

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

# **VII Международный студенческий строительный форум - 2022**

(Белгород, 24 ноября 2022 г.)

**Том 1**

Сборник докладов

Белгород  
2022

УДК 69  
ББК 38  
С28

С28 VII Международный студенческий строительный форум –  
2022: сб. докл.: в 2 т. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2022. – Т.1. –  
250 с.

ISBN 978-5-361-01118-6 (т.1)  
ISBN 978-5-361-01117-9

В сборник вошли доклады, представленные участниками VII Международного студенческого строительного форума-2022, состоявшегося в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова 24 ноября 2022 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 978-5-361-01118-6 (т.1)  
ISBN 978-5-361-01117-9

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

## ОРГКОМИТЕТ ФОРУМА

- Глаголев С.Н. – ректор БГТУ им. В.Г. Шухова, д-р экон. наук, проф.
- Гриджин А.М. – президент БГТУ им. В.Г. Шухова, почетный член РААСН, д-р техн. 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., член-корреспондент 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

<b>Предисловие</b> .....	8
<b>Современные конструкции и расчетные методики зданий и сооружений</b>	
<b>Алехина А.А.</b> Совершенствование декартового метода строительства многоэтажных зданий в условиях плотной городской застройки.....	9
<b>Амелин П.А.</b> Анализ экспериментальных исследований по усилению железобетонных конструкций внешним композитным армированием.....	13
<b>Борисенко С.А.</b> Конструкции, выполняющие функции связей, по верхнему поясу стальных ферм в промышленных зданиях.....	21
<b>Воронкова А.Ю., Шляпкин А.Ф.</b> Нормативно-правовая база, регламентирующая вопросы усиления строительных конструкций полимеркомпозитными материалами.....	24
<b>Выщеславова Н.А.</b> Объективная характеристика конструктивной (механической) безопасности зданий и сооружений.....	28
<b>Гайфуллина К.В.</b> Перспектива применения двутавров с гофрированными стенками в сейсмостойком строительстве в условиях импортозамещения.....	33
<b>Даньков Д.А., Бочаров К.А.</b> Современные методы зимнего бетонирования монолитных железобетонных конструкций.....	39
<b>Кладиева П.В.</b> Стальные ленты армирования изгибаемых ячеистобетонных конструкций.....	43
<b>Колесников В.А.</b> Влияние технологических особенностей возведения многослойных монолитных конструкций на их теплотехнические характеристики.....	47
<b>Колупаев Д.Е.</b> Расчет свайных железобетонных фундаментов методом статического зондирования.....	49
<b>Комаров М. В.</b> О целесообразности использования стальных несущих конструкций в составе многоэтажных жилых зданий.....	54
<b>Крюкова Е.А.</b> Несущая способность трехслойных панелей с металлическими обшивками и технологическими стыками среднего слоя.....	59
<b>Кудинова Д. И., Ушакова В.Е.</b> Сравнение новых и классических методов возведения деревянных зданий.....	64
<b>Левшина Д.Э.</b> Прочность армированных газобетонных призм.....	70
<b>Лунин П.И.</b> Область применения и эффективность вантовых конструкций в строительстве.....	74

<b>Мишенин О. В.</b>	
Эффективность применения и конструктивные особенности стальных модульных конструкций в жилом строительстве.....	77
<b>Николенко К.С.</b>	
Важные отличительные особенности методов нормирования конструктивных решений строительных конструкций, достоинства и недостатки методов.....	80
<b>Покидов Н.А.</b>	
Методы сейсмозащиты зданий и сооружений.....	83
<b>Полунина Н.В.</b>	
Исследование влияния на балку локальных напряжений, вызванных сосредоточенными нагрузками.....	87
<b>Попленкин М.С.</b>	
Исследование локальных напряжений в гофрированной стенке при различных сечениях полок.....	91
<b>Сенкевич А.Д., Рябоконт И.Р.</b>	
Исследование параметров работы балок с гофрированной стенкой.....	96
<b>Фокин Д.С.</b>	
Методика расчета локальных напряжений отечественных норм и ее эволюция во времени.....	100
<b>Чернокожева Л.С., Томашова В.А.</b>	
Облегченные плоские перекрытия из монолитного железобетона.....	106
<b>Юрченко Э.В., Сиделин В.Э.</b>	
Итерационный подход к расчету тонких подпорных стенок из стеклофибробетона.....	111
<b>Информационное моделирование строительства</b>	
<b>Алескерев В.В., Борисенко С.А.</b>	
Информационное моделирование строительства.....	115
<b>Городов П.Ю.</b>	
Исследование возможности применения пневматической опалубки для возведения междуэтажных перекрытий в многоэтажных зданиях с монолитными стенами.....	119
<b>Захарова М.Ю., Шлепнева Е.А.</b>	
Преимущество информационного моделирования при проектировании зданий и сооружений.....	123
<b>Захарова М.Ю.</b>	
Цифровое объектно-ориентированное проектирование зданий.....	126
<b>Коршикова К.К.</b>	
Законодательство ТИМ. Экспертиза информационных моделей.....	130
<b>Осадчая Л.А.</b>	
ВМ как новая технология управления инвестиционно-строительными проектами.....	135
<b>Рябчевский И.С., Чесноков И.А., Сулейманов И.С.</b>	
Технологии ВМ в процессе управления жизненного цикла объектов строительства.....	138

<b>Тарасов М.В., Глабец П.А.</b> Особенности применения 4D моделирования в строительстве.....	145
<b>Чернявский И.А.</b> История развития, международный и отечественный опыт применения BIM-технологий в строительной отрасли.....	148
<b>Чуйко К.К., Черских Д.Ю.</b> Преимущества и факторы, препятствующие переходу к BIM-технологиям.....	153
<b>Прогрессивные организационно-технологические решения в строительстве</b> <b>Арутюнян Л.Г.</b> Направление развития технологий изготовления стеновых изделий на основе шлакощелочных вяжущих с добавками молотого кирпичного боя.....	157
<b>Атапина Н.А., Горбачев Д.М.</b> Совершенствование блочно-пролетного метода монтажа конструкций покрытия одноэтажных промышленных зданий.....	160
<b>Банников М. А.</b> Выбор рационального метода монтажа металлических конструкций одноэтажных каркасных промышленных зданий .....	164
<b>Бессонов А. Ю., Султонбоев Ж.Н.</b> Опыт зарубежных и отечественных исследователей в области рационализации объемно-планировочных решений и проектировании энергоэффективных домов.....	168
<b>Богачев Д.А.</b> Роль закрепления в обеспечении устойчивости каркасных зданий и сооружений возводимых методом подъема выжиманием.....	173
<b>Бочаров К.А., Даньков Д.А.</b> Восстановление целостности поврежденных железобетонных конструкций методом торкретирования.....	177
<b>Глабец П.А., Тарасов М.В.</b> Методы повышения энергоэффективности зданий при проведении капитального ремонта.....	180
<b>Горбачев Д.М., Атапина Н.А.</b> Достоинства и недостатки существующих методов монтажа большепролетных куполов.....	186
<b>Губарев А.В.</b> Исторический обзор развития технологии силикатизации грунтов.....	191
<b>Долгих В.Д.</b> Классификация видов отделки неводными составами наружных поверхностей зданий.....	195
<b>Зубкова М.Н., Мигулина А.А.</b> Факторы, влияющие на эффективность монолитного строительства.....	200
<b>Кочерженко А.А., Андреева Д.А.</b> Развитие конструктивных схем многоэтажных зданий с железобетонным каркасом различной степени сборности.....	203
<b>Кочерженко А. А., Андреева Д.А.</b> Развитие опалубочных систем для возведения монолитных железобетонных конструкций многоэтажных зданий.....	206

<b>Локтев А.М.</b>	
Сущность совершенствования грунтовых анкеров методом двойного уширения с использованием разрядно-импульсной технологии (РИТ).....	210
<b>Мальковская А.С.</b>	
Необходимость совершенствования организационных решений экспертизы сметной стоимости строительства.....	213
<b>Мигулина А.А., Зубкова М.Н.</b>	
Конструктивные и организационно-технологические решения в монолитном строительстве, влияющие на показатели трудоемкости и стоимости опалубливания.....	217
<b>Мочалова А.О.</b>	
Основные преимущества и недостатки строительства зданий из монолитного железобетона.....	221
<b>Мочалова А.О.</b>	
Организационные и технологические особенности бетонирования несущих монолитных конструкций.....	224
<b>Рудской И.С.</b>	
Ограждения котлована в стесненных условиях.....	228
<b>Сидорова А.Д., Белобратова М.С., Богомазов Д.В.</b>	
Устройство бокового каркаса в условиях акватории.....	232
<b>Симонов Н.А.</b>	
Стратегия развития комплексов промышленного производства в условиях ограниченного горизонта планирования.....	236
<b>Смирнова О.В., Борисова Е.Р., Березинец Е.Ю., Афонин А.О.</b>	
Применение технологии бокового возведения каркасов в строительстве.....	241
<b>Сырых А.А., Грищенко М.С., Курлыкина А.В.</b>	
Анализ поперечной ровности покрытия автомобильных дорог программой ПИК Дорога-ПРО.....	245

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный сборник докладов опубликован по результатам VII Международного студенческого строительного форума – 2022, который состоялся 24 ноября 2022 года в БГТУ им. В.Г. Шухова.

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

Работа VII Международного студенческого строительного форума – 2022 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.

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

Уральский федеральный университет имени первого президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Рязанский институт (филиал) Московского Политехнического университета, г. Рязань, Россия

Новороссийский политехнический институт, филиал КубГТУ, г. Новороссийск, Россия

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, г. Волгоград, Россия

Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия

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

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

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

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

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, г. Калининград, Россия

Ферганский политехнический институт, г. Фергана, Республика Узбекистан

Карагандинский технический университет, г. Караганда, Казахстан

Хулунбуирский институт, г. Хайлар, Китайская Народная Република

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

Алехина А.А., магистрант

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

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

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕКЕЛЬНОГО МЕТОДА СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

В настоящее время развитие многих крупных городов в России и за рубежом, происходит ввысь и вглубь, без расширения, за счет более рационального использования городских территорий. Такой подход позволяет существенно снизить затраты на развитие инженерно-транспортной инфраструктуры, повысить престижность возводимых комплексов зданий. На фоне этого возникла принципиально-новая организационно-технологическая строительная проблема – необходимость разработки и внедрения в строительную практику эффективных методов возведения многоэтажных зданий с развитой подземной частью [1-3].

На сегодняшний день уже известно несколько способов возведения многоэтажных зданий с развитой подземной частью. Ранее в статье «Методы возведения многоэтажных зданий в условиях плотной городской застройки» были рассмотрены некоторые из них [4]. Теперь же остановимся поподробнее на декельном методе строительства возведения многоэтажных зданий с развитой подземной частью. Как известно, данный способ заключается в совмещении технологических процессов возведения подземной и надземной частей («вниз – вверх»). Его особенность - максимальное насыщение объекта строительной техникой и трудовыми ресурсами при совмещении технологических процессов. В этой статье будет предложено совершенствование такого способа, а именно: возведение перекрытий подземной части здания «снизу-вверх».

Идея совершенствования метода заключается в следующем: первоначально разработать грунт подземной части для осуществления ввода междуэтажных перекрытий в подземной части способом «снизу-вверх». Необходимо обеспечить надежную устойчивость

трубобетонных колонн по всему объему подземной части. Существенную роль в общей устойчивости трубобетонных колонн играет ограждение методом «стена в грунте». Поэтому все трубобетонные колонны расставляют по контуру подземной части, соединяя с железобетонным ограждением связями, например, порталными для удобства использования землеройной техники. Далее начинается проведение земляных работ по устройству котлована фундаментного основания. После этого вниз опускается арматура и последовательно возводится перекрытие каждого подземного этажа «снизу-вверх». На рис. 1 и 2 показаны схемы возведения здания данным способом; декельным методом показан на рис. 3.

Основные этапы возведения подземной части:

- 1) возведение наружной ограждающей стены методом «стена в грунте»;
- 2) устройство внутренних трубобетонных свай-колонн;
- 3) устройство связей между трубобетонными колоннами;
- 4) производство земляных работ;
- 5) устройство фундаментной плиты. Возведение подземной и надземной частей здания осуществляется одновременно после достижения бетоном покрытия над подземной частью 70-80% марочной прочности;
- 6) постепенное устранение связей между колоннами и устройство перекрытий [5-6].
- 7) устройство монолитного покрытия над подземной частью, возведение подземной и надземной частей.

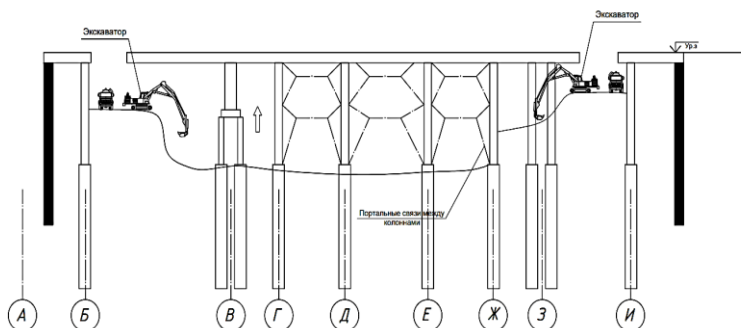


Рис. 1. Декельный метод строительства: земляные работы и нулевой цикл

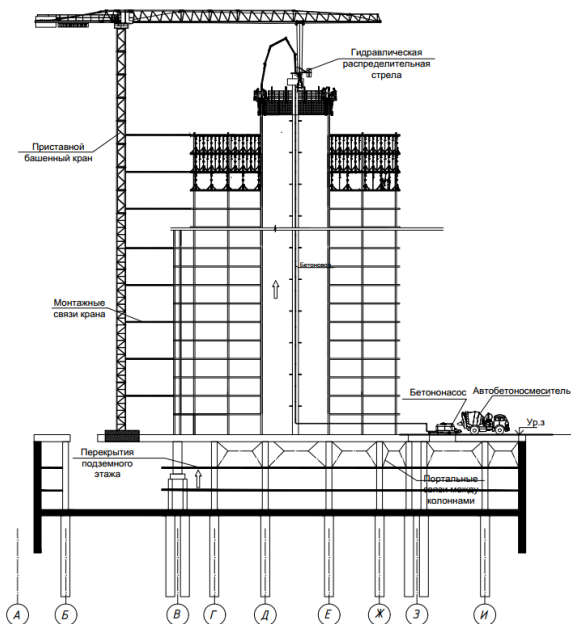


Рис. 2. Декельный метод строительства: одновременное возведение подземной и надземной частей «снизу-вверх»

План работ нулевого цикла по возведению многоэтажного здания

Установленные связи рекомендуется снимать последовательно «снизу-вверх» в то время, когда бетонные перекрытия будут установлены и наберут достаточную прочность.

Основные достоинства данной технологии:

- минимальные деформации существующей застройки за счет жестких монолитных перекрытий;
- совмещение работ нулевого цикла и возведение надземной части здания при применении технологии «up-down» (вверх-вниз);
- снижение сроков строительства;
- снижение себестоимости и продолжительности работ;
- минимальные размеры строительной площадки;
- удобство применения технологического оборудования при производстве земляных работ [7-8].

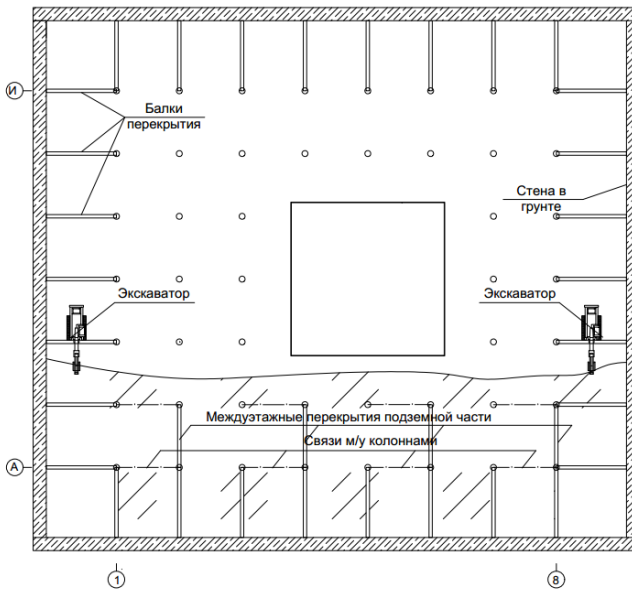


Рис. 3. План работ нулевого цикла по возведению многоэтажного здания декарным методом

Подводя итог вышеизложенному, можно сделать следующий вывод - на сегодняшний день известно множество способов возведения зданий, среди которых многие уже усовершенствованы. Каждый из них имеет свою актуальность. При этом не стоит забывать, что строительство с каждым годом продолжает развиваться, поэтому впереди человечеству предстоит увидеть новые и не менее эффективные технологии.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чередниченко Т.Ф., Чеснокова О.Г., Тухарели В.Д. Освоение подземного пространства при проектировании и строительстве уникальных зданий и сооружений. Волгоград: ВолгГАСУ, 2015. 99 с.
2. Горячев О.М., Прыкина Л.В. Особенности возведения зданий в стесненных условиях. М.: Academia, 2003. 272 с.
3. Горячев О.М., Бунькин И.Ф., Прыкина Л.В. Организационно-технологические основы возведения жилых зданий в стесненных условиях //Механизация строительства. 2004. 225 с.
4. Алехина А.А., Мазитова Л.Ф. Методы возведения многоэтажных зданий в условиях плотной городской застройки: XIII Международный

молодежный форум. Образование. Наука. Производство. Белгород: Изд-во БГТУ, 2021. 736 с.

5. Кочерженко В.В., Кочерженко А.В. Основы технологии возведения зданий и специальных сооружений: учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. 110 с.

6. Калашников Н.В., Кочерженко В.В., Технология, организация и механизация строительного производства: учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 342 с.

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

8. Кирнев А.Д., Несветаев Г.В. Строительные краны и грузоподъемные механизмы. Справочник (для выполнения курсового и дипломного проектирования по технологии и организации в строительстве и специалистов строителей). – Ростов н/Д: Феникс, 2013. –67 с.

**Амелин П.А., аспирант**

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

**Сулейманова Л.А.**

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

## **АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УСИЛЕНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВНЕШНИМ КОМПОЗИТНЫМ АРМИРОВАНИЕМ**

Здания и сооружения в процессе длительной эксплуатации требуют проведения ремонтно-восстановительных работ. Процесс реконструкции зданий с железобетонным каркасом зачастую связан с увеличением расчетных нагрузок на их несущие элементы. В связи с этим возникает необходимость усиления железобетонных конструкций. Применение в строительстве полимерных композиционных материалов способствовало дальнейшему развитию методов усиления. Данные материалы имеют высокие прочностные и деформативные характеристики, при этом могут эксплуатироваться в агрессивных средах. Теоретические основы композитного усиления изгибаемых железобетонных конструкций изложены в работах [1-4]. На данный момент накоплен экспериментально-научный опыт исследований о работе усиленных железобетонных конструкций, который необходимо проанализировать и систематизировать.

В работе [5] исследована проблема рационального использования стеклопластика для усиления изгибаемых элементов бетонных конструкций. В качестве испытательных образцов были выбраны бетонные и фибробетонные балки класса прочности на сжатие В20, имеющие размеры 120×120×480 мм и 120×120×600 мм. Композитное армирование балок осуществлялось двумя способами:

- внешнекомпозитного армирования растянутой зоны бетонного элемента полосами из стекловолокна (ПАСВ), установленных с помощью двухкомпонентного эпоксидного клея ЭДП в пропорции 63:37;

- внутреннего дисперсного армирования тела бетона стекловолоконным ровингом в объеме 1 % по массе смеси;

Результаты испытаний исследуемых балок на изгиб показали, что первый тип более армирования более эффективен, вследствие концентрации композита в растянутой зоне. При армировании 1 % ПАСВ-полосой несущая способность балки увеличилась от 1,55 до 2,89 раз при недопущении разрушения в виде отслаивания композита. Дисперсное армирование увеличило несущую способность элемента в 1,4–1,67 раза. Применение ПАСВ-полосы менее трудоемко при восстановлении и реконструкции зданий.

В работе [6] были проведены комплексные исследования нормальных сечений железобетонных балок класса по прочности на сжатие В35 размерами 250×125×2200 мм, усиленных композитными материалами. В качестве материалов усиления были выбраны стеклоткань прямоугольного плетения, углеткань с однонаправленными волокнами холодного отверждения и ламинаты на основе однонаправленных углеродных волокон горячего отверждения. Варьируемыми параметрами были определены коэффициент армирования  $\mu$ , материал и схема усиления.

Экспериментальные образцы были разбиты на пять серий (рис. 1) [6]:

- эталонные железобетонные балки без усиления (серия А);
- балки, усиленные холстами из стеклоткани в растянутой и приопорной зоне с коэффициентами армирования  $\mu$ , равными 0,56 и 1,11 % (серия Б);
- балки, усиленные холстами из углеткани в растянутой зоне (серия В);
- балки, усиленные углеламинатами в растянутой зоне (серия Г);
- балки, усиленные углеламинатами в растянутой зоне и имеющие анкерные устройства на торцах их углеткани (серия Д).

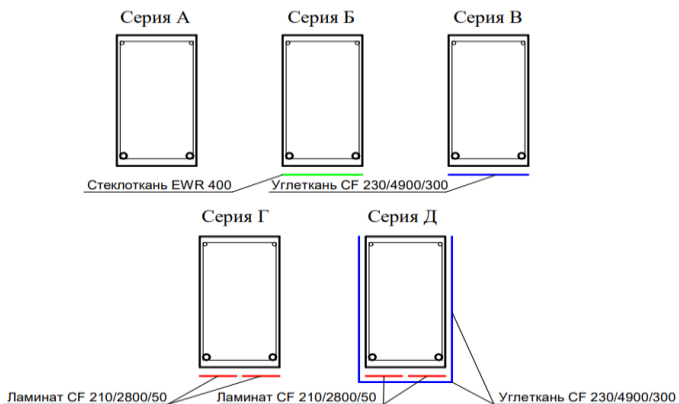


Рис. 1. Схема усиления экспериментальных образцов

Опытные образцы испытывались кратковременной нагрузкой по схеме однопролетных свободно опертых балок. В результате испытаний были получены различные формы деформирования и разрушения:

- четкое разрушение в зоне чистого изгиба от дробления бетона, которое наблюдалось для эталонных не усиленных образцов серии А;
- дробление бетона в зоне чистого изгиба и над концом наклонной трещины от совместного действия момента и поперечной силы, характерное для серий Б и В, имеющих коэффициент армирования  $\mu$ , равным 1,11 %;
- разрушение по наклонному сечению от действия поперечной силы, которое происходило в образцах серий В, Г и Д при  $\mu = 0,56$ ;
- разрушение в пролете среза при неполном использовании несущей способности нормального и наклонного сечений из-за отслоения композита в его торце, которое происходило в образцах серий Г и Д при  $\mu = 1,11$  %;
- отрыв защитного слоя бетона вследствие значительной деформации элемента, имеющийся в серии Б при  $\mu = 0,56$  %;
- изменение расчетной схемы работы балки как свободно опертой на работу по типу свода, характерное для серий В и Г, имеющих коэффициент армирования  $\mu = 1,11$  %.

Наличие поперечного композитного усиления в приопорных зонах значительно повысило несущую способность балок, независимо от коэффициента композитного армирования.

В экспериментальной работе [7] рассматривались вопросы повышения прочности нормальных сечений и жесткости изгибаемых железобетонных элементов, усиленных внешним армированием из

углепластика на стадии, близкой к исчерпанию несущей способности. Испытательные изгибаемые образцы имели геометрические размеры  $190 \times 120 \times 1290$  мм, однако в сравнении с другими работами нагружение образцов производилось как для плитных элементов. В качестве классического армирования выступали 3 стержня арматуры  $\varnothing 8$  мм класса по прочности на растяжение А400. Экспериментальная часть производилась для 20 образцов, состоящих из 5 серий, имеющих различное количество слоев внешнего композитного усиления. Помимо усиления растянутых граней элемента, в сериях 2–5 выполнялась поперечная приопорная обмотка образцов по всем граням элемента. Обмотка позволила исключить, отрыв углепластика на опорах и разрушение элементов по наклонным сечениям.

В результате проведения испытаний были установлены следующие закономерности:

- разрушение эталонного неусиленного образца происходило вследствие действия изгибающего момента по нормальным сечениям;
- при усилении балок приклейкой углепластика в один слой происходил разрыв углепластика, а потом его отслоение;
- при усилении в два и более слоев – разрушение образцов происходило по бетону сжатой зоны с последующим разрывом углепластика (рис. 2);
- рост количества слоев и соответственно площади внешнего композитного армирования увеличивает несущую способность по нормальному сечению до 2,3 раз.



Рис. 2. Разрушение элементов в сжатой зоне с отслоением композитного материала от бетона

Прочность наклонных сечений многопролетных железобетонных конструкций, усиленных фиброармированными пластиками была



изучена в работе [8]. Испытания проводились на двухпролетных балках для трех серий образцов размерами 120×220×2460 мм. Усиление наклонных сечений выполнялось U-образными углеволокнистыми хомутами шириной 50 мм, расположенными с шагом 100 мм в центральной части пролета (рис. 3). В качестве варьируемых факторов был определен шаг поперечной стальной арматуры, расположенный над центральной опорой и угол наклона поперечного композитного армирования.

Анализ результатов работы показал тенденцию повышения несущей способности усиленных изгибаемых элементов. Контрольные образцы были запроектированы так, чтобы их разрушение произошло по наклонному сечению, поэтому применение поперечного композитного армирования позволило увеличить несущую способность до 2 раз по сравнению с не усиленными образцами.

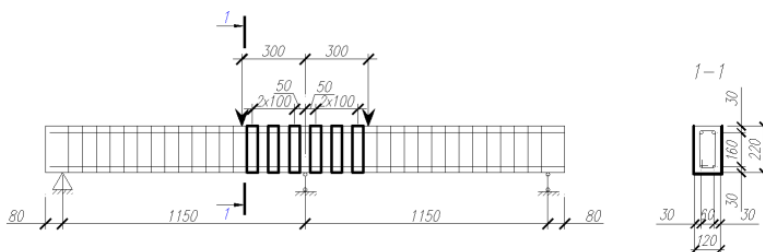


Рис. 3. Схема усиления наклонного сечения изгибаемых элементов

Изменение угла наклона U-образных хомутов к продольной оси с 90 до  $\alpha$  ( $\alpha < 90^\circ$ ) также увеличило несущую способность элемента с 33,7 кН до 39,7 кН.

В экспериментальной работе [9] была проведена оценка напряженно-деформированного состояния усиленных углепластиком изгибаемых железобетонных элементов методом инфракрасной термографии. Экспериментальные образцы размерами 120×220×1290 мм состояли из бетона классов по прочности на сжатие В20 и В35. Армирование элементов выполнено пространственными каркасами, состоящими из рабочих стержней  $\Phi 12$  мм, конструктивных и поперечных стержней  $\Phi 6$  мм класса по прочности на растяжение А400. Усиление элементов производилось углепластиковыми холстами SikaWrap 230С в растянутой зоне и поперечными обоймами на опорах.

Согласно программе испытаний, образцы изгибаемых элементов состояли из трех серий (рис. 4):

- контрольные балки без усиления;

- балки, усиленные внешним композитным армированием до начала испытания;
- балки, усиленные внешним композитным армированием после появления первых нормальных трещин и их инъектирования.

Результаты результатов данной работы показал, что факт разрушения балок из-за разрыва углепластика, не зависит от предыстории нагружения образца. Первоначальное усиление образцов увеличивает несущую способность сечения до 49 %, усиление в ходе появления первоначальных нормальных трещин и их инъектирование увеличивает несущую способность до 39 % относительно неусиленных балок. Отслоение углепластиковой ленты от тела бетона происходит при 75% отношении изгибающего момента к предельному.

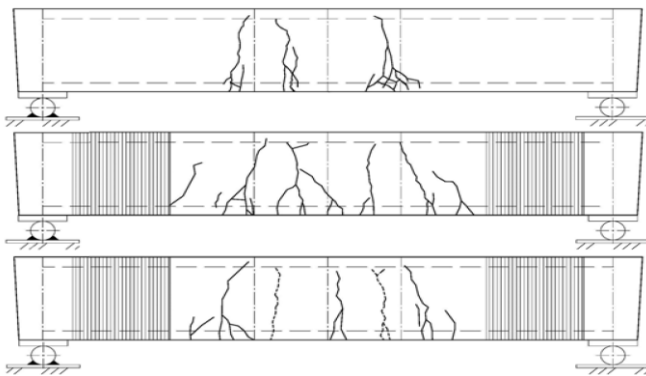


Рис. 4. Схема трещинообразования в экспериментальных изгибаемых элементах серий 1-3

В работе [10] проводились экспериментальные исследования усиленных изгибаемых элементов, имеющих различные вариации предыстории нагружения в процессе эксплуатации. Образцы железобетонных элементов размерами 100×150×1300 мм в рамках эксперимента были разделены на 4 серии с разделением на 7 подсерий:

- контрольные балки без усиления;
- усиленные внешним однослойными углепластиковыми лентами в растянутой зоне с доведением до разрушения;
- усиленные внешним однослойными углепластиковыми лентами в растянутой зоне и U-образными приопорными хомутами шириной 90 мм с доведением до разрушения;
- нагруженные до величины изгибающего момента равного 50 % от разрушающей нагрузки, разгруженные, усиленные по схеме третьей подсерии и доведенные до разрушения;

– нагруженные до величины изгибающего момента равного 70 % от разрушающей нагрузки, разгруженные, усиленные по схеме третьей подсерии и доведенные до разрушения;

– нагруженные до величины изгибающего момента равного 50 % от разрушающей нагрузки, усиленные под нагрузкой по схеме третьей подсерии и доведенные до разрушения;

– нагруженные до величины изгибающего момента равного 70 % от разрушающей нагрузки, усиленные под нагрузкой по схеме третьей подсерии и доведенные до разрушения;

В результате анализа испытаний выявлены закономерности разрушения усиленных элементов от нарушения сцепления системы бетон – композит. Усиление ненагруженных элементов наиболее эффективно, так как несущая способность при изгибе увеличивается до 63 % в сравнении с разгруженными и усиленными под нагрузкой элементами, где несущая способность увеличилась на 34 % и 29 % соответственно. Величина прогибов ненагруженных, разгруженных, усиленных под нагрузкой элементов уменьшилась на 30 %, 11 и 28 % соответственно. Наличие анкеров в виде поперечных хомутов также увеличило несущую способность элементов на 16,4 % за счет изменения расчетной схемы элемента.

Анализ проведенных экспериментальных исследований позволил отметить закономерности, позволяющие эффективно запроектировать внешнее композитное усиление железобетонных изгибаемых элементов. Так, большую роль для достижения высоких значений несущей способности нормального сечения элемента при изгибе можно достичь при использовании для усиления высокомодульных композитных материалов, таких как углеволокнистые ткани, увеличении площади композитного армирования путем наклейки нескольких слоев в растянутой грани, использовании U-образных композитных хомутов различного угла наклона к продольной оси и обойм в приопорной зоне в качестве анкерующего устройства.

