII, вып. 2. – С. 326-329.
6. Тихомолова, К.П. Электроосмос / К.П. Тихомолова.– М., Ленинград : Изд-во «Химия» Ленинградское отделение, 1989.– 248 с.
7. Вершинин, Ю.Н. О влиянии переходных электрических полей на процессы кристаллизационного структурообразования в водных перенасыщенных растворах / Ю.Н. Вершинин // Кристаллизация и фазовые переходы: сб. – Минск: Акад. наук БССР, 1962. – С. 133-141.
8. Атаев, С.С. Технология промышленного строительства из монолитных бетонов / С.С. Атаев. – М.: Стройиздат, 1989. – 336 с.

**Макеев А. И., магистрант,
Левшин Д. Э., студент**

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

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОБЪЕКТОВ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

Строительство объектов на вечномерзлых грунтах представляет собой сложную и специфическую область строительной деятельности, требующую особого подхода к выбору организационно-технологических решений и методов строительства. Вечномерзлые грунты обладают особыми физико-механическими свойствами, такими как высокая прочность, низкая водопроницаемость и высокая устойчивость к нагрузкам. Однако, эти свойства могут изменяться под воздействием различных факторов, таких как повышение температуры, изменение влажности и воздействие строительных нагрузок [1-4].

В связи с этим, разработка эффективных организационно-технологических решений при строительстве объектов на вечномерзлых грунтах требует учета множества факторов и особенностей, связанных с характеристиками грунтов, климатическими условиями, конструктивными решениями и методами производства работ [5-7].

Участок производства работ исследуемого производственного комплекса расположен в Ямало-Ненецком автономном округе в городе Лабытнанги. Строительная площадка исследуемого объекта строительства разделена на три зоны, включающие в себя основные технологические объекты, вспомогательные технологические объекты и объекты общезаводского хозяйства.

Строительная часть исследуемого объекта разработана на основании технологических решений в соответствии с действующими нормативными документами и правилами Российской Федерации и обеспечивает безопасную для жизни и здоровья людей эксплуатацию объекта.

Строительные конструктивные решения исследуемого объекта обоснованы:

– соответствием требованиям Технического регламента о требованиях пожарной безопасности, СП 326.1311500.2017, СП 56.13330.2011, СП 43.13330.2012;

– безопасной эксплуатацией объекта в течение расчетного срока эксплуатации;

– учетом климатических условий района строительства;

– обеспечением несущими и ограждающими конструкциями прочности и устойчивости зданий, сооружений;

– максимальным использованием изделий и конструкций полной заводской готовности.

Схема и методы организации строительства разработаны из условий наименьшей стоимости возведения объекта и трудозатрат, зависящих от транспортной доступности района строительства, объема и характера работ, сроков сдачи объектов в эксплуатацию.

С целью сокращения сроков строительства при строительстве исследуемого объекта применяется комплектно-блочный метод строительства из объемных блоков высокой заводской готовности, обеспечивающий минимальный объем строительно-монтажных работ на строительных площадках.

В зонах основного и вспомогательного технологического оборудования предусматривается применение оборудования блок-контейнерного типа и блок-боксы полной заводской готовности.

Размеры блок-контейнеров и блок-боксов соответствуют транспортным габаритам подвижного состава, предназначенного для эксплуатации по железным дорогам РФ в соответствии с ГОСТ 9238-2013 «Габариты железнодорожного подвижного состава и приближения строений».

Для обеспечения необходимой прочности, устойчивости, пространственной неизменяемости сооружений с учетом вышеперечисленных условий предусмотрены следующие технические мероприятия:

– применены конструктивные схемы, обеспечивающие прочность, устойчивость и пространственную неизменяемость всех сооружений;

– произведены необходимые расчеты конструкций, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 27751-2014, СП 16.13330.2017, СП 20.13330.2016; СП 63.13330.2018;

– произведен выбор материалов, обладающих необходимыми прочностными характеристиками.

Основание производственного здания с административно-бытовыми помещениями исследуемого комплекса – железобетонный ростверк по свайному фундаменту с вентилируемым подпольем,

который действует в качестве охлаждающего инструмента, компенсирующего теплопритоки от зданий и сооружений.

При строительстве промышленных объектов на вечномёрзлых грунтах необходимо предусматривать технические решения и мероприятия обеспечивающие следующие требования по тепловой защите:

- значения приведенных сопротивлений теплопередаче зданий отдельных ограждающих конструкций выше нормируемых;
- удельная теплозащитная характеристика не превышает нормируемого значения;
- температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций выше минимально допустимых.

Теплотехнический расчет необходимо выполнять на основе температурных полей, исходя из теплотехнической неоднородности для отдельных характерных видов и участков ограждающих конструкций, с учетом:

- геометрической нелинейности;
- сопряжений между собой и грунтом;
- теплопроводных включений.

Для обеспечения долговечности ограждающих конструкций необходимо применять только сертифицированные материалы, имеющие надлежащую стойкость, а именно:

- морозостойкость;
- влагостойкость;
- биостойкость;
- коррозионную стойкость;
- стойкость к температурным воздействиям.

Предотвращение образования излишней влажности необходимо осуществлять с помощью систем естественной и искусственной вентиляции, которые обеспечивают необходимый воздухообмен помещений. Гидроизоляция помещений обеспечивается водонепроницаемостью материала наружных ограждающих конструкций, тщательностью заделки стыков. Для стока воды покрытия зданий необходимо предусматривать с уклоном, для защиты стен от увлажнения предусматривать организованную водосточную систему, козырьки над входами, для отвода воды от здания – отмостки.

Бетонные и железобетонные конструкции, соприкасающиеся с грунтом, в целях защиты от коррозии должны быть защищены системой защитного покрытия. Производство работ в зимнее время производить согласно СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции», СП 45.13330.2017 «Земляные сооружения, основания и фундаменты» и

СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах».

Строительство на вечномерзлых грунтах требует учета специфических особенностей таких грунтов, применения специальных конструктивных и технологических решений, а также организации мониторинга за состоянием объектов и грунтов в процессе их эксплуатации. Соблюдение вышеуказанных требований и рекомендаций позволит обеспечить надежность, безопасность и экологическую устойчивость зданий и сооружений, возводимых на вечномерзлых грунтах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Варламова Н.Ю., Варламова Л.М., Монастырева Е.И., Петрова С.А., Чярина Н.И. Строительство в условиях крайнего севера // Энигма. 2019. № 8-1. С. 359-383.

2. Трухачева П.И. Современные подходы в технологии возведения зданий и сооружений в условиях крайнего севера // В сб.: Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса. сборник трудов Международной научно-практической конференции, в 2 ч.. Волгоград, 2021. С. 222-227.

3. Чувальский А.Г. Особенности организации строительства и реконструкции в районах крайнего севера российской федерации // В сб.: Инновационные методы организации строительного производства. материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Санкт-Петербург, 2023. С. 232-239.

4. Авдеева А.А., Субботина С.А., Шлыкова И.Д. Особенности устройства фундаментов в условиях Крайнего Севера // Инновационное развитие, 2017. № 11 (16). С. 9-10.

5. Барышников А. А. Специфика возведения зданий и сооружений в районах Крайнего Севера и приравненных к ним территориях // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство. Самара: Изд-во СГАСУ, 2016. С. 281-283.

6. Гладков Д.И., Сулейманова Л.А., Сулейманов А.Г. К оценке морозостойкости бетона // Строительные материалы. – 2006. – № 6. – С. 102-103.

7. Кочерженко В.В., Сулейманова Л.А. Технология и организация возведения большепролетных и высотных зданий и сооружений. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. 178 с.

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

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

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСОСКЕЛЕТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Экзоскелет – это устройство, предназначенное для снижения нагрузки на человека и увеличения силы за счет использования внешнего каркаса [1].

На выбор экзоскелета влияют множество показателей, основные, сформированные исходя из назначения и области применения, представлены на рис. 1 [2].



Рис. 1. Классификация экзоскелетов

Для промышленной отрасли, включающей в себя строительство, проведен выбор экзоскелетов с учетом видов строительных работ и представлен в табл. [3, 4].

Таблица

Параметры экзоскелетов для строительных работ

№ п/п	Вид строительных работ	Параметры
1	Работы, требующие переноса тяжестей (строительные материалы, приборы, оборудование и др.)	<ul style="list-style-type: none"> – пассивный экзоскелет; – экзоскелет-костюм или экзоскелет для верхних конечностей; – легкой или средней весовой категории; – с простым назначением; – низкой или средней ценовой категории
2	Статические работы (нахождение в одном положении долгое время) (сварочные работы, арматурные работы, кровельные работы, работы по отделке и др.)	<ul style="list-style-type: none"> – пассивный экзоскелет; – на нижние конечности; – легкой весовой категории; – простого назначения; – низкой ценовой категории
3	Работы, в которые входит использование тяжелого оборудования (сварочные работы, монтажные работы, отделка помещений и др.)	<ul style="list-style-type: none"> – пассивный экзоскелет; – экзоскелет-костюм или экзоскелет верхних конечностей; – легкой или средней весовой категории; – простого назначения; – низкой или средней ценовой категории
4	Работы в сложных условиях (шахты, атомные станции и др.)	<ul style="list-style-type: none"> – активный экзоскелет; – экзоскелет-костюм; – средней весовой категории; – с простым назначением; – высокой ценовой категории

Использование экзоскелетов в строительстве имеет ряд преимуществ:

Для грузчиков или других рабочих применение экзоскелета помогает при переносе и подъеме тяжелых грузов (цемент, камни, оборудование и т.д.), увеличивает выносливость и снимает нагрузку с рук и спины, перераспределяя ее равномерно по всему телу [3].

Арматурщику экзоскелет позволяет находиться в наклонном положении долгое время (связывание арматуры, сварочные работы и т.д.), увеличивает выносливость и разгружает позвоночник [5].

При сварочных работах экзоскелет помогает оператору держать тяжелое оборудование и находится в одном положении долгое время, при этом не напрягая все мышцы в теле оператора [5].

Несмотря на востребованность данного устройства, в нашей стране присутствует недостаток разработок строительных экзоскелетов. Мировой опыт применения экзоскелетов в строительстве рассмотрен в соответствии с таблицей и представлен рис. 2-5.