Большую роль для эффективности усиления играет предыстория нагружения. При усилении конструкций, имеющих предварительное нагружение, эффективность усиления значительно падает.

На сегодняшний день актуальным является проведение испытаний, направленных на повышение эффективности усиления железобетонных изгибаемых элементов за счет вариации соотношений длины усиления вдоль растянутой грани к величине ее расчетной длины.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Римшин В. И., Меркулов С.И., Есипов С.М. Бетонные конструкции, усиленные композитным материалом // Вестник

Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2018. № 2(35). С. 93-100.

2. Римшин В.И., Сулейманова Л.А., Амелин П.А. Расчет усиления изгибаемых железобетонных элементов, имеющих повреждения стальной арматуры, внешним композитным армированием // Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии: сборник материалов XXIII Международной научно-технической конференции. Тульский государственный университет. 2022. С. 141-142.

3. Шилин А.А., Пшеничный В.А., Картузов Д.В. Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами. М.: Стройиздат. 2004. 144 с.

4. Чернявский В.Л., Аксельрод Е.З. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами // Жилищное строительство. 2003. № 3. С. 15-16.

5. Ата Эль К. Шоеаб Солиман, Юрьев А.Г., Панченко Л.А. Экспериментальные исследования стеклофибробетонных элементов // Материалы и технологии XXI века: сборник докладов Международной научно-технической конференции. Пенза. 2005. С. 119-122.

6. Маилян Д.Р., Польской П.П., Михуб Ахмад. Вопросы исследования прочности нормальных сечений балок, усиленных различными видами композитных материалов // Инженерный вестник Дона. 2013. № 2. С. 99.

7. Григорьева, Я.Е. Экспериментальное исследование разрушения железобетонных балок, усиленных композиционными материалами, армированными волокнами // Периодический журнал научных трудов «Фэн-наука». 2012. № 8. С. 4-6.

8. Морозов В.И., Юшин, А. В. Экспериментальные исследования двухпролетных железобетонных балок, усиленных композитными материалами по наклонному сечению // Вестник гражданских инженеров. СПб: СПбГАСУ. 2014. №5 (46). С 77-84.

9. Быков, А.А., Третьякова, А.Н., Калугин, А.В., Балакирев, А.А. Определение несущей способности изгибаемых элементов, усиленных композиционными материалами // Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 7. С.18-21.

10. Меркулов, С.И., Есипов С.М., Есипова Д.В. Экспериментальные исследования трещинообразования железобетонных балок, усиленных композитными материалам // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2019. № 3. С. 102-107.

Борисенко С.А., магистрант

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

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

## **КОНСТРУКЦИИ, ВЫПОЛНЯЮЩИЕ ФУНКЦИИ СВЯЗЕЙ, ПО ВЕРХНЕМУ ПОЯСУ СТАЛЬНЫХ ФЕРМ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЯХ**

Металлический каркас промышленного здания состоит из ряда «плоских» элементов. Особенность данных элементов состоит в следующих свойствах: жесткость и оптимальное восприятие нагрузки в своей плоскости и гибкость в перпендикулярном направлении. Такие свойства встречаются в рамах, подстропильных и промежуточных стропильных фермах и др [1]. Для объединения плоских элементов в пространственную систему, которая способна воспринимать нагрузки, действующие на здание в любом направлении, используются связи.

В данной статье будут рассматриваться связи по верхнему поясу ферм и те конструкции, которые выполняют функцию связей, образуя диск в плоскости верхнего пояса.

В настоящее время при проектировании металлических каркасов в целях экономии металла функции связей по верхним поясам возлагают на кровельный настил. При обеспечении его надежного крепления к ферме, кровельный настил в свою очередь создает устойчивость верхних поясов из плоскости ферм.

Рассмотрим несколько вариантов исполнения кровельного настила: железобетонный, профилированный и настил из кровельных сэндвич-панелей.

*Железобетонный настил.* Устойчивость верхних поясов из плоскости ферм при беспрогонном покрытии с железобетонным настилом обеспечивается сваркой закладных деталей кровельных плит к верхнему поясу. Плиты обладают высокой продольной жесткостью, поэтому раскрепление ими обеспечивает жесткость всей кровли. Таким образом расчетная длина верхнего пояса из плоскости фермы принимается величине, равной длине одной панели фермы.

*Профилированный настил.* Профилированный настил выполняет роль связей по верхним поясам в том случае, если его прикрепить с помощью дюбелей к прогонам. Оптимальным конструктивным решением при кровельном покрытии из профилированного настила в

качестве связей будет следующим: прогоны должны крепиться к ферме так, что верхняя полка прогона должна быть в одном уровне с верхней полкой пояса фермы. При данном конструктивном решении настил крепится дюбелями по четырем своим сторонам – к прогонам и верхним поясам ферм. В случаях, когда металлические прогоны имеют верхнее опирание, профилированный лист крепится по двум продольным сторонам.

*Кровельный настил из сэндвич-панелей.* Настил из сэндвич-панелей при определенных условиях тоже выполняет функции связей по верхнему поясу ферм. Однако их использование требует дополнительного расчета, учитывающего жесткость каждого из элементов в составе сэндвич-панели. Не маловажную роль играют способы закрепления кровельной панели.

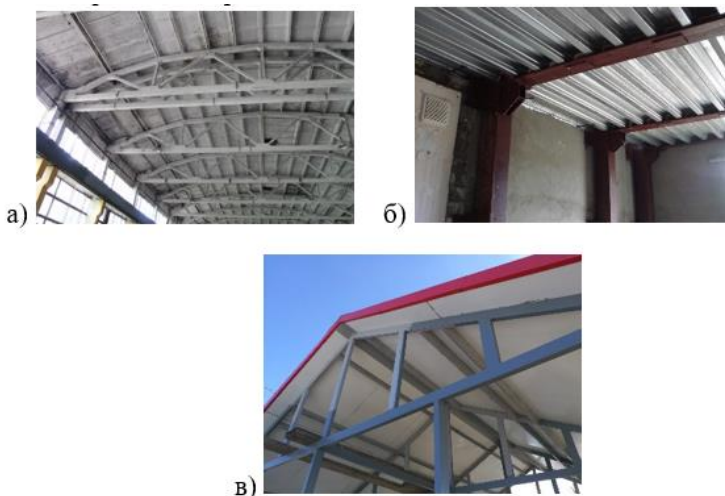


Рис. 1. Варианты исполнения кровельного настила:  
а – железобетонный настил; б – профилированный настил;  
в – настил из кровельных сэндвич-панелей

Однако все вышеупомянутые конструкции покрытия не выполняют одну из основополагающих функций, выполняемой связями. Связи по верхним поясам не только обеспечивают устойчивость ферм, но и фиксируют правильное взаимное положение ферм в период монтажа. С учетом этого при монтаже бессвязевого покрытия в строительных проектах предусматривают значительно

облегчающие монтаж временные инвентарные связи, а именно – монтажные кондукторы.

Различные варианты кровельного исполнения обеспечивают пространственную жесткость верхнего пояса ферм. Однако важно учитывать множество факторов. Одним из этих факторов является предельное усилие в конструкциях кровли по критерию устойчивости. В дальнейшем имеется возможность провести численный эксперимент для получения точных значений этих усилий при разных исполнениях.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Кирсанов Н.М. Текст лекций. Связи [Электронный ресурс]. URL: <http://vuz.exponenta.ru/PDF/book/sv/sv.html>
2. 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
3. Солодов Н. В., Лусенков Я. В. Металлические конструкции большепролетных и высотных зданий: учебное пособие. Белгород. Изд-во: БГТУ, 2018. 90 с.
4. 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.
5. Сапожников П.В., Хамед Б.И. Особенности работы прогонов в составе пространственных конструктивных систем // Известия Юго-западного государственного университета. 2015. №5. С.42-46
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.

Воронкова А.Ю., студент,  
Шляпкин А.Ф., студент

Научный руководитель: ассистент  
Обернихина Я.Л.

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

## НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩАЯ ВОПРОСЫ УСИЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОЛИМЕРКОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Железобетонные конструкции в процессе эксплуатации довольно часто подвергаются коррозионным воздействиям. Что приводит к изменению геометрических размеров железобетонных элементов, негативно влияет на физико-механические свойства бетона и стальной арматуры, способствует появлению трещин, раковин, отслоению защитного слоя. Все эти факторы с течением времени в свою очередь приводят к снижению эксплуатационных характеристик, а затем и к невозможности нормальной эксплуатации несущих железобетонных конструкций (рис. 1). Поэтому после длительной или неправильной эксплуатации здания необходимо проводить комплексную реконструкцию объекта в целом или усиление его несущих конструкций [1].

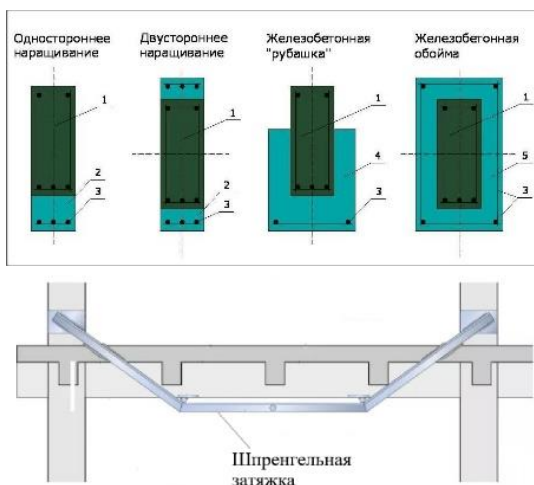


Рис. 1. Традиционные способы усиления конструкций



Долгое время основными способами усиления строительных конструкций являлись: увеличение их сечения за счет увеличения поперечного сечения и изменение расчетной схемы конструкции. При этом усиление данными способами снижает коррозионную стойкость усиливаемой конструкции; увеличивает ее собственный вес, что приводит к нарушению сцепления между элементом и системой усиления. Кроме того, нельзя не отметить значительную трудоемкость, технологическую сложность традиционных методов усиления. Все это способствует увеличению продолжительности и стоимости работ по восстановлению несущей способности железобетонных конструкций.

С появлением высокопрочного искусственного углеродного волокна и внедрением его в строительную отрасль оказалось, что оно является хорошей альтернативой классическому усилению железобетонных конструкций. Таким образом можно в короткие сроки и с минимальными трудозатратами (плюсом является отсутствие необходимости применения громоздкого оборудования) значительно увеличить срок службы строительных конструкций зданий и сооружений [2]. Также одним из главных плюсов усиления конструкций композитными материалами является возможность оставить сооружение в его габаритах (рис. 2). Эта возможность крайне актуальна для городов с плотной застройкой.

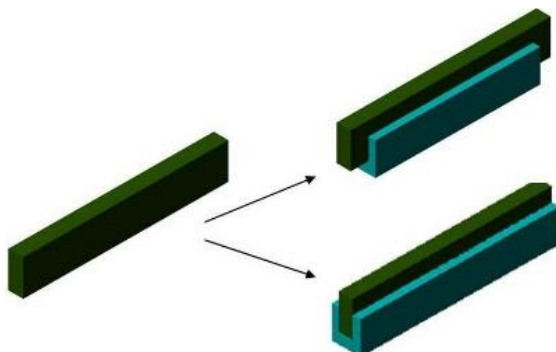


Рис. 2. Усиление полимеркомпозитными материалами

У композитных материалов огромный потенциал, чтобы развивать их внедрение в строительный комплекс. Такие материалы имеют высокую коррозионную стойкость, радиопрозрачность, обладают высокими диэлектрическими свойствами. У них простая технология изготовления, что вкупе с малым весом позволяет экономить на спецтехнике как при возведении конструкций с применением композитной арматуры, так и при усилении несущих конструкций

композитами. При усилении таким методом холст полимеркомпозитного материала с помощью клея на основе эпоксидной смолы приклеивается к поверхности усиливаемой конструкции». Данный метод гораздо дешевле и более устойчив к коррозии нежели, чем наращивание сечения. Но несмотря на огромное количество плюсов для различных подотраслевых направлений строительства, в России применение композитных материалов долгое время тормозилось. И происходило это прежде всего, из-за отсутствия актуальной нормативной базы [3-6].

В ряде стран разработаны проекты нормативной документации и нормы по проектированию усиления железобетонных конструкций.

В США это:

1. Руководство по проектированию и конструированию наружного армирования бетонных конструкций с использованием композитной арматуры. 440.2R-08 – Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures. Американский институт бетона American Concrete Institute (ACI) [7].

2. Руководство по проектированию и строительству наружных композитных стекловолоконных полимерных систем, предназначенных для повышения прочности бетонных конструкций. 440.2R-02 Американский институт бетона American Concrete Institute (ACI) [8].

В Японии: Руководство по модернизации и усилению существующих бетонных сооружений в зоне сейсмической активности при помощи армирования композитными материалами, 1999. Seismic Retrofitting Reinforcement Design and Construction Guidelines for Existing Reinforced Concrete (RC) Buildings with FRP Materials, 1999. Японская строительная ассоциация предотвращения разрушений Japan Building Disaster Prevention Association (JBDPA) [9].

В РФ на данный момент на действуют: СП 295 «Конструкции бетонные, армированные полимерной композитной арматурой. Правила проектирования»; СП 164 «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования»; ГОСТ Р 57048-2016 «Система внешнего армирования из полимерных композитов».

Недавно была обновлена нормативна баз, а именно изменение в СП 295 куда будут включены новые положения по методам расчета конструкций с полимерной композитной арматурой, в том числе: диаграммы деформирования бетона при одноосном растяжении, расчет упругопластического момента сопротивления сечения с учетом неупругих свойств бетона растянутой зоны сечения, расчета прочности изгибаемых конструкций таврового или двутаврового сечений с высотой сжатой зоны, превышающей ее граничное значение. В этом

обновлении особое внимание уделяется экономической эффективности за счет более точной оценки прочности изготавливаемых конструкций.

Проект Изменения СП 164 включает в себя новые правила для расчета трещиностойкости усиленных композитными материалами конструкций, которое учитывает различие неупругих свойств разных классов бетона растянутой зоны сечения. В составе документа также – новые правила назначения расчетного сопротивления растяжению полимерного композита при выполнении расчетов на прочность при действии длительных нагрузок, а также новые зависимости для учета начального напряженно-деформированного состояния конструкции при ее усилении.

На основании изложенного можно определить задачи, в результате решения которых возможно усовершенствовать отдельные положения нормативных методик проектирования усиления железобетонных конструкций внешним армированием композитными материалами, а именно:

- разработать методику и провести специально направленные экспериментальные исследования по оценке деформативности клеевого шва, соединяющего усиливаемую железобетонную конструкцию и элементы внешнего композитного армирования.

- построение расчетной методики проектирования усиления железобетонных конструкций внешним армированием композитными материалами с учетом напряженно деформированного состояния эксплуатируемых конструкций к моменту усиления, а также силовых и коррозионных повреждений при различных режимах нагружения.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Шилин А.А., Пшеничный В.А., Каргузов Д.В. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами. Стройиздат, 2007. - с.4-7.

2. Есипов С.М. Анализ методик проектирования усиления железобетонных конструкций композитными материалами. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова 2015 №6.

3. Смоляго Г.А., Обернихина Я.Л. Обзор эффективности усиления полимеркомпозитными материалами. Огнестойкость конструкций. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова №2. – стр. 15.

4. СП 295.1325800.2017 Конструкции бетонные, армированные полимерной композитной арматурой. Правила проектирования

5. СП 164.1325800.2014 Усиление железобетонных конструкций композитными материалами.

6. ГОСТ Р 57048-2016 «Система внешнего армирования из полимерных композитов».

7. ACI 440.2R-08. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures. Michigan / American concrete Institute, ACI Committee 440. 2008. - 80 p.

8. ACI 440.2R-02. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures. Michigan / American concrete Institute, ACI Committee 440. 2002. 55 p.

9. Seismic Retrofitting Design and Construction Guidelines for Existing Reinforced Concrete (RC) Buildings with FRP Materials. Tokyo / JBDPA. 1999. 76 p.

**Вышеславова Н.А., магистрант**

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

**Солодов Н.В.**

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

## **ОБЪЕКТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНСТРУКТИВНОЙ (МЕХАНИЧЕСКОЙ) БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

При проведении визуального осмотра произведена оценка технического состояния строительных конструкций здания (Гимназия №11) с целью охарактеризовать и составить характеристику конструктивной (механической) безопасности зданий и сооружений.

Обследуемое здание расположено по адресу: г. Пятигорск, ул. Кирова 83 (рис. 1). В ходе работы был составлен паспорт здания, указаны общие замечания, рассмотрены исторические сведения, приведены критерии и требования конструктивной (механической) безопасности зданий и сооружений. Они обязаны соблюдаться, чтобы обеспечить наивысшую безопасность людей в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений [1, 2].

В статье кратко изложена объективная характеристика конструктивной (механической) безопасности зданий и сооружений. Определены ключевые правила безопасности зданий и отмечена эффективность комплексного подхода к обновлению здания (до и после реконструкции) [1, 2].



Рис. 1. Учреждение школьного образования гимназия №11 до реконструкции

Конструктивные элементы зданий [3] должны обладать достаточной устойчивостью и прочностью, чтобы во время строительства не было никаких угроз (опасности), которые могли бы нанести вред здоровью людей или окружающей среде в результате:

- разрушения несущих конструкций;
- повреждения части сооружения или инженерных сетей из-за деформаций либо потери прочности и устойчивости несущих строительных конструкций;
- разрушения здания в целом или частично;
- деформации строительных конструкций, превышающих допустимую величину [1-3].

Результаты паспорта здания представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Наименование и характеристика**

№ п/п	Наименование	Характеристика
1.	Наименование объекта	Гимназия №11
2.	Место расположения	г. Пятигорск, ул. Кирова 83
3.	Срок оформления паспорта	до 11.04.2019 г.
4.	Обследование	ООО «Универсал»
5.	Назначение	Общественное
6.	Этажность	2
7.	Строительство и реконструкция объекта начата	2019
8.	Уровень ответственности объекта	Нормальный
9.	Здание построено	В начале XX
10.	Конструктивная схема объекта	Конструктивная схема здания - каркасная
11.	Здание (объект)	Памятник архитектуры
12.	Год разработки проекта объекта	Данные не представлены
13.	Ранее осуществлявшиеся реконструкции и усиления	Нет

Окончание табл. 1

1	2	3
14.	Несущие конструкции	Монолитные железобетонные колонны, плиты перекрытия и покрытий, фундаменты
15.	Фундаменты	Не обследовались
16.	Стены	Не обследовались
17.	Перекрытия	Монолитные железобетонные
18.	Колонны	Монолитные железобетонные
19.	Конструкции покрытия	Не обследовались
20.	Категория технического состояния объекта	Не обследовались
21.	Фотография объекта	

Например, выявленные дефекты в балках. Балки – монолитные железобетонные. Сечение балок составляет 260 × 600 мм. Балки перекрытия пролетом 6,0 м устроены в поперечном направлении здания [2, 3]. К моменту обследования отделка балок была сохранена. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

### Выявленные дефекты в балках

№ п/п	Описание дефекта или повреждения	Метод устранения дефекта или повреждения
1.	Повреждение защитного слоя бетона арматуры балки	1. Удалить слабые участки бетона. 2. Очистить арматуру от продуктов коррозии. 3. Восстановить целостность балки способом оркретирования. 4. Покрасить балку.
2.	Следы протечек на поверхностях балок, вдоль швов бетонирования	1. Заделать и просушить швы бетонирования ремонтным раствором. 2. Балки необходимо очистить от следов протечек и покрасить.

Вывод: стала проседать крыша, в стенах появились трещины [3], что дало основание признать его аварийным.

Обследование проводила строительная организация ООО «Универсал» [4].

Пятигорская гимназия №11 – памятник архитектуры города-курорта Пятигорска. Обследуемое здание было возведено в 1909 году. Известно, что сначала гимназия была как ремесленная школа по проекту архитектора С.И. Гущина в стиле «кирпичной провинциальной эклектики» [4,5].

Определены главные критерии безопасности зданий и сооружений:

*Критерии безопасных для здоровья условий проживания человека в зданиях:* 1. Здание должно быть запроектировано и построено так, чтобы в процессе эксплуатации не появлялись неблагоприятные воздействия на людей в результате: физических, химических и биологических воздействий [1-3]. 2. Здание должно быть запроектировано и построено так, чтобы в процессе эксплуатации обеспечивались полностью оптимальные условия, необходимые для проживания людей по следующим параметрам:

- влажность на поверхностях и внутри строительных конструкций;
- шумозащита;
- уровень радиации;
- микроклимат всех помещений;
- уровень электромагнитного излучения (ЭИ) [2].

*Критерии безопасности для пользователей зданиями и сооружениями.* Здание (сооружение) должно быть запроектировано и построено так, чтобы в процессе эксплуатации не появлялись угрозы появления несчастных случаев и получения травм в результате ожога, столкновения, поражения током или по причине взрыва [1, 2].

*Критерии и показатели оценки уровня эффективности зданий.* Здание должно быть запроектировано и построено так, чтобы в процессе эксплуатации создать эффективное применение всех энергетических ресурсов и предотвратить их нецелесообразный расход.



Рис. 2. Учреждение школьного образования гимназия №11 после реконструкции

В ходе реконструкции (рис. 2) устроен внутренний каркас, усилен фундамент – гимназия [4] в настоящий момент соответствует нормам сейсмоустойчивости. Проработаны вопросы водо-, тепло- и электроснабжения. Проводили строительные работы и реконструкцию ООО «Универсал» и МКУ «Управление капитального строительства» [4-5].

Площадь основного здания была увеличена. Сегодня в гимназии № 11 есть спортивный и обеденный залы, библиотека, медицинский блок, актовый зал на 180 мест. Для школьников сделали светлые рекреации и просторные учебные классы [5].

Исторический фасад обновляли аккуратно, применяя современный технологии реновации и реставрации. Реставрацией [4] занималась строительная организация ООО «Юг-Строй» [5]. Отреставрирована входная группа (рис. 3) и фасад гимназии, оборудована современная спортплощадка, восстановлены утраченные с течением времени элементы, выполнено озеленение [4, 5].



Рис. 3. Пятигорская гимназия № 11 после обновления (реновации и реставрации)

*Критерии безопасного уровня воздействия зданий на окружающую среду.* Здание должно быть запроектировано и построено так, чтобы в процессе их возведения не появлялись угрозы оказания отрицательного воздействия на окружающую среду [1, 2].

*Критерии доступности зданий для маломобильных групп населения (МГН).*

1. Гражданские здания, объекты инженерной и социальной инфраструктур должны быть запроектированы так, чтобы обеспечить максимальную доступность для (МГН).

2. Объекты транспортной инфраструктуры должны оснащаться дополнительными приспособлениями, позволяющими (МГН) свободно пользоваться всеми услугами [1].



Требований для безопасности зданий и сооружений много, в данной работе приведены только основные, однако, все они обязаны соблюдаться. Контроль за соблюдением осуществляют специальные государственные органы. Нарушение описанных правил может привести к катастрофическим потерям.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Федеральный закон от 30.12.2009 N 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений"

2. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических грузов.

3. Абраштов В.С. Техническая эксплуатация, обследование и усиление строительных конструкций: учеб. пособие / В.С. Абраштов. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 151 с.

4. *Пятигорская правда*// Главные новости [Электронный ресурс] / Образование М., 2022. URL: <https://pravda-kmv.ru/education-01-nachal-rabotu/> (дата обращения: 01.10.2022).

5. В рамках нацпроекта «Образование» // Портал Предгорного округа [Электронный ресурс] / в рамках нацпроекта «Образование» М., 2022. URL: <https://predgorportal.ru/news/education/2022-11-01/> (дата обращения: 01.10.2022).

**Гайфуллина К.В., магистрант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.  
Кудрявцев С.В.**

*Уральский федеральный университет имени первого  
президента России Б. Н. Ельцина, г.Екатеринбург, Россия*

### **ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ДВУТАВРОВ С ГОФРИРОВАННЫМИ СТЕНКАМИ В СЕЙСМОСТОЙКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ**

Одним из передовых подходов в строительстве является применение сварных двутавров с тонкой гофрированной стенкой в каркасах зданий.

Балка с гофрированной стенкой – это конструкция, состоящая из поясов произвольного сечения и тонкой металлической стенки, которая в поперечном направлении изогнута (гофрирована). Наиболее распространенные виды гофрирования стенки: треугольные,

трапецидальные, прямоугольные, волнистые или другой, повторяющейся формы (рис. 1).

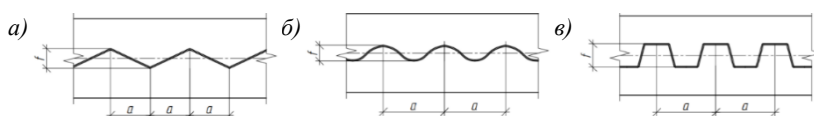


Рис. 1. Виды гофр: а – треугольные; б – волнистые; в – трапецидальные

Идея гофрирования стенок балок впервые появилась в 30-е годы XX века, после чего применение этих конструкций получило широкое распространение, благодаря снижению металлоемкости материалов и как следствие стоимости объекта [1].

За рубежом двутавры с гофрированными стенками нашли свое применение еще в начале 60-х годов прошлого века в качестве основных несущих конструкций зданий и сооружений, позже, в 80-х годах такие балки стали активно применяться в мостостроении [1, 2].

В нашей стране балки с гофрированной стенкой изучались с 1930-х годов прошлого века, но практическое применение такие балки получили только в середине 80-х годов, когда сотрудники Казахского отделения ЦНИИПСК Остриков Г.М., Максимов Ю.С. и другие начали активно заниматься исследованием балок с гофрированными стенками и опубликовали несколько работ [3, 4].

В настоящее время не прекращаются исследования сварных двутавров с гофрированными стенками. К ним можно отнести работы российских инженеров С.В. Кудрявцева, А.О. Лукина, Т.Л. Дмитриевой [1, 2, 5] а также исследования зарубежных ученых Республики Казахстан, Украины, Японии, Египта, Германии, США, и других [6, 7]. Авторами исследований установлено, что по сравнению с традиционными плоскостенчатыми балками гофрированные балки обладают значительно большей изгибно-крутильной жесткостью и повышенной устойчивостью стенки, а также при почти полном исключении стенки из работы на изгиб оказываются, как правило, легче.

Преимуществом балки с гофрированной стенкой является экономия металлоемкости от 10 до 40 % в зависимости от конструктива и назначения здания по сравнению со сварными и прокатными балками тех же пролетов. Кроме того, достигается большая экономия на трудоемкости, если балка с гофростенкой используется вместо ферм. Замена стропильных ферм на сварные двутавры с гофрированной стенкой дает экономию 10-15 % на стеновых панелях из-за пониженной высоты балок и поэтому позволяет снижать расходы на отопление. Это не может не привлекать заказчиков, поскольку экономия стала достигается не только за счет самих балок, но и за счет снижения массы горизонтальных и вертикальных связей [1].

Исследованиями сейсмостойкости двутавров с гофрированной стенкой активно занимались сотрудники института «Проектстальконструкция» в Казахстане Г.М. Остриков, Ю.С. Максимов и В.В. Долинский [3,4,8]. Было отмечено, что в колоннах многоэтажных рамных каркасов, возводимых в сейсмичных районах, нельзя допускать развития пластических деформаций из-за возможности обрушения конструкций, этого можно достигнуть за счет новых конструктивных решений ригелей и баз колонн, в которых обеспечиваются условия для развития пластических деформаций при сейсмических нагрузках, превышающих расчетные. Одним из таких решений является гофрирование стенки двутавра, которое обеспечивает устойчивость стенки при минимальной ее толщине [4].

В России существует довольно большое количество областей и районов с повышенной сейсмической активностью, в которых остро стоит проблема строительства не только жилых, но и промышленных объектов, а также объектов спортивного, складского и культурного назначения (рис. 2). Одним из таких районов является город Сочи, где для олимпиады 2014 г. было возведено несколько объектов с использованием сварных двутавров с гофрированными стенками. Республика Крым также является сейсмически активным районом, в котором был возведен спортивный комплекс с применением гофрированной балки, что позволило сделать каркас здания не только менее металлоемким, но и устойчивым к нагрузкам от землетрясений.

Часть Республики Казахстан является сейсмоопасным районом, поэтому применение сейсмостойких каркасов из двутавров с гофростенкой в стране началось еще 1987 г. с серии «Алма-Ата» и продолжается по сей день, о чем свидетельствует множество проектов, реализованных с применением балки с гофрированной стенкой Казахским институтом ЦНИИПСК [9].

На повышение надежности работы стального каркаса повлияла разработка нового конструктивного решения узлового соединения ригелей с гофрированной стенкой: жесткое крепление поясов ригеля к колоннам через фрезерованные торцы и уширение поясов ригелей на концах. В результате чего увеличивается протяженность зоны развития пластических деформаций и обеспечивается местная устойчивость стенок ригелей. Образующиеся при этом участки равного сопротивления поясов у концов ригеля обеспечивают высокую энергопоглощающую способность и долговечность при знакопеременном циклическом нагружении во время землетрясений [1, 8].



Рис. 2. Здание склада готовой продукции с применением двутавров с гофрированной стенкой

Таким образом, стало ясно, что благодаря уменьшенной металлоемкости и повышенной устойчивости гофрированные балки целесообразно использовать в многоэтажных стальных каркасах зданий, расположенных в сейсмоопасных регионах. Так, в настоящее время данные металлоконструкции широко применяются в Японии, Казахстане и Кыргызстане [9, 10]. Например, 14-этажный каркас в городе Алматы, колонны и ригели которого выполнены из сварных двутавров с гофрированными стенками, сейсмичность площадки составляет 9 баллов. Экономия стали по сравнению с традиционными конструкциями составила 18,5% (рис. 3).



Рис. 3. Рамный каркас 14-этажного жилого дома в г. Алматы с применением двутавров с гофрированной стенкой (2005 г.)

Широкому применению двутавров с гофрированными стенками в практике отечественного строительства препятствует ряд факторов:

1. В России недостаточно нормативных документов, касающихся двутавров с гофрированными стенками (СП 294.1325800.2017 п.20) [11]. Область применения двутавров с гофрированной стенкой в нашей стране может значительно расширяться, если воспользоваться наработками инженеров стран ближнего зарубежья и адаптировать их под действующие нормы.

2. Невозможность приобрести европейские роботизированные линии, типа Zeman и обслуживать уже имеющиеся. Оснащение заводов металлоконструкций в сейсмически активных районах страны и ближайших к ним областях оборудованием российского производства для изготовления гофробалок поможет решить эту проблему. Также целесообразно максимальное использование уже имеющихся на некоторых заводах линий (в т.ч и Zeman).

3. Отсутствие типовых серий и проектов с применением балок с гофрированной стенкой, за исключением серий на одноэтажные здания типа «Алма-Ата», разработанные Казахским отделением ЦНИИПСК [12]. Наличие серий могло бы значительно упростить работу не только проектировщикам, но и производителям металлоконструкций, которым тоже будет выгодно изготавливать балки и колонны серийно.

4. Небольшая огнестойкость балок с тонкими гофрированными стенками. Необходимо оптимизировать требования к огнестойкости несущих стальных строительных конструкций в нормах при сохранении уровня безопасности людей и материальных ценностей.

5. Экономическая политика в стране, которая не способствует снижению металлоемкости зданий. В настоящее время всем участникам процесса «проект – тендер – изготовление – монтаж» выгодна повышенная металлоемкость в объектах. Требуется вмешательство государства в политику ценообразования.

6. Отсутствие практики строительства многоэтажных зданий со стальным каркасом в России. В первую очередь перспективно использование балки с гофрированной стенкой в сейсмостойких жилых многоэтажных зданиях массовой застройки. В настоящее время Минстрой ведет работу по росту использования стали в строительстве жилья, план рассчитан на 2022–2026 г. К концу 2022 г. планируется разработать специальные правила по проектированию жилых зданий со стальными каркасами [13].

Для изготовления балки с гофрированной стенкой требуется специальное оборудование. При достаточно небольшом сегменте таких конструкций в строительстве зданий, для выпуска продукции с гофрированными стенками вполне хватит мощности механизированного участка, который есть на большинстве заводов по изготовлению

металлоконструкций, и любого маломощного пресса, либо машины непрерывного действия, кромкогиба или гильотины при определенной их доработке. Но лучше всего для этой цели использовать машину ротационного типа, которую может изготовить любое предприятие по производству металлоконструкций. Современное оборудование позволяет изготавливать гофрированные стенки двутавров толщиной от 2 до 12 мм.

На основании приведенного аналитического обзора можно сделать вывод, что у двутавров с гофрированной стенкой в строительстве уже сформировалась своя ниша, а широкое их применение в нашей стране будет возможно после того, как появится интерес к данным конструкциям со стороны заказчиков и удастся снизить затраты на производство таких конструкций.

В России широкий рынок прокатных профилей, поэтому полностью переходить на двутавровые балки с гофрированными стенками не всегда экономически эффективно.

Наибольший эффект от двутавров с гофрированными стенками можно достигнуть при их применении в зданиях с многоэтажными рамными каркасами для повышения долговечности ригелей при сейсмических воздействиях.

Сварные двутавры с гофрированными стенками имеют хорошие перспективы по расширению их дальнейшего применения в строительстве сейсмостойких многоэтажных каркасов в России, но на решение имеющихся проблем необходимо некоторое время и поддержка государства.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

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

2. Кудрявцев С.В. Несущая способность балок с гофрированной стенкой, ослабленной круговым отверстием: Автореф. дисс. канд. техн. наук. Екатеринбург, 2011. 22 с.

3. Максимов Ю.С., Остриков Г.М., Долинский В.В. Устойчивость гофрированных стенок двутавровых балок // Строительная механика и расчет сооружений. 1985. № 6. С. 43-45.

4. Остриков Г.М., Максимов Ю.С. Стальные сейсмостойкие каркасы многоэтажных зданий. Алма-Ата (Казахстан), 1985. 117 с.

5. Kudryavtsev S.V. Buckling behavior of steel column with triangularly corrugated web. - MATEC Web of Conferences 279, 02007, 2019. P. 6.

6. Elamary, A. S., Saddek, A. B., & Alwetaishi, M. (2017). Effect of corrugated web on flexural capacity of steel beams. In International Journal of Applied Engineering Research (Vol. 12, Issue 4).

7. Helena, J. H., Scholar, R., & Professor, A. (2018). Corrugated web steel girders-A state of the art review. In International Journal Of Engineering Research And Development (Vol. 14, Issue 9).

8. Патент СССР № 619605, Е04 В 1/18 Рамный каркас сейсмостойкого здания / Максимов Ю.С., Остриков Г.М.; заявл. 15.02.1977; опубл. 15.08.1978, Бюл. № 30. – 11 с.

9. 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 (54). С.94-99.

10. Токарский, А. В. Стальные каркасы в сейсмических районах / А. В. Токарский, Т. В. Токарская, Р. И. Смирнов // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2018. Т. 18. № 4. С. 142-145.

11. СП 294.1325800.2017. Конструкции стальные. Правила проектирования. – Москва, 2017. 167 с.

12. Копытов, М.М. Металлические конструкции каркасов одноэтажных зданий [Текст]: учебное пособие / М.М. Копытов. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2012. 316 с.

13. МИНСТРОЙ РОССИИ [Электронный ресурс]: Минстрой России утвердил меры по увеличению потребления отечественной металлопродукции в строительстве – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/press/minstroy-rossii-utverdil-mery-po-uvlicheniyu-potrebleniya-otechestvennoy-metalloproduktsii-v-stroit/> (дата обращения: 31.10.2022).

**Даньков Д.А., магистрант,  
Бочаров К.А., магистрант**

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

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

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Основными вопросами, связанными с принципами бетонирования конструкций в зимнее время, занимается большинство государств мира: Канада, США, Швеция, Норвегия, Голландия, Дания, Финляндия и др., несмотря на то, что в большинстве их них в зимнее время не ведутся строительные-монтажные работы.

Однако, благодаря достижениям российских ученых в области зимнего бетонирования и полученным ими результатам исследований

по данному направлению, возведение монолитных железобетонных конструкций при отрицательных температурах окружающей среды с успехом осуществляется не только в России, но и за ее пределами.

К основным методам зимнего бетонирования относятся: прогрев бетона с помощью электрических проводов, применение противоморозных химических добавок, греющие опалубки [1].

Для нашей страны метод с применением противоморозных добавок представляет огромный интерес. Еще в 40-е гг. XX века был изобретен этот метод и используется в наши дни. Специалисты совершенствуют составы с каждым годом. Если учитывать замедленное твердение бетона с противоморозными добавками при расчетных температурах, метод применяется только при возведении конструкций, не требующих быстрой распалубки.

Добавление химических добавок в бетонную смесь не дает процессу гидратации остановиться, и превратиться в воду, содержащейся в бетонной смеси, в лед. При этом, твердение бетона проходит медленнее по сравнению с положительными температурами.

Если повысить температуру выдерживаемой бетонной смеси, то это поспособствует более быстрой интенсификации процесса твердения, и бетон набирает заданную прочность гораздо быстрее [2].

Жидкий раствор химической противоморозной добавки вводится непосредственно в бетонную смесь, без добавления дополнительной порции воды. Таким образом соблюдается технология добавления химических присадок в бетонную смесь соблюдая точную дозировку компонентов.

Противоморозные химические присадки разделяют по химическому составу на три основных вида [2]:

1. Антифризы – ускоряют интенсификацию бетона, понижая температуру замерзания жидкости в бетонной смеси.

2. Сульфаты (алюминия, железа, других металлов) – при добавлении данного противоморозного компонента обеспечивается формирование плотной цементной структуры, и при соединении с продуктами гидратации повышается температура цементной смеси. Они не могут использоваться в качестве веществ, понижающих температуру замерзания воды, так как полностью связываются в труднорастворимые соединения.

3. Противоморозные химические добавки, играющие роль ускорителей твердения, – повышают растворимость силикатных составляющих цемента, образуя основные или двойные соли с продуктами его гидратации.

Метод электропрогрева бетона был предложен шведскими инженерами А. Брундом и Ж. Болиным, и первая информация о нем появилась в печати в конце 1931 г.



Электродный прогрев или просто электропрогрев, при котором электрическая энергия превращается в тепловую непосредственно в самом бетоне, включаемом в электрическую цепь в качестве сопротивления, из-за искажения линий тока и при частом появлении неравномерности температурных полей, применяют для ускорения твердения бетонных или мало армированных ж/б конструкций [3].

Бетон прогревается теплопередачей тепловой энергии с периферии внутрь конструкции. Периферийный способ применяется для прогрева конструкций с одной стороны при толщине их до 20 см и для прогрева конструкций с толщиной более 20 см с двух сторон.

Для массивных железобетонных конструкций возможен электропрогрев лишь их внешних слоев, называемый периферийным (рис. 1). Прогрев всей конструкции во многих случаях является излишним и нецелесообразным, так как внутренние ее слои могут интенсивно твердеть из-за создающихся в них весьма благоприятных температурных условий за счет экзотермии и защиты наружными слоями бетона [4].

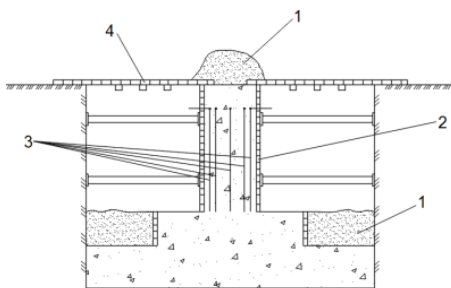


Рис. 1. Периферийный электропрогрев фундамента: 1 – утеплитель; 2 – опалубка; 3 – электроды; 4 – деревянные щиты

При использовании греющих опалубок передача тепла осуществляется непосредственно от нагреваемых плоскостей к прогреваемой бетонной смеси, уложенной в опалубку. В основном за счет теплопроводности в данном методе и происходит распределение тепла. При температуре бетона на греющей поверхности конструкции  $80^{\circ}\text{C}$  толщина его слоя с относительно равномерной температурой при установившемся режиме прогрева (период изотермического выдерживания) обычно составляет не более 20 см. При одностороннем электрообогреве конструкции в зимнее время толщина этого слоя снижается до 15 и даже до 10 см при низких температурах наружного воздуха. По этой причине конструкции толщиной более 20 см обычно подвергаются двухстороннему обогреву [4].

Данный метод зимнего бетонирования позволяет существенно упростить технологию работ, снизить трудоемкость работ на 20-27 % по сравнению с электродным прогревом, паровым прогревом и другими методами тепловой обработки бетона в зимнее время [5].

Греющая опалубка либо, как ее называют термоформа [4], представляет собой конструкцию, состоящую из листов, стали, фанеры, либо других материалов. Также в конструкции греющей опалубки должен входить нагревательный элемент и хорошая теплоизоляция из минераловатных плит или другого слабогорючего материала. Теплоизоляция предохраняется от влаги и механических повреждений листом из плотного материала снаружи (рис. 2).

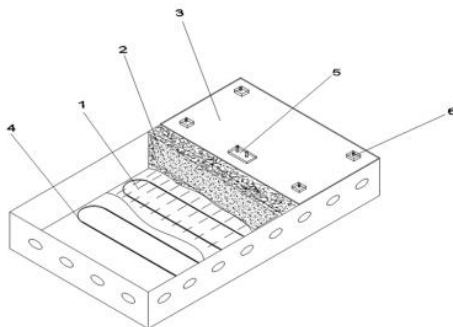


Рис. 2. Металлическая опалубка с греющим кабелем: 1 – отражательный экран; 2 – теплоизолятор; 3 – защитная крышка из фанеры с водостойким покрытием; 4 – греющий кабель; 5 – вилочный разъем; 6 – винты крепления защитной крышки

Таким образом, на основании проведенного выше обзора можно сделать вывод о необходимости рассмотрения многовариантного анализа методов бетонирования монолитных железобетонных конструкций в зимних условиях [6], включая комплексный подход в виде сочетания противоморозных добавок, исключающих замораживание бетонной смеси при ее укладке и уплотнении в опалубку, а также тепловой обработки бетона греющими проводами или термоформами.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бессер Я. Р. Методы зимнего бетонирования. – М.: Стройиздат, 1976: 168 с.
2. Копылов В.Д. Устройство монолитных бетонных конструкций при отрицательных температурах среды: Монография. М.: Изд-во АСВ, 2014. 184 с.
3. Арбенев А. С. Технология бетонирования с электроразогревом бетонной смеси. – М.: Стройиздат, 1975. 107 с.

4. Абрамов В.С., Шубина Т.С. Электропрогрев бетона замоноличивания стыков сборных конструкций // Бетон и железобетон. 1974. №11. С. 20-21.

5. Сердюкова А.А., Рахимбаев Ш.М. Влияние пониженных температур на кинетику твердения цементных систем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012, № 3. С. 49-52.

6. Красновский Б.М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования. В 2-х частях. Ч. 2. – М.: Изд-во Юрайт, 2016. 231 с.

**Кладиева П.В., аспирант**

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

**Наумов А.Е.**

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

## **СТАЛЬНЫЕ ЛЕНТЫ АРМИРОВАНИЯ ИЗГИБАЕМЫХ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Российские заводы-изготовители сборных ячеистобетонных конструкций применяют традиционные конструктивные решения в части дискретного армирования изгибаемых элементов, в результате чего сталкиваются с проблемой недостаточно полного включения поверхности арматуры в работу конструкции при проведении экспериментальных исследований. Недооцененность существенного потенциала неиспользованной несущей способности конструкции при применении традиционного армирования, предусматривает необходимость совершенствования подходов к армированию изгибаемых ячеистобетонных конструкций и внедрения в производство инновационного арматурного элемента – стальной зубчатой ленты с управляемой развитой боковой поверхностью, обеспечивающей максимальное включение пористого массива ячеистого бетона [1].

Армирование стальными зубчатыми лентами позволяет существенно повысить площадь контакта и качественно улучшить контактные условия на границе бетон-сталь, обеспечивающие:

– лучшее сцепление армирующего элемента с ячеистым бетоном конструкции [2];

– лучшее использование прочности армирующего элемента в работе конструкции;

– высокую дисперсию армирования, влекущую большую жесткость конструкции;

– долговечность, надежность и безопасность ячеистобетонного армированного изгибаемого элемента [3].

Для демонстрации эффективности для несущей способности изгибаемых ячеистобетонных конструкций армирования их арматурными элементами, обладающими развитой боковой поверхностью, и проведения в дальнейшем натурного эксперимента, подтверждающего результаты серии сравнительных физически нелинейных расчетов параметров напряженно-деформированного состояния армированных ячеистобетонных балок прямоугольного сечения, условно армированных традиционной стержневой и стальными зубчатыми лентами равной площади сечения, были выполнены 2 серии образцов перфорированных стальных лент 5 разных типоразмеров (рис. 1).

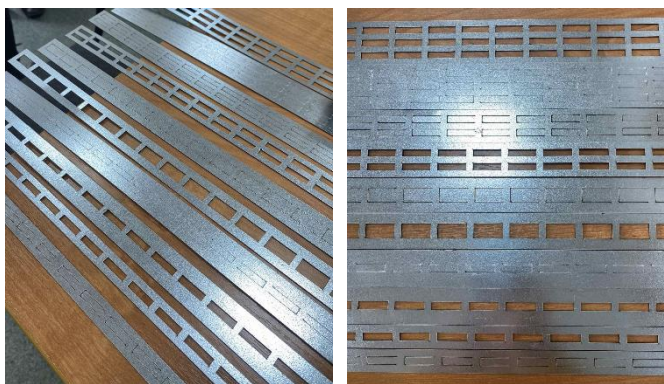


Рис. 1. Образцы перфорированных стальных лент

Образцы выполнены в виде стальных лент толщиной 1 мм и длиной 1000 мм, представлены 2 серии лент различной ширины с одиночной, двойной и тройной перфорацией [4]. Серия 1 лент представлена образцами с полным вырезом отверстий, Серия 2 – ленты с не прорезанной линией верха отверстия для дальнейшего отгиба зуба. Геометрические характеристик и параметры стальных лент серий 1 и 2 представлены в табл. 1.

Материал лент – оцинкованная сталь 1 сорта марки 08пс класс цинкового покрытия 100 толщина металла 1 мм по ГОСТ 14918-2020 «Прокат листовой горячеоцинкованный».

Ленты изготовлены немеханическим способом обработки металла, для их производства использовалась технология лазерной резки, позволяющая достигать высочайшей точности разреза, что подтверждается натурными замерами полученных образцов (рис. 2) –

погрешность геометрических размеров минимальна и не превышает предельно допустимую.

Таблица 1

**Параметры образцов перфорированных стальных лент**

Типоразмер	Параметры ленты, мм	Серия 1 (отверстие)	Серия 2 (зубья)
Лента 1 шириной 15 мм с одиночной перфорацией	Размеры перфорации	20×5	20×5
	Шаг по длине	5	5
	Шаг по ширине	5	5
Лента 2 шириной 25 мм с одиночной перфорацией	Размеры перфорации	20×5	20×5
	Шаг по длине	5	5
	Шаг по ширине	10	10
Лента 3 шириной 25 мм с одиночной перфорацией	Размеры перфорации	20×10	20×10
	Шаг по длине	5	5
	Шаг по ширине	7,5	7,5
Лента 4 шириной 25 мм с двойной перфорацией	Размеры перфорации	20×5	20×5
	Шаг по длине	5	5
	Шаг по ширине	5	5
Лента 5 шириной 35 мм с тройной перфорацией	Размеры перфорации	20×5	20×5
	Шаг по длине	5	5
	Шаг по ширине	5	5

Также возможно применение технологии механической обработки стали при изготовлении лент – листовой штамповки отверстий и зубьев, имеющей преимущество в вопросе однородности поверхности и меньшей шероховатости обработанного края металла.



Рис. 2. Натурные замеры образцов стальных перфорированных лент

Для дальнейшего удобства использования будет введена система условного обозначения и маркировки стальных перфорированных и

зубчатых лент с указанием основных параметров и комбинаций, и типов перфорации.

Результатом применения стальных зубчатых лент в качестве армирования ячеистобетонных конструкций станут теоретические и практические обоснованные экспериментально и численно подходы, обеспечивающие:

- повышение ресурсоэффективности изгибаемых ячеистобетонных конструкций [5];

- расширение номенклатуры серийно выпускаемых ячеистобетонных изделий;

- создание отечественных полносборных домкомплектов для малоэтажного строительства из армированных ячеистобетонных элементов [6];

- снижение стоимости строительства, повышение скорости строительства и рост энергоэффективности малоэтажного домостроения, выполненного полным домокомплектом.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Коровкевич В.В., Пинскер В.А. и др. Малоэтажные дома из ячеистых бетонов. Рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации. С Л. : ЛенЗНИИЭП, 1989. 284

2. Кладиева П.В. Особенности деформирования ячеистых бетонов / В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Материалы конференции. Белгород, 2021. С. 724-728.

3. Кладиева П.В., Давиденко М.В., Мозговой В.М. Нормативное обеспечение проектирования армированных ячеистобетонных конструкций / В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов V Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Белгород, 2021. С. 53-58.

4. Макаричев В.В., Милейковская К.М. Исследование армированных конструкций из ячеистых бетонов. Госстройиздат. Москва, 1963. 19-29; 71-76

5. Кладиева П.В., Мозговой В.М., Моисеев М.В. Теоретическое обоснование повышения эффективности армирования изгибаемых ячеистобетонных конструкций / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. № 6. С. 27-35.

6. Кладиева П.В., К вопросу учета нелинейности ячеистого бетона при проектировании несущих конструкций / В сборнике: VI Международный студенческий строительный форум - 2021. Сборник докладов. В 2-х томах. Белгород, 2021. С. 59-64.

Колесников В.А., аспирант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.  
Сапожников П.В.

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

## **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОЗВЕДЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ИХ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Одним из перспективных конструктивно-технологических решений наружных стен в современном монолитном строительстве являются многослойные наружные стены, выполняемые из монолитного железобетона. При этом в теплоизоляционном слое используется легкий бетон низкой теплопроводности.

При возведении наружных стен по данной технологии выполняются следующие виды работ: арматурные работы, опалубочные работы, бетонные работы. Арматурные каркасы изготавливаются из стержней арматуры, диаметр и класс которой определяется рабочей документацией. С наружной стороны стены используется бетонная несъемная опалубка, с внутренней – инвентарные щиты опалубки с металлическим каркасом и палубой из ламинированной фанеры. Укладка бетонных смесей теплоизоляционного и конструкционного слоя производится с послойным уплотнением глубинным вибратором. При этом временной перерыв между укладкой бетонов теплоизоляционного и конструкционного слоев стены должен быть меньше, чем время схватывания теплоизоляционного бетона [1, 2]. Разделителем теплоизоляционного и конструкционного слоев служит металлическая тканая сетка, привязываемая к хомутам арматурного каркаса стены (рис. 1).



Рис. 1. Схема крепления металлической разделительной сетки к арматурному каркасу

Толщина теплоизоляционного слоя определяется теплотехническим расчетом наружной стены для обеспечения ее требуемого термического сопротивления в соответствии с климатическими особенностями района строительства, толщина конструкционного слоя – требованиями по несущей способности стены [3]. Однако в зависимости от особенностей закрепления металлической сетки, она под действием давления укладываемых бетонных смесей может смещаться, локально увеличивая или уменьшая толщину теплоизоляционного слоя. Такие смещения приводят к повышению теплотехнической неоднородности конструкции, что может негативно сказаться на ее приведенном термическом сопротивлении.

Рассмотрим, как изменяется термическое сопротивление ограждающей конструкции, выполненной из тяжелого железобетона с коэффициентом теплопроводности 2,04 Вт/мК, полистиролбетона с коэффициентом теплопроводности 0,055-0,1 Вт/мК [4], и несъемной опалубкой из бетона с коэффициентом теплопроводности 0,9 Вт/мК, при незначительном изменении толщины теплоизоляционного слоя. Приведенное термическое сопротивление рассматриваемой наружной стены, с толщиной наружного слоя 50 мм, теплоизоляционного слоя из полистиролбетона с коэффициентом теплопроводности 0,055 Вт/мК – 155 мм, несущего слоя – 200 мм составило 3,13 м<sup>2</sup> К/Вт. При этом смещение границы слоев на 10 мм изменяет термическое сопротивление стены на 0,18 м<sup>2</sup> К/Вт, или на 5,7%. В случае использования в теплоизоляционном слое более плотного полистиролбетона с коэффициентом теплопроводности 0,1 Вт/мК, расчетная толщина теплоизоляционного слоя, при том же значении приведенного термического сопротивления стены (3,13 м<sup>2</sup> К/Вт), составляет не 155 мм, а 282 мм. При этом смещение границы слоев на 10 мм изменяет термическое сопротивление стены на 3%. Таким образом, в зависимости от массивности ограждающей конструкции, влияние смещения разделительной сетки на термическое сопротивление стены будет различным (рис. 2 и 3).

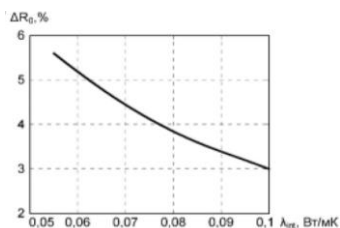


Рис. 2. Зависимость влияния смещения разделительной сетки слоев стены величиной 10 мм на ее приведенное термическое сопротивление

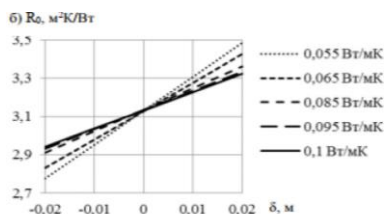


Рис. 3. Зависимость приведенного термического сопротивления наружной многослойной монолитной стены  $R_0$  от смещения разделительной сетки  $\delta$  при использовании в теплоизоляционном слое полистиролбетона различной теплопроводности



В результате проведенного анализа установлено, что при проектировании многослойной монолитной наружной стены необходимо учитывать ее технологические особенности, связанные с возможным смещением разделительной сетки в процессе укладки бетонных смесей слоев конструкции, которое может привести к снижению теплотехнических характеристик стены. Согласно полученным зависимостям (рис. 2 и 3) необходимо вводить в теплотехнические расчеты коэффициенты запаса, определяемые для конкретной конструкции в соответствии с максимально допустимыми отклонениями металлической сетки.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Король Е.А., Харькин Ю.А. Совершенствование технологии возведения энергоэффективных ограждающих конструкций в монолитном строительстве // Сборник докладов XX Российско-Польско-Словацкого семинара «Теоретические основы строительства». Жилина. 2011. С. 401-406.

2. Король, Е.А., Харькин Ю.А. Технологическая и организационная эффективность возведения многослойных наружных стен в монолитном строительстве // Строительство и реконструкция. 2013. №6. С. 3-8

3. Крючков А.А. Деформативность сборно-монолитных стержневых конструкций. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Белгород., 2006 г. 210 с.

4. ГОСТ Р 51263-99. Полистиролбетон. Технические условия. – М.: Госстрой России, 1999.

**Колупаев Д.Е., магистрант**

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

**Крючков А.А.**

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

### **РАСЧЕТ СВАЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ФУНДАМЕНТОВ МЕТОДОМ СТАТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

В настоящее время огромную роль приобретает возведение зданий на слабых грунтах, когда строители используют для строительства участки, которые геологи ранее признавали нерентабельными и нецелесообразными с целью возведения сооружений. На современном

этапе развития фундаментов одной из ключевых проблем является повышение коэффициента полезности проектных решений, создание конкурентоспособных и объективных заключений. Поскольку затраты на возведение фундамента здания составляют до 25% от его общей стоимости, использование более экономичных и промышленных свайных фундаментов позволяет снизить эти показатели.

Повышением эффективности работы свайных фундаментов является совершенствование определения их осадочных свойств на стадии проектирования.

Актуальность темы, представленной в статье, подтверждается сложностью работы сваи в грунте, что делает невозможным создание математически строгой теории надежности расчетов. По этой причине используются различные инженерные, теоретические методы расчета. Нормативно-правовая литература, используемая сегодня в области проектирования свайных фундаментов, имеет недостаточные методологические данные и позволяет получать неоднозначные результаты расчетов [1].

Одним из основных способов изучения грунта в состоянии его естественной залегания является статическое зондирование, которое способно исследовать почвенный массив на значительно большей глубине. Этот метод, используемый для установления инженерно-геологических характеристик грунтов, выполняется в процессе погружения зонда в грунт под действием статической экструзионной нагрузки с измерением сопротивления грунта введению стержня.

Статическое зондирование – это метод, основанный на вдавлении испытательного зонда в грунтовую массу. С помощью таких испытаний можно определить расположение границ между различными грунтами по их состоянию и составу, степени однородности, а также характеристикам грунта и сопротивлению под верхушкой и вдоль боковой поверхности железобетонных свай. Метод статического зондирования заключается в определении силы сопротивления грунта при погружении с помощью гидравлического устройства, создающего усилие на испытательном стержне. [2]

Ниже представлена конструкция зонда для проведения полевых испытаний методом представленном в статье (рис. 1).

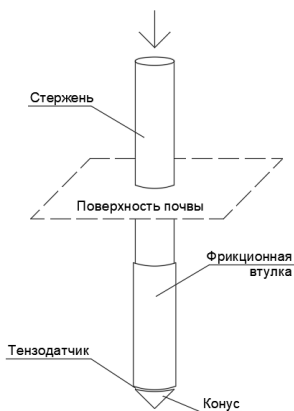


Рис. 1. Измерительный зонд для проведения статического зондирования

Суть этого исследования заключается в том, что при вдавливании зонда в грунт на конусе действует напряжение, которое передается на тензодинамометр стержня, на котором расположены тензодатчики. Изменение сопротивления внешней нагрузки на тензодатчиках регистрируется измерительным прибором. Сила, действующая на фрикционную муфту, передается на тензометрический датчик муфты, измеряется датчиками нагрузки, а также передается по кабелю на диагностическое устройство. Контроллер, считывающий отклонения нагрузки, выполнен в виде двухканального усилителя с цифровым выходом, блоком хранения и передачи данных в

компьютер. При работе в полевых условиях для подключения прибора к бортовой сети используется кабель питания. Зондирующие стержни предназначены для вдавливания зонда в грунт с помощью буровой или зондирующей установки. Головка используется для вдавливания и извлечения зонда. Заглушка используется при извлечении зонда и закреплении стержней в подголовнике [3].

Ход работы исследования массива грунта методом статического зондирования:

1. Зонд с зондирующим стержнем устанавливается строго в вертикальное положение, наголовник опускается, пропуская кабель в отверстие наголовника и используя гидравлическую систему буровой установки, зонд вдавливается в грунт с постоянной скоростью (около 1,2 м/мин).

2. Показания прибора вводятся с шагом 0,1 м по глубине нагружения (или 0,2 по ГОСТ 19912-2001) в соответствии с рисками, нанесенными на испытательные стержни.

3. После погружения одного зондирующего стержня углубление прекращают, гидравлический вращатель поднимают в исходное положение и протягивают вдоль кабеля зонда следующий зондирующий стержень, навинчивая его на предыдущий. Верхний конец стержня устанавливается в надголовник, загрузка зонда и запись показаний продолжают до требуемой глубины исследования почвенной массы.

4. Данные, полученные устройством передаются на считывающее устройство, где в специализированном программном обеспечении строятся графики, а характеристики и консистенция почвы формируются на основе цифровых значений результатов исследований [4].

При статическом зондировании согласно данным исследования сопротивления грунта под конусом и на боковой поверхности испытательного зонда определяют:

- удельное сопротивление грунта под конусным наконечником зонда;
- общее сопротивление грунта на боковой поверхности (механический зонд);
- удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности зонда (электрический зонд).

Кроме того, при использовании специальных зондов в ходе статического зондирования могут измеряться и другие свойства грунта: плотность, влажность, поровое давление, температура, естественный гамма-фон, электрическое сопротивление [5].

Статическое зондирование – метод, который изучает свойства и характеристики грунтового массива, играет очень важную роль для инженерно-геологических и геотехнических исследований, особенно для проектирования свайных фундаментов. В области зондирования сосредоточены самые передовые технологические процессы и технологии как в испытательном оборудовании, так и в программном обеспечении.

Однако, имеют место трудности интерпретации материалов зондирования, начиная с представлений о точности и надежности самих параметров зондирования и заканчивая проблемой объективных оценок состава, состояния и свойств грунтов [6].

С целью увеличения точности и надежности испытаний данным методом, предлагаются новые методические рекомендации:

1. Четко определить класс зондирования, в зависимости от конструкции применяемых зондов и точности замеров параметров зондирования.
2. Увеличить область анализа использованных материалов зондирования на основе современных технологий.
3. Постановка задач зондирования с применением расширенных процедур анализа материала.
4. Выполнить сопоставление различных способов интерпретации материалов зондирования.

Данные рекомендации позволят проектировщику грамотно сориентироваться при проектировании оснований и выбрать наиболее рациональное решение [7].

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Трофименков Ю. Г., Воробков Л. Н. Полевые методы исследования строительных свойств грунтов / Ю. Г. Трофименков, Л. Н. Воробков. – М.: Стройиздат, 1981. 215 с

2. Оноприенко Н.Н., Сальникова О.Н., Ашихмин П.С. Инженерная геология : учебное пособие для студентов всех форм обучения направлений подготовки 08.03.01 Строительство, 21.03.02 Землеустройство и кадастры и специальностей 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений, 08.05.02 Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей, 21.05.01 Прикладная геодезия, 21.05.04 Горное дело, 23.05.06 Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2021. С. 75.

3. Черныш А. С., Оноприенко Н. Н. Механика грунтов : учебное пособие для студентов всех форм обучения направлений 08.03.01, 20.03.02 и специальностей 08.05.01, 23.05.06: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. С. 112.

4. ЗАО «ГЕОТЕСТ». Комплекс аппаратуры для статического зондирования грунтов ТЕСТ-К2М (руководство по эксплуатации). Екатеринбург, 2014 – 43 стр.