Рис. 2. Экзоскелет фирмы EKZO Solutions [6]: а – экзоскелет-костюм (Комплектация Boost); б – экзоскелет верхних конечностей (комплектация Lite или Baikal)



Рис. 3. Шагающий экзоскелет-стул Noonee Chairless [7]



Рис. 4. Экзоскелет фирмы EKZO Solutions – экзоскелет верхних конечностей (комплектация Lite Hand) [6]



Рис. 5. Промышленный экзоскелет-костюм EXOHEAVER ENFORCER Optima [5]

Применение экзоскелетов в строительстве позволяет улучшить работоспособность рабочих и повысить грузоподъемность, а также уменьшить травмоопасность благодаря перераспределению нагрузки равномерно на все тело, не перенапрягая отдельные мышцы. Таким образом, внедрение технологии экзоскелетов представляет огромный потенциал для развития будущего промышленной отрасли и полной роботизации строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воробьев А.А., Петрухин А.В., Засыпкина Д.А., Кривоножкина П.С., Поздняков А.М. Экзоскелет как новое средство в абилитации и реабилитации инвалидов (обзор) // Современные технологии в медицине 7(2), 2015. С. 185-197.
2. Воробьев А.А., Андриющенко Ф.А., Засыпкина О.А., Солосьева И.О., Кривоножкина П.С., Поздняков А.М. Терминология и классификация экзоскелетов // Вестник ВолгГМУ. 2015. Выпуск 3 (55). С. 71-78.
3. Болонин Д.А., Майстренко Е.В. Внедрение экзоскелета при выполнении погрузочно-разгрузочных работ // Сборник: Безопасный Север – чистая Арктика. Материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2023. С.103-107.
4. Романов И.Д., Чернышов Е.А., Романова Е.А. Развитие и современное состояние экзоскелетов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 9. С. 243-247.
5. Экзоскелет: основные виды и обслуживание устройств [Электронный источник]: <https://vils.ru/articles/ekzoskelet-osnovnyevidy-i-obsluzhivanie-ustroystv/>

6. Каталог Экзоскелетов фирмы EKZO Solutions [Электронный источник]: <https://ekzsol.ru/#catalog>

7. Пассивные промышленные экзоскелеты: модели, возможности применения [Электронный источник]: file:///C:/Users/ASUS/Downloads/2019_RTEkzoskelety-OrlovIA.pdf

**Миронова В. В., магистрант,
Воронин Д. И. студент**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сергеева Н. Д.**
*Брянский инженерно-технологический
университет, г. Брянск, Россия*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА РЕЦИКЛИНГА

Актуальность вопроса связана с тем, что жилой фонд (далее ЖФ), построенный в 60-80 гг. прошлого века, находится в состоянии высокой степени физического и морального износа, что влияет на безопасность его эксплуатации. Государственная Программа реновации ЖФ предполагает его снос за период 2020 по 2032 гг. При сносе зданий образуются большие объемы строительных отходов, подлежащих утилизации, нарушающая экологическое равновесие окружающей среды (рис. 1). В связи с этим важное значение приобретает переход с технологии утилизации на технологию рециклинга.



Рис. 1. Снос жилого здания

В ряде развитых стран, отходы строительства проходят стадию переработки с последующим использованием в качестве строительных материалов вторичного производства (рис. 2). Однако в РФ пока не созданы необходимые условия в инфраструктурном и материально-

техническом оснащении, нормативно-правовой базе, мотивирующей использование в производственной деятельности продуктов рециклинга.

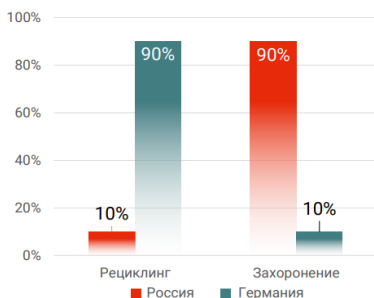


Рис. 2. Динамика объемов утилизации (захоронения) и рециклинга строительных отходов в России и Германии

Рециклинг – процесс возвращения в оборот отходов производства путем их переработки. Переход от утилизации к рециклингу при реновации ЖФ обеспечит экономическую эффективность вторичного использования отходов, сокращение площадей полигонов захоронения и частичную компенсацию бюджетных затрат. Отметим выявленные недостатки в организации рециклинга при сносе ЖФ:

- высокие затраты, в их числе транспортные расходы на перемещение строительных отходов на специализированные дробильно-сортировочные заводы;
- отсутствие методологии автоматизированной подготовки проектной документации на рециклинг.

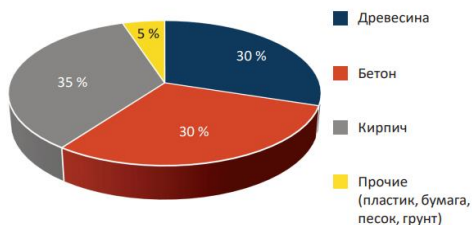


Рис. 3. Структура строительных отходов

Известны подходы к организации рециклинга:

- на объекте реновации;
 - на специализированных дробильно-сортировочных заводах.
- Техническая оснащенность рециклинга на объектах реновации:
- стационарные дробильно-сортировочные комплексы;

- мобильные дробильно-сортировочные комплексы.

Анализ показателей производственной деятельности организаций строительного комплекса г. Москвы, Орла, Калуги и Брянска показал низкий уровень организационно-технологической подготовки производства рециклинга. Чаще ограничиваются составлением технического задания, следовательно, не гарантируется принятие рационального решения. В БГИТУ проведены исследования по разработке методологии совершенствования организационно-технологической подготовки производства рециклинга.

Методология содержит:

- экономико-математическую модель;
- организационно-технологическую модель;
- алгоритм расчета;
- программу расчета по выбору рациональной технологии рециклинга.

К числу основных критериев оптимальности в области рециклинга относятся:

1. Минимум себестоимости работ.
2. Минимум трудоемкости работ и максимум производительности - технические показатели эффективности, которые целесообразны при ограничениях по срокам и ресурсам в конкретных условиях производств работ на объектах сноса зданий.
3. Максимум экономического эффекта.

Так, исследование модели для объекта представителя здания типовой серии 1-467 определен рациональный тип дробильно-сортировочного комплекса для рециклинга объемов строительных конструкций с 65% - VJ1070x760E производительностью - 235 м³/ч. (рис. 4).



Рис. 4. Мобильный дробильно-сортировочный комплекс VJ1070x760E

Стоимость рециклинга строительных конструкций, демонтированных при сносе здания типовой серии 1-467 данным комплексом составил 38,0 млн. рублей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ВСН №39-83(р) "Инструкция по повторному использованию изделий, оборудования и материалов в жилищно-коммунальном хозяйстве" от 1984-01-01.
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 31.12.2017) [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 18.01.2023).
3. Владимирова, И.Л. Внедрение механизма государственно-частного партнерства при реновации жилищного фонда [Текст] / И.Л. Владимирова, А.Э. Фокин // Российское предпринимательство. – 2015. –Том 16. № 6. – С. 887-902.
4. Foroughi S., Rasol M.A. Housing renovation priority in the fabric texture of the city using the analytic hierarchy model (AHP) and geographic information system (GIS): A case study of Zanjan City, Iran // The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences (2016) 19, 323–332.
5. Миронова В.В., Сергеева Н.Д. Анализ и оценка жилого фонда города Брянска для реализации программы реновации. «Инновационная наука в современном мире», 2021г.

**Михайлова А. С., магистрант,
Кириллова А. Е., магистрант**

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

ТРАВМАТИЗМ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

В современном мире большое внимание уделяется вопросам обеспечения безопасности труда на производстве. Более рациональным решением для более меньшего количества издержек в ходе своей деятельности для работодателей становится профилактика производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Нарушение законов в сфере охраны труда и здоровья рабочих, причиняющее вред их здоровью и даже жизни, может повлечь за собой штрафные санкции или привлечение к уголовной ответственности в зависимости от степени причиненного вреда [1].

На рис. 1 приведены основные производственные факторы, причиняющие вред в строительной сфере.

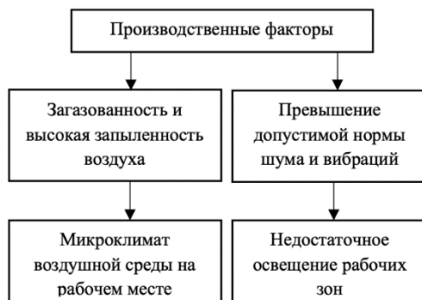


Рис. 1. Производственные факторы

А также большое внимание стоит уделить травмирующим факторам (рис. 2).

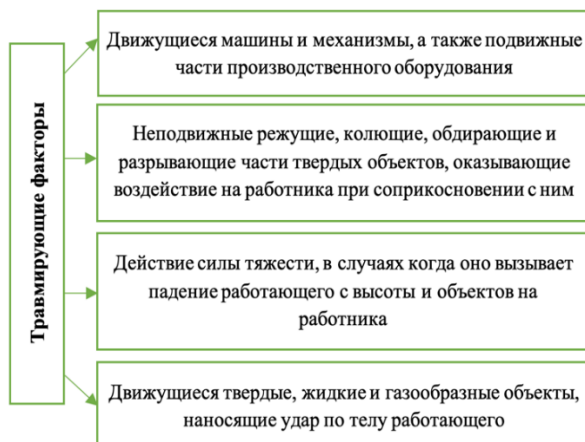


Рис. 2. Травмирующие факторы

Вышеуказанные факторы являются результатом более высокого уровня травматизма среди рабочей силы [2].

Необходимо подчеркнуть, что не только инженерно-технические работники могут в полной мере соответствовать всем требованиям по соблюдению техники безопасности и гигиены труда, поскольку это задача, стоящая перед всей командой. Соблюдение правил техники безопасности при реализации некоторых проектов, осуществляемых на производстве, поможет избежать человеческого вреда.

Важно, чтобы будущие специалисты были готовы решать задачи по обеспечению безопасности и гигиене труда, поскольку

эффективность реализации мер по защите жизни и здоровья работников напрямую зависит от уровня их подготовки и интеграции знаний [3].