5. ГОСТ 19912-2012. Межгосударственный стандарт. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием. – Взамен ГОСТ 19912-2001; введ. 2012-11-01 - Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. N 2005-ст. 10 с.

6. Карякин В. Ф., Пири С. Д., Ашихмин П. С. Инженерная геология : учебное пособие для студентов специальности 21.03.02 - Городской кадастр и всех форм обучения бакалавриата 08.03.01 – Строительство: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2018. С. 43.

7. Захаров М. С., Учебное издание. Статическое зондирование в инженерных изысканиях. – Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2007. 43 с.

Комаров М. В., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Никулин А. И.

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

## **О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В СОСТАВЕ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ**

Технологии возведения зданий на базе металлических каркасов занимают отдельную нишу. Диапазон применения распространяется от многоярусных гаражей-стоянок, объектов торговли и досуга, объектов социальной инфраструктуры, административных и офисных зданий до уникальных высотных объектов. Однако в массовом строительстве стального каркаса очень мало.

По данным Ассоциации развития стального строительства, в России на стальном каркасе строится не более 13,5% зданий, в то время как в США доля таких построек составляет около 65%, в Норвегии она составляет 48% [4]. Главным образом, такие масштабы достигаются за счет многоэтажного жилищного строительства.

Отечественное строительство имеет наработанный опыт использования стального каркаса. Наиболее известные объекты в строительной практике Советского союза, возведенные на металлокаркасе – это «сталинские» высотки. Но массовой технология не стала из-за дороговизны и приоритетного использования металла в военной промышленности. В современной России стальные конструкции использованы при строительстве Центра международной торговли, башни «Евразия» и «Башни на Набережной» «Москва-Сити», «Лахта Центра» в Санкт-Петербурге.

На данный момент в России только 0,5–1% жилых домов, включая сферу индивидуального жилищного строительства, возводится на металлокаркасе. Российского рынка жилищного строительства на металлокаркасе – нет. Если говорить о многоэтажных домах, то это единичные проекты в сравнении с объемом традиционного строительства. В то время как в Японии доля использования стали в высотном и многоэтажном строительстве составляет 16,6%, в Великобритании – 15%, в США – 12 % [4].

По поручению Президента РФ Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации при участии

Министерства промышленности и торговли РФ разработало и утвердило дорожную карту по расширению применения металла в строительстве на 2022–2026 гг.

В текущих экономических условиях, когда Европейский союз ввел запрет на импорт широкой номенклатуры стальной продукции из России, перед металлургами стоит задача переориентировать поставки, для чего потребителям необходимо нарастить внутренний спрос на продукцию. Производство стали в РФ за первое полугодие 2022 г. снизилось в годовом выражении на 8,6% до 28,8 млн т, проката – на 4,6% до 31,5 млн т, следует из данных Росстата [7].

Таким образом, Минстрой РФ предлагает новый подход в части перенастройки строительной отрасли и применения металла [6]. Существует значительный потенциал для увеличения доли использования металлических конструкций в строительстве путем внедрения проектов повторного применения на стальном каркасе, применение стальных конструкций при строительстве жилых помещений, а также реализация пилотных проектов по строительству многоэтажных жилых зданий с использованием стального несущего каркаса (СНК) и легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК).

Так, «Северсталью» уже разработан проект 17-этажного жилого дома на стальном каркасе, а также в Министерстве рассмотрят типовые проекты с использованием металлоконструкций в строительстве высотных многоквартирных жилых домов, школ, детских садов и мусоросжигательных заводов.

Основу здания составляет металлокаркас из колонн, сварных балок и связей. Он дополняется монолитными перекрытиями из профилированного листа, внутренними стенами с огнезащитной обработкой и наружными каркасно-обшивными стенами из ЛСТК.

Такой тип строительства сократит сроки возведения домов в два-три раза по сравнению с монолитным домостроением. Это преимущество только усиливается при применении типовых проектов, так как сокращается срок проектирования и производства металлоконструкций за счет их типизации и унификации сортамента применяемого металлопроката.

Отсутствие «мокрых процессов» дает возможность всесезонного строительства в различных регионах РФ без дополнительных затрат, характерных для зимнего строительства. Здесь проявляется еще один плюс стальных конструкций: их производят непосредственно на заводе, а на стройплощадку доставляются уже фактически готовые элементы. Элементы из металлокаркаса собираются на земле, и затем здание просто

складывалось, как конструктор. Простота процесса «сборки» заготовок заводского качества позволяет уменьшить количество рабочих на стройплощадке, а это значит, что снижаются затраты на оплату труда. Кроме того, в строительном процессе возможно использовать краны на автомобильном шасси, что, в свою очередь позволяет экономить на специальной технике [2].

Таким образом, к экономическим преимуществам стального каркаса в жилом строительстве относятся:

- 1) сокращение объема проектного финансирования;
- 2) снижение стоимости обустройства фундамента за счет легкости стальных конструкций;
- 3) увеличение продаваемой площади здания до 5% за счет меньшего объема несущих конструкций;
- 4) сокращение численности рабочих на строительной площадке до 20% за счет высокой заводской готовности и легкости монтажа [3].

Также выделяют экологические преимущества стального каркаса в жилом строительстве:

- 1) снижение интенсивности загрязнения атмосферы при возведении каркаса здания до 50% путем сокращения использования временных строительных материалов и изделий (опалубки);
- 2) снижение объема транспортировки (ввиду меньшей общей массы материала ввиду меньшей общей массы материалов);
- 3) уменьшение продолжительности работы продолжительности работы строительных машин и оборудования;
- 4) экономия природных ресурсов до 25%. Снижение объемов использования ресурсов при производстве стали, материалоемкости строительства, отсутствие «мокрых» процессов;
- 5) возможность использования продуктов переработки стальных конструкций в строительстве нового здания до 90%.

С точки зрения технологических преимуществ высокая гибкость планировочных решений достигается за счет меньшего объема несущих конструкций, что позволяет реализовать наиболее конкурентоспособную нарезку квартир. Отсутствие несущих стен в зданиях на металлокаркасе позволяет реализовывать любую поэтажную квартирографию и увеличивать продаваемую площадь здания до 10%.

Стальные конструкции стоят до двух раз дороже, чем бетонные, но они позволяют увеличить полезную площадь. Например, бетонная колонна занимает площадь около 1 м<sup>2</sup>, а стальная балка – в разы меньше.

По данным «Северстали», себестоимость квадратного метра с черновой отделкой на стальном каркасе на 10% выше по сравнению с



монолитным железобетонным каркасом. Снижение временных затрат на строительство при использовании решения на основе СНК позволяет оптимизировать совокупные затраты и в текущих условиях улучшить стоимостное предложение (-15%) в сравнении с железобетоном [3].

По качественным характеристикам (теплоизоляции, звукоизоляции, огнестойкости и пр.) здания, реализованные на стальном каркасе, не уступают характеристикам зданий, построенных по классическим технологиям.

Основным сдерживающим фактором могут стать повышенные требования к огнезащите металлоконструкций. Особенностью использования стальных конструкций является необходимость дополнительно защищать их от огневого воздействия при возможном пожаре [5]. Основным способом огнезащиты стальных конструкций является применение специальных сертифицированных огнезащитных материалов.

В своем проекте «Северсталь» указывает, что огнезащитные материалы выполняют одновременно роль отделочных. В связи с чем огнезащитные материалы не приведут к существенному увеличению себестоимости строительства [3].

Конструктивные особенности каркаса позволяют также скрыть элементы несущих конструкций в объеме внутренних и наружных стен, тем самым обеспечивая необходимую защиту от огня.

Несомненным преимуществом стальных конструкций является способность перекрывать большие, по сравнению с железобетонными конструкциями, пролеты. Однако, при увеличении пролета габариты сечения несущей балки каркаса перекрытия могут достигнуть значительных размеров. Поэтому одной из задач проектировщика является определение оптимального соотношения между величиной перекрываемого пролета и приемлемыми размерами сечений балок. То же относится и к колоннам. При большом шаге колонн значительно увеличиваются их сечения, и «спрятать» эти конструкции в стенах становится сложнее. Для снижения габаритов сечений колонн рекомендуется увеличить класс прочности стали для колонн [1].

Таким образом, в сегменте жилищного строительства тиражирование типовых проектных решений на стальном каркасе нацелено на высокие темпы ввода жилых площадей и оптимизации сроков строительства. Однако, необходимо проработать изменения в законодательство и нормативно-технические документы, дополнительные стимулы и преференции для более массовой реализации строительных проектов с высокой металлоемкостью.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эффективные жилые здания на стальном каркасе // Ассоциация развития стального строительства. – Москва. 2017. [Электронный ресурс] URL: [https://steel-development.ru/images/projects/downloads/zdania\\_na\\_stal\\_karkase\\_final.pdf](https://steel-development.ru/images/projects/downloads/zdania_na_stal_karkase_final.pdf). 44 с. (дата обращения: 02.11.2022).
2. Стальные здания в Европе. Многоэтажные стальные здания. Часть 1 : Руководство для архитекторов / Ассоциация развития стального строительства ; – Москва : АКЦИОМ ГРАФИКС ЮНИОН, 2017. – 64 с.
3. Стальное строительство многоквартирных домов. Северсталь. [Электронный ресурс]. URL: [https://vmeste.severstal.com/upload/medialibrary/55c/Stalnoe-stroitelstvo-mnogokvartirnykh-zhilykh-domov\\_21042022.pdf](https://vmeste.severstal.com/upload/medialibrary/55c/Stalnoe-stroitelstvo-mnogokvartirnykh-zhilykh-domov_21042022.pdf). (дата обращения: 02.11.2022).
4. Arcelor Mittal, PeinerTräger. STEEL BUILDINGS IN EUROPE Multi-Storey Steel Buildings Part 2: Concept Design [Электронный ресурс]. URL: [https://bauforumstahl.de/upload/documents/MSB/MSB02\\_Concept\\_Design\\_2010-03-12.pdf](https://bauforumstahl.de/upload/documents/MSB/MSB02_Concept_Design_2010-03-12.pdf) (дата обращения: 02.11.2022).
5. Gorg Olewski, M. The role of steel in environmentally responsible buildings. The Steel Construction Institute, 1999. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.steel.org.au/resources/elibrary/library/the-role-of-steel-in-environmentally-responsible-buildings/> (дата обращения: 02.11.2022).
6. Глава Минстроя и генеральный директор Металлоинвеста обсудили увеличение применения металлопроката в строительстве [Электронный ресурс] / Официальный сайт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/press/glava-minstroya-i-generalnyy-direktor-metalloinvesta-obsudili-velichenie-primeneniya-metalloprokata/> (дата обращения: 31.10.2022).
7. О промышленном производстве в I полугодии 2022 года [Электронный ресурс] / Данные Росстата РФ. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/123\\_27-07-2022.html](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/123_27-07-2022.html). (дата обращения: 31.10.2022).

**Крюкова Е.А., магистрант**

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

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

## **НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ТРЕХСЛОЙНЫХ ПАНЕЛЕЙ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ОБШИВКАМИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СТЫКАМИ СРЕДНЕГО СЛОЯ**

В настоящее время существует потребность в рациональном использовании тепловой энергии в зданиях и сооружениях, обеспечения высокого качества строительства, а также строительства в отдаленных и сейсмоопасных районах. В связи с этим распространяются условия для широкого применения легких индустриальных ограждающих конструкции с высокими теплотехническими показателями. Одним из наиболее эффективных конструкций ограждений, отвечающих этим требованиям, являются трехслойные панели с металлическими обшивками и средним слоем из пенопластов и поперечно-ориентированных ламелей минеральной ваты.

Конструкции стен из трехслойных металлических панелей получили повсеместное применение при строительстве объектов различного назначения. От промышленных до административных сооружений. Так же, данный вид ограждения отлично подходит для строительства холодильных систем, т.к. трехслойные панели с металлическими обшивками отличаются хорошей теплоизоляцией и высокой устойчивостью к поглощению влаги [1]. Несущие конструкции зданий, на которые монтируются панели могут быть различными: деревянные, металлические или железобетонные.

Металлические панели с утеплителем из пенопласта классифицируют по:

- конструктивному решению;
- пределу огнестойкости;
- назначению;
- расположению в ограждающих конструкциях;
- материалу металлических профилированных листов и утеплителя;
- виду покрытия металлических листов;
- способу изготовления.

По конструктивному решению панели подразделяют на:

– панели двухслойные (ПД) - состоящие из одного металлического профилированного листа, утеплителя и гидроизоляционного или защитно-декоративного покрытия;

– панели трехслойные (ПТ) - состоящие из двух металлических профилированных листов и утеплителя.

По пределу огнестойкости панели подразделяют на панели с пределом огнестойкости 0,75; 05; 0,25 и менее 0,25 ч.

По назначению панели подразделяют на панели наружных стен и панели покрытий.

По расположению в ограждающих конструкциях панели подразделяют на рядовые, угловые, доборные (рядовые).

По материалу металлических профилированных листов панели подразделяют на:

– панели с профилированными листами из стали (С);

– панели с профилированными листами из алюминиевых сплавов (А).

По материалу утеплителя панели подразделяют на:

– панели с утеплителем, получаемым вспениванием заливочных композиций, в том числе наполненных;

– панели с утеплителем, получаемым вспениванием твердых полуфабрикатов.

По виду защиты металлических листов от коррозии панели подразделяют на:

– панели из алюминиевых листов без покрытия;

– панели из стального листа с металлическим покрытием;

– панели из стального листа с металлическим и лакокрасочным покрытием.

По способу изготовления различают:

– панели, изготавливаемые на технологических линиях непрерывного действия;

– панели, изготавливаемые на стендовых установках [2].

Преимуществами трехслойных панелей с металлическими обшивками являются:

– простота и быстрые сроки монтажа;

– высокая технологичность изготовления;

– низкие эксплуатационные затраты;

– гигиеничность поверхности и простота поддержания чистоты;

– малый вес конструкции;

– разнообразие цветовой гаммы;

– различные архитектурно-композиционные решения фасадов (рис. 1).

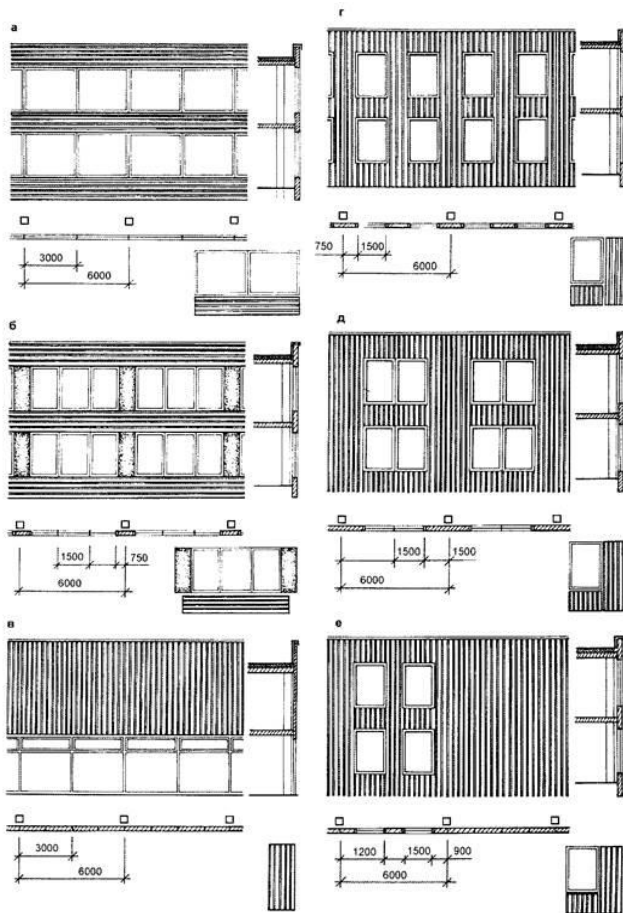


Рис. 1. Варианты решений наружных стен зданий из трехслойных металлических панелей

Наиболее распространены в современном строительстве панели максимальной заводской готовности с металлическими обшивками и утеплителем на основе пенопластов и минеральной ваты [3].

Существуют панели с закладным утеплителем, в качестве утеплителя применяются плиты из минеральной ваты, а также панели с профирмованным утеплителем к обшивкам – утеплитель из жесткого пенополистирола или полиуретана, получаемые путем вспенивая заливочной композиции непосредственно в полости обшивки [4].

Главной особенностью исследуемых панелей является то, что средний слой состоит из отдельных листов утеплителя. Исследование технологии производства данных панелей, показало, что данная технология предполагает наличие поперечных технологических стыков среднего слоя, произвольно расположенных по длине панели. Помимо этого, технологический процесс предусматривает наличие дефектов при изготовлении листов или ламелей среднего слоя [5].

Основным дефектом, оказывающим влияние на работу панели, является разная толщина листов среднего слоя в месте стыка, что при окончательном склеивании заполнителя, вызывает «непроклей» – область расслоения обшивки и среднего слоя (рис. 2).

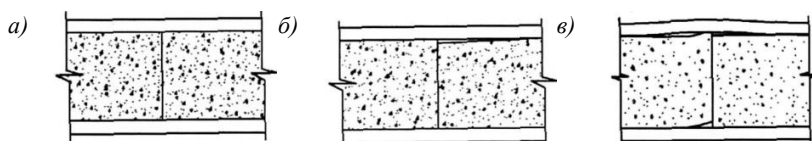


Рис. 2. Стыки листов заполнителя: *а* – в идеале, *б* и *в* – реальные

В панелях с заполнением из ППС со сплошным поперечным стыком (рис.3), зона непроклея представляет собой воздушную прослойку прямоугольной формы с заполнителем из минеральной ваты с шахматным расположением ламелей, непроклей возникает в виде полосы расположенной поперек панели, но с неровными краями, из-за того, что стык перекрывается смещением ламелей в виде «лесенки», форма непроклея близка к полосе прямоугольной формы расположенной под определенным углом к краю панели, зависящим от величины смещения ламелей [6].

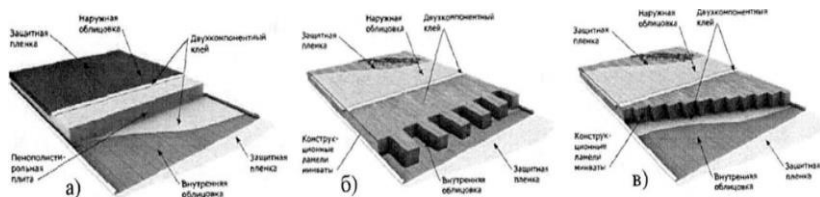


Рис. 3. Конструкция трехслойной панели с технологическими стыками:  
*а* – с заполнителем из листов ППС, *б* и *в* – с заполнителем из ламелей минеральной ваты

На основании всего вышеперечисленного, можно сделать вывод, что основным достоинством стеновых панелей – является их легкий и удобный монтаж. Это достигается путем их небольшого вес. Также

простая технология монтажа металлических панелей определяет широкий диапазон их возможного использования.

Удобная технология монтажа панелей типа «сэндвич» определяется в основном ее конкретным функциональным назначением. Трехслойные металлические панели применяются в качестве самостоятельных стеновых конструкций. Монтаж панелей не требует специальных климатических условий, однако, не рекомендуется вести монтаж в дождливую погоду, т.к. может произойти намокание открытых участков минераловатного утеплителя, что приведет к снижению эксплуатационных способностей панелей.

Различные габариты и схемы монтажа трехслойных металлических панелей позволяют строительным организациям оптимально подобрать необходимое количество материала и существенно снизить трудозатраты при возведении объектов. Объемы производства панелей растут, и сами изделия приобретают все большую популярность у строителей.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Каддуми А., Есипов С.М. Металлоконструкции: особенности, достоинства и недостатки использования в строительстве // Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов V Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Белгород, 2021. С. 49-52.

2. ГОСТ 21562-76. Панели металлические с утеплителем из пенопласта. Общие технические условия. Издание официальное. М.: изд-во стандартов, 1976. – С 4.

3. Тамплон, Ф.Ф. Металлические ограждающие конструкции / Ф.Ф. Тамплон. Л.: Стройиздат, 1988. – С. 248.

4. Синеев А.А. Об учете состояния металлических конструкций при поверочных расчетах / А.А. Синеев // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2018. - №10. – С. 74-79

5. Пат. 2295614 Российская Федерация, МПК E04C 2/26. Трехслойная панель / Кузнецов И.Л., Хайруллин Л.Р., Каюмов Р.А.; заявитель и патентообладатель КазГАСА. -№2005114335/03; заявл. 28.04.05; опубл. 20.03.07, Бюл. №8. - С 4.

Кудинова Д. И., студент,  
Ушакова В.Е., студент

Научный руководитель: ст. преп.  
Козикова И.Н.

РИ(ф)МПУ, г. Рязань, Россия

## **СРАВНЕНИЕ НОВЫХ И КЛАССИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ВОЗВЕДЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ЗДАНИЙ**

Дерево является единственным возобновляемым древнейшим строительным материалом, востребованным до сих пор. Его высокие характеристики позволяют ему остаться конкурентоспособным на рынке сырья в эру новых технологий. За тысячелетия человек научился изготавливать из древесины множество материалов, а впоследствии и конструкций. Технология обработки и производства дерева продолжает совершенствоваться, изобретаются новые методы возведения зданий сооружений с его использованием. Разнообразие материалов поражают, однако не все из них рациональны в применении.

В период резкого роста цен необходимо учитывать экономическую эффективность процессов и материалов строительства, так как усовершенствованные технологии могут оказаться не выгодны, в сравнении с привычными аналогами.

В данной статье рассматривается сравнение новых и классических технологий возведения зданий и сооружений из дерева, как в России, так и за рубежом.

### *Возведение домов из бруса*

Для сравнения будет рассматриваться классический метод возведения зданий и сооружений – с использованием бруса.

По технологии возведения здания подразделяются на:

– возведенные по каркасной технологии.

В деревянном каркасном строительстве можно использовать многие виды деревянных компонентов. Каркас образует структурную оболочку, которая окружает и разделяет пространства, на которые наносится отделка. Брусья служат каркасом стен, а доски служат основанием пола и обшивкой крыши. Обшивка стен крепится к дополнительному каркасу между стойками. Нагрузки на крышу и пол, налагаемые на балки, затем передаются на стойки и, наконец, воспринимаются фундаментами;

– возведенные по каркасно-панельной технологии.



Каркасно-панельную технологию изготовления деревянных домов отличают частичная или полная заводская готовность панелей к сборке на строительном объекте.

Для постройки используется четырехкратный брус естественной влажности или прошедший дополнительную сушку. Толщина бруса зависит от назначения дома.

*Деревянный каркас из открытых панелей.*

Открытые панельные системы представляют собой конструктивно спроектированные панели, которые образуют внутренний несущий лист внешней стены, состоящий из шпилек, направляющих, обшивки с одной стороны и дыхательной мембраны. Система открытых панелей изготовлена из обработанного каркаса из древесины хвойных пород, поверх которого закреплен листовой конструкционный материал из плиты P1u или OSB.

*Деревянный каркас из закрытых панелей.*

Решения для закрытых панелей изготавливаются из шпилек, направляющих и изоляции, с обшивкой и / или подкладкой на лицевых сторонах панели. На теплой стороне утеплителя также предусмотрен пароизоляционный слой, а на внешней стороне панели – дыхательная мембрана. Закрытые панели могут также включать встроенные окна и внутренние рейки зоны обслуживания для простоты монтажа и строительства

Поскольку каркас выдерживает вес дома обоими способами, внутренние несущие стены не нужны, что позволяет создавать большие открытые внутренние пространства и высокие потолки.

Конструкция из деревянных столбов и балок – это метод строительства, который включает вертикальные конструктивные стойки и горизонтальные балки, соединенные для образования конструктивного каркаса, в который «помещаются» стены. Поскольку этот каркас является конструктивным и несет нагрузку на крышу, количество внутренних стен может быть уменьшено, что делает его пригодным для создания пространств открытой планировки.

*По материалу конструкций:*

– брус – это классический пиломатериал, который получают путем опиления деревянных бревен сосны с четырех сторон. Для выполнения технологических процедур применяются современные деревообрабатывающие станки.

Утепленный – данный вариант бруса отличается наличием отверстия между лицевой и тыльной стороной. Это отверстие заполняется целлюлозой. В результате получается материал с повышенными теплоизоляционными характеристиками.

Детали конструкции дома из *клееного бруса* имеют все необходимые запилы и пазы, выполненные с высокой точностью в заводских условиях, и не требуют доработки в процессе строительства. Фактически, на строительную площадку поступает готовый дом в разобранном виде, и его остается только собрать, как конструктор – согласно сопроводительной документации производителя комплекта.

Скорость возведения здания из клееного бруса сравнима со сроками строительства и ввода в эксплуатацию деревянного каркасного дома, при условии использования в качестве несущих конструкций сооружения деталей из того же материала. Строительство возможно в любых природных условиях, в том числе при внешних температурах, соответствующих всем климатическим зонам Российской Федерации. Срок возведения дома из клееного бруса зависит от масштабности и сложности объекта. Простейшие конструкции из бруса 50 – 100 м<sup>2</sup> могут быть собраны за 900 – 3000 тыс. руб. за м<sup>2</sup>. в срок от двух недель.

Gablok строительная индустрия не стоит на месте. Постоянно изобретаются инновационные методы и материалы. Одно из направлений разработок – усовершенствование блочной технологии возведения зданий и сооружений, нацеленное не только на повышение характеристик материалов, но и на уменьшение сроков возведения. Примером такой разработки может послужить технология компании Gablok, которая предлагает революционный метод строительства из изолированного деревянного каркаса.

Суть разработки заключается в создании новых блоков, а также в специфической технологии их возведения – все компоненты соединяются вместе, создавая единую структуру здания. Форма Gablok напоминает конструктор – блоки соединяется между собой при помощи пазов и выступов, что значительно упрощает процесс строительства и уменьшает сроки. Конструкция самоустраивающихся блоков Gablok напрямую вдохновлена изолирующими блоками для опалубки. Основное различие между изолированными деревянными блоками и блоками для опалубки заключается в их составе, так как у вторых неизбежно использование бетона, в отличие от первых.

Отдельные изолированные деревянные блоки наружных стен скреплены между собой системой вертикально уложенных досок. Рейки, поддерживают не только все блоки, образующие пол, но также и нижнюю плиту, и рельефную верхнюю плиту с помощью винтов (рис. 1).

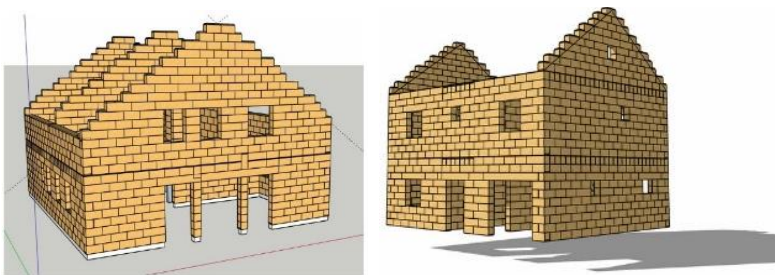


Рис. 1. Модель дома из деревянных блоков

Изолированные блоки изготовлены из древеси́ны OSB (устойчивой древеси́ны). OSB-это тип древеси́ны, изготовленный из древесных волокон и натуральной смолы (древесная стружка и пряди прессуются для формирования OSB толщиной 18 мм), который не содержит формальдегида (рис. 2).

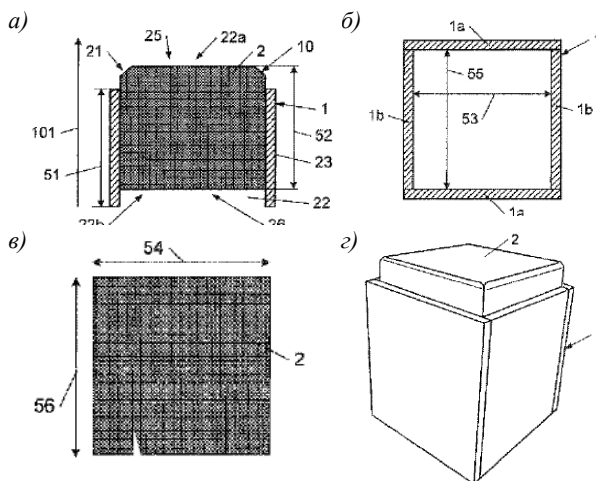


Рис. 2. Конструкция блока Gabлок: *a* – вертикальный участок; *б* –горизонтальный участок рамы; *в* – горизонтальный участок блока; *г* – трехмерный вид

Древесина OSB отличается стабильностью. Используемые классы 3 и 4. Древесина, из которой он изготовлен не расширяется и не сжимается, поэтому деревянно-каркасное здание не будет осадаться с течением времени.

Изоляция – пенополистирол EPS, который встроен непосредственно в деревянный блок, поэтому внутрь не добавляются химикаты.

Изоляция состоит из 2% материала и 98% воздуха. Это придает ему высокие изолирующие энергетические характеристики. Эта изоляция в сочетании с деревом обеспечивает оптимальную теплоизоляцию при сохранении окружающей среды: пенополистирол имеет форму шариков, которые расширяются при контакте с теплом. Это легкий материал, который экономит ресурсы и легко транспортируется.

Строительный набор Gablok включает в себя восемь деталей, среди которых основной элемент – изолированные деревянные блоки (рис. 3).

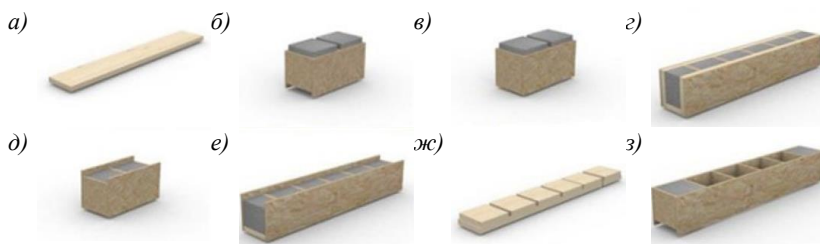


Рис. 3. Состав комплекта для строительства: а – стартер; б – изолированный стартовый блок; в – стандартный изолированный блок; г – балки; д – изолированный ленточный блок; е – перемычка; ж – рельефная верхняя рейка; з – элемент пола

При разработке Gablok ставилась задача избежать негативного воздействия на окружающую среду, насколько это возможно. Изолированные деревянные блоки производятся в Бельгии из материалов, пригодных для вторичной переработки:

- OSB и пенополистирол на 100% пригодны для вторичной переработки;
- блоки соединяются друг с другом без использования токсичной системы соединения;
- более того, поскольку план самостоятельного строительства составлен заранее, количество блоков можно рассчитать очень точно, что поможет избежать отходов.

Gablok сотрудничает с местными компаниями: X-PAСK в Вервье и мастерской Les Gaillettes в Баттисе.

Общий пролет конструкции, построенной с использованием Gablok, такой же, как и у традиционного дома.

Длина самых длинных перемычек в плоском комплекте составляет 240 см.

Балки имеют большой пролет, что позволяет применять их во всех строительных проектах.

Элементы перекрытия могут выдерживать пролет 4,8 м. Этот пролет можно увеличить, добавив балки.

Что касается нагрузки, то компоненты, из которых состоят доски, допускают примерно 250 кг / м<sup>2</sup>.

Сочетание дерева и пенополистирола позволяет конструкциям Gablok извлекать выгоду из изоляционных свойств и энергетических характеристик. Теплопроводность (значение “U”) стены, построенной из Gablok, составляет 0,15 Вт/(м·К). Деревянные блоки соответствуют требованиям EPB 2021 года.

Средние сроки возведения фасада здания около недели.

В табл. 1 представлено сравнение характеристик материалов конструкций классического способа строительства – бруса, а также показатели блоков.

Таблица 1

### Сравнение характеристик бруса и блоков Габлок

Характеристика	Gablok	Брус из клееной древесины	Брус из сосны
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,15	0,18	0,18
Прочность на сжатие, МПа	150	37,5	46
Максимальная нагрузка под напряжением, кг/м <sup>2</sup>	250	400	130
Максимальный пролет	4,8	12	6
Допуск, мм	0,5	2	5
Стоимость руб/м <sup>2</sup>	≈1000\$	≈31 тыс. руб	≈18 тыс.руб.

Концепция блоков Gablok и технология их возведения является перспективной, на данный момент метод применим только для частного жилищного строительства. Стоимость неоправданно завышена для данных показателей, однако такая цена обусловлена новизной и нераспространенностью. Сама структура блоков не подразумевает больших затрат при производстве и, что немаловажно, оказывает минимальное негативное воздействие на окружающую среду. Данную технологию стоит развивать, так как она применима во многих климатических районах строительства.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Comparison of timber-house technologies and initiatives supporting use of timber in Slovenia and in Sweden - The state of the art, Manja Kitek Kuzman, Dick Sandberg, received [Электронный ресурс]. – Режим

доступа:

[https://www.researchgate.net/publication/322157406\\_Comparison\\_of\\_timber-house\\_technologies\\_and\\_initiatives\\_supporting\\_use\\_of\\_timber\\_in\\_Slovenia\\_and\\_in\\_Sweden\\_-\\_The\\_state\\_of\\_the\\_art](https://www.researchgate.net/publication/322157406_Comparison_of_timber-house_technologies_and_initiatives_supporting_use_of_timber_in_Slovenia_and_in_Sweden_-_The_state_of_the_art) - Дата доступа 02.11.2022

2. Features of production and application of glued wooden beams in cottage construction, Sergii Guzii, received June 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/352973272\\_Features\\_of\\_production\\_and\\_application\\_of\\_glued\\_wooden\\_beams\\_in\\_cottage\\_construction](https://www.researchgate.net/publication/352973272_Features_of_production_and_application_of_glued_wooden_beams_in_cottage_construction) - Дата доступа 02.11.2022.

3. Insulating formwork block for self-building - Belgian self-building [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gablok.be/en/> - Дата доступа 02.11.2022.

4. Structural behaviour of glued laminated timber beams pre-stressed by compressed wood, Buan Anshar, Zhongwei Guan, Akihisa Kitamori, received April 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/251621202\\_Structural\\_behaviour\\_of\\_glued\\_laminated\\_timber\\_beams\\_pre-stressed\\_by\\_compressed\\_wood](https://www.researchgate.net/publication/251621202_Structural_behaviour_of_glued_laminated_timber_beams_pre-stressed_by_compressed_wood) - Дата доступа 02.11.2022.

5. СП 64.13330.2017 «Деревянные конструкции» Актуализированная редакция СНиП II-25-80.

**Левшина Д.Э., магистрант**

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

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

## **ПРОЧНОСТЬ АРМИРОВАННЫХ ГАЗОБЕТОННЫХ ПРИЗМ**

Газобетон – материал с самыми высокими темпами роста производства. Производство ячеистого газобетона с 2018 по 2022 год в России выросло на 36 %, что обусловлено, в том числе, и высоким спросом на данный строительный материал в связи с его свойствами: огнестойкостью, высокой прочностью, долговечностью, высокой теплоизоляцией и низкой стоимостью [1-6]. Сочетание всех этих свойств позволяет создавать однородные наружные стены, отвечающие требованиям и обеспечивающие комфортные условия проживания.

Газобетонные переемычки в России производят несколько заводов. Самыми массовыми производителями являются заводы: СИБИТ

(г. Новосибирск), PORITER (ЦФО), АО Завод «КОТТЕДЖ» (г. Самара), ГРАС ДСК (г. Саратов), YTONG (Московская обл.), AEROC (Ленинградская обл.), АО «ПЗСП» (г. Пермь), ООО «ЛЗИД» (г. Липецк), «Группа ЛСР» (Ленинградская обл.). У перемычек этих производителей различаются плотность, размерные ряды, расчетные и разрушающие нагрузки.

Брусковые перемычки в основном выпускаются с плоскими гранями без монтажных петель, в связи с этим монтаж производится с помощью специальных захватных устройств. Изделия имеют до восьми технологических пустот (отформованная или высверленная в изделии сквозная или несквозная полость диаметром до 20 мм).

Брусковые перемычки выпускаются в основном шириной 100, 150, 200 и 300 мм. Перемычки шириной 100 мм и 150 мм армируются плоским каркасом (рис. 1); перемычки шириной 300 мм – объемным каркасом (рис. 2); перемычки 200 мм могут армироваться плоским или объемным каркасом [7].

Глубина опирания перемычек на кладку несущих стен должна составлять не менее 150 мм, при этом для перемычек длиной 2000 и 2500 мм рекомендуется увеличивать глубину опирания до 200 мм, а для перемычек длиной 3000 мм – до 250 мм. Глубина опирания перемычек на кладку самонесущих, ненесущих стен и перегородок должна составлять не менее 100 мм, при этом для перемычек длиной 1200 мм [7].

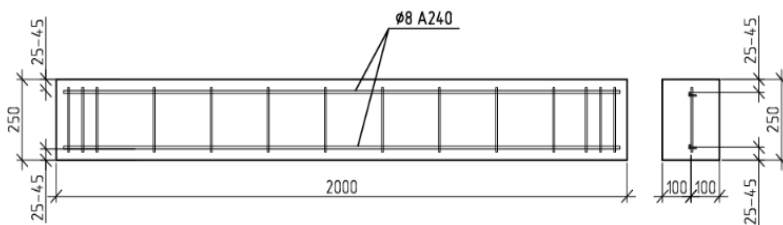


Рис. 1. Схема армирования перемычки с плоским каркасом

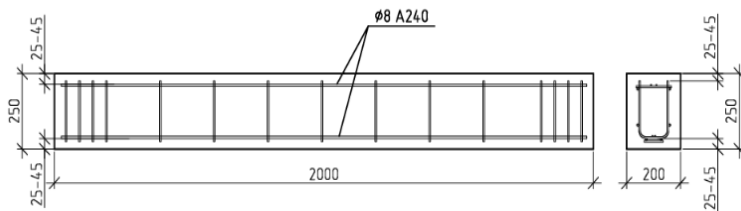


Рис. 2. Схема армирования перемычки с объемным каркасом

Опорой для перемычки должен служить целый блок или фрагмент блока длиной не менее 200 мм. Опирающую перемычку на доборные блоки длины меньшей, чем глубина опирания, не допускается (рис. 3) и 1500 мм допускается уменьшать глубину опирания до 60 мм [7].

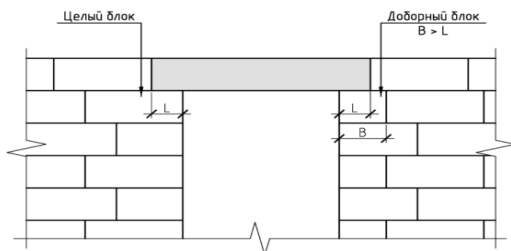


Рис. 3. Установка перемычки на доборный блок [7]

Авторами было проведено экспериментальное исследование в соответствии с ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам». Реализованы испытания прочности на изгиб 2-х серий образцов-призм размером  $100 \times 100 \times 400$  мм, армированных стеклопластиковой арматурой диаметром 6 мм (рис. 4, а) и стальной арматурой класса А400 диаметром 6 мм (рис. 4, б).

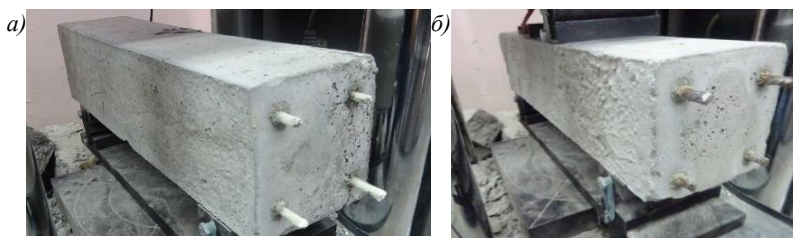


Рис. 4. Образцы газобетонных призм, армированных:  
а – стеклопластиковой арматурой; б – стальной арматурой

Образцы испытывались на прочность при изгибе под равномерно нарастающей нагрузкой со скоростью  $2,0 \text{ Н/мм}^2$  с до разрушения. Образование начальной трещины образцов, армированных стеклопластиковой арматурой, происходит при средней нагрузке 16 кН, возникновение второй трещины и одновременное развитие трещиноватости с удлинением композитной арматуры в растянутой зоне при средней нагрузке 28 кН. Разрушающая нагрузка – 47,0 кН. Образование трещин в контрольных образцах, армированных сталью



класса А400, зафиксировано при средней нагрузке в 12 кН, Разрушающая нагрузка – 40 кН.

Определено, что для всех призм зафиксировано перпендикулярные сквозные трещины к поверхности приложения нагрузки, шириной раскрытия не более 1,0 мм (рис. 5). На образцах, армированных сталью класса А400, выявлено образование перпендикулярной или наклонной единичной трещины в поперечном сечении в полосе нагружения элемента (рис. 5, б).

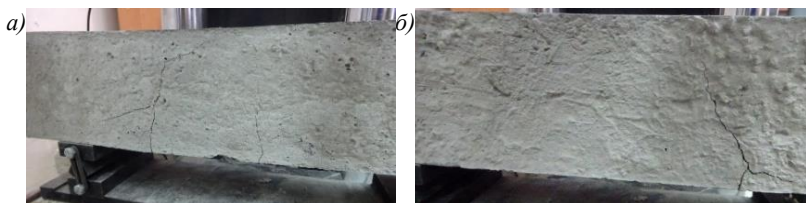


Рис. 5. Деформации газобетонных призм, армированных:  
а – стеклопластиковой арматурой; б – стальной арматурой

При сравнении результатов исследования доказана эффективность применение стеклопластиковой арматуры в газобетонных конструкциях, работающих на изгиб. Средняя предельная нагрузка для образцов, армированных стеклопластиковой арматурой выше, чем для конструкций, армированных сталью класса А400, почти на 15 %. При этом, использование стеклопластиковой арматуры позволяет существенно снизить вес готовой конструкции, что позволит избежать использования дополнительных подъемных механизмов и оборудования.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гринфельд Г. И. Рынок автоклавного газобетона России в 2021 г. Предварительные итоги // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2022. № 4(273). С. 16-18.

2. Сулейманова Л.А., Коломацкая С.А., Кара К.А. Энергоэффективный газобетон // Научные и инженерные проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов: материалы конф. Белгород.: Изд-во: БГТУ, 2014. С. 218-220.

3. Рябчевский И.С., Соловьев С.В. Анализ мирового рынка автоклавного газобетона // XII Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство»: материалы форума. Белгород.: Изд-во: БГТУ, 2020. С. 878-881.

4. Рябчевский И.С. Анализ мирового рынка сухих строительных смесей // V Международный студенческий строительный форум – 2020: сб. докладов. Белгород.: Изд-во: БГТУ, 2020. С. 234-238.

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

6. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. №1. Белгород.: Изд-во: БГТУ, 2016. С. 9-16.

7. Методические рекомендации по расчету и применению брусковых перемычек PORITER в несущих стенах МР PORITER-БПА.2.1–2018. 35 с.

**Лунин П.И., магистрант**

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

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

## **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВАНТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Висячими считаются те покрытия, в которых основные элементы несущей конструкции работают на растяжение [1,2]. Основой большинства висячих покрытий выступают стальные канаты – тросы (ванты) (сопротивление разрыву 1200-1800 Мпа) [1, 3].

Ванты предварительно напрягают, что позволяет им под действием эксплуатационных нагрузок воспринимать сжимающие усилия без появления деформации сжатия. Как результат – вантовая система, при наличии только гибких элементов, работает как жесткая ферма. Поэтому вантовые конструкции часто называют вантовыми фермами [4].

История применения тросовых конструкций берет свое начало в первой половине 19-го века. В 1934 году был изобретен проволочный трос – новый на то время конструктивный элемент. Такой элемент обладает рядом положительных свойств, таких как: высокая прочность, малая масса, гибкость, долговечность; что послужило скорейшему внедрению его в отрасль строительства.

Дебютом применения нового конструктивного элемента стали висячие мосты, где проволочные тросы нашли свое применение в качестве несущих конструкций.

Следом тросы получили широкое распространение в большепролетных конструкциях. Такую идею впервые притворил в жизнь В. Г. Шухов [2, 4]. В 1896 были запроектированы и построены четыре павильона на Всемирной выставке в Нижнем Новгороде. Размеры

павильонов составляли рекордные на то время 30x70, 50x100м и диаметром 68м [2].

Висячие конструкции обладают столь высоким уровнем формообразования, что могут использоваться для создания самых разнообразных архитектурно-конструктивных композиций зданий и сооружений.

Однопоясные висячие покрытия представлены системами, состоящими из параллельных тросов, сеток или мембран; они образуют цилиндрические или параболидные поверхности. В таких покрытиях поперечная нагрузка обычно передается через настил.

Наибольшее применение на практике строительства получили однопоясные покрытия с настилом из керамзитобетона или железобетона. Преимуществом таких конструкций является жесткость и огнестойкость, меньшие эксплуатационные расходы в сравнении с другими конструкциями покрытий. Отвод воды с покрытия обеспечивается его формой: оно имеет небольшую выпуклую кривизну в направлении, перпендикулярном тросам, что обеспечивает необходимый скат кровли.

Двухпоясные предварительно напряженные покрытия являются системами, состоящими из криволинейных поясов из гибких нитей, выпуклость которых обращена вертикально в противоположные стороны. Криволинейность и обратную выпуклость между поясами таких конструкций обеспечивают распорки или затяжки, применение которых определяет направление их выпуклости.

Меньшие в сравнении с однопоясными системами упругие деформации создают благоприятные условия для применения легких кровель, работающих независимо от несущей системы. Однако распорки и затяжки не исключают горизонтальные перемещения в вантах.

На практике двухпоясные покрытия применяют для перекрытия круглых и квадратных в плане стросений, но первые перекрываются ими чаще. В планах тросы могут располагать как радиально, так и перекрестно, что по-разному отразится на трудоемкости и затрате материалов на такие покрытия. Например, на квадратном в плане покрытии при перекрестном расположении тросов возможна компоновка без оттяжек – распор в такой конструкции возьмут на себя расположенные по периметру горизонтальные жесткие фермы.

Логичным продолжением двухпоясных систем можно считать непосредственно тросовые фермы. Взамен растяжек или распорок в фермах используют треугольную или раскосную решетку, что обеспечивает геометрическую неизменяемость системы. [1-5]

Фермы из тросов являются системами статически неопределимыми, что делает их расчет возможным только основными методами строительной механики [1].

Область применения таких конструкций определяется из основных свойств, которыми они обладают: рациональное применение обеспечивается в покрытиях с неравновесными и большими временными нагрузками.

Преимущества тросовых конструкций тесно связаны между собой и плавно вытекают друг из друга. К таким преимуществам относятся надежность, высокая прочность на изгиб, простота конструктивной формы и монтажа конструкций, а также малый расход стали.

Надежность всех конструкций, выполненных из тросов, обеспечивается самой спецификой работы тросов: они работают на растяжение, что исключает возможность разрушения конструкции по второй группе предельных состояний – потере устойчивости.

Простота конструктивной формы тросовых конструкций повышает индустриальность производимых конструкций.

Малый расход стали и, как следствие из этого, малый вес квадратного метра перекрываемой площади позволяют применять тросовые конструкции в таких больших пролетах, где жесткие фермы неприменимы по причине большого собственного веса.

Исходя из основных преимуществ вантовых конструкций, область их применения несколько различна от ферм с жесткими поясами.

Тросовые фермы с легкостью перекрывают стометровые пролеты, а прогибы с обратной гауссовой кривизной радуют глаз невероятной архитектурной выразительностью.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Кочерженко В. В., Сулейманова Л. А. Технология и организация возведения большепролетных и высотных зданий и сооружений: учебное пособие. Белгород. Изд-во: БГТУ, 2018. 26с.
2. Файбишенко В. К. Металлические конструкции: учебное пособие для вузов. Москва. Стройиздат. 1984. 253с., 257с, 267с, 272с.
3. Таратута В. Д., Бегельдинев А. М. Большепролетные конструкции промышленных и гражданских зданий и сооружений: учебное пособие. Краснодар. Изд-во: КубГАУ, 2017. 116 с.
4. Агеева Е. Ю., Спиридонова А.И. Особенности применения вантовых конструкций в зрелищных зданиях: учебное пособие. Нижний Новгород. Изд-во: ННГАСУ, 2015. 11 с.
5. Солодов Н. В., Есипов С. М. Металлические конструкции, включая сварку: учебное наглядное пособие / Н. В. Солодов, С. М. Есипов. - Белгород: Издательство БГТУ им. В. Г. Шухова, 2016. - 354 с.

**Мишенин О. В., магистрант**

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

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

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТАЛЬНЫХ МОДУЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЖИЛОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Длительное время, объемные стальные конструкции применялись, в основном, при строительстве малоэтажных зданий пониженного уровня ответственности [1,3]. Но всемирная пандемия коронавируса вызвала необходимость в быстром возведении мобильных больниц и госпиталей, что дало толчок для развития стального модульного строительства.

В настоящее время использование стальных объемных конструкций при строительстве жилых зданий набирает большую популярность как в нашей стране, так и во всем мире. Главными преимуществами данного способа возведения зданий являются: небольшой срок строительства, простота монтажа, меньший вес конструкций (по сравнению с наиболее популярными железобетонными конструкциями) [2].

Использование стальных модулей также накладывает некоторые ограничения, которые необходимо учитывать еще при разработке проекта. Одним из важнейших критериев модулей является их транспортабельность [4-6]. Так как объект строительства может располагаться в различных частях поселения, то необходимо предусмотреть способы доставки модулей, после сборки на заводе-изготовителе, непосредственно на строительную площадку. Согласно правилам дорожного движения, в Российской Федерации на перевозку грузов установлены следующие габариты:

- для габаритных грузов длина не должна превышать 12 м, ширина 2,55 м, высота от проезжей части не более 4 м;
- для крупногабаритных грузов допускается увеличение размеров по ширине до 3,5 м и высоте до 4,5 м.

С учетом размеров транспортных средств усредненные максимальные размеры модульных блоков:

- габаритные модули: ширина 2,55 м, длина 12 м, высота 3,4 м.
- крупногабаритные модули: ширина 3,5 м, длина 12 м, высота 3,9 м.

Проблемами, которые затормаживают развитие стального модульного строительства, являются: большой расход материала, увеличивающий итоговую стоимость продукта, а также отсутствие полной нормативной базы, регламентирующей различные варианты модульного строительства [7].

Несмотря на сложности, стальные модули все чаще встречаются в жилом строительстве. Во всем мире на сегодняшний день возведено большое количество зданий различной сложности и архитектурной.



Рис. 1. Здания, построенные из стальных модульных конструкций  
*а* – жилой комплекс Habitat 67 в Монреале; *б* – здание 461 dean в Нью-Йорке

Модульные здания можно классифицировать по различной конструктивной схеме (рис. 2):

- схема из составленных модулей;
- схема с ядром жесткости;
- схема с внешним стальным каркасом.

По каркасу модулей существует следующая классификация:

- модули с опорными угловыми колоннами;
- модули с несущими стенами;
- ненесущие модули.

Большинство применяемых в здании модулей относится к первым в модулях с несущими стенами из-за раскосной системы, стены работают на подобие ферм и распределяют нагрузки по элементам, что позволяет принимать сечения меньше, чем при использовании модулей с опорными угловыми колоннами. Главный недостаток системы с несущими стенами - ограниченность помещения размерами модуля.

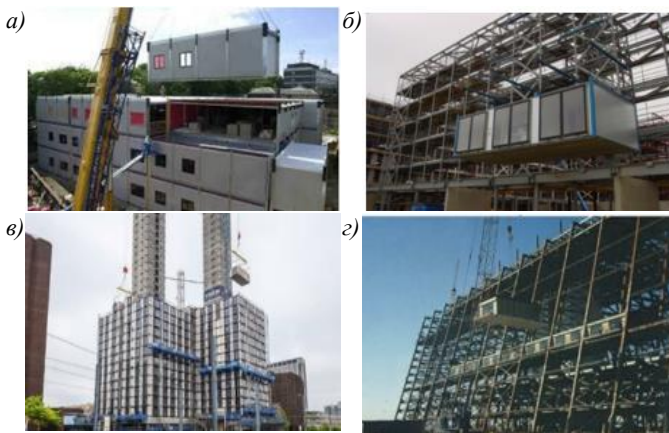


Рис. 2. Конструктивные схемы модульных зданий: *а* – из составных модулей; *б* – со стальным ядром жесткости; *в* – с железобетонным ядром жесткости; *з* – с внешним каркасом

Стальные модульные конструкции могут дать значительное сокращение времени строительства и позволяют создать здания с самыми невероятными архитектурными формами. При правильном использовании технологии можно создать комфортные условия и значительную экономию, что понравится, как заказчикам, так и потребителям строительной продукции.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солодов Н. В., Лусенков Я. В. Металлические конструкции большепролетных и высотных зданий: учебное пособие. Белгород. Изд-во: БГТУ, 2018. 90 с.
2. Солодов Н. В., Есипов С. М. Металлические конструкции, включая сварку: конспект лекций для студентов направления бакалавриата 08.03.01.62 – Строительство профиля подготовки «Промышленное и гражданское строительство». Белгород. Изд-во: БГТУ, 2015. 390 с.
3. Зуева А.Н. Быстровозводимые здания и модульное строительство // Молодой ученый. 2016. № 3. С. 100–103
4. И.И. Ведяков, Д.В. Конин, А.Д. Яковлева. Мировая практика стального строительства. Жилые здания: рекомендации архитекторам, проектировщикам и строителям. М.: Изд-во АКЦИОМ ГРАФИКС ЮНИОН, 2015. 58 с.
5. Lawson R.M., Ogden R., Pedreschi R., Grubb P., Popo-Ola S. Developments in pre-fabricated systems in light steel and modular construction // The Structural engineer. 2005. V. 83.

6. Адам Ф. М. Результаты обследования состояния модульных малоэтажных быстровозводимых жилых домов по технологии фирмы "БУК" // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. 2005. № 1. С. 48 - 49

7. Гибридно-модульное строительство от АДК Модульраум [Электронный ресурс]. – URL: <https://adk.info/de/modulare-gebaeude.html> (дата обращения: 29.10.2022).

8. Lacey A.W., Chen W., Hao H., Bi K. Effect of inter-module connection stiffness on structural response of a modular steel building subjected to wind and earthquake load//Engineering Structures. 2020. С. 213.

**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*

## **ВАЖНЫЕ ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТОДОВ НОРМИРОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ МЕТОДОВ**

В наше время одной из важнейших проблем строительной отрасли является создание нормативной базы, которая наиболее точно будет сокращать все риски людей, проживающих в городской среде. С ростом плотности населения городов и прогрессирующим усложнением городской среды также растут риски ущерба и потерь человеческих, материальных и финансовых ресурсов.

В большинстве стран мира существуют, в той или иной форме, системы обеспечения безопасности строительных объектов. Однако далеко не везде эти системы достигают желаемого результата [1].

В настоящее время в мире сложились три устоявшиеся системы нормирования, которые по-разному применяют строительные нормы и стандарты в строительстве.

Первым методом нормирования был предписывающий метод, который является самым древним, которому несколько тысяч лет, на котором была построена Советская система строительства.

Предписывающий метод был ведущим методом нормирования до 1960 г. когда в Скандинавии начал зарождаться более прогрессивный параметрический метод [2]. Существует множество причин его возникновения, одна из которых – изменение социально-экономической среды. В экономически развитых странах постепенно повышался



образовательный уровень, стандарты жизни, происходила глобализация экономики, стремительно развивались технологии, на рынок стало поступать огромное количество строительных материалов и изделий, большинство из которых являлись инновационными. В наши дни во множестве развитых стран применяется именно параметрический метод нормирования. Целевой метод появился как сочетание обоих методов - предписывающего и параметрического.

Характеристики всех вышеописанных методов сведем в табл. 1 [3].

Таблица 1

**Характеристики методов нормирования в строительстве**

Метод нормирования	Основа метода	База	Примеры
Предписывающий	Спецификации	Лимитные показатели	ГОСТ 10178
Параметрический	Прогноз долговечности Параметры эксплуатации	Модели, натурные испытания, измеренные характеристики	ASTM C 1157
Целевой	Спецификации Параметры эксплуатации	Лимитные показатели, измеренные характеристики	EN 197-1 ASTM C 150 ГОСТ 30515 ГОСТ 31108

Наряду со сходствами всех вышеописанных методов они имеют ряд важных, существенных различий, которые можно разбить на несколько категорий, которые указаны в табл. 2.

Таблица 2

**Категории различий методов нормирования**

Главный акцент метода:		
Предписывающий	Параметрический	Целевой
Акцент на средства достижения цели	Акцент на цели, которые нормативное требование пытается достичь	Акцент на целях нормирования различного уровня, от абстрактных, социально значимых целей высокого уровня, до критериев оценки технических характеристик нормируемых объектов
Пути достижения цели каждого метода:		
Предлагает единственный путь достижения - тот, который прописан в нормативном требовании	Допускает множество альтернативных путей достижения поставленной цели	Сочетает в себе, в зависимости от целевого уровня, совокупность альтернативных путей достижения поставленной цели и путей прописанных в нормативном требовании [4]
Основной посыл метода:		
Строгое следование предписанным правилам обеспечивает достижение цели, которую разработчик предписывающей нормы имел в виду	Для достижения поставленной цели требуется выбрать наиболее эффективное решение.	Достижение цели за счет плавного, перехода к параметрическому нормированию путем применения концепции гибридного нормирования

Важной отличительной особенностью параметрического и целевого методов нормирования – возможность внедрения инновационных решений для нормирования строительных конструкций.

Перед предписывающим методом два оставшихся метода имеют ряд преимуществ и недостатков таких как:

Преимущества:

- оба метода нацелены на результат, который может быть достигнут множеством альтернативных путей (экспериментальные исследования, математическое моделирование), а не только теми, которые прописаны в нормах, и требуют строгого соблюдения;

- в обоих методах облегчена возможность внедрения инновационных решений. Поиск новых решений поощряется. В целевом методе присутствует понятие гибридного нормирования – некоторые нормы обязательны ввиду доверия к ним, другие же могут быть получены в результате исследовательской деятельности;

- за счет применения инновационных решений удастся существенно снизить стоимость строительства за счет существенной экономии ресурсов путем применения альтернативных и передовых технологий, материалов, изделий, методов;

- параметрический подход в настоящее время всемирно признан наиболее прогрессивным и гибким методом технического нормирования. Многолетнее применение параметрического и целевого методов нормирования показало их жизнеспособность и социально-экономические выгоды, в первую очередь, как средств модернизации строительной отрасли и достижения конкурентного преимущества путем либерализации строительной отрасли при сохранении адекватного уровня качества и безопасности объектов недвижимости и качества профессиональных человеческих ресурсов строительной отрасли.

Наряду со преимуществами двух систем нормирования имеется и ряд их недостатков, среди которых:

- полной эффективности методов можно достичь только при условии их комплексного применения во всех системных компонентах технического регулирования, что зачастую либо затруднительно, либо невозможно;

- если инновации отсутствуют - это пагубно сказывается на двух методах, поскольку инновации являются неотъемлемым свойством их системы;

- параметрический метод нормирования в строительстве требует подготовки кадров совершенно новых формаций. Так считает Александр Красавин начальник Управления промышленной, ядерной, радиационной, пожарной безопасности и ГОЧС Главгосэкспертизы России [5].

Наша страна сейчас все больше и больше развивает свое движение к более прогрессивному параметрическому нормированию. Перечень национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований безопасности, сокращается уже второй год. В 2021 году из него исключили 3800 требований. Но изъятие требований из обязательного перечня в пользу добровольного не означает их отмену. Речь идет о том, что меняется режим применения этих требований, все больше появляется инструментов так называемого «гибкого нормирования» [6]. Но главной задачей было и остается безусловное обеспечение безопасности зданий и сооружений.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Федеральный закон от 30.12.09 г. № 384-ФЗ Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений»
2. Техническое регулирование в строительстве. Аналитический обзор мирового опыта: snipInnovativeTechnologies; рук. Серых А – Чикаго: SNIP, 2010. – 889 с.
3. Р НОСТРОЙ 1.1-2010 «Стандарты саморегулируемой организации», Москва 2010.
4. Градостроительный Кодекс РФ от 24.12.04 № 191-ФЗ.
5. Градостроительный Кодекс РФ от 24.12.04 № 191-ФЗ.
6. Чечель И. П. Совершенствование методологических основ построения нормативной базы технического регулирования в области конструктивных и объемно-планировочных решений общественных зданий / И. П. Чечель, А. Е. Наумов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2019. - № 7. - С. 41-48.

**Покидов Н.А., магистрант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.  
Крючков А.А.**

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

### **МЕТОДЫ СЕЙСМОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Сейсмические нагрузки на здания и сооружения возникают в результате колебаний земной поверхности, вызванных природным или техногенным характерами. Из-за чего в районах сейсмической опасности следует применять соответствующие меры, повышающие сопротивление конструкций [1].

Основными (традиционными) методами сейсмостойкости считаются: равномерное распределение массы всех строительных конструкций; план здания или сооружения должен быть центрально-симметричным; здание или сооружение не должно быть слишком высоким или протяженным; обеспечение совместной пространственной работы всех несущих элементов зданий при сейсмическом воздействии [2].

При возведении зданий в сейсмически опасных районах учитывают совместное действие нагрузки от собственного веса конструкций, снеговой нагрузки, временной нагрузки на перекрытия и сейсмической нагрузки. При расчете зданий и сооружений на действие сейсмических сил определяют направление и величины сейсмических сил, и, непосредственно, расчет конструкций на действие этих сил. Однако точные значения величин и направление сейсмических сил получить невозможно из-за случайного характера землетрясений, которые не могут быть описаны аналитически.

Основная задача несущих конструкций состоит не только в том, чтобы нести собственный вес конструкций, но и воспринимать дополнительные нагрузки. При этом важную особенность играет роль передачи нагрузок от одного элемента к другому. Поэтому любая несущая конструкция работает в трех последовательных фазах: восприятие нагрузки, распределение нагрузки и передача нагрузки.