Работодатель систематически обязан реализовывать мероприятия по улучшению условий труда, включая ликвидацию или понижение уровней профессиональных рисков, или недопуск повышения их уровней с соблюдением приоритетности реализации этих мероприятий, поскольку это важное звено в модернизации экономики государства (рис. 3).



Рис. 3. Баннер безопасности на стройплощадке

Национальные правительства, работодатели и профсоюзы несут ответственность за обеспечение безопасности жизни работников во время работы (рис. 4).



Рис. 4. Травматизм

Соблюдение требований охраны труда входит в должностные обязанности каждого сотрудника, независимо от вида деятельности [4].

Примечательно, что на предприятиях современной строительной отрасли соблюдение требований охраны труда часто обходится

работодателями стороной. В связи с этим тенденция к производственному травматизму возрастает.

Для того чтобы сократить несчастные случаи и травматизм существуют разные методики, например, сформулировать комплекс мер по предотвращению производственного травматизма и несчастных случаев на производстве, которые будут осуществляться постоянно при выполнении строительных работ [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Девясилов В. А. Охрана труда: учебник. 3-е изд., испр. и доп. М.: форум: ИНФРА-М, 2013, 448 с.
2. ГОСТ 12.0.003–2015. Межгосударственный стандарт, система стандартов безопасности труда «Опасные и вредные производственные факторы», классификация, Введ. 01.03.2017. [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 27.09.2022).
3. Строительно-техническая экспертиза: задачи, этапы, результаты // Статья с сайта, 2022, Источник: <https://www.business.ru/article/3789-stroitelno-tehnicheskaya-ekspertiza-zadachi-etapy-rezultaty>.
4. Трудовой Кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 06.10.2022).
5. Жариков И.С. Совершенствование системы оценки потенциала реконструкции зданий и сооружений // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. 2014. №15. С. 121-125.

Нуриахметов К. И., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Мавлюбердинов А. Р.**

Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Россия

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА МЕТОДА ПОДАЧИ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ В КОНСТРУКЦИИ

Методы подачи бетонных смесей в бетонируемую конструкцию различны и определяются проектом производства работ и зависят от вида конструкций, высоты и дальности подачи бетонных смесей и их свойств.

Известны следующие способы подачи бетонных смесей можно несколькими способами:

- краном с использованием бадьи;
- подъемниками;
- бетоноукладчиками;
- бетононасосами стационарными;
- пневмонагнетателями.

Около 70–80 % объема бетонных смесей подается строительными кранами с помощью поворотной и неповоротной бадьи. При возведении высотных зданий и сооружений бетонную смесь в конструкции как правило подают автомобильными и стационарными бетононасосами. В табл. 1 представлено сравнение различных способов подачи бетонной смеси.

Таблица 1

Сравнение различных способов подачи бетонной смеси

№	Способ подачи	Из автобетоновозов непосредственно в конструкцию	Автобетононасосами	Краном в бадьях
1	Из автобетоновозов непосредственно в	-	1.Транспортировка и подачи бетонных смесей на высоту. 2.Транспартировка бетонной смеси на дальние расстояния 3.Возможность подачи смеси в места с ограниченным доступом.	
2	Автобетононасосами	1. Способ с наименьшими трудозатратами и трудоемкостью при подачи бетонных смесей любой подвижности.	-	1. Способ с наименьшими трудозатратами и трудоемкостью при подачи бетонных смесей любой подвижности.
3	Краном в бадьях	1.Требует меньших затрат. 2.Обеспечивает большую мобильность. 3.Менее трудоемкий.	1.Большая мобильность. 2.Возможность подачи смеси в ограниченные места. 3.Менее трудоемкий	-

Исходя из вышеуказанного, произведем расчет оптимального варианта подачи бетонных смесей (табл 2.) рассчитав экономику и продолжительность работ на примере 27-этажного жилого дома.

Таблица 2

Расчет объема бетона на 1 этаж

Наименование	Объем	Ед. изм.	Формула расчета
Плиты перекрытия	143,64	м ³	26,6×27×0,2=143,64
Колонны, стены, лестничные площадки и марши	10,8	м ³	1,0×0×2×3×18=10,8

Плиты перекрытия заливаются отдельно от колонн и стен, поэтому вызов автобетононасоса будет считаться дважды. Исходя из того, что пропускная способность базового бетононасоса 60 м³/час, расчетное время, требуемое для устройства плит перекрытий равняется $T_{\text{плит}} = V_{\text{плит}}/V_{\text{нас}} = 143,64/60 = 2,4$ ч, расчетное время, требуемое для колонн и стен равно $T_{\text{кол}} = V_{\text{кол}}/V_{\text{нас}} = 10,8/60 = 0,18$ ч. При учете добавочных двух часов работ бетононасоса (1 час – до начала работ на подготовку техники и 1 час после работ, на мойку труб бетононасоса). Исходя из этого получим 4,4 и 2,18 часа работ соответственно. Учитывая также, что минимальное время аренды бетононасоса составляет 4 ч, значения длительности работ изменяться и станут 4,4 и 4 ч. Учитывая количество этажей - 27, умножим время работ, необходимые для заливки одного этажа на общее количество этажей и получим: $T_{\text{общ}} = (T_{\text{плит}} + T_{\text{кол}}) \cdot n = (4,4 + 4) \cdot 27 = 226,8$ ч. Учитывая к тому же запас времени в случае непредвиденных обстоятельств около 10% от уже полученного нами значения, то получим: 249,48 ч. Округлив значение, получим что на заливку бетона на объекте потребуются услуги бетононасоса в количестве 250 ч. При оценке среднерыночной стоимости бетононасоса, то стоимость одного часа работы бетононасоса данного типа составляет 5000 руб/ч, учитывая это общая стоимость услуг бетононасоса составляет $250 \cdot 5000 = 1\,250\,000$ руб.

Также при расчете крана с бадьей, будет увеличена продолжительность работ, что связано с более высокой производительностью бетононасоса. Однако кран позволяет подавать бетонную смесь на высоту, зависящую от характеристик крана

В результате проведенного сравнительного анализа можно предположить, что наиболее эффективным способом является смешанный метод подачи бетонных смесей к месту укладки бетононасосом и краном с бадьей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Maslennikov, S., Investigating the micro silica effect on the concrete strength / S. Maslennikov, V. Dmitrienko, N. Dmitrienko, I. Kokunko//MATEC Web of Conferences, 23 May. Volume 106, 2017. Номер статьи 03025.

2. Разоренов, Ю. И. Бетонные смеси на основе отходов горного производства / Ю. И. Разоренов, С. Г. Страданченко, С. А. Масленников // Технологии бетонов. – №7–8. – 2017. – С. 22–29.

3. Оптимизация состава бетонной смеси шахтных стволов / С. Г. Страданченко [и др.] / Технологии бетонов. – №11–12. – 2017. – С. 22–25.

4. Масленников, С. А. Повышение активности вяжущих из отходов металлургии / С. А. Масленников, В. И. Голик // Цветная металлургия. – №4. – 2016. – С. 47–53.

5. Принцип работы бетононасоса, типы систем, виды бетононагнетателей / Дом и ремонт : [сайт]. – URL : <https://dom-i-remont.info/posts>.

6. Методические рекомендации по производству бетонных работ способом пневмобетонирования / Библиотека нормативной документации : [сайт]. – URL : <https://files.stroyinf.ru/Data1/50/50601>.

Стативко К. А., магистрант

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

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

ПРИМЕРЫ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ПОКРЫТИЙ НАД СТАДИОНАМИ

При проектировании большепролетных сооружений необходимо не только учитывать архитектурную структуру возводимого объекта, но и связать конструктивные и технологические решения, которые бы отвечали максимальной степени требованиям индустриализации и экономичности строительства.

К большепролетным конструкциям стоит отнести такие объекты, у которых расстояние между опорами составляет более 40 м. Необходимость в данных конструкциях возникает в случае невозможности осуществления технологического процесса внутри здания, из-за расположенных промежуточных опор [1]. Именно поэтому, данные системы чаще всего являются однопролетными.

Спортивные сооружения являются одним из приоритетных векторов развития строительства. В нашей стране проходил ряд спортивных событий, ради которых возводились новые и современные спортивные стадионы. В связи с этим, и на сегодняшний день возникает необходимость в строительстве и реконструкции данных объектов для соответствия современным требованиям их эксплуатации.

Стадионы являются большепролетными зданиями общественного назначения. Чаще всего покрытия данных объектов строительства

выполняется из стали, так как этот материал является наиболее подходящим, для архитектурных условий и условий эксплуатации [2].

Опыт проектирования и строительства большепролетных зданий показывает, что наиболее сложной задачей является монтаж конструкций покрытия. В конструктивном отношении большепролетные покрытия различают по статической схеме работы несущих конструкций, в качестве которых применяются балочные, рамные, арочные, пространственные, мембранные и висячие покрытия [3].

Благодаря проведению чемпионата мира по футболу в 2018 г., в России появились яркие примеры современных стадионов.

Одним из сооружений последних лет является стадион «Зенит Арена», находящийся в Санкт-Петербурге. Стадион имеет раздвижную крышу с использованием прозрачной пленки-мембраны, устойчивой к проникновению влаги и пропускающей естественное освещение. Круглое здание спортивно-концертного комплекса диаметром 160 м перекрыто сферической мембранной оболочкой из листовой стали толщиной 6 мм. Такая конструкция позволяет добиться любых архитектурных форм и размеров, а также является легкой и безопасной, что в дальнейшем позволяет экономить на несущих металлоконструкциях и фундаменте.



Рис. 1. Каркас стадиона «Зенит Арена» г. Санкт-Петербург

Другой стадион, также построенный к чемпионату мира по футболу, «Мордовия арена», имеет консольную конструкцию покрытия. Консольное покрытие состоит из ферм, которые одними из двух узлов нижнего пояса закреплены в стенах. Стадион накрыт чашей арены, плавно перетекающей в навес над зрительскими местами. Оболочка стадиона немного приподнята над уровнем, что создает

эффект «воздушности» арены. Это один из трендов современного стадионного строительства.