Проектируемые здания и сооружения в сейсмических районах требуют целостности элементов и конструкций, которые посредством согласованности каждого этажа передают нагрузку на основание.

По типу несущей конструкции здания и сооружения можно разделить на следующие системы: рамные; ствольные; с несущими стенами.

Основная задача проектировщика заключается в том, чтобы интегрировать все эти системы и создать одну конструктивную основу, которая бы выполняла все функции [1].

Традиционные методы получили широкое распространение в нескольких странах, подверженных сейсмическим рискам, и являются общепринятыми [3]. Однако для технически сложных и уникальных зданий такой подход часто неприменим: он дает чрезмерно ресурсоемкий и финансово неудовлетворительный результат. В связи с этим были разработаны специальные системы сейсмозащиты, которые используются как для уникальных зданий, так и для более простых, которые снижают затраты на строительство при одновременном повышении надежности возводимых зданий [4].

Идеи, заложенные при создании специальных методов обеспечения сейсмостойкости, основаны на известных принципах,

которые снижают частоту собственных колебаний здания или сооружения, исключая возможность резонировать с частотами сейсмического воздействия.

Специальные системы сейсмозащиты можно разделить на две группы: активные и пассивные. Для активной системы сейсмозащиты необходим дополнительный источник энергии, чтобы она функционировала. Также достоинством данного способа защиты является то, что она позволяет управлять колебательным процессом не только сейсмических воздействий, но и ветровых [2].

К пассивным способам сейсмозащиты относятся следующие системы, которые можно классифицировать по принципу действия:

1. системы, реализующие принцип сейсмоизоляции;
2. адаптивные системы;
3. системы с повышенным демпфированием;
4. также системы с гасителями колебаний.

Каждая из выделенных систем также имеет несколько подгрупп, которые объединены по принципам конструктивной реализации и по характеру взаимодействия с защищаемой конструкцией.

Кроме того, для повышения эффективности сейсмозащиты комбинируют несколько из вышеуказанных систем, что способствует большему задействованию положительных свойств каждой отдельной системы и снижению отрицательных свойств.

Системы, реализующие принцип сейсмоизоляции. Эти системы разделяются на внешние и внутренние. К внешним системам сейсмоизоляции относятся такие защитные устройства, как экраны, траншеи, пространственные фундаментные платформы на скользящем слое и другие. К внутренней сейсмоизоляции относятся системы с подвесными и скользящими опорами [5].

Адаптивные системы сейсмозащиты представлены в виде двух типов связей: с выключающимися и включающимися опорами. Они представляют собой конструкции, которые меняют динамические характеристики самого здания, непосредственно, во время землетрясения.

Выключающиеся связи – конструктивный элемент малой жесткости, который может быть выполнен в виде раскосов или панелей. Они разрушаются во время сейсмической активности, тем самым понижая собственную частоту здания или сооружения. Минусом данной системы является то, что после землетрясения необходимо производить восстановительные работы, что не всегда возможно.

Включающиеся же связи, наоборот, не участвуют в работе конструкции до землетрясения. При заранее заданном параметре смещения определенной конструкции эти связи включаются в работу.

Такие связи (обычно односторонние) могут быть представлены в виде специальных упоров-ограничителей, установленных с зазорами, или же провисающими растяжками [4].

Системы с повышенным демпфированием увеличивают рассеивание энергии за счет конструкций, в которые были введены специальные элементы. Увеличение диссипации энергии ведет к уменьшению сейсмических ускорений, а значит и инерционных нагрузок. К таким можно отнести системы с вязким демпфированием, с демпферами сухого трения, а также с элементами повышенной пластической деформации [5].

Системы с гасителями колебаний представляют собой конструкции нескольких типов: динамических, ударных и активного. Особенностью данной системы является то, что ее масса должна быть соизмерима с массой здания или сооружения. Это требование обусловлено тем, что если масса системы во много раз больше массы гасителя, то при колебаниях гасителя его перемещения оказываются настолько большими, что изготовить упругий элемент для него не представляется быть возможным [4].

Таким образом, при правильном проектировании и применении сейсмоизоляции и сейсмогашения можно значительно повысить надежность и экономические показатели зданий и сооружений.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Чылбак А.А. Воздействие сейсмических сил на здания и сооружения // Вестник «Технические и физико-математические науки». 2016г. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozdeystvie-seysmicheskikh-sil-na-zdaniya-i-sooruzheniya/viewer>
2. Халелова А.К. Обеспечение сейсмостойкости зданий и сооружений // Научный журнал «Молодой ученый». 2020г. URL: <https://moluch.ru/archive/336/75185/> (дата обращения: 07.11.2022)
3. Серикбайкызы Н. Методы сейсмозащиты с применением специальных устройств // Журнал «Молодой ученый». 2021г. URL: <https://moluch.ru/archive/346/77856/> (дата обращения: 10.11.2022)
4. Тарасов В.А., Барановский М.Ю., Редькин А.В., Соколов Е.А., Степанов А.С. Системы сейсмоизоляции // Журнал «Строительство уникальных зданий и сооружений». 2016г. URL: [https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2016/4\(43\)/9\\_tarasov\\_43.pdf](https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2016/4(43)/9_tarasov_43.pdf)
5. Арутюнян А.Р. Современные методы сейсмоизоляции зданий и сооружений // Инженерно-строительный журнал. 2010г. URL: <http://www.lib.krsu.edu.kg/uploads/files/public/3888.pdf>

Полунина Н.В., магистрант

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

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

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА БАЛКУ ЛОКАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ, ВЫЗВАННЫХ СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ НАГРУЗКАМИ**

Главной целью научно-технического развития в сфере строительства считается продуктивное применение материала в конструкциях, которые являются несущими. Этот вопрос может решаться за счет уменьшения их массы, стоимости изготовления и монтажа с учетом сохранения той же несущей способности и качеств при эксплуатации.

«Критерием оценки конструктивной формы и параметров металлических конструкций при их разработке является технико-экономическая целесообразность проектных решений для конкретных условий строительства (с оценкой решений по приведенным затратам), с учетом наличия производственных баз и материальных ресурсов у подрядчика и заказчика в конкретном регионе» [1].

Один из вариантов снижения материалоемкости строительных конструкций может выступать рациональное распределение материала по площадям поперечных сечений пропорционально напряженно-деформированному состоянию элементов. Балки с гофрированной стенкой повесу более экономичны, чем обычные сварные двутавры, в среднем на 15-25%.

«В составной двутавровой балке большую часть (до 90 %) изгибающего момента воспринимают пояса. Стенка служит связью между поясами, а также воспринимает поперечную силу. Условие прочности балки по касательным напряжениям выполняется обычно при небольшой толщине стенки. Однако эту толщину приходится увеличивать для обеспечения местной устойчивости. С этой же целью устанавливаются ребра жесткости в пределах стенки. Оба эти мероприятия приводят к увеличению веса конструкции. Условия прочности, устойчивости, жесткости и экономичности можно одновременно удовлетворить путем перехода к стенке с вертикальными гофрами. Балки с гофрированными стенками обладают большей жесткостью по сравнению с балками, имеющими плоские стенки того же сечения» [2].

Изучением особенностей работы балок с гофрированной стенкой занимались многие отечественные и зарубежные ученые.

В настоящее время гофрированные балки еще до сих пор не полностью изучены. Множество формул являются эмпирическими и выведены на основе экспериментов. Нет общей теории по расчету балок с любым видом гофрирования, с полным или частичным гофрированием по длине балки, с поясами из различных профилей. Однако металлоемкость и значительная экономия веса конструкций способствует продолжению изучения этого конструктивного решения.

Напряженно-деформированное состояние стенки гофрированной балки, в особенности для волнистого профиля, при действии сосредоточенных сил в плоскости оси стенки и с эксцентриситетом требует дополнительного изучения.

Оценить степень влияния приложения сосредоточенной нагрузки на работоспособность стенки балки можно в процессе численного эксперимента на основе метода конечных элементов (МКЭ).

При расчете местной устойчивости необходимо учитывать, что стенка работает как цепочка плоских пластинок, подкрепляющих друг друга по длинной стороне, и потеря местной устойчивости происходит от утраты устойчивости единичной пластинки. В свою очередь, потеря общей устойчивости сопровождается деформацией выпучивания панели гофра, чаще всего это происходит при небольшой высоте гофра, когда он стремится к очертанию плоской стенки.

Расчет численной модели произведем в программном комплексе «ПК ЛИРА-САПР 2016». Стенку и пояса балок моделируем пластинчатыми конечными элементами. Балки в пространстве расположим следующим образом: плоскость балки находится в осях YOZ, из плоскости балка расположена в осях XOZ. Нагружение образца осуществим путем приложения распределенной нагрузки к горизонтальной грани контура сечения пояса, что в дальнейшем будет учитываться как сосредоточенная нагрузка в его центре тяжести равная 10 т. На рис. 1 показаны места приложения опорных связей, а также места приложения нагрузки.

Балка загружена вертикальной сосредоточенной силой, приложенными в середине пролета. Нагрузка принята так, чтобы недонапряжение полок при изгибе составляло 10%. Часто несущая способность балки характеризуется локальными напряжениями в стенке под сосредоточенной силой. Поскольку напряженное состояние гофрированной стенки в значительной степени зависит от ширины участка, через который передается сосредоточенная нагрузка, то ширина участка была принята 100 мм.



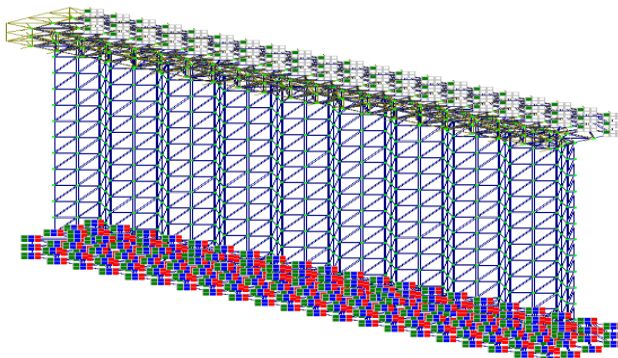


Рис. 1. Расчетная схема в программном комплексе ЛИРА-САПР

Нагружение образца осуществим путем приложения распределенной нагрузки к горизонтальной грани контура сечения пояса, что в дальнейшем будет учитываться как сосредоточенная нагрузка в его центре тяжести.

После задания стенке и полкам параметра жесткости производим расчет и анализируем полученный результат. Для конечных элементов представим результат отображений расчета в виде изополей. Изополя показаны на рис. 2 и 3.



Рис.2 Изополя перемещений образца вдоль оси Z(мм) для оценки прогиба балки

Анализ рассчитанного образца можно производить, анализируя мозаику напряжений или перемещений, или изополя напряжений или перемещений.

Мозаика показывает напряженное состояние каждой пластины в её центре тяжести.

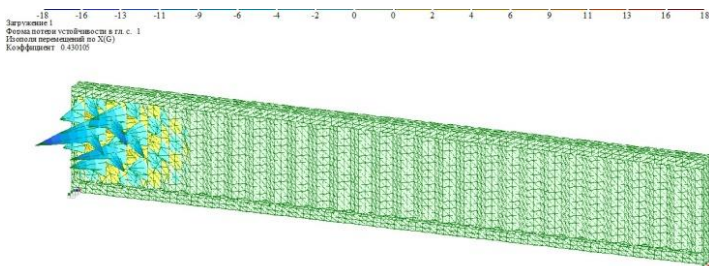


Рис. 3 Изополя перемещений образца вдоль оси X(мм) от потери местной устойчивости стенки

При расчете были определены локальные нормальные и касательные напряжения под сосредоточенной силой. Нормальные локальные напряжения в гофрированной стенке возрастают на 41% при эксцентриситете 10 мм, что ведет к исчерпанию несущей способности балки в результате потери устойчивости стенки. Касательные локальные напряжения увеличиваются на 16% при смещении нагрузки на 10 мм. В этом случае в поясной зоне гофрированной стенке будут действовать дополнительно касательные напряжения, которые необходимо учитывать при расчете сварных швов.

Выполненные исследования показывают, что существует необходимость разработки конструктивных решений по обеспечению местной устойчивости и уменьшение прогиба балки с гофрированной стенкой под сосредоточенной силой.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Металлические конструкции. В 3 т. Т.2. Стальные конструкции зданий и сооружений. (Справочник проектировщика) / Под общ. ред. заслуж. Строителя РФ, лауреата госуд. премии СССР В.В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н.П. Мельникова) - М.: изд-во АСВ, 1998. - 512 стр. с илл
2. Т.Л. Дмитриева, Х. Уламбаяр, Использование балок с гофростенкой в современном проектировании.
3. Остриков Г.М., Барановская С.Г. Нормальные напряжения в стенке металлической двутавровой балки от локальных нагрузок // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. - 1989. - №8. - С. 109-111.
4. Кириленко В.Ф., Окрайнец Г.А. К вопросу расчета балок с гофрированной стенкой // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. 1969. - №4. - С. 23-27.

5. Барановская С.Г., Прочность и устойчивость гофрированной стенки стальной двутавровой балки в зоне приложения сосредоточенных сил: Автореферат дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 1990. 18 с.

**Попленкин М.С., магистрант**

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

**Солодов Н.В.,**

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

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ГОФРИРОВАННОЙ СТЕНКЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СЕЧЕНИЯХ ПОЛОК**

Как известно, в балках большую часть изгибающего момента воспринимают пояса. Стенка воспринимает поперечную силу. Проблема заключается в том, что для обеспечения местной устойчивости приходится увеличивать толщину стенки. Также в пределах стенки устанавливаются ребра жесткости. Данные мероприятия приводят к увеличению массы конструкции. Жесткость, устойчивость, экономичность, прочность можно удовлетворить путем перехода к гофрированной стенке. Гофробалки обладают большей жесткостью, к этому впервые пришел в своей работе Г.А. Ажермачев [1]. В тоже время исследования А.А. Файнштейна показали большую экономичность расхода материала на изготовление гофробалок по сравнению с обычными балками на 9-27 % [2]. В результате исследования было установлено, что к основным преимуществам применения сварных балок с гофрированной стенкой относятся большая несущая способность (конструкция эффективно воспринимает изгибающий момент), низкая металлоемкость гофробалок, и, как следствие, уменьшение массы конструкции. Применение данных балок дает возможность перекрывать пролеты до 40 м, а также использовать облегченный фундамент. Данный материал способен выдержать 9-бальное землетрясение, что является высоким показателем сейсмостойкости. Благодаря меньшим габаритам конструкций гофробалки проще транспортировать, а оцинкованное покрытие обеспечивает высокую антикоррозийную защиту. В целом, «sin-балки» - хорошая замена классическим фермам. При одинаковой высоте балок и ферм металлоемкость их равна, но трудоемкость проектирования и изготовления балок ниже, а достойный внешний вид и может стать частью дизайна сооружения [3].

Двуглавая балка с поясами из замкнутых гнуто-сварных профилей (ЗГСП) и гофрированной стенкой имеет ряд особенностей, придающих ей существенные достоинства. Идея использовать в поясах ЗГСП вместо плоских листов имеет своим аналогом ферму с поясами из ЗГСП. Применительно к балкам, такие пояса, при равном расстоянии между центрами тяжести поясов у балок с поясами из листов, обеспечивают уменьшение высоты стенки на величину, равную сумме половин высот поясов из ЗГСП. Это уменьшает гибкость стенки из ее плоскости и, следовательно, позволяет принимать толщину стенки меньше. Гофрирование стенки также значительно увеличивает жесткость стенки из ее плоскости и повышает местную устойчивость. Сочетание в одном конструктивном решении балки поясов из ЗГСП и гофрирование стенки, таким образом, создает некий синергетический эффект, проявляющийся, в том числе, в увеличении жесткости стенки на сдвиг [4].

При действии на пояс балки локальной нагрузки в ее стенке возникают локальные напряжения, которые, при определенных условиях, могут стать причиной наступления предельного состояния. Применение ЗГСП в качестве поясов балок способствует, по сравнению с поясами из плоских листов и при прочих равных условиях, снижению локальных напряжений в стенке в зоне примыкания ее к поясу. В особо тонких стенках, которые находят применение при их гофрировании, возможность снижения локальных напряжений становится весьма актуальной конструктивной особенностью описываемых балок.

За рассмотрение факторов надежности работы балок была принята равномерность изополей напряжений в стенке и поясах (отсутствие концентраторов напряжений), а также в околошовной зоне их стыка; Поэтому, прежде всего, нас будет интересовать именно характер работы балок.

В качестве объектов исследования в рамках настоящей статьи принято три варианта конструктивных решений стальных балок:

– образец № 1: балка со стенкой и поясами из листовой стали;

– образец № 2: балка с поясами из ЗГСП, расположенными горизонтально и гофрированной волнистой стенкой;

Кроме того, было выполнено численное моделирование образцов № 1–№ 2. Их сечение образовано:

– образец № 1: пояса из листовой стали 200×20 мм; гофрированная стенка из листовой стали толщиной 3 мм и высотой 460 мм с шагом гофр 8 см;

– образец № 2: пояса – ЗГСП габаритами сечения 160×80×3 мм; гофрированная стенка из листовой стали толщиной 3 мм и высотой 460 мм с шагом гофр 8 см.

Численное моделирование было осуществлено в программном комплексе ЛИРА с использованием конечных элементов в виде пластин. Свойства стали всех элементов приняты следующие: плотность  $7,85 \text{ т/м}^3$ , коэффициент Пуассона –  $0,3$ ; модуль упругости –  $2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ ;  $R_y = 240 \text{ МПа}$ . Длина пролета балок принята равной  $2,6 \text{ м}$ . Опираие балок шарнирное в плоскости стенки по нижним граням опорных ребер балок по краям. Расчеты выполнены по упругой стадии работы стали. Параметры поперечных сечений образцов №1 - №2 и их общий вид показаны на рис. 1. Образец №1 будем считать эталонным с использованием сечения в  $100\%$ .

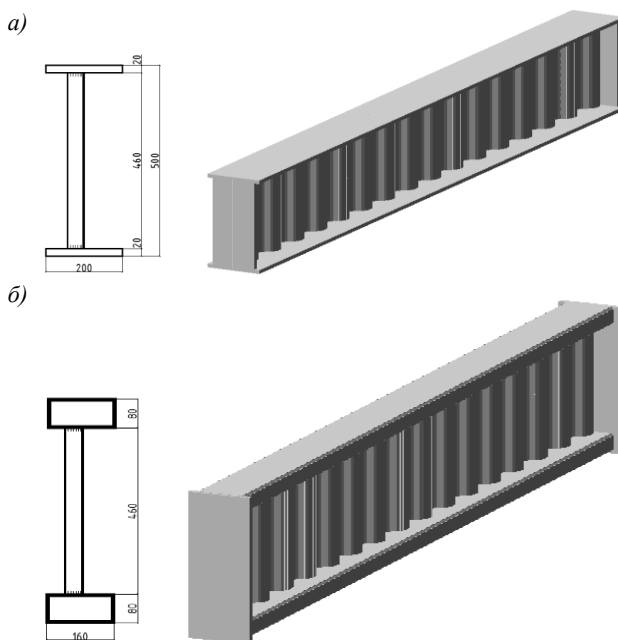


Рис. 1. Габариты сечений и общий вид образцов: *а* – образец № 1; *б* – образец № 2

При расчете локальных напряжений используют сосредоточенную силу, поскольку в таком случае по оси действия силы мы получим высокий уровень локальных напряжений в стенке. Чтобы оценить уровень концентрации локальных напряжений, используем распределительную пластину на верхнем поясе балки в центре, а нагрузку равную  $300 \text{ кН/м}^2$  равномерно распределим по площади пластины размером  $100 \times 100 \times 10 \text{ мм}$ . Для большей достоверности результатов приложим также собственный вес конструкции балки. На

рис. 2-5 приведены результаты численного моделирования в виде изополей нормальных напряжений вдоль  $N_x$  и поперек  $N_y$  плоскости стенки в сечениях образцов № 1 и №2, а также прогиб стенки для наглядности в увеличенном масштабе.

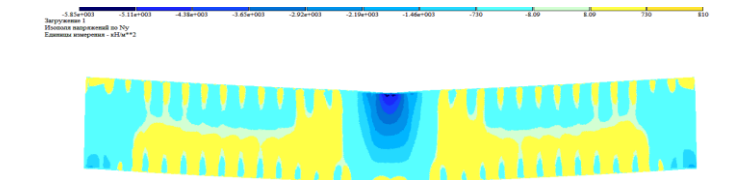


Рис. 2. Ізополе нормальних напружень  $N_x$  в образці №1,  $\text{кН}\cdot\text{м}^2$

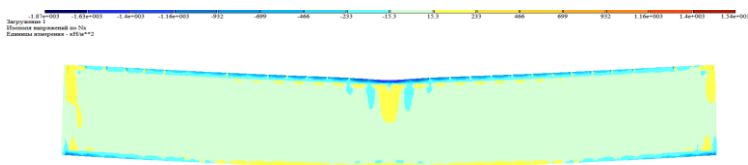


Рис. 3. Ізополе нормальних напружень  $N_y$  в образці №1,  $\text{кН}\cdot\text{м}^2$

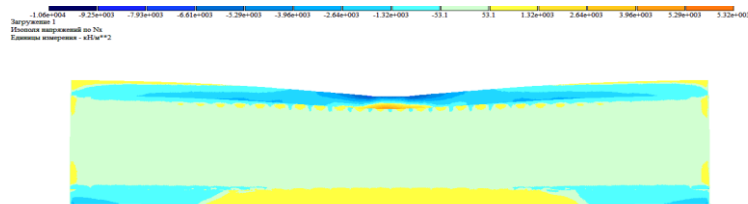


Рис. 4. Ізополе нормальних напружень  $N_x$  в образці №2,  $\text{кН}\cdot\text{м}^2$

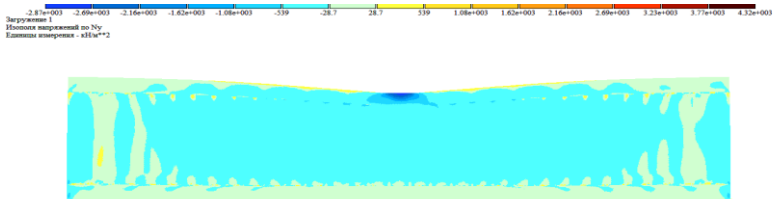


Рис. 5. Ізополе нормальних напружень  $N_y$  в образці №2,  $\text{кН}\cdot\text{м}^2$

Поведение образца №1 под нагрузкой характеризуется равномерным, но резким распределением напряжений в стенке, с присутствием напряжений растяжения и сжатия, что, как следствие, может приводить к развитию пластических шарниров и потере устойчивости стенки.

Исследование изополей нормальных напряжений в образце №2 показал, что при действии локальной нагрузки на верхний пояс из ЗГСП, локальные напряжения распространяются по стенке и поясам равномерно, что говорит о том, что верхний пояс воспринимает и распределяет локальную нагрузку почти только в своем сечении, и передает ее на стенку практически равномерно. Распределение напряжений в стенке практически характеризуется только одним знаком (либо растяжение, либо сжатие), что говорит о том, что стенка работает в благоприятных условиях и существует лишь низкая вероятность потери ее местной устойчивости. Также в образце №2 было отмечено растяжение верхней зоны стенки под приложением локальной нагрузки. Это говорит о том, что такое распределение напряжений может благоприятно сказываться на работе сварного соединения стыка верхнего пояса со стенкой и стенки в целом, поскольку растяжением уравниваются сварочные деформации, возникающие после сварки.

Выполненное численное моделирование стальных балок, отличающихся конструктивными решениями показало, что традиционное решение стальной составной двутавровой балки с гофрированной стенкой не выдерживает конкуренции по сравнению с балкой с поясами из ЗГСП касательно передачи и распределения локальных напряжений на стенку. Также было выявлено явление растяжения верхней зоны стенки под локальной нагрузкой, что может благоприятно сказаться на работе сварного соединения.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Ажермачев Г.А. Балки с волнистыми стенками // Промышленное строительство, 1963. №4. С. 54-56
2. Файнштейн А.А. Стальные балки минимального веса. / Издательство Политехнический Университет. 2007. 95 с.
3. Плисенко Д.Ю. Особенности использования балки с гофрированной стенкой в строительстве / Инвестиции, строительство, недвижимость, КФУ им. В.И. Вернадского АСиА. 2018.
4. Солодов Н. В. Двутавровая балка с поясами из ЗГСП и гофрированной стенкой / Н. В.Солодов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 4. С. 75–81.

**Сенкевич А.Д., аспирант**  
**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 ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ БАЛОК С ГОФРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ**

Наиболее распространенным элементом каркаса здания является балка, вследствие чего не теряют актуальности вопросы по улучшению характеристик балок: повышению прочности и устойчивости, снижению металлоемкости, повышению технологичности производства и монтажа. В данной статье будет рассмотрено исследование балки с гофрированной стенкой и поясами из ЗГСП. Данное сочетание профилей относится к так называемым легким конструкциям, которые отличаются высокой прочностью при меньшей массе элементов.

В рамках данной работы был проведен анализ предшествующих исследований в области балок с гофрированной стенкой:

В работе [1] в ПК ЛИРА были замоделированы балки с треугольной, синусоидальной и синусоидальной по треугольной образующей формами стенки. Результатом численного эксперимента стала оценка общей и местной устойчивости образцов. Балка с треугольной формой гофра оказалась наименее деформативной, ввиду более интенсивного вовлечения стенки данной формы в работу на продольные усилия. Балка с синусоидальной формой гофра по треугольной образующей показала лучший коэффициент при потере общей и местной устойчивости.

В исследовании [2] в ПК ANSYS Mechanical APDL сравнению подвергались трапециевидная, волнистая, треугольная и сплошная формы стенок. Выявлено, что гофрированная форма стенки менее способна к перераспределению напряжений в сравнении с традиционной формой. При изгибе гофр продольно складывается, вследствие чего гофрированная стенка не увеличивает изгибную жесткость балки, так называемый эффект «гармошки».

В статье [3] в ПК ЛИРА рассмотрена балка с гофрированной стенкой при работе на стесненное кручение. Анализу подверглись балки с треугольной, трапециевидной и волнистой формой гофра.



Лучшую жесткость на кручение при одинаковых геометрических параметрах показала трапецидальная форма гофра.

Также в работе [4] был произведен сравнительный анализ применения основных элементов металлического каркаса с прямоугольной и гофрированной стенкой. Расчет производственного здания был произведен в программном комплексе ЛИРА САПР-2015. Также был произведен сравнительный анализ экономической эффективности конструкций из прокатных профилей и элементов составного сечения с гофрированной стенкой. При идентичных показателях прочности и жесткости каркаса экономия в массе металла составила 18%.

В статьях [5-7] выполнены исследования по изучению местной устойчивости балок. Синусоидальная форма гофра по результатам обладает лучшими показателями.

В работе [8] рассматриваются балки с гофрированной стенкой, ослабленные круговыми отверстиями. Получены аналитические формулы, для определения напряжений в гофрированной стенке, ослабленной отверстиями. Приводятся рекомендации по усилению отверстий.

В упомянутых статьях авторы проводят численные эксперименты используя метод конечных элементов в программных комплексах Ansys, Лира, SolidWorks. В работе [6] произведен анализ влияния типа конечного элемента на получаемые значения перемещений от нагрузки. Сопоставление результатов численного и натурального экспериментов показало разницу

Объектом исследования настоящей статьи является сочетание в балке гофрированной стенки и поясов из ЗГСП. Предполагается, что данное сечение позволит получить балку с высокой жесткостью на кручение, благодаря чему можно будет отказаться от поперечных ребер жесткости и, следовательно, снизить металлоемкость. Преимущества балок данного типа рассмотрены в работах [9-11].

Предметом исследования является определение прочностных и жесткостных характеристик балки, а также параметров напряженно-деформированного состояния при плоском изгибе, кручении и действии сосредоточенной нагрузки.

Цель работы: выполнить экспериментальные и теоретические исследования несущей способности и жесткости, а также исследование численных моделей стальных балок с поясами из ЗГСП и гофрированной стенкой и разработать на этой основе рекомендации по методике расчета и конструированию при проектировании балок.

Задачи исследования:

- получить данные экспериментальных исследований балок с поясами из ЗГСП и гофрированной стенкой для получения количественной оценки несущей способности, жесткости на изгиб и кручение, а также других параметров НДС;
- выполнить численное моделирование изгиба и кручения стальных балок усовершенствованной конструкции и исследовать факторы действительной работы поясов и стенки на сосредоточенную нагрузку к сжатому поясу;
- выявить закономерности НДС на контакте пояса из ЗГСП и гофрированной стенки;
- получить результаты сопоставительного анализа несущей способности и жесткости при плоскостном изгибе и кручении балок традиционной и усовершенствованной конструкции;
- разработать предложения по расчету прочности и жесткости балок усовершенствованной конструкции;
- выполнить теоретическое исследование работы на изгиб и кручение балок с поясами из ЗГСП и гофрированной стенкой.

Научная новизна:

- данные экспериментальных исследований и численного моделирования о несущей способности и жесткости при изгибе и кручении балки с поясами из ЗГСП и гофрированной стенкой;
- факторы действительной работы и закономерности напряженно-деформированного состояния балки с поясами из ЗГСП и гофрированной стенкой;
- данные сопоставительного анализа несущей способности и жесткости при плоском изгибе и кручении балок классических и с поясами из ЗГСП и гофрированной стенкой;
- методика расчета несущей способности и жесткости балки с поясами из ЗГСП и гофрированной стенкой;
- методика расчета прочности поясов из ЗГСП и гофрированной стенкой при действии на сжатый пояс сосредоточенной нагрузки;
- предложения по конструированию балок с поясами из ЗГСП и гофрированной стенкой;
- рекомендации по назначению параметров сечений при применении ЗГСП в качестве поясов балок и параметров гофрированной стенки при действии сосредоточенной нагрузки.

При выполнении исследования предполагаются численные и натурные эксперименты, а также разработка теоретического решения по вопросам прочности поясов из ЗГСП и гофрированной стенки.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Саиян С. Г., Паушкин А. Г. Численное параметрическое исследование напряженно-деформированного состояния двутавровых балок с различными типами гофрированных стенок // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. №. 6. С. 676-687.
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. Соловьев А. В. и др. Учет особенностей работы балок с гофрированной стенкой в расчетах на стесненное кручение // Вестник МГСУ. 2012. №. 11. С. 105-112.
4. 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.
5. Воронов С. Ю. Особенности работы балок с гофрированной стенкой // Ресурсосбережение и экология строительных материалов, изделий и конструкций. 2018. С. 112-116.
6. Надольский В. В., Вихляев А. И. Оценка несущей способности балок с гофрированной стенкой методом конечных элементов при действии локальной нагрузки // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. №. 6. С. 693-706.
7. Kövesdi B., Kuhlmann U., Dunai L. Combined shear and patch loading of girders with corrugated webs // Periodica Polytechnica Civil Engineering. 2010. Vol. 54. Issue 2. P. 79. DOI: 10.3311/pp.ci.2010-2.02
8. Рогалевич В. В., Кудрявцев С. В. Концентрация напряжений вблизи круговых отверстий в гофрированных стенках балок // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2008. №. 11-12. С. 8-13.
9. Солодов Н. В., Усов К. А., Ечин В. А. Анализ работы балки с гофрированной стенкой и поясами из ЗГСП // ZBORNIK RADOVA. 2017. С. 131-133.
10. Солодов Н. В. Двутавровая балка с поясами из ЗГСП и гофрированной стенкой / Н. В.Солодов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2022. № 4. С. 75–81.
11. Усов К. А., Ечин В. А., Лунина М. С. Эффективность восприятия гофрированной стенкой сдвигающих усилий в балках с поясами из ЗГСП // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. ВГ Шухова. 2018. С. 1940-1943.

**Фокин Д.С., магистрант**

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

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

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЛОКАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НОРМ И ЕЕ ЭВОЛЮЦИЯ ВО ВРЕМЕНИ**

История отечественных строительных норм начинает свое развитие в СССР. Впервые документы под аббревиатурой СНиП («Строительные нормы и правила») были выпущены в 1954 году. Все требования к строительству и проектированию были собраны и изложены в четырех документах:

- СНиП I – «Строительные материалы, детали и конструкции»;
- СНиП II – «Нормы строительного проектирования»;
- СНиП III – «Правила производства и приемки строительных работ»;
- СНиП IV – «Сметные нормы на строительные работы».

Ранее в СССР единые нормы строительного проектирования первоначально существовали в форме общесоюзных стандартов, а именно ГОСТов.

Принимаемые СНиПы содержали не только сугубо технические нормы и правила, а также включали в себя и правовые нормы.

СНиП II «Нормы строительного проектирования» содержал:

общие положения по строительному проектированию, основные положения по классификации зданий и сооружений по единой модульной системе, нормы огнестойкости строительных конструкций, условные графические и буквенные обозначения;

нормы проектирования каменных, бетонных, железобетонных, стальных и деревянных несущих конструкций, а также оснований зданий и сооружений;

нормы проектирования объектов промышленного и жилищно-гражданского строительства, санитарно-технических сооружений и устройств, гидротехнического и транспортного строительства [1].

В главе II-Б.4 п.7 СНиП II «Нормы строительного проектирования» сказано, что при расчете стальных изгибаемых элементов стенки балок должны проверяться на потерю устойчивости от действия нормальных и срезающих напряжений, а при наличии сосредоточенных нагрузок (например, в подкрановых балках) – также от действия сминающих напряжений.

31 января 1955 года, в развитие главы II-Б.4 «Стальные конструкции зданий и промышленных сооружений» СНиП II «Нормы строительного проектирования», утвержден документ НиТУ 121-55 «Нормы и технические условия проектирования стальных конструкций». В данном документе фраза из СНиП II, приведенная выше, дополняется ссылкой на п.64 данных норм, где сказано, что проверка устойчивости стенки должна производиться с учетом всех компонентов напряженного состояния ( $\sigma$ ,  $\tau$ ,  $\sigma_m$ ). По формуле 32 данного документа находится напряжение смятия стенки под грузом  $\sigma_m$ :

$$\sigma_m = \frac{n_1 P}{\delta z} \leq mR \quad (1)$$

31 октября 1961 года Государственный комитет совета министров СССР по делам строительства утверждает новую главу СНиП II-А.10-62 «Строительные конструкции и основания», взамен глав II-Б.1 – II-Б.6 СНиП II издания 1954 г [2-4].

27 августа 1962 года Государственный комитет совета министров СССР по делам строительства утверждает, в развитие главы СНиП II-А.10-62 «Строительные конструкции и основания», главу СНиП II-В.3-62 «Стальные конструкции. Нормы проектирования». С введением в действие данной главы СНиП теряют силу «Нормы и технические условия проектирования стальных конструкций» (НиТУ 121-55) и Инструктивное письмо Госстроя СССР от 28 июля 1961 года №17-1334.

В данном нормативном документе в п.6.2 говорится, что проверка устойчивости стенки должна производиться с учетом всех компонентов напряженного состояния ( $\sigma$ ,  $\tau$ ,  $\sigma_m$ ). Местное напряжение смятия  $\sigma_m$  в стенке балки под сосредоточенным грузом, приложенным к поясу балки в местах, не укрепленных ребрами, определяется по формуле:

$$\sigma_m = \frac{n_1 P}{\delta z} \quad (2)$$

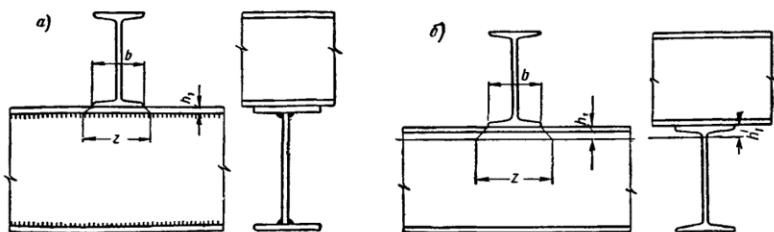


Рис. 1. Схема определения условной длины  $z$  распределения давления сосредоточенного груза на балку:  $a$  – сварную,  $b$  – прокатную (СНиП II-В.3-62)

Аналогичным образом должно быть проверено опорное сечение прокатной балки, не укрепленное ребрами жесткости [5, 6].

В сравнении с предыдущей методикой определения локальных напряжений, описанной в НиТУ 121-55 «Нормы и технические условия проектирования стальных конструкций», в СНиП II-В.3-62 «Стальные конструкции. Нормы проектирования» внесены некоторые изменения.

В формуле определения местного напряжения смятия в стенке балки под сосредоточенным грузом не учитывается  $m$  – коэффициент условий работы конструкции или элемента. При определении коэффициента  $n_1$  учитывается способ закрепления крана (на жестких или гибких подвесах), от чего добавляется новое значение 1,3 для кранов с гибким подвесом. Появляется новая формула для нахождения  $z$  при непосредственном опирании балки.

В 1969 году вышло переиздание главы СНиП II-В.3-62 «Стальные конструкции. Нормы проектирования», внесены поправки, дополнения и редакционные изменения в ряд пунктов, таблиц и в приложения.

20 июля 1971 года Государственный комитет совета министров СССР по делам строительства утверждает СНиП II-А.10-71 «Строительные конструкции и основания. Основные положения проектирования». С 1 января 1972 года утрачивает силу одноименная глава СНиП II-А.10-62 «Стальные конструкции. Нормы проектирования».

29 декабря 1972 года Государственный комитет совета министров СССР по делам строительства утверждает главу СНиП II-В.3-72 «Стальные конструкции. Нормы проектирования» разработанную в развитие главы СНиП II-А.10-71 «Строительные конструкции и основания. Основные положения проектирования»

По сравнению с предыдущей методикой определения локальных напряжений, описанной в СНиП II-В.3-62 «Стальные конструкции. Нормы проектирования» изменений в новом нормативном документе нет.

14 августа 1981 года постановлением Госстроя СССР утвержден СНиП II-23-81 «Строительные нормы и правила. Стальные конструкции» взамен СНиП II-В.3-72 «Стальные конструкции. Нормы проектирования» [7].

В 1988, 1990 и 2006 гг. в СНиП II-23-81 были внесены изменения.

Пункт 5.13 нового нормативного документа гласит, что для расчета на прочность стенки балки в местах приложения нагрузки к верхнему поясу, а также в опорных сечениях балки, не укрепленных ребрами жесткости, следует определять местное напряжение  $\sigma_{loc}$  по формуле:

$$\sigma_{loc} = \frac{F}{t l_{ef}} \leq R_y \gamma_c \quad (3)$$

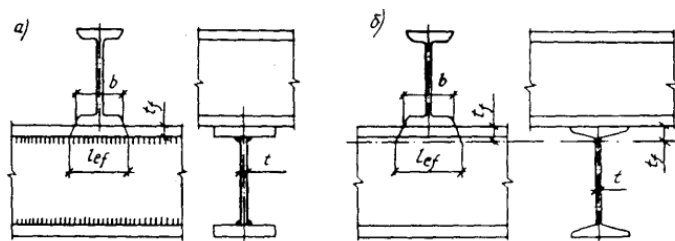


Рис. 2. Схема для определения длины распределения нагрузки на балку:  
*a* – сварную, *б* – прокатную (СНиП II-23-81\*)

По сравнению со СНиП II-В.3-72 «Стальные конструкции. Нормы проектирования» в новом нормативном документе появились некоторые изменения. В формуле определения местных напряжений не учитывается коэффициент  $n_1$ , а также заново введен коэффициент условия работы конструкции, который теперь обозначается  $\gamma_c$ .

27 декабря 2010 года Минрегион Российской Федерации утверждает СП 16.13330.2011 «СНиП II-23-81\* Стальные конструкции» [8].

31 декабря 2015 года Минстрой России утверждает Изменение №1 в СП 16.13330.2011 «СНиП II-23-81\* Стальные конструкции».

В п. 8.2.2 сказано, что расчет на прочность стенки балки, не укрепленной ребрами жесткости, при действии местного напряжения  $\sigma_{loc}$  в местах приложения нагрузки к верхнему поясу, а также в опорных сечениях балки следует выполнять по формуле:

$$\frac{\sigma_{loc}}{R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (4)$$

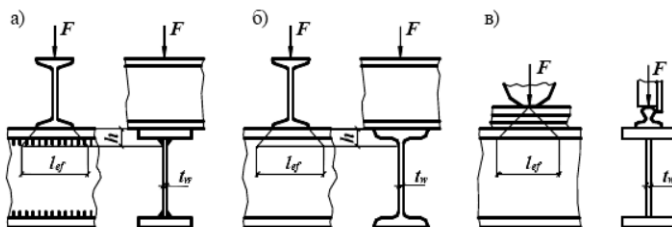


Рис. 3. Схемы распределения сосредоточенной нагрузки на стенку балки:  
*a* – сварная, *б* – прокатная, *в* – сварная или прокатная при нагрузке от колеса крана (СП 16.13330.2011)

Сравнивая методику определения локальных напряжений в новом СП 16.13330.2011 «СНиП II-23-81\* Стальные конструкции» и в утратившем силу СНиП II-23-81 «Строительные нормы и правила. Стальные конструкции» можно выделить заметные изменения.

Формула определения местных напряжений в стенке балки изменила внешний вид, но не поменяла смысла вычисления. В формуле нахождения условной длины распределения нагрузки параметр  $t_f$  заменен на  $h$ , соответственно в формуле теперь учитывается не только толщина полки, но и величина катета поясного сварного шва (для сварных балок). Для расчета добавился третий вариант возникновения локальных напряжений, а именно от колеса крана в подкрановых балках. Соответственно добавлена новая формула для нахождения условной расчетной длины распределения нагрузки. Эта формула уже была использована в расчете по методике, описанной в СНиП II-В.3-62, коэффициент  $c$ , который теперь обозначается как  $\psi$  не учитывает в расчете клепаные балки, вместо этого введено значение 4,5 для балок с фрикционным соединением.

27 февраля 2017 года Минстрой России утверждает СП 16.13330.2017 «СНиП II-23-81\* Стальные конструкции». С момента введения в действие нового нормативного документа Минстрой России постановил признать не подлежащим применению СП 16.13330.2011 «СНиП II-23-81\* Стальные конструкции», за исключением пунктов включенных в перечень национальных стандартов и сводов правил, утвержденный постановлением Правительства РФ от 26 декабря 2014 года № 1521, до внесения соответствующих изменений в перечень. Таким образом СП 16.13330.2011 «СНиП II-23-81\* Стальные конструкции» не прекратил свое действие полностью.

16 августа 2018 года в СП 16.13330.2017 «СНиП II-23-81\* Стальные конструкции» внесено изменение №1. 4 декабря 2019 года внесено изменение №2. 15 декабря 2021 года внесено изменение №3 [9-14].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нестеров Д.М. Локальные напряжения в балке: суть проблемы и обоснование исследования // IV международный студенческий строительный форум – 2019. Белгород. 2019. С. 105-113.

2. Солодов Н. В., Лусенков Я. В. Металлические конструкции большепролетных и высотных зданий: учебное пособие для студентов специальности 08.05.01 – Строительство уникальных зданий и сооружений специализации «Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений». БГТУ им. В. Г. Шухова, 2018. 117 с.

3. СНиП II. Строительные нормы и правила. Нормы строительного проектирования: утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства для обязательного применения с 1 января 1955 г. – Москва, 1954. – 406 с.



4. НиТУ 121-55. Нормы и технические условия проектирования стальных конструкций: утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 31 января 1955г. – Москва, 1955. – 72 с.

5. СНиП II-A.10-62. Строительные конструкции и основания. Основные положения проектирования: утвержден Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 31 октября 1961 г. – Москва, 1962. – 47 с.

6. СНиП II-B.3-62. Стальные конструкции. Нормы проектирования: утвержден Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 27 августа 1962 г. – Москва, 1963. – 65 с.

7. СНиП II-A.10-71. Строительные конструкции и основания. Основные положения проектирования: утвержден Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 20 июля 1971 г. – Москва, 1972. – 9 с.

8. СНиП II-B.3-72. Стальные конструкции. Нормы проектирования: утвержден Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 29 декабря 1972 г. – Москва, 1974. – 109 с.

9. СНиП II-23-81\*. Стальные конструкции/Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 96 с.

10. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции: актуализированная редакция СНиП II-23-81\* : издание официальное : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 27 декабря № 791 : дата введения 2011-20-05 / разработан ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко – институт ОАО «НИЦ «Строительство», ЦНИИПСК им. Мельникова и др. – Москва, 2011. – 172 с.

11. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции: актуализированная редакция СНиП II-23-81\* : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 февраля 2017 г. №126/пр : дата введения 2017-28-08 / разработан АО «НИЦ «Строительство» - ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, МГСУ, СПбГАСУ. – Москва, 2017. – 140с.

12. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 февраля 2017 года №126/пр.

13. Приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. №791.

14. Постановление Государственного комитета СССР по делам строительства от 14 августа 1981 г. №144.

15. Постановление Государственного комитета СССР по делам строительства от 16 марта 1982 г. №49.

**Чернокожева Л.С., магистрант,  
Томашова В.А., магистрант**

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

**Баркая Т.Р.**

*Тверской государственной технической  
университет, г. Тверь, Россия*

## **ОБЛЕГЧЕННЫЕ ПЛОСКИЕ ПЕРЕКРЫТИЯ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

Одним из давно известных способов облегчения железобетонных конструкций перекрытия является исключение части бетона из растянутой зоны или устройство пустот в теле конструкции. Развитие индустриальных типов опалубки способствует распространению подобных решений в монолитном строительстве.

Облегченные монолитные плоские перекрытия и покрытия можно разделить на несколько схем [1]:

- ребристые;
- кессонные;
- пустотные;
- с легкими вкладышами.

Конструкция ребристых монолитных перекрытий состоит из плоской плиты и ребер. Ребра устанавливаются в разных направлениях (рис. 1) в зависимости от формы и условий опирания перекрытия. В таких системах плиты могут работать по балочной схеме или как плиты, опертые по контуру [1].



Рис. 1. Монолитное ребристое перекрытие: *a* – со взаимно перпендикулярными ребрами; *б* – с разнонаправленными ребрами

Для создания ребристых перекрытий может быть использована инвентарная опалубка. Например, компанией Geoplast разработана многоуровневая съемная опалубка SKYRAIL из АБС-пластика для создания однонаправленного ребристого перекрытия (рис. 2). Для

данной системы рекомендована толщина монолитной плиты 4-6 см, основной шаг ребер – 60 см, уменьшенный – 30 см. Дополнительным плюсом такой схемы перекрытия является возможность провести коммуникации в пустотах между ребрами и при необходимости скрыть их навесным потолком [2].



Рис. 2. Монолитное перекрытие, выполненное с помощью опалубки SKYRAIL[2]: *a* – демонтаж элемента опалубки; *б* – проведение коммуникаций в надпотолочном пространстве

Разновидностью ребристого перекрытия является кессонное (рис. 3) [1]. Ребра такого перекрытия обращены вниз (к растянутой зоне перекрытия), одинаковы в двух направлениях и расположены с равным шагом. Как правило, ребра кессонного перекрытия взаимно перпендикулярны.



Рис. 3. Монолитное кессонное перекрытие

Для устройства кессонных перекрытий используют специальную опалубку, состоящую из кессонообразователей и обрешетки. Кессонообразователи представляют собой инвентарные формы из пластика с незначительной адгезией к бетону. Малая масса данных форм позволяет организовать их раскладку и последующее снятие без использования техники, только вручную [1].

В местах сопряжения перекрытия с вертикальными несущими конструкциями вместо кессонов выполняется монолитная плита, т.к. над опорами нижняя грань становится сжатой и изымание бетона из этой зоны не рационально и, кроме того, монолитная плита обеспечивает восприятие усилий продавливания.

Кессонная опалубка SKYDOM (рис. 4) выполнена из АБС-пластика и образует купола кессонов размерами 70х70 см по низу и высотой 20-40 см (с шагом 5 см). Толщина ребер по нижней грани варьируется от 12 до 20 см с шагом в 4 см. Каталогом SKYDOM предусматривается устройство монолитной плиты в составе кессонного перекрытия толщиной 50, 100 и 150 мм [2].



Рис. 4. Установленная опалубка перекрытия системы SKYDOM [2]

Полезное использование пространства, образованного кессонами, облегчается применением опалубки HOLEDECK (рис. 5). Эта система позволяет на стадии возведения перекрытия сформировать технологические отверстия для пропуска коммуникаций во всех направлениях через ребра кессона. Высота кессона варьируется от 400 до 450 мм, шаг ребер составляет 800 или 850 мм [3, 4].

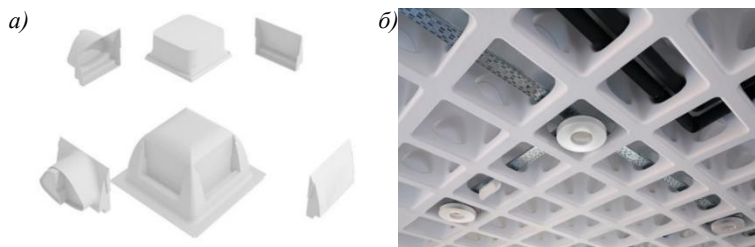


Рис. 5. Система опалубки HOLEDECK [4]: а – составные элементы опалубки кессона; б – перекрытие, выполненное с использованием опалубки HOLEDECK

Более привлекательными решениями для жилищного строительства являются схемы перекрытий с замкнутыми пустотами, поскольку такие перекрытия имеют ровную потолочную поверхность [5]. В отличие от кессонных, в пустотных схемах полка позволяет разместить большее количество нижней арматуры и упрощает ее раскладку. Кроме того, наличие полки обеспечивает более высокие показатели по деформациям и трещиностойкости перекрытий.

По своей сути такое решение аналогично сборному пустотному настилу. Главное преимущество заключается в том, что в монолитном варианте появляется возможность обеспечить пустотонность в двух направлениях.

Пустоты в перекрытиях имеют разнообразные формы. Давно применяются картонные, бумажные или пластиковые трубы [6]. Такое решение хорошо применимо для перекрытий, работающих по балочной схеме, т.к. жесткостные характеристики в перпендикулярных направлениях значительно различаются.

Наибольшее распространение получили пустотообразователи призматической, шаровидной, грушевидной и других форм [1, 5, 6].

Системы Nautilus [2], U-boot[3] и СибФорма[7] предлагают пустотообразователи призматической формы с квадратным основанием (рис. 6). Они образуют в перекрытиях полости 500x500 мм высотой от 230 до 560 мм. Устанавливаются данные пустотообразователи после монтажа нижней арматуры и до устройств остального армирования.

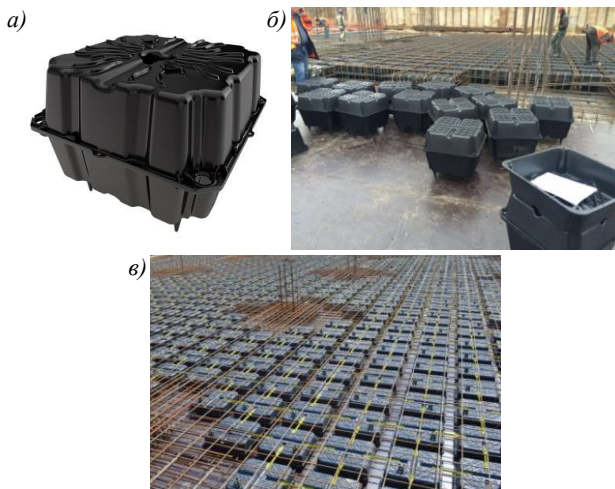


Рис. 6. Пустотообразователи: а – Nautilus; б – U-boot; в – СибФорма

Компания BubbleDeck International выпускает готовые арматурные каркасы для плоских перекрытий с установленными в них шарообразными пустотообразователями (рис. 7, а). Они могут применяться в плитах перекрытия толщиной 230-450 мм с пролетом от 7 до 18 м [8]. Шарообразные пустотообразователи Cobiax EL [9] поставляются в виде крепежных элементов (рис. 7, б), состоящих из арматурного каркаса и 5-8, закрепленных в нем, полых шаров. Данные пустотообразователи позволяют организовывать монолитные перекрытия толщиной от 40 до 75 см с полостями диаметром от 27 до 45 см [9].

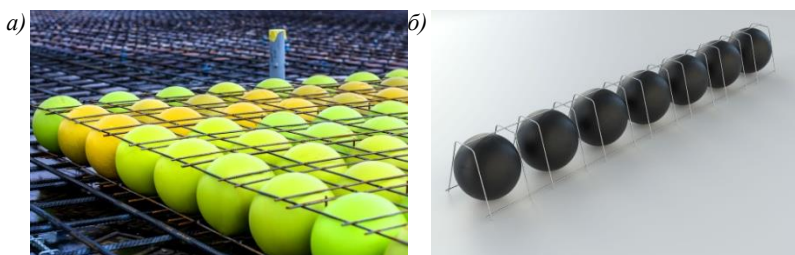


Рис. 7. Системы шарообразных пустотообразователей: а – установка каркасов BubbleDeck [8]; б – крепежный элемент системы Cobiax EL[9]

Системы монолитных перекрытий с легкими вкладышами аналогичны всем выше перечисленным системам. Вместо съемной опалубки и полых пустотообразователей применяют элементы из легких бетонов, звукоизоляционные или теплоизоляционные материалы [5, 6].

Применение рассмотренных средств по созданию эффективных сечений плоских перекрытий и покрытий позволяет не только снизить материалоемкость конструкции, но и вызывает ряд других эффектов:

- возможность применять в зданиях большие пролеты;
- снижение потребности в вертикальных поддерживающих элементах при возведении;
- общее снижение нагрузки на нижележащие вертикальные несущие конструкции и фундаменты;
- использование полостей для скрытия в них коммуникаций.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сагадаев, Р.А. Современные методы возведения монолитных и сборно-монолитных перекрытий: учебное пособие. / Р. А. Сагадаев. Москва: ГОУ ДПО ГАСИС, 2008. - URL: <https://textarchive.ru/c-1594792-p2.html> (дата обращения: 31.10.2022).

2. ООО «Прогрессбилд»: официальный сайт. – 2022. - URL: <https://www.progressbuild.com> (дата обращения: 31.10.2022).
3. ООО «ГК Победа»: [сайт]. - URL: <http://gc-pobeda.ru> (дата обращения: 01.11.2022).
4. «HOLEDECK»: официальный сайт. - 2014. - URL: <https://holedeck.com> (дата обращения: 01.11.2022).
5. Глотов, Д.А. Монолитные пустотные перекрытия в строительстве зданий / Д. А. Глотов, И. С. Лоскутов, О. В. Кантур // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. - 2012. - № 3. - С. 66-71.
6. Малахова, А. Н. Пустотные кессонные плиты перекрытий монолитных многоэтажных зданий / А.Н. Малахова // Вестник Московского государственного строительного университета. - 2016. - №6. - С. 15-24.
7. ООО «СибФорма»: официальный сайт. - 2015. - URL: <https://sibforma.ru> (дата обращения: 01.11.2022).
8. Строительная компания «BubbleDeck Intrnrntional»: официальный сайт. - 2019. - URL: <http://bubbledeck.ru> (дата обращения: 01.11.2022).
9. Cobiax International: [сайт]. URL: <https://www.cobiax.com> (дата обращения: 01.11.2022).

**Юрченко Э.В., студент,  
Сиделин В.Э., студент**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.  
Панченко Л.А.**

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

## **ИТЕРАЦИОННЫЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ ТОНКИХ ПОДПОРНЫХ СТЕНОК ИЗ СТЕКЛОФИБРОБЕТОНА**

Тонкие подпорные стенки – одна из категорий сооружений, удерживающих грунт от обрушения в откосах насыпей и выемок и находящихся применение в различных отраслях строительства.

Рассматриваемый объект относится к категории тонко элементных конструкций. Поэтому предложенный в работе [1] полуэмпирический метод расчета подпорных стен по недеформируемому состоянию является достаточно приближенным.

Установлено также, что теория Кулона неприменима к расчету тонких подпорных стенок. При наличии анкерной опоры давление грунта следует принимать не по треугольнику, а по закону квадратной параболы [2]. Кроме того, в формуле для определения ординат

активного давления присутствует коэффициент, учитывающий гибкость стенки.

В этих условиях для расчета тонких подпорных стенок предпочтительно использование метода конечных элементов в форме метода перемещений.

Конструкция и грунтовая масса представляются в виде единой неоднородной среды. Область исследования назначается исходя из известных решений конкретных задач и соответствующих модельных экспериментов [3].

В области вблизи зоны контакта стенки с грунтом, где наблюдаются довольно различные показатели деформируемости, сетка разбивки сгущается. Большие деформации и перемещения приводят к геометрической нелинейности задачи. А так как грунту и в большинстве случаев материалу стенки присущ нелинейный физический закон, то задача превращается в дважды нелинейную. Ее линеаризация по методу дополнительных нагрузок получила признание в практике проектирования строительных конструкций.

Записывая разрешающее уравнение в виде оператора  $L$  с искомой функцией  $u$  и внешней силой  $F$ :

$$Lu = F, \quad (1)$$

представим рекуррентную формулу итерационного процесса в виде

$$L_0 u^{(v)} = F - (L - L_0) u^{(v-1)}, \quad (2)$$

где  $L_0$  – линейный оператор (для линейно деформируемой системы),  $u^{(v)}$  – приближенное значение функции на  $v$ -м итерационном шаге.

Преобразуем уравнение (2) к конечноэлементному виду. Геометрическая нелинейность имеет в основе нелинейную зависимость между векторами деформаций  $\vec{\epsilon}$  и перемещений  $\vec{q}$ :

$$\vec{\epsilon} = \bar{A} \vec{q}, \quad (3)$$

где  $\bar{A}$  – нелинейный дифференциальный оператор.

Нелинейная связь между вектором напряжений  $\vec{\sigma}$  и вектором деформаций  $\vec{\epsilon}$ , то есть физическая нелинейность, осуществляется с помощью матрицы  $D(\vec{\epsilon})$ :

$$\vec{\sigma} = D(\vec{\epsilon}) \vec{\epsilon}. \quad (4)$$

Таким образом,

$$\vec{\sigma} = \bar{D}(\vec{q}) \vec{q}, \quad (5)$$

где  $\bar{D}$  – оператор с составляющими  $\bar{A}$  и  $D$ .

На основе принципа возможных перемещений выводим матрицу жесткости конечного элемента с объемом  $V^{(e)}$ :



$$k_e = \int_{V^{(e)}} \bar{A} \bar{D} dV, \quad (6)$$

после чего строится матрица жесткости  $\bar{k}$  для системы «подпорная стенка – оговоренная грунтовая масса». Система уравнений метода конечных элементов имеет вид:

$$K(\vec{q}) \vec{q} = \vec{F}. \quad (7)$$

Обратим внимание на зависимость матрицы  $\bar{K}$  от вектора  $\vec{q}$ , что определяет итерационный характер решения задачи.

Представим матрицу  $\bar{K}$  в виде

$$\bar{K} = K + \Delta K_{\text{нел}}, \quad (8)$$

где  $K$  – линейная составляющая, а систему уравнений (7) в виде

$$K\vec{q} = \vec{F} - \Delta K_{\text{нел}}\vec{q}. \quad (9)$$

Метод дополнительных решений предусматривает замену решения уравнения (9) решением рекуррентного уравнения

$$\vec{K}\vec{q}^{(v)} = \vec{F}^{(v-1)}, \quad (10)$$

где

$$\vec{F}^{(v-1)} = \vec{F} - \Delta K_{\text{нел}}(\vec{q}^{(v-1)})\vec{q}^{(v-1)}. \quad (11)$$

Итак, итерационный шаг представляет решение системы алгебраических уравнений с постоянными величинами в правых частях, значения которых уточняются на основе решения на предыдущем шаге.

Рассмотренный итерационный подход позволяет получить информацию о деформировании конструкции подпорной стенки и грунта на всех этапах функционирования вплоть до разрушения.

Для исключения выпирания грунта, то есть обеспечения устойчивости подпорной стенки, необходимо обеспечить, чтобы наибольшее реактивное давление у подошвы стенки не превосходило предельного сопротивления грунта.

В большинстве случаев материалом для подпорных стен служит бетон. Тонкостенная конструкция требует дополнительного армирования. Наряду с традиционными сетками и каркасами используется дисперсное армирование. Материалом для волокон могут служить сталь и композиты.

В работе [4] рассматриваются тонкие подпорные стенки из стеклофибробетона. Этот материал обнаруживает в себе преимущества бетонной матрицы, проявляющиеся в высокой прочности на сжатие и повышенную в сравнении с обычным бетоном трещиностойкость, благодаря включению стекловолокон. Это в свою очередь повышает водонепроницаемость и эксплуатационную стойкость.

Для конструкций из стеклофибробетона рекомендуется мелкозернистый бетон средней плотности 2300 кг/м<sup>3</sup> на кварцевом песке с крупностью зерен от 1,5 мм до 2,3 мм. При его изготовлении в качестве вяжущих может быть портландцемент или глиноземистый цемент марок не ниже М400.

Для дисперсного армирования используются отрезки стекловолокна длиной от 10 до 60 мм. Как правило, это должен быть щелочестойкий материал.

Длина волокон и их диаметр назначаются в сочетании с процентом армирования конструкции в целом. Приведение к дисперсному армированию осуществляется по формуле [5]:

$$\mu_f^{red} = \mu_f + \mu_s \frac{R_s}{R_{fbt}}, \quad (12)$$

где  $\mu_f$  – коэффициент дисперсного армирования по объему, который рекомендуется принимать в пределах от 0,01 до 0,05;  $\mu_s$  – коэффициент армирования стальными элементами с расчетным сопротивлением растяжению  $R_s$ ;  $R_{fbt}$  – расчетное сопротивление растяжению стеклофибробетона, в основу которого положено расчетное сопротивление растяжению волокон. Оно корректируется, в частности, ориентацией волокон.