Рис. 2. Каркас стадиона «Мордовия Арена» г. Саранск

Внешний облик стадиона «Самара Арена» представляет собой купол круглый в плане с вырезом в центре. Металлический каркас несущих конструкций образует форму покрытия – козырька над трибунами, высота которого составила 60 м от уровня земли. Стадион запроектирован с открытой игровой зоной. Покрытие над трибунами стадиона представляет собой радиально-кольцевой купол. Поверхность покрытия образована частью сферы радиусом 317,3 м. Основные несущие элементы покрытия – 32 радиальные консоли в виде трехъярусных решетчатых ферм из стальных круглых труб.



Рис. 3. Каркас стадиона «Самара Арена» г. Самара

Разнообразные конструктивно-технологические решения позволяют возводить различные стадионы, отличающиеся своей исключительной архитектурной формой. На примере построек к чемпионату мира 2018 г. можно убедиться, что современные большепролетные сооружения могут быть легковозводимыми, уникальными и безопасными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочерженко, В. В. Технология и организация возведения большепролетных и высотных зданий и сооружений / В. В. Кочерженко, Л. А. Сулейманова. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. – 178 с.
2. Металлические конструкции: учебник для студ. учреждений высш. Проф. Образования / Ю.И. Кудишин, Е.И. Беленя, В.С. Игнатьева
3. Пространственные металлические конструкции: учеб. пособие для вузов / А. Г. Трущев - М.: Стройиздат, 1983
4. Стадионы России к чемпионату мира по футболу 2018 // infoniac URL: <https://www.infoniac.ru/news/Pole-bitvy-12-stadionov-Rossii-dlya-Chempionata-mira-po-futbolu-2018.html> (дата обращения: 8.11.2023).

Токарь С. П., магистрант

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

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

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ГОРИЗОНТАЛЬНО- НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ В Г. БЕЛГОРОДЕ

В настоящее время метод ГНБ (горизонтально-направленного бурения) стал широко распространенной технологией, используемой в строительстве и обслуживании подземных коммуникаций, таких как газо- и водопроводы, канализация, электрокабели и другие инженерные сети. Этот метод позволяет прокладывать коммуникации под землей без необходимости рыть глубокие траншеи, что снижает негативное воздействие на окружающую среду и минимизирует помехи для движения транспорта и пешеходов [1].

На основе реконструкции электроподстанции «Восточная» в г. Белгороде и выполнения специальных строительных работ по

сооружению бестраншейного перехода (прокола) с обустройством футляра диаметром 300 мм под железнодорожной насыпью перегона Крейда – Разумное можем рассмотреть опыт применения метода ГНБ. Проект производства работ предусматривает сооружение одного бестраншейного перехода (горизонтальной скважины) длиной 60 п.м. под железнодорожной насыпью и монтаж в скважине футляра $\varnothing 300$ мм.

Скважина расположена в суглинках. Глубина заложения верха футляра от поверхности земли составляет 1 м в зоне рабочего котлована и 1 м в зоне приемного котлована. Под железнодорожной насыпью глубина заложения составляет 4,3 м.

Основными рабочими операциями в процессе сооружения бестраншейного перехода являются [3, 4, 6]:

- планировка рабочих площадок, отрывка рабочего и приемного котлованов;
- монтаж буровой установки и технологической оснастки;
- бурение пилотной скважины;
- расширение скважины;
- протяжка трубы футляра;
- демонтаж буровой установки и технологической оснастки.

При сооружении бестраншейного перехода методом бурения грунт деформации не подвергается, а разрушается по всей поверхности забоя с одновременным его выносом в рабочий котлован при помощи расширителя и раствора бентонита с полимерами. Подобная технология исключает деформации и подвижки грунта в насыпи, под которой сооружается бестраншейный переход.

Работы по сооружению бестраншейного перехода производятся без перерыва движения транспорта по магистрали с осуществлением постоянного контроля состояния железнодорожной насыпи и маркшейдерского контроля положения в пространстве сооружаемой скважины. До начала производства работ, существующие в зоне ведения буровых работ коммуникации, в том числе кабели связи и электрокабели в местах пересечения с сооружаемой скважиной отрываются ручным способом с соблюдением правил техники безопасности.

Земляные работы вблизи действующих кабельных трасс, кабельных сетей, волоконно-оптических линий связи разрешается производить только по письменному допуску работников дистанций сигнализации, централизации и блокировки, электроснабжения, регионального центра связи.

На месте сооружения бестраншейных переходов, по обе стороны от железнодорожной насыпи, производят планировку площадок и отрывку рабочего и приемного котлованов [3, 5]. Технологическая

схема работ по планировке рабочих площадок и отрывке котлованов приведена на рис. 1.

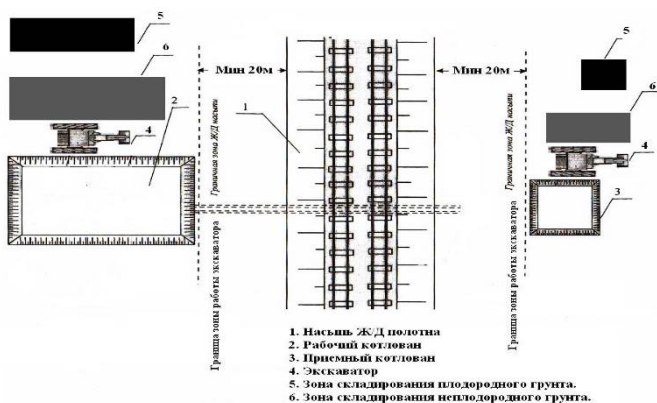


Рис. 1. Технологическая схема работ по планировке рабочих площадок и отрывке котлованов

Размеры рабочего котлована $6,0 \times 3,0 \times 3,0$ м определены глубиной заложения футляра, габаритами буровой установки JOVE-300, необходимыми технологическими зазорами, размещением бурового инструмента. При этом рабочий котлован должен располагаться не ближе 20 м от основания ж/д насыпи, по оси будущей скважины.

Размеры приемного котлована $6,0 \times 3,0 \times 2,5$ м также определены глубиной заложения футляра. Он должен располагаться не ближе 20 м от основания ж/д насыпи, по оси будущей скважины.

Разработка грунта при устройстве котлованов осуществляется экскаватором на пневмоколесном ходу с емкостью ковша $0,8-1,0$ м³ при работе навывет с размещением разработанного грунта в отвале. Доработка грунта в котлованах, планировка дна котлована осуществляется вручную.

Крутизна откосов котлованов 1:0,25. Вокруг котлованов выполняется ограждение высотой 1,5 м из штатных ограждений.

Буровая установка устанавливается с ориентацией вдоль оси будущей скважины. Крепление установки должно полностью исключать ее смещение под воздействием осевых нагрузок и крутящих моментов [6].

Устройство футляра выполняется буровой установкой JOVE-300 с одновременной подачей футляра и удалением грунта. Грунт перемещается за счет его вытеснения расширителем футляра наружу –

в рабочий котлован, с последующим подъемом и вывозом за пределы площадки.

С общественной точки зрения, строительство подземных коммуникаций с использованием бестраншейной технологии, включая метод горизонтально-направленного бурения, помогает избежать неудобств для жителей, связанных с разрытыми канавами, земляными отвалами, грязными тротуарами и мусором на проезжей части. Метод ГНБ позволяет сохранить пути перемещения жителей, сохранить наземную инфраструктуру и не нарушает существующую схему транспортных маршрутов.

Следует также отметить, что скорость прокладки подземных трубопроводов традиционным методом почти в три раза ниже скорости прокладки труб бестраншейным методом [2, 4]. Также экономия финансовых средств при прокладке кабелей и труб бестраншейным способом составляет от 30 до 50% стоимости работ по традиционной технологии (с рытьем траншей и котлованов).

Львиная доля затрат при открытой прокладке трубопроводов в траншеях приходится на земляные работы, а в случае прокладки коммуникаций на территориях городской среды возникают транспортные затраты, связанные с перевозкой грунта. При использовании бестраншейной прокладки труб методом горизонтального бурения земляные работы сведены к минимуму [5].

Исходя из вышесказанного, можно сделать следующие выводы: для обеспечения развития подземной инфраструктуры Белгородской области на ближайшую перспективу необходимо разработать новый подход, который будет в максимальной степени опираться на использование бестраншейных технологий. Этот подход должен быть основан на научно обоснованной стратегии восстановления и замены устаревших трубопроводов. Он также должен учитывать выявленные и обоснованные приоритеты и четкие критерии. Избранный метод позволит существенно снизить остроту проблемы последствий аварийных ситуаций, которые напрямую связаны с состоянием и обслуживанием подземных инженерных коммуникаций. Более того, он поможет сохранить существующую экологическую обстановку, снизить техногенное влияние подземных трубопроводов на геологическую среду и улучшить уровень коммунального обслуживания населения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баландинский, Е.Д. Бестраншейная прокладка инженерных коммуникаций: развитие и внедрение / Е.Д. Баландинский, Б.Н. Ладыженский, В.И. Минаев // Механизация строительства.– 1987.– №8.– С. 10-11.

2. Емельянов, Д.В. Способы бестраншейной прокладки трубопроводов // Дни студенческой науки: Сборн. докладов науч.-техн. конф. по итогам НИРС института гидротехнического и энергетического стр-ва НИУ МГСУ.– Москва, 2020.– С. 423-429.

3. Купчикова, Н.В. Технология прокладки подземных инженерных коммуникаций методом горизонтального направленного бурения / Н.В. Купчикова, Д.С. Бибикова // Потенциал интеллектуально одаренной молодежи – развитию науки и образования: Материалы VIII междунар. науч. форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников.– Астрахань, 2019.– С. 129-137.

4. Максимов, С.Н. Исследование технологических методов строительства подземных трубопроводов бестраншейными методами / С.Н. Максимов // Инновации. Наука. Образование.– 2020.– № 23.– С. 516-522.

5. Прокладка кабеля методом ГНБ технологии / [Электронный ресурс] // *electric-ufa* : [сайт]. – URL: <https://electric-ufa.ru/provoda-i-kabelya/prokladka-kabelya-metodom-gnb-tehnologiya> (дата обращения: 07.11.2023).

6. Прудий, А.В. Проблемы бурения горизонтальных скважин для подземного городского строительства / А.В. Прудий, А.Н. Дровников, Т.В. Носачева // Современные прикладные исследования: Материалы четвертой национальной науч.-практ. конф.– Новочеркасск, 2020.– С. 42-47.

Токарь С. П., магистрант

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

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

БЕСТРАНШЕЙНАЯ ПРОКЛАДКА ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ МЕТОДОМ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ

Метод горизонтального направленного бурения, или ГНБ, – это метод прокладки трубопровода без рытья траншей. Процесс контролируется специализированной буровой установкой. Этот метод используется для прокладки водопроводных, канализационных и газовых систем и других коммуникаций. Он был впервые использован в США в 1970-х гг.. Этот процесс включает в себя прокладку труб под

реками, такими как река Паджаро, в районе залива Монтерей, Калифорния [1]. Этот метод позволяет прокладывать трубы без необходимости рытья траншеи. Максимальная длина трубы, которую можно проложить этим методом, составляет 400 метров. Радиолокатор, расположенный в буровой установке, обеспечивает высокую точность прокладки труб по заданной траектории (рис. 1) [2].

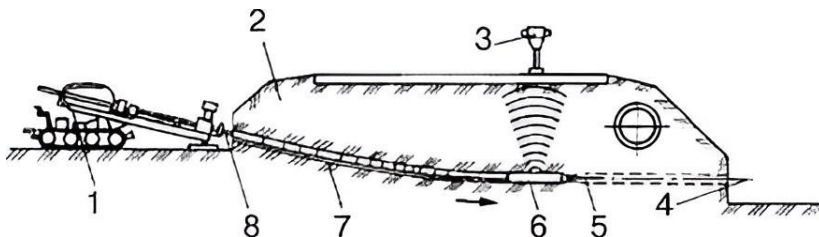


Рис. 1. Схема процесса направленного бурения с помощью установки ГНБ:
 1 – установка направленного бурения; 2 – земляное сооружение;
 3 – радиолокатор (приемник); 4 – проектная ось коммуникаций;
 5 – струя жидкости; 6 – буровая головка со встроенным передатчиком;
 7 – лидерная скважина; 8 – штанга

В настоящее время использование технологии ГНБ для прокладки в грунте инженерных трубопроводных коммуникаций стала обыденным делом.

Например, в Германии более 50 % всех трубопроводных сетей систем водоснабжения и газоснабжения прокладывается с использованием различных модификаций технологии ГНБ. С каждым годом технология ГНБ совершенствуется: разрабатываются новые буровые установки, улучшаются методы контроля за траекторией скважины, а также используются более эффективные методы очистки скважин от грунта, что ускоряет процесс бурения [3].

Установки ГНБ могут успешно сочетаться с раскатчиками, которые в единой системе работают одновременно в качестве расширителей лидерной скважины и устройства для затягивания труб в уширенную скважину (рис. 2).

Особые преимущества технологии ГНБ перед классическими методами прокладки с отрывкой траншей и котлованов заключаются в том, что не требуются специальные экскаваторы, минимизирует повреждения ландшафта без шума и пыли, как при традиционных методах прокладки коммуникаций. При использовании ГНБ трубопровод беспрепятственно можно проложить в районах плотной застройки, рек, железнодорожных полотнах. Кроме того, при использовании этой технологии сокращаются объемы работ:

задействуется одна бригада из 3-4 человек. Технология ГНБ существенно сокращает затраты на прокладку коммуникаций, примерно на 30 % [4].

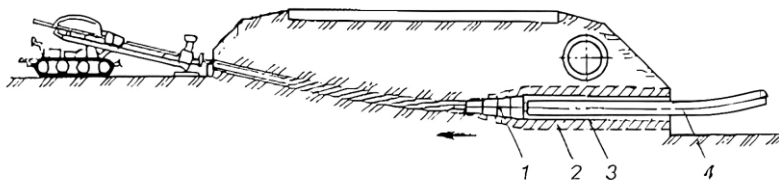


Рис. 2. Схема расширения лидерной скважины уплотнением грунта с одновременным затягиванием коммуникаций: 1 – раскатчик скважин; 2 – зона уплотненного грунта вокруг скважины; 3 – расширенная раскатчиком скважина; 4 – протаскиваемый трубопровод

Преимущества рассматриваемой технологии перед другими аналогичными бестраншейными заключаются прежде всего в том, что с помощью установок ГНБ можно в кратчайшие сроки проложить в старый трубопровод новую трубу при некотором уменьшении ее диаметра или завести одновременно с ней дополнительные кабели, осуществить параллельную прокладку нескольких трубопроводов или технологических кабелей для управления объектами транспортировки между зонами отправителя и получателя продукции, не нарушать почвенный горизонт и дорожное полотно в случае бурения на малых глубинах (например, для организации подземного отопления взлетно-посадочных полос на аэродромах и т.д.).

Установки ГНБ независимо от их мощности обеспечивают бурение скважин диаметром до 200 мм в скальных породах, что дает им преимущество перед другими, когда необходимо проложить трубопровод в гористой местности [5].

В зависимости от величины силы тяги установки ГНБ классифицируют на мини (до 100 кН), миди (от 100 до 400 кН), макси (от 400 до 2500 кН) и мега (более 2500 кН) установки.

Целью проведения инженерных исследований для создания переходов трубопроводов под функционирующими транспортными путями, железнодорожными путями, реками и прочими препятствиями с использованием метода горизонтально-направленного бурения является детальное изучение природных особенностей территории для обеспечения необходимых и достаточных данных для разработки и реализации проекта перехода. В случае необходимости пересечения

широких водных преград, могут быть предложены двухэтапные бурильные работы. Сначала на значительном расстоянии друг от друга выполняются скважины увеличенной глубины. На втором этапе – скважины с меньшим интервалом на самых важных участках.

Инженерно-геодезические и инженерно-геологические исследования являются неотъемлемой частью инженерных изысканий. Материалы, полученные в результате исследований, должны быть достаточными для проектирования варианта создания закрытого трубопровода без траншейного метода бурения или традиционного открытого способа с созданием траншеи.

В городских условиях, для укладки полиэтиленовых труб или кабеля, используются мини-агрегаты, а для бурения под узкими водоемами - миди-агрегаты. Макси-агрегаты используются для укладки длинных труб большого диаметра (например, водоводов и коллекторов), а также для создания переходов под крупными водоемами или сложными преградами. Мега-агрегаты предназначены для магистральных труб большого диаметра [6].

Установки могут быть самоходными, обычно на гусеничном шасси, или со специальным механизмом для транспортировки. Они могут располагаться на подготовленной грунтовой поверхности или фиксироваться анкерными болтами для большей стабильности. Во время процесса установки создается стартовый котлован размером 800x500 мм для размещения рамы бурильной установки с ударным механизмом и подъемником. Бурение выполняется с дистанционного пульта управления, который находится за пределами котлована. Глубина бурения определяется используемой системой локации, а наименьший радиус изгиба бурильных штанг зависит от типа почвы и типа установки, составляя примерно 26-42 м.

При прокладке с помощью технологии ГНБ стальных труб необходимо обращать внимание на наличие наружной механической (против возможного повреждения трубы при прокладке) и антикоррозионной защиты трубопровода. Для обеспечения такой защиты наружной поверхности труб на них наносится тонкий слой полиэтилена (не менее 1 мм). Сварочные швы обрабатывают эпоксидной смолой, усиленной стекловолокном.

В случае применения бестраншейного способа прокладки полиэтиленовых труб требуется расчет допустимых усилий тяги как для трубы, так и для сварного соединения, которое чаще всего выполняется стыковой сваркой. Полиэтиленовые трубы обладают предрасположенностью к повреждениям от твердых включений, которые могут находиться в окружающей грунтовой толще. В связи с этим нужно использовать полиэтиленовые трубы с более толстой

защитной оболочкой, чтобы возможные дефекты затронули только ее, или применять трубы с защитным полипропиленовым слоем, обладающим повышенной устойчивостью к абразивному износу [7].

Горизонтальное направленное бурение похоже на другие бестраншейные методы прокладки труб, такие как щитовая проходка, управляемый прокол и раскатка грунта. Однако, основным отличием ГНБ является использование бурового раствора при бурении. Состав этого раствора зависит от свойств грунта, и правильный выбор раствора влияет на успешность бурения.

Метод горизонтального направленного бурения является на сегодня одним из самых популярных и экономически эффективных способов прокладки подземных коммуникаций и проведения других подземных работ [8]. Благодаря своим особенностям, этот метод активно используется во всем мире, так как позволяет минимизировать повреждения на поверхности земли, а используемое оборудование отличается мобильностью. Небольшой состав бригад, оптимальные графики работ и экономия материальных и технических ресурсов выводят этот метод на ведущие позиции в области технологий и организации подземных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баландинский, Е.Д. Бестраншейная прокладка инженерных коммуникаций: развитие и внедрение / Е.Д. Баландинский, Б.Н. Ладыженский, В.И. Минаев // Механизация строительства.– 1987.– №8.– С. 10-11.

2. Емельянов, Д.В. Способы бестраншейной прокладки трубопроводов // Дни студенческой науки: Сборн. докладов науч.-техн. конф. по итогам НИРС института гидротехнического и энергетического стр-ва НИУ МГСУ.– Москва, 2020.– С. 423-429.

3. Купчикова, Н.В. Технология прокладки подземных инженерных коммуникаций методом горизонтального направленного бурения / Н.В. Купчикова, Д.С. Бибилова // Потенциал интеллектуально одаренной молодежи – развитию науки и образования: Материалы VIII междунар. науч. форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников.– Астрахань, 2019.– С. 129-137.

4. Максимов, С.Н. Исследование технологических методов строительства подземных трубопроводов бестраншейными методами / С.Н. Максимов // Инновации. Наука. Образование.– 2020.– № 23.– С. 516-522.

5. Минаев, В.И. Перспективы развития техники для бестраншейной прокладки трубопроводов / В.И. Минаев, Г.Г. Баландюк // Механизация строительства.– 1993.– №7.– С.6-7.

6. Орлов, В.А. Сравнение методов бестраншейного строительства инженерных сетей / В.А. Орлов, С.П. Зоткин, В.А. Нечитаева // Сантехника, отопление, кондиционирование.– 2019.– № 9 (213).– С. 28-31.

7. Прудий, А.В. Проблемы бурения горизонтальных скважин для подземного городского строительства / А.В. Прудий, А.Н. Дровников, Т.В. Носачева // Современные прикладные исследования: Материалы четвертой национальной науч.-практ. конф.– Новочеркасск, 2020.– С. 42-47.

8. Рыбаков, А.П. Основы бестраншейных технологий / А.П. Рыбаков.– М.: ПрессБюро, 2005. – 304 с.

**Точенов Д. С., магистрант,
Серова Е. А., студент**

**Научный руководитель: ст. преп.
Меркулова Е. В.**

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

МЕРЫ СНИЖЕНИЯ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

Строительство занимает одно из ключевых мест в экономике страны и является самостоятельной отраслью. Оно предназначено для создания новых объектов или реконструкции существующих, которые способствуют развития промышленности, сельского хозяйства, сферы услуг и комфортной жизни людей. По данным Росстата строительство вносит внушительные средства в региональные и местные бюджеты, обеспечивает около 5% ВВП России [1].

Строительная промышленность всегда характеризовалась высокими рисками получения травм и особенно это выражено на строительных площадках. С учетом того, что в строительной отрасли работают около 2 миллионов человек, количество погибших на строительных площадках России превышает ежегодно 2 тыс. человек. Большая часть несчастных случаев и смертей в строительстве вызваны нарушением правил охраны труда и техники безопасности. Работники строительной отрасли подвергаются следующим производственным рискам и опасным факторам:

- работы на высоте более 1,8 метра;
- движущиеся механизмы и машины;
- применение электрооборудования и электроинструмента;

- погрузочно-разгрузочные работы;
- выполнение должностных обязанностей под воздействием повышенных или пониженных температур;
- падающие материалы или предметы;
- повышенные показатели вибрации и шума;
- работа в условиях повышенной запыленности воздуха рабочей зоны и т.д. [2, 3]

По данным на 2022 год в России произошло 1565 случаев со смертельным исходом, на строительную отрасль приходится 21,07% от общего количества смертельных случаев, что является причиной особого внимания к данной проблеме в этой отрасли экономик [4].

Высокий показатель смертности в отрасли показывает фактическое отношение сотрудников строительных предприятий к вопросам безопасности и охраны труда. Иногда причиной несчастного случая может стать неоправданный риск и халатность самого работника, что напрямую связано с недостаточными знаниями элементарных правил безопасности и не соблюдение норм охраны труда рабочим персоналом на строительной площадке.

Работодателю необходимо выявить и информировать работников о наличии опасных, вредных производственных факторов и профессиональных рисков. На производственный персонал во время выполнения строительных работ оказывают воздействие факторы производственной среды (физические, химические, биологические) и трудового процесса (показатели тяжести и напряженности труда).

Но, как показывает практика, зачастую эти мероприятия сводятся к формальному отношению проведения инструктажей на рабочем месте. Такое недопустимое пренебрежение вопросами безопасности может привести к высоким профессиональным рискам и травмам на производстве.

Естественно сам работодатель не в силах охватить весь круг вопросов, связанный с сохранностью жизни и здоровья работников, задействованных на строительной площадке, поэтому и вводится должность специалиста по охране труда.

Кроме того, на каждом из участков строительных работ обязанности по обеспечению безопасности возлагаются на линейных специалистов (бригадиров, мастеров), отвечающих за проведение оперативного контроля на объекте.

Специалисты по охране труда, должны иметь соответствующую квалификацию и подготовку в вопросах безопасности на строительной площадке, поскольку на них накладывается ответственность за жизнь и здоровье работников. Обязанности специалиста по предотвращению несчастных случаев в строительстве заключается в следующем:

- нормативное обеспечение безопасных условий и охраны труда
- своевременное обучение работников требованиям безопасности и контроль освоения ими материала;
- организация и проведение мероприятий, направленных на снижение уровней профессиональных рисков
- обеспечение производственного контроля за состоянием условий труда на рабочих местах
- обеспечение расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний [5].

Таким образом, меры снижения риска предполагают проведение мероприятий по охране труда до возникновения несчастного случая. К основным эффективным мерам снижения риска в строительстве относятся разработка локальной нормативной документации и выполнение профилактических мероприятий таких как:

1. Разработка и внедрение системы управления охраной труда и регулярная проверка ее функционирования;
2. Специальная оценка условий труда;
3. Контроль рабочих мест и зоны повышенной опасности;
4. Проведение обходов строительных участков, для фиксации и исправления недочетов в области охраны труда;
5. Приобретайте высококачественные и эффективные СИЗ;
6. Своевременное проведение медицинских осмотров;
7. Контроль исправности технологического оборудования и инструмента;
8. Предоставление работникам гарантии и льгот;
9. Соблюдение режимов труда и отдыха, так как переутомление работников – это частая причина несчастных случаев;
10. Разработка и ведение трехступенчатого контроля и другие.

По данным Роструда из открытых источников, количество несчастных случаев со смертельным исходом в период с 2018 по 2022 год представлены в табл. 1.

Таблица 1

Количество несчастных случаев по данным Роструда[6-7]

Год	общее количество	несчастные случаи		
		групповые	с тяжелым исходом	со смертельным исходом

За исследуемый период с 2021 по 2022 гг. по данным статистики Роструд, травматизм на строительных площадках снизился на 3,66%.

Авторами был проведен анализ статистики травматизма причин и видов произошедших несчастных случаев на строительных объектах Курской области [8-9].

Основными причинами, приведшими к несчастным случаям, являются неудовлетворительная организация производства, недостатки в обучении работников в области охраны труда, нарушение трудовой дисциплины и высокая интенсивность труда в этой отрасли.

Интенсивность труда в строительстве характеризуется количеством квадратных метров введенного жилья и сроками строительства объекта. С каждым годом сроки сокращаются в ущерб безопасности. В связи с этим необходим усиленный контроль технологического процесса строительства, в целях снижения потенциальных производственных рисков и сохранения жизни и здоровья работников.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вторая оценка ВВП за 2022 по данным Росстата. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/313/document/203214> (дата обращения: 01.11.2023)
2. Приказ Минтруда России от 11.12.2020 N 883н. Правила по охране труда при строительстве, реконструкции и ремонте. – М.: Центрмг, 2023. 80с.
3. Беляков Г. И. Охрана труда и техника безопасности: . – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2023. 740с.
4. Приложение № 3-4 к постановлению Исполкома ФНПР от 10.04.2023 // Информация о работе технической инспекции труда профсоюзов в 2022 году. 7с.
5. Приказ Минтруда России от 22.04.2021 N 274н. Профессиональный стандарт. Специалист в области охраны труда. – М.: Центрмг, 2023. 50с
6. Приложение № 2 к постановлению Исполкома ФНПР 19.04.2022 № 6-4 // Информация о работе технической инспекции труда профсоюзов. 78с.
7. Рабочая сила, занятость и безработица в России. Стат.сб. – М.: Росстат. 2022. 151с.
8. Охрана и условия труда в Курской области // Информационный бюллетень. – Курск, 2022. 41с.
9. Профилактика производственного травматизма и профессиональных заболеваний – основа эффективной системы охраны труда // Доклад Отделения социального Фонда России по Курской области. – Курск, 2023. 7с.

**Усачева В.П., бакалавр,
Бондарь А.В., магистр**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сергеева Н.Д.**

*Брянский государственный инженерно-технологический
университет, г.Брянск, Россия*

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ШУМОЗАЩИТНЫХ БУФЕРОВ ИЗ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Тема актуальна и направлена на повышение эффективности производственной деятельности предприятий городского хозяйства по обеспечению экологически нормативного состояния объектов примагистральной городской застройки.

Проблема обеспечения комфортной городской среды для населения при застройке территорий, прилегающих к промзонам и автодорожным и железнодорожным магистралям вследствие отсутствия свободных площадей актуальна и сложнореализуема.

Застройка таких территорий объясняется отсутствием в городах свободных участков для застройки. Анализ практики застройки в мегаполисах и небольших городах отличается, в частности уровнем финансирования и технической оснащенностью производственных процессов. Но, при этом имеются и сходные особенности, а именно:

- отсутствуют четкие рекомендации по выбору конструкции буфера;
- при проектировании не закладывается место для буфера;
- для реализации проекта дизайнера, отсутствуют инструменты для автоматизированного расчета конструкций буфера;
- отсутствуют инструменты для автоматизированного расчета проектной документации (ПОР и ПОС).

Фактически речь идет о важном недостатке предприятий отрасли городского хозяйства – низком уровне организационно-технологической подготовки производства работ по устройству буфера для шумо-, газо-, пылезащиты.

Нами выдвинута концепция о необходимости совершенствования организационно-технологической подготовки производства работ на стадии проектирования.

В настоящее время большое распространение получили буферы в виде экранов (рис. 1). Таким образом, в сравнении с экранами буферная шумозащита из зеленых насаждений предпочтительна для обеспечения

экологически нормативного состояния объектов примагистральной городской застройки. Отметим еще одну характерную особенность деятельности предприятий городского хозяйства, осуществляющих так называемое «зеленое строительство».



Рис. 1. Шумозащитный экран примагистральной жилой застройки

В то же время большинство респондентов отмечали достоинство размещения шумозащитных полос из деревьев.

Для решения вопроса связанного с нормированием шума в различных условиях и ситуациях руководствуются ГОСТ 12.1.036-81 (СТ СЭВ 2834-80), СН 2.2.4/2.1.8.562-96 , которые устанавливают допустимые уровни шума на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий, авиационные шумы на территории жилой застройки определяются ГОСТ 22283-76.

Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий содержит ГОСТ 23337-78 (СТ СЭВ2600-80) и МУК4.3.2194-07.

Известно, что зеленые насаждения, расположенные между источником шума и жилыми домами, участками для отдыха, могут значительно снизить уровень шума. По данным профессора Цыганкова В.В. эффект возрастает по мере приближения растений к источнику шума; вторую группу насаждений целесообразно размещать непосредственно около защищаемого объекта. Звуковые волны, наталкиваясь на листья, хвою, ветки, стволы деревьев различной ориентации, рассеиваются, отражаются или поглощаются. Кроны лиственных деревьев поглощают около 25 % падающей на них звуковой энергии. Таким образом, в сравнении с экранами буферная шумозащита из зеленых насаждений предпочтительна для обеспечения экологически нормативного состояния объектов примагистральной городской

застройки. Отметим еще одну характерную особенность деятельности предприятий городского хозяйства, осуществляющих так называемое «зеленое строительство». Поэтому речь не идет о наличии рациональных решений технологических процессов. Этим объясняется высокая стоимость объектов, в том числе и за счет низкого уровня механизации, высокой доли ручных операций и др.

В связи с этим поставленная задача разработки научно-методического подхода к повышению уровня организационно-технологической подготовки производства работ на устройство буферов шумозащиты примагистральной городской застройки на стадии проектирования обеспечить автоматизацию их разработки в режиме оптимизационного расчета. Разработанная авторами методология включает в себя экономико-математическую и организационно-технологическую модели; алгоритм и программа расчета.



Рис. 2. Магистральное шумозащитное озеленение

На 1 этапе программа позволяет выполнить расчет по выбору рациональной конструкции шумозащитного буфера из зеленых насаждений, а на 2 этапе – расчет по выбору рациональной технологии устройства выбранной конструкции.

Так, для реального объекта примагистральной городской застройки в Москве участка по ул. Братьев Рябушинских, нами разработаны рекомендации по обеспечению нормативного экологического состояния. За счет применения метода имитационного моделирования осуществлен выбор рациональной конструкции шумо-пыле- и газозащитного буфера из зеленых насаждений.

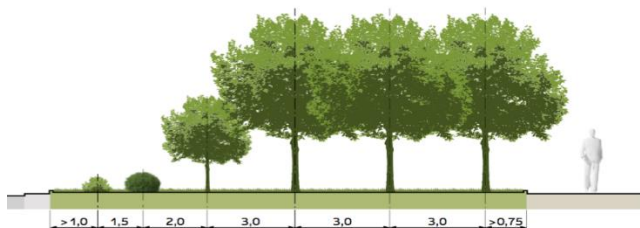


Рис. 3. Рекомендуемая конструкция буферной шумозащиты (Тип I) для по ул. Братьев Рябушинских, площадью 2,6 га

Рекомендуется строительство шумозащитного буфера длиной 800м и шириной 13,5 м. Расчетный тип конструкции – 1 Тип. Количество рядов – 5; Величина разрыва – 1,5 м. А также выполнен выбор видов зеленых насаждений по рядам. Рекомендуемая технология – траншейная. Экологический эффект буферной шумозащиты из зеленых насаждений подтверждается данными их нормативных значений [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев СП., Шнейдер Ю.И. Борьба с городскими и промышленными шумами. -М.:Госстройиздат, 1989. -132 с."
2. Бенина Д.Н. Древесно-кустарниковая растительность в городских условиях и ее влияние на снижение шума от автотранспорта (на примере города Саратова): автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. Наук [Сарат. гос. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова]. - Саратов:2006, 17с."
3. Берфина Г.П. Шумозащитные свойства зеленых насаждений и их эффективное использование в конструкциях примыкающих посадок: Авто. реф. дис. канд. с.-х.наук. - Брянск, 1986.-14 с- В надзаг.: Брян.ордена Трудового Красного Знамени технол. ин-т."
4. Борьба с шумом в городах: Совм.сов.-фр.изд./В.Н.Белоусов, Б.Г.Прутков, А.П. Шинкова и др.;ЦНИИШ градостроительства. Тулуз. ун-т.- М.:Стройиздат, 1987.-248 с."
5. Голотина И.А., Сергеева Н.Д./ Совершенствование метода проектирования объектов вертикального озеленения зданий для условий Нечерноземья / М-во науки и высшего образ. РФ, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т.- 2019. С 145-148.
6. Сергеева Н.Д., Цыганков В.В. Методология организационно-технологической подготовки на объектах примыкающего шумозащитного озеленения .Монография. Брянск, БГИТУ, сентябрь 2018.- 146 с.200 экз.
7. ГОСТ 12.1.003-83.Шум.Общие требования безопасности. -Введ с 01.07.1984.-6 с.

Хуснутдинова А. А., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Ибрагимов Р. А.

*Казанский государственный архитектурно-
строительный университет, г. Казань, Россия*

«ЗЕЛЕННЫЕ» ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Строительство – один из главных антропогенных факторов, который оказывает серьезное и необратимое влияние на окружающую среду, поскольку выступает потребителем огромного количества природных, материальных и энергетических ресурсов. Строительные площадки являются причиной негативных воздействий: выбросы и шум от двигателей строительной техники, динамические вибрации некоторых видов строительных работ.

В настоящее время, значимость данной проблемы возрастает с каждым днем, в связи с ежегодным наращиванием объемов строительства на территории нашей страны. Так, по указу Президента Российской Федерации о национальных целях развития России до 2030 года, предусматривается увеличение объема только жилищного строительства до 120 миллионов квадратных метров в год, поэтому актуальна задача по формированию «зеленых стандартов».

Согласно ГОСТ Р 70346-2022, «зеленые» критерии – количественные и качественные характеристики для рейтинговой оценки «зеленых» зданий в соответствии с настоящим стандартом, включающие описание целей по устойчивому развитию объекта капитального строительства и состоящие из набора требований к «зеленым» параметрам.

«Зеленые» параметры («зеленые» требования) – технические, экологические и организационные требования, предъявляемые на различных стадиях жизненного цикла здания, которые подтверждают достижение целей «зеленых» критериев настоящего стандарта.

«Зеленое» многоквартирное жилое здание – жилое многоквартирное здание, которое комплексно минимизирует антропогенное воздействие на окружающую природную среду и создает благоприятные условия жизнедеятельности для человека на всех этапах жизненного цикла объекта.

Энергоэффективность зданий является основополагающим звеном в процессе формирования «зеленых стандартов».

Класс энергетической эффективности – уровень экономичности энергопотребления здания, характеризующий его энергоэффективность на стадии эксплуатации.

Для оценки энергоэффективности зданий свод правил устанавливает 7 классов энергетической эффективности зданий с буквенными обозначениями латинского алфавита от А до G; вводится маркировка энергоэффективности со шкалой классов относительных показателей удельного энергопотребления на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение зданиями. Данные представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Обозначение класса энергетической эффективности	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения значения показателя суммарного удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня, %
A	Наивысший	Менее -40
B	Высокий	Менее -30 до -40
C	Повышенный	Менее -15 до -30
D	Нормальный	Менее 0 до -15
E	Пониженный	Менее +25 до 0
F	Низкий	Менее +50 до +25
G	Особо низкий	+50 и более

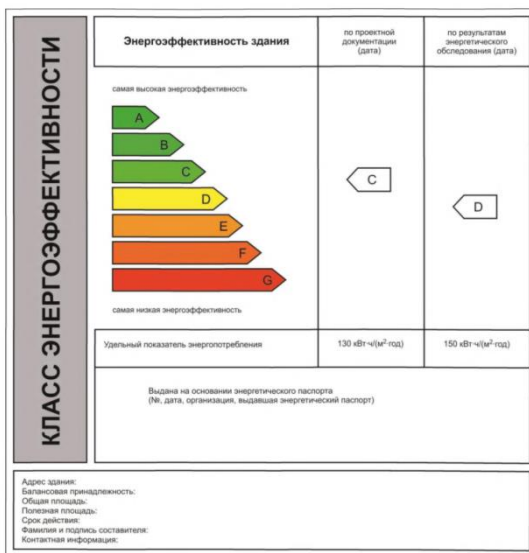


Рис. 1. Этикетка маркировки класса энергоэффективности здания

В процессе развития «зеленых» стандартов в Российской Федерации, необходимо уделять особое внимание энергоэффективности зданий, поскольку энергосбережение – важный

технический показатель, благодаря которому появляется возможность снижения неблагоприятного влияния на окружающую среду на протяжении всего жизненного цикла зданий и сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 70346-2022 «Зеленые» стандарты. Здания многоквартирные жилые «зеленые». Методика оценки и критерии проектирования, строительства и эксплуатации – Введ.2022-01-11. – М.: Российский институт стандартизации, 2022. – 36 с.
2. ГОСТ Р 56295-2014 Энергоэффективность зданий. Методика экономической оценки энергетических систем в зданиях. – Введ.2015-07-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 18 с.
3. СП (EN 15217:2007) Энергетическая оценка зданий. Методы выражения энергетических характеристик зданий и сертификации энергопотребления зданий. – Москва, 2013. – 25 с.
3. Оптимальные параметры и картина магнитного поля рабочей камеры в аппаратах с вихревым слоем / Р. А. Ибрагимов, Е. В. Королев, Р. Я. Дебердеев, В. В. Лексин // Строительные материалы. – 2018. – № 7. – С. 64-67. – DOI 10.31659/0585-430X-2018-761-7-64-67
4. Технология лазерного сканирования в 3D проектировании / И. К. Киямов, Р. Х. Мингазов, А. Ф. Музафаров [и др.] // Экспозиция Нефть Газ. – 2013. – № 7(32). – С. 41-43.
5. Structural parameters and properties of fine-grained concrete on Portland cement, activated with plasticizers in vortex layer apparatuses / R. A. Ibragimov, E. V. Korolev, T. R. Deberdeev, V. V. Leksin // ZKG International. – 2018. – Vol. 71, No. 5. – P. 28-35.

Черных Ю.А., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Нестерова И.М.

Поволжский государственный технологический университет, г Йошкар-Ола, Россия

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ АРХИТЕКТУРЫ И ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОПАРКОВ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ

Технопарки появились во всех экономических, социальных и культурных спектрах, демонстрируя живость и адаптивность, преодолевая временные и географические границы. Более того, они преодолели институциональные и организационные границы, способствуя лучшей интеграции многочисленных участников, расположенных в парках, и облегчая поток знаний и передачу технологий между ними.

Благодаря объединению различных государственных и частных организаций (в том числе инновационных предприятий, технологических стартапов, технологических центров, исследовательских институтов и университетов), научно-технические парки стали значимыми инструментами инновационного развития бизнеса.

Существует три ярко выраженных модели формирования технопарков: американская, европейская и азиатская, так как они имеют характерные особенности.

Американская модель технопарка.

Архитектурные особенности американских технопарков определяются, как экономически целесообразные. Промышленные помещения могут занимать малые фирмы, а более крупные компании трансформировать объемы под свои нужды. Американский тип имеет функциональную планировочную структуру, которая обслуживает инновационные предприятия единой системой.

Европейская модель технопарков.

Современный обобщенный тип европейской модели имеет некоторые особенности в организационно-архитектурной модели:

- наличие здания, организованного для расположения в нем малых фирм в большом количестве.

- наличие нескольких лиц на посту учредителя.

Архитектурными особенностями европейских кампусов под расположения технопарков являются такие факторы, как:

- ограниченная территория, не превышающая 10 га.;

- качественное благоустройство и озеленение;

- здания с ценнейшей архитектурной средой, сформированная благодаря вековой историей или современными высококачественными объектами.

Азиатская модель технопарков.

Азиатская модель предполагает строительство технопарков на основе городов – технополисов. Данная модель зарекомендовала себя как наиболее интенсивная среда для интегрирования научных процессов и производства.

В технополис входят три района связанных друг с другом:

- научные городки, состоящие из университетов, государственно-исследовательских институтов, лабораторных и научных корпораций;

- зоны промышленного значения, фабрики, центры распределения и фирмы;

- кварталы с жилым фондом, в которых временно или постоянно проживают работники и их семьи.

Анализ примеров зарубежного опыта адаптации территорий под индустриальные кластеры приведен в табл 1.

Таблица 1

**Анализ примеров зарубежного опыта адаптации территорий
под индустриальные кластеры**

Название\ Локация	Концепция	Архитектура
1	2	3
Научно-технологический парк «LAKESIDE» Австрия, в г. Клагенфурт	Единение с природой	Объему присуща общая динамика; Блоки В13-В19 структурно взаимосвязаны; Внутри дворовая часть – атриумная; Здания отличаются элегантными формами, плавными переходами и гибкими конструкциями; Свободные планировки. Открытые пейзажи, благодаря модульной застройке; Ориентация с видом на водоем.
Технопарк высоких технологий «Kulim»/Малазия, в г. Кулим	Город будущего, наукоград	Невыразительная архитектура; Единственные акценты на фасадах - металлические опоры; Удаленность от столицы; Максимальную площадь занимает производственная зона, из чего следует малое расположение жилых зон.
Научно-индустриальный технопарк «Hsinchu Science Park», Тайвань, г.Синьчжу	Инновационный «мозг»	-Динамику архитектуры этого объекта задает навес из светоотражающих панелей на металлическом конструктиве; -По всему контуру крыши металлические каркасы с остеклением – смотровые площадки; -Остекленный цилиндр является доминантой всего объема, внутри него находится распределительный холл и эскалаторы; - У главного фасада протянулась огромная чаша с водой утопленная до уровня земли. Здание полностью отражается в воде, за счет этого появляется образ стрелы
Наукоград «Берлин-Адлерсхоф» Германия, г. Берлин	Внедрение инновационной архитектуры в историческую застройку. Модель тройной спирали	Здание органической формы, округлое, с выпуклостями. Лаборатории в области оптических исследований работают без дневного света; Двойной стеклянный фасад имитирует линзу очков; Вокруг кольцеобразного туннеля вдоль линии балок расположены экспериментальные зоны и рабочие места для ученых, что делает процесс передачи разработок цикличным. -Обширное озеленение кровли для улучшения микроклимата.

1	2	3
<p>Технопарк химических исследований «Spiralab» Япония, г. Чива</p>	<p>Спиралевидная форма</p>	<p>Линейная планировка зданий спроектирована так, что все помещения объединены одним коридором проходящим сквозь все здание, что создает эффект разветвления и безопасного выхода наружу в случае эвакуации; Прямоугольный бетонный фасад закручивается в спираль с помощью горизонтальных и вертикальных «осколков», выполняющих роль окон; Модульность экспериментальных комнат, что позволяет ученым использовать внутреннее пространство по своему желанию и в соответствии с нуждами того или иного эксперимента; Расположение в промышленной зоне; Зеленый атриум. Прозрачные стены делают архитектурную среду комфортной атмосферой под открытым небом.</p>

Анализируя такие примеры мирового опыта реновации промзон под индустриальные и технологические кластеры, можно сделать вывод, что европейские страны всегда отвечали контексту места и реанимировали их с точки зрения улучшения городского обустройства, и если старые промышленные здания нарушали логические принципы формирования комфортного города, то их сносили и строили новые, которые так же вписывались в существующую застройку и создавали новые точки притяжения. Все рассмотренные примеры стали успешными проектами редевелопмента и на месте деградирующих, вымирающих и заброшенных территорий возникли быстро развивающиеся и инновационные районы и улицы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беленов О. Н., Смольянинова Т. Ю., Шурчкова Ю. В. Индустриальные парки: сущность и основные характеристики [Электронный ресурс] //Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. - 2013.
2. Копыченко Г.С., Пространственное развитие и градостроительная политика на территориях интенсивного научно-технологического развития// ИСИЭЗ НИУ Высшая школа экономики., 2016г.

Kirillova A. E., Master's student

Scientific supervisor: senior lecturer

Kolosova E. R.

*Belgorod State Technological University
named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia*

GREEN BUILDING TECHNOLOGY

Green building technology entails the use of advanced technologies to create buildings that have minimum to zero negative effects on the environment throughout their lifecycle: from design, construction, operation, maintenance, renovation and demolition stages. Thanks to the many benefits of green building technology, builders worldwide are increasingly embracing concepts that create buildings that are efficient in terms of construction and operation costs.

The application of green building technology in construction projects result in improving the efficiency of resource utilisation, increasing the construction resource ratio and achieving the goal of energy saving. In the process of the construction industry development, it is necessary to balance between architectural design and construction technology, functional requirements for buildings, design requirements and optimisation of the internal environment [1].



Fig. 1. Green construction technologies

Green construction technologies and management mode are optimised and developed to maximise resource efficiency, promote construction projects, improve the use of limited resources and recycle them efficiently, thus contributing to promoting the long-term and high-quality development of the construction industry. For example, the efficient use of water resources in green building technology can be achieved through the use of high-tech equipment, installation of equipment for water purification, water treatment,

water quality monitoring, with the aim of multi-purpose use of water. Also, this technology enables people to use micro-irrigation and other sprinkler equipment, irrigation schedules, programmes to improve the quality of vegetation growth and promote efficient and recycling of water resources [2].

Thus due to the application of green building technology, the environmental pollution has been effectively prevented, the emission into the atmosphere has been reduced, thus improving the ecological environment. Green building technologies focus on the functions of increasing the rationality of planning, saving building space and meeting the design requirements of the interior and exterior environment. The utilisation of space in green buildings is improved by the principle of ecological harmony of unity. For example, the design principle of “warm in winter and cool in summer” is taken as a basis, as well as the environmental advantages and location of the green building [3].

Green building project management must take into account relevant laws and regulations. The use of green energy in the application of green building technology is a necessary type of resource in the construction of facilities. The construction process involves various types of machinery and equipment such as excavators and tower cranes. The operation of such large-scale equipment consumes a large amount of energy. For example, some machinery and equipment are powered by diesel fuel. The use of diesel fuel will emit a large amount of harmful gases into the atmosphere.

The basis of green building construction technology is to optimise the structure and energy consumption of machinery and equipment for green construction work. For example, abandoning the use of diesel fuel as an energy carrier and using electricity, resulting in the reduction of harmful emissions, improving the energy-saving effect of construction work, realizing energy saving and emission reduction [4].



Fig. 2. Application of green building technologies

The key factor of improving the quality of construction work in the process of applying green construction technology is considered the cooperation between different departments. It is necessary to establish a perfect system matched with the specific construction situation, strengthen the clear delineation of staff responsibilities, and use the responsibility system to restrain staff behavior. Thus, with the modernization and development of the construction industry, the construction industry faces the pressure of ever-increasing competition. The construction industry should adopt green building technology, meet the requirements, explore the direction and strive to achieve the development goal [5].



Fig. 3. Sustainability of green buildings

In present-day construction projects, green technology is applied to offer an increasing demand and higher market values for their facilities. Even most infrastructure owners benefit from having the lower ongoing cost of operation, improved rates of occupant retaining their space, and higher building values. Most of these green technologies are used in buildings to integrate regulatory systems implanted in many structures. By efficiently managing infrastructure processes, construction industries can generate better production while maintaining a high-performance system of operations, and also reduce operational costs.

Therefore, green construction or green building (sustainable construction), the use of resource-efficient and environmentally responsible processes in construction, ensures the lifetime sustainability of the building. In fact, the process requires close collaboration of the construction engineers,

the client, and the architects in the entire construction project. In the wake of the 21st century, most attention is drawn towards sustainable development, and for any built environment in any country to achieve its sustainable goals, it is approved that adoption of green technology in their construction projects is key.

REFERENCES

1. Авилова И.П., Крутилова М.О. Механизмы экономического стимулирования зеленых стандартов строительства и эксплуатации объектов недвижимости // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 201-206.
2. Бенуж А.А. «Эколого-экономическая модель жизненного цикла здания на основе концепции «Зеленого» строительства». М., 2013. 24 с.
3. Водопьянова, Т. П. "Зеленое" строительство: сущность, тенденции, перспективы / Т. П. Водопьянова, Равко, С. А. // Культура и экология - основы устойчивого развития России. Культурное и природное наследие - ключевой ресурс социально-экономического развития: материалы Международного форума, Екатеринбург, 13-15 апреля 2022 г. - Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Ч. 1. - С. 329-338.
4. Колосова Э.Р. Английский язык в сфере строительства: учебное пособие для студентов направления подготовки бакалавров 08.03.01-Строительство / Колосова Э.Р., Могутова О.А. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2020. – 79 с.
5. Lee, Young S; Guerin, Denise A (2010). "Indoor environmental quality differences between office types in LEED-certified buildings in the US". *Building and Environment*. 45 (5): 1104.

Научное издание

VIII Международный студенческий
строительный форум - 2023

Том 1

Сборник докладов

Ответственный за выпуск **Сулейманова** Людмила Александровна

Компьютерная верстка **Богачева** Марина Александровна

Подписано в печать 14.12.23. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 15,1. Уч.- изд. л. 16,2.

Тираж 50 экз. Заказ № Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете
им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