Стеклофибробетон в сравнении с бетоном-матрицей может иметь предел прочности на растяжение при изгибе больше в 4-5 раз, на осевое растяжение больше в 3-4 раза, ударную вязкость в 15-20 раз. Эти показатели создают перспективу его использования в несущих конструкциях, в том числе в тонких подпорных стенках.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клейн Г.К. Расчет подпорных стен. М.: Высшая школа, 1964. 196 с.
2. Гончаров Ю.М. К вопросу о применении теории Кулона для определения давления грунта на гибкие стенки // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1959. №4. С. 8-10.
3. Юрьев А.Г. Тонкие подпорные стенки в транспортном строительстве // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., 8-10 окт. 2013. В 2т. Т.2. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. С.318-320.
4. Юрьев А.Г., Калачук Т.Г., Павленко В.И., Панченко Л.А., Рубанов В.Г. Тонкие подпорные стенки из стеклофибробетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №4. С.28-31.
5. Проектирование и основные положения технологий производства фибробетонных конструкций (ВСН 56-97). М.: НТУ НИЦ «Строительство», 1997. 94 с.

# ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

**Алескеров В.В., магистрант,  
Борисенко С.А., магистрант**

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

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

## ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Процесс архитектурно-строительного проектирования возводимых объектов в цифровом формате BIM включает этапы получения, накопления и обработки в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической информации о строительном объекте, затем создание единой модели объекта, в которой в последующем смогут работать все участники проектирования на всех стадиях. Единая модель содержит всю собранную и согласованную информацию об объекте недвижимости, которая применяется для определенных задач информационного моделирования [1].

Отметим следующие преимущества информационного моделирования строительных объектов.

1. Усовершенствование координации и взаимодействия соучастников процесса разработки строительного проекта. На основе облачных инструментов, например, Autodesk BIM 360, возникает возможность использования альтернативного проектирования объекта, что позволяет реализовывать обмен моделями проектов, увязывать проектное планирование, располагать в любое время доступом к чертежам и модели на строительной площадке, в том числе на мобильных устройствах либо планшетах.

2. Возможность предварительной визуализации строительного объекта на стадии строительного проектирования. Более эффективное взаимодействие дизайнера и архитектора, за счет понятной 3D модели.

3. Улучшение проектного планирования. BIM позволяет разрабатывать ПД таким образом, чтобы можно вносить любые изменения для адаптации или привязки к изменившимся условиям строительства. Графики строительных работ выполняются более точно, что экономит время, сокращая проектные циклы и не допуская

нарушения графика строительства. Таким образом можно наращивать темпы строительного производства при тех же рабочих ресурсах.

4. Ускорение процесса выполнения проектирования строительного объекта. BIM технологии используются при разработке строительных чертежей и создании баз данных для этих целей. Детализация строительных объектов при проектировании позволяет снизить затраты на заработную плату и строительные материалы в процессе строительства.

Моделирование используемого пространства и 3D визуализация дают возможность вносить изменения в проект до начала строительства, что в последствии поможет уменьшить дорогостоящие и отнимающие время перепланировки [2].

Своевременное установление проектных не состыковок и улучшение координации работы проектировщиков, подрядчиков и субподрядчиков. Использование программного обеспечения BIM 360 позволяет выявлять внутренние или внешние отличия до начала постройки так именуемые «коллизии» и, соответственно, сокращать количество вероятных переделок, экономить на материалах в процессе строительства.

Применяя инструменты BIM, проектировщики сообща работают на каждой стадии проекта, обеспечивая должный контроль над выполнением технологических процессов. Создание оптимального графика строительных работ на стадии разработки проекта позволяет выявить структурные недостатки или же выявить более эффективные пути производства работ до начала строительства объекта. Кроме того, визуализация позволяет подобрать лучший вариант проекта, так как можно рассмотреть более наглядно многие элементы модели и общий вид.

Содержащаяся в модели информация об объекте может применяться в процессе его эксплуатации на протяжении всего жизненного цикла объекта. Эти данные хранятся в существующем программном обеспечении для обслуживания здания, аккумулируя все данные по сооружению или зданию в одном месте минимизируется возможность утери части документации как это часто бывает при применении документации на разрозненных листах в бумажном формате. Так информация не будет подвержена старению и искажению со временем [3].

На сегодня работа инженера-конструктора предполагает не только задание и анализ конечно-элементной модели с последующим воплощением расчетов в чертежах, но и корректное создание несущих элементов для информационной модели в программном комплексе, следовательно, ему чаще всего приходится выполнять одновременно

две модели в двух разных средах (программах), производя проектирование расчетной модели и построение физической модели. Это в некоторой степени осложняет работу проектировщика, так как нужны навыки владения как программы для моделирования объекта, так и программным комплексом, и знаниями для расчета модели [2].

Существуют плагины и дополнения, позволяющие адаптировать работу, однако инженеры-конструкторы с недоверием относятся к ним, так как есть недочеты, которые не позволяют использовать такой метод в полной мере, например, искаженный экспорт аналитической модели из-за некорректного построения физической модели здания. Часто при построении физической модели у проектировщиков возникают недочеты, которые впоследствии выливаются в некорректный экспорт модели в расчетный комплекс. К примеру, неправильная разбивка на конечные элементы: при некорректном построении капители в расчетном комплексе будут иметь ту же жесткость, что и плита перекрытия, хотя высота сечения в реальности их больше, в следствии, и жесткость должна быть больше; погрешности при задании параметров колонн приведут к тому, что колонны окажутся недотянуты к плите перекрытия, и т.

Таким образом хотя использование BIM модели и является неопровержимо более успешным методом проектирования зданий и сооружений и наиболее развивающаяся область в строительстве на данный момент, однако все же остаются недочеты, которые еще не обнаружены или же еще не исправлены. Однако уже сейчас информационное моделирование в сфере конструирования является неотъемлемой частью при проектировании [4].

У информационного моделирования зданий есть еще одна функция – оно дает возможность проводить научные исследования и эксперименты практически по всем вопросам, связанным с планировкой, конструированием, внутренним обустройством и оснащением, энергопотреблением, особенностями проектирования и возведения и другими сферами проектно-строительной деятельности.

Таким образом, создается модель не конкретного проектируемого или уже существующего объекта, а абстрактная компьютерная конструкция, в имитирующая исследуемую ситуацию.

В дальнейшем на эту конструкцию оказывается компьютерное же воздействие (изменение ее параметров) и анализируются полученные результаты [5].

Такая модель называется исследовательской информационной моделью здания или Research BIM (RBIM). Разница исследовательской модели от «обычной» BIM состоит в том, что RBIM с самого начала предназначена для исследования каких-то общих аспектов

проектирования, оснащения или функционирования зданий и может не соответствовать конкретному сооружению или его функции как таковой.

Например, BIM модель создается в результате работы различных специалистов, а сборка общей модели выполняется в специальных «сборочных» программах; интегрированная модель собирается из частей, выполненных в открытых форматах, к примеру, «IFC»; смешанная модель соединяет пространственные элементы и связанные с ними 2D-чертежи или же текстовые документы. IFC4 (в настоящее время наиболее поддерживаемый и стабильный формат и рекомендованный для производства, необходим для прохождения Российской экспертизы); IFC2x3 и IFC2x2 более ранние версии, имеющие больше недостатков [6].

Прогрессивные технологии в строительстве становятся основой для продвижения развития отрасли в целом. Потребность в высокоэффективном строительстве становится все более актуальной с ростом населения и развития промышленности, и только используя передовые технологии, программные комплексы, можно добиться устойчивого прогресса в сфере строительства. BIM – основа для уверенного проектирования на всех этапах создания здания или сооружения.

И хотя новые технологии и упрощают, и ускоряют процессы проектирования, однако с большим количеством программ требуется и большее разнообразие профессий для работы с информационными моделями, что является так же кадровой проблемой в настоящее время.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Король, М. Г. BIM в России все еще для раннего большинства // Информационно-аналитический журнал «РУБЕЖ». –2019. – № 11 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://concurator.ru/press\\_center/publications/?id\\_object=331](http://concurator.ru/press_center/publications/?id_object=331) (датаобращения: 01.11.2022).
2. Рахматуллина, Е. С. BIM-моделирование как элемент современного строительства // Российское предпринимательство. – 2017. – Т. 18, № 19. – С. 2 849-2 866.
3. Талапов, В. В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий. Электрон- текстовые данные. – Саратов: Профобразование, 2017. – 392 с.
4. Левина Д.А., Блохина Н.С. BIM-технологии. Экспорт аналитической модели из ПК Revit в ПК «Лира-САПР» // Дни студенческой науки : сб. докл. науч.-тех. конф. по итогам науч.-исслед.

работ студентов Ин-та фундаментального образования НИУ МГСУ за 2018–2019 гг. (г. Москва, 4–7 марта 2019 г.). С. 56–59.

5. Сулейманова Л. А., Погорелова И. А. Аддитивные технологии в строительстве: учебное пособие для студентов направлений подготовки всех профилей 08.03.01 – Строительство, 08.04.01 – Строительство профиля «Теория и практика организационно-технологических решений в строительном производстве». Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова. 2017 г. 58. С.

6. Шабан Х. А. Основы системы автоматизированного проектирования (САПР) в строительстве: учебное пособие для студентов дневной и заочной форм обучения по направлению "Строительство" специальности 270102. Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова. 2010 г. С. 154.

**Городов П.Ю., магистрант**

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

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

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕВМАТИЧЕСКОЙ ОПАЛУБКИ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ МЕЖДУЭТАЖНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ В МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЯХ С МОНОЛИТНЫМИ СТЕНАМИ**

Строительство высотных зданий требует нового подхода для обеспечения характеристик, необходимых для такого типа здания.

В условиях плотной городской застройки, а также дефицита свободных участков подземное строительство приобретает особую актуальность. Однако местная специфика и гидрогеологические условия усложняют задачу возведения подземных объектов. Это побуждает инженеров использовать новые методы, которые обеспечивают безопасную эксплуатацию окружающей застройки, позволяют проводить подземные работы практически на любой глубине даже в самых сложных инженерных и геологических условиях. Одним из таких методов является метод «up-down» («Сверху-вниз») (рис.1).

Он позволяет на нулевой отметке выполнить перекрытие и продолжить строительство одновременно как вверх, так и вниз. Данная технология является востребованной в современных условиях строительства, так как позволяет возводить здания с меньшим задействованием близлежащих территорий [1].

Способ бетонирования перекрытий «сверху вниз» нашел распространение в США, Швеции и других странах.

Данный способ используют при возведении стен на полную высоту. Не демонтируя скользящую опалубку, на ее рабочем настиле устанавливают специальные лебедки с гибкими тросами, на которых подвешивается инвентарная опалубка перекрытий, состоящая из инвентарных телескопических прогонов и щитов. После закрепления опалубки и армирования осуществляют бетонирование с применением бетононасосов. После приобретения бетоном распалубочной прочности опалубку демонтируют и перемещают ее вниз на отметку следующего перекрытия [2].

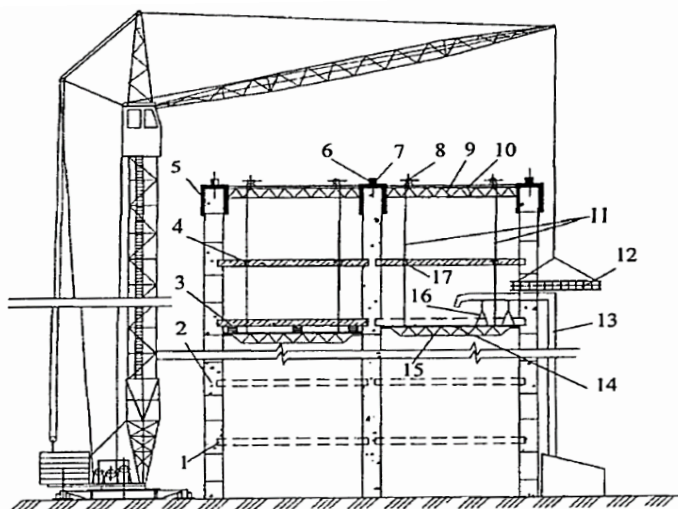


Рис. 1. Бетонирование междуэтажных перекрытий методом «сверху вниз»:

- 1 – гнезда; 2 – стена; 3 – пневматическое отрывное устройство;
- 4 – монолитное перекрытие; 5 – домкратная рама; 6 – домкратный стержень;
- 7 – гидродомкрат; 8 – тормозные устройства; 9 – опалубочный щит;
- 10 – рабочий настил; 11 – гибкие тросы; 12 – армокаркас; 13 – бетоновод;
- 14 – опалубка перекрытия; 15 – несущая ферма опалубки перекрытия;
- 16 – стойка; 17 – гильза

Для снижения трудоемкости и расширения технологических возможностей бетонирования перекрытия используют пневмоопалубку (рис. 2).

Пневматическая опалубка перекрытий содержит опорную плиту с выдвигаемыми упорами, пневмокаркас в виде соединенных между собой унифицированных пневматических секций и опалубочный щит из



соединенных по образующим пневматических баллонов, на которых уложен гибкий настил. Опалубочный щит соединен с опорной плитой гибкими связями, закрепленными на барабанах с червячным приводом вращения. Контурные элементы, соединяющие секции, выполнены с возможностью свободного перемещения по гибким связям. Пневмокаркас соединен с опалубочным щитом посредством жесткого вставного элемента, размещенного между пневмобаллонами. Полости пневмокаркаса и пневмобаллонов сообщены с воздухоподводящим устройством.

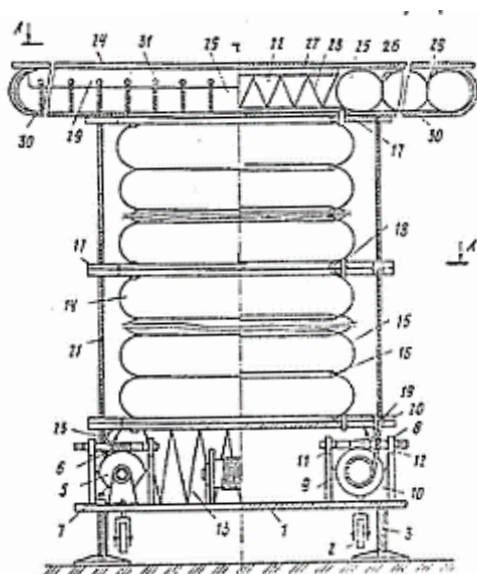


Рис. 2. Возведение перекрытий с помощью пневмоопалубки: 1 – опорная плита; 2 – каток; 3 – выдвигаемые упоры; 4 – съемные опорные площадки; 5 – барабаны; 6 – червячный привод; 7 – прямой привод; 8 – вал; 9 – стойки; 10 – усиленный подкос; 11 – ролик; 12 – шарнир; 13 – каркас жесткий; 14 – пневмокаркас; 15 – пневматические секции; 16 – троссы; 17 – элемент секции; 18 – болты; 19 – прорези; 20 – прорези; 21 – гибкие связи; 22 – опалубочный щит; 23 – направляющий ролик; 24 – гибкий настил; 25 – пневмобаллоны; 26 – жесткий вставной элемент; 27 – пластина; 28 – жесткий каркас; 29 – открывки; 30 – тросы

После проведения подготовительных мероприятий устройство фундаментов и оснований под полы укладывают ненадутую пневмоопалубку, крепя ее днище к основанию с помощью специальных винтовых анкерных устройств [3].

Опалубку испытывают на герметичность нагнетая давление от 3 до 3,85 КПа. При этом пневмокаркас, поднимаясь от действия внутреннего давления, натягивает тросы и приобретает устойчивое вертикальное положение. Меняя длину тросов путем вращения с помощью червячного привода барабанов, приводят жесткий вставной элемент в горизонтальное положение. После этого нагнетают воздух в полость пневмобаллонов до приобретения ими проектной формы, проверяя при этом соответствие полученного размера опалубочного щита проектному [4].

При выполнении работ методом подъема перекрытий величину давления в полости пневмокаркаса и пневмобаллонов поднимают до рабочего уровня. Укладывают арматуру и бетон на гибкий настил опалубочного щита и, постепенно сматывая тросы с барабанов, поднимают перекрытие на проектную отметку. Наличие червячного привода позволяет обеспечить возможность стабилизация пневмокаркаса и опалубочного щита в процессе подъема и на любой заданной высоте, исключая свободное вращение барабанов и перекосы поднимаемого перекрытия. На проектной отметке проводят дополнительную выверку горизонтальности опалубочного щита, соединяют арматуру перекрытия со стенами здания и добетонируют (в случае необходимости) соединительные швы [5].

Пневматическая опалубка не требует больших затрат на транспортирование, монтаж и эксплуатацию. С помощью такой опалубки можно возводить конструкции в самых труднодоступных местах. Важными преимуществами пневмоопалубок является их малая масса, высокая оборачиваемость и низкая трудоемкость монтажа и демонтажа.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Основы технологии возведения зданий и сооружений: учеб. пособие / В.В. Кочерженко, А.В. Кочерженко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 249 с.
2. Кочерженко В. В., Сулейманова Л. А. «Технология и организация возведения большепролетных и высотных зданий и сооружений учебное пособие» Изд-во БГТУ, 2018. 177 с.
3. Атаев С.С. Технология индустриального строительства из монолитного бетона. Стройиздат. 1989. 338 с.
4. Кочерженко В. В. «Технология возведения зданий и сооружений учебное пособие для студентов специальности 270102 - Пром» Изд-во БГТУ, 2011. 240 с.
5. Шахназарян С. Х. и др. Возведение зданий методом подъема этажей и перекрытий. М., Стройиздат, 1974. С. 44-46.

Захарова М.Ю., магистрант,  
Шлепнева Е.А., ассистент

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

## ПРЕИМУЩЕСТВО ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В условиях непрерывного развития мира (всех отраслей деятельности людей), традиционные методы, применяемые долгое время, все чаще сменяются на более эффективные и современные. Данная необходимость обоснована появлением огромных объемов новой информации (новых целей, задач и вопросов), требующих быстрых и наиболее оптимальных решений. Использование «старых» методов становится нерациональным, существенно замедляющим процессы и увеличивающим затрачиваемые на выполнение ресурсы. В данной статье будет рассмотрен один из ключевых и наиболее востребованных методов – внедрение технологий информационного моделирования в строительную сферу. Технологии информационного моделирования являются передовыми, интенсивно используемыми в настоящее время в процессе проектирования, строительства, а также на стадии дальнейшей эксплуатации зданий и сооружений различного назначения. Свое применение данные технологии нашли на каждой стадии жизненного цикла здания/сооружения (рис. 1) [1].



Рис. 1. Использование технологий информационного моделирования на стадиях жизненного цикла строительного объекта

Итоговым продуктом, созданным при помощи инструментов информационного моделирования, является информационная модель объекта, его «цифровой двойник». Данная модель, как правило, включает в себя сведения о свойствах, характеристиках, габаритных размерах и т.п. Информационная модель – показатель проработанной информации на данный момент времени, необходимые отобранные данные объединяют в единой информационной среде (они непосредственно взаимосвязаны между собой, активно взаимодействуют). Точность созданной модели обуславливается степенью проработки и детализации, необходимостью в этом при конкретных требованиях заказчика. Огромное преимущество информационных моделей заключается в том, что всегда есть возможность вносить в нее корректировки, обновлять при появлении каких-либо новых данных [2].

Проектирование зданий и сооружений с использованием технологий информационного моделирования можно разделить на следующие ключевые этапы, каждый из которых объединяет определенные виды работ:

1 этап – Подготовительный. На данном этапе выполняют следующее:

- выделяют основные цели проектирования;
- прорабатываются вопросы точности информационной модели (степень детализации);
- обговаривается выбор программного(ых) комплекса(ов), которые будут использованы в процессе проектирования;
- разрабатывается план реализации.

2 этап – Основной. Этап является наиболее масштабным из всех существующих. Перечень видов работ, выполняемых на данном этапе:

- разработка концепции проекта;
- создание материалов для визуальной презентации данного проекта;
- выбор проектное решение (утверждение всех деталей);
- выполнение расчетной части;
- проверка на коллизии (при обнаружении - их устранение);
- экспорт необходимой информации из готовой модели объекта;
- привязка информационной модели к календарному графику строительства;
- создание сметной документации по объекту.

3 этап – Заключительный. На данном этапе готовый продукт передается заказчику в удобных для него и утвержденных заранее форматах [3].

При проектировании с использованием современных технологий информационного моделирования решаются и упрощаются следующие важные задачи:

- реализуются проекты с подбором различных вариантов;

- происходит автоматизация рутинных операций;
- существенно сокращается время по внесению корректировок в документацию;
- за счет визуализации происходит сокращение количества возможных ошибок [4];
- осуществляется доступный процесс взаимодействия различных специалистов, что ускоряет работу над проектом;
- производится проверка на коллизии еще до начала строительства;
- современное программное оборудование дает возможность проверить соответствие проекта актуальным нормативным документам;
- осуществляется упрощенный процесс взаимодействия с заказчиком, экспертами и специалистами и др.

Подход к проектированию объектов с использованием средств информационного моделирования подразумевает под собой сбор, хранение, а также комплексную обработку в процессе проектирования всего объема архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и других видов информации по зданию/сооружению, с учетом того, что этот объект строительства и все, что его окружает, выступает как единый объект, элементы которого взаимосвязаны между собой. Правильное выявление взаимосвязей, их точная классификация, продуманное и организованное структурирование, актуальность и достоверность используемых данных, удобные и эффективные средства доступа и работы с полученным объемом данных, возможность передачи этой информации или результатов ее анализа для дальнейшего использования во внешних системах являются основными составляющими, которые и характеризуют информационное моделирование [5].

Процесс внедрения технологий информационного моделирования происходит повсеместно. В строительстве данные технологии активно применяются на всех этапах жизненного цикла зданий и сооружений, в том числе и на этапе их проектирования [6]. Данный подход является современным, отличается большим количеством существенных преимуществ. За счет того, что технологии нашли отклик во многих сферах деятельности, в настоящее время проводится огромное количество разработок и исследований по данному направлению.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Кузьмина Е.В., Радаева В.Ю. Анализ преимуществ информационного моделирования зданий в современном строительстве // Молодой исследователь: вызовы и перспективы. Сборник статей по материалам ССХХII международной научно-практической конференции. Москва, 2021. С. 97-100.

2. Денисова Ю.В. Малые архитектурные формы для благоустройства городской застройки // Проектирование зданий: сб. материалов конф. Всерос. науч.-практич. конф. по профилю. Казань: Изд-во КГАСУ, 2017. С. 91 – 96.

3. Абакумов Р.Г., Наумов А.Е., Зобова А.Г. Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. №12. С. 233-238.

4. Дмитрийчук Н.М., Денисова Ю.В. Проектирование городских парковых комплексов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. № 6. С. 70-77.

5. Захарова М.Ю. Обзор нормативных документов по информационному моделированию в строительной отрасли РФ // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Национальная конференция с международным участием, посвященная 300-летию Российской академии наук. Белгород, 2022. С. 84-89.

6. Захарова М.Ю., Кучеренко А.С. Повышение эффективности строительного производства с помощью BIM-технологий // Образование. Наука. Производство. XIII Международный молодежный форум. Белгород, 2021. С. 643-647.

**Захарова М.Ю., магистрант**

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

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

## **ЦИФРОВОЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ**

В реалиях современного мира человечество постепенно отходит от привычных методов проектирования. Достойной заменой в данном случае выступает информационное моделирование, которое внедряется повсеместно, упрощая и сокращая временные и материальные затраты на производство в большинстве сфер деятельности. Итогом информационного моделирования является единый общий объект, созданный посредством сбора и комплексной обработки большого объема информации в процессе проектирования (конструктивные решения, архитектурно-планировочные решения, технико-экономические показатели, сметная стоимость и др.). Отобранная

информация объединяется в единой среде, рассматривается в совокупности. Данный продукт возможно использовать на различных стадиях: возведения объекта, его эксплуатации, проведения ремонта, оснащения и т.д. [1].

Так как технологии информационного моделирования (ТИМ) – современный и прогрессивный метод развития, многие страны мира довольно продуктивно используют данные технологии. Застройщики всего мира стремятся применить данный метод, существенно сократив затраты, а также получив максимальную прибыль от своей деятельности [2]. На рис. 1 приведен процент застройщиков ключевых стран, использующих данные технологии.

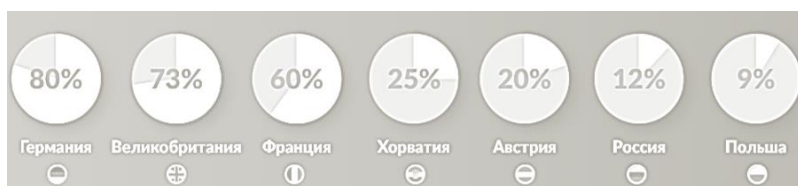


Рис. 1. Процент использования технологий информационного моделирования заказчиками ключевых стран

Как упоминалось ранее, информационное моделирование может быть использовано в различных областях деятельности. В Российской Федерации к таким областям относятся:

- инженерно – геодезические изыскания;
- проектирование;
- землеустройство;
- архитектура;
- строительство;
- инжиниринг и др. [3].

ТИМ используются в мире уже более 20 лет. Процесс внедрения данного подхода в каждой стране начинался в различное время (рис. 2). В России в 2014 году Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства был утвержден план внедрения ТИМ в промышленное и гражданское строительство. На данный момент развитие и внедрение технологий информационного моделирования в различные сферы деятельности РФ продолжается: помимо действующих нормативно-правовых актов (ГОСТов, стандартов), 21 сентября 2022 года в Министерстве цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ сообщили о создании новых государственных индустриальных центров компетенций (ИЦК), среди них был представлен проект по технологиям информационного моделирования. С 2022 года в РФ ТИМ обязательны на законодательном уровне.



Рис. 2. Временная линейка первых этапов внедрения технологий информационного моделирования

Отличие традиционных, ранее применяемых систем компьютерного проектирования от технологий информационного моделирования заключается в следующем: результат ТИМ – объектно-ориентированная цифровая модель объекта, а также и всего процесса его строительства [4]. Созданная информационная модель объекта используется при создании необходимых видов документации, при изготовлении строительных конструкций, для заказа оборудования, при проведении расчетов, в организации возведенного объекта, при решении вопросов его эксплуатации. Отличительные особенности информационной модели:

- 1) возможность обновления;
- 2) все элементы модели взаимосвязаны и объединены в единой среде;
- 3) наличие геометрической привязки;
- 4) модель может быть использована для дальнейших расчетов.

При внесении необходимых исходных данных в свою модель, проектировщик переводит объект в цифровое пространство. Информация, вошедшая в состав информационной модели, имеет возможность дополняться, изменяться, удаляться (при необходимости).

Говоря о важности информационной модели на стадии проектирования объекта, следует отметить, что главным преимуществом является сбор информации об архитектуре, конструктиве, экономической составляющей, инженерном оборудовании и иных видов со всеми взаимосвязями для последующего анализа и использования. Объект в данном случае также представляет собой единый объект, элементы которого находятся в непрерывном контакте.

Основные преимущества использования ТИМ в сравнении с традиционными методами проектирования довольно значимы, к ним можно отнести следующие аспекты:

- возможность работы разных специалистов над одним проектом в реальном времени. Это способствует целостному представлению объекта;
- возможность удаленной работы. Каждый специалист, используя программный комплекс, может получить доступ к проекту из любой точки мира;
- предотвращение возникновения коллизий, их устранение;



– на основе созданной информационной модели возможно создать любые виды рабочей документации автоматически, что существенно сократит временные показатели;

– информационная модель может быть экспортирована в другие программные комплексы для проведения расчетов, анализа. Данный процесс достаточно прост, не занимает много времени.

Применение ТИМ при проектировании объектов поможет сократить время проектировщика [5]. На начальном этапе проектирования все может казаться иначе, однако сравнивая ТИМ с САД-проектированием зданий и сооружений (рис. 3), функция зависимости производительности от времени при использовании ТИМ не симметрична, следовательно, основные временные затраты приходится именно на начальную стадию проектирования, в процессе которой происходит сбор, анализ и обработка большого объема информации.



Рис. 3. Сравнение методов проектирования

Подводя итоги следует подчеркнуть, что в данный период времени технологии информационного моделирования уже зарекомендовали себя с лучшей стороны: за счет использования ТИМ достигается высокая скорость строительства, его качество, экономичность [6]. Созданная цифровая объектно-ориентированная модель объекта позволяет добиться полного соответствия требованиям заказчика с быстрым и простым процессом внесения изменений, если это потребуется. Данная модель позволяет контролировать объект и предпринимать необходимые действия на каждой стадии жизненного цикла здания.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Великанов А.С., Скрипкина Ю.В. Внедрение технологий информационного моделирования зданий в отрасль современного российского проектирования // Будущее науки - 2019. сборник научных

статей 7-й Международной молодежной научной конференции. 2019. С. 16-20.

2. Громов В.Н., Каримова О.С. «BIM-технология» информационного моделирования в строительстве // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2020. № 9 (10). С. 270-276.

3. Денисова Ю.В. Малые архитектурные формы для благоустройства городской застройки // Проектирование зданий: сб. материалов конф. Всерос. науч.-практич. конф. по профилю. Казань: Изд-во КГАСУ, 2017. С. 91-96.

4. Абакумов Р.Г., Наумов А.Е., Зобова А.Г. Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. №12. С. 233-238.

5. Дмитрийчук Н.М., Денисова Ю.В. Проектирование городских парковых комплексов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. № 6. С. 70-77.

6. Захарова М.Ю., Кучеренко А.С. Повышение эффективности строительного производства с помощью BIM-технологий // Образование. Наука. Производство. XIII Международный молодежный форум. Белгород, 2021. С. 643-647.

**Коршикова К.К., магистрант**

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

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

## **ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО ТИМ. ЭКСПЕРТИЗА ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ**

Человечество в настоящее время переживает новый этап своего развития, связанный с формированием глобального цифрового общества. Применение цифровых технологий на практике позволяет решать широкий спектр задач [1].

Технологии информационного моделирования являются неотъемлемой частью современного строительного процесса. Как говорил Михаил Мишустин, Председатель Правительства Российской Федерации, цифровая трансформация является шансом для вывода России на новый уровень, обеспечивая гражданам новое качество жизни.

Строительство является важным фактором, который свидетельствует об уровне развития экономики и уровне жизни населения. Крупные строительные организации используют информационное моделирование с целью усиления конкурентных позиций.

ВМ технологии в некоторых странах являются обязательным условием не только для объектов государственного назначения, но и частного [2]. В России же развитие информационного моделирования начало активно развиваться с применением ВМ на этапе проектирования. Однако, согласно принятой терминологии информационная модель (ИМ) должна сопровождать объект капитального строительства (ОКС) на всех этапах его жизненного цикла (ЖЦ). Объектами моделирования кроме ОКС становятся территории, шельфы и даже подземные объекты.

Воплощение концепции ВМ осуществляется с помощью технологий информационного моделирования (ТИМ), предполагающих сбор полной информации о здании, включая:

- архитектурно – конструкторские данные;
- экономические сведения;
- технологическую информацию.

Целью информационного моделирования является накопление сведений, документов и материалов в виде атрибутивных данных в ИМ, при этом атрибуты должны быть обязательно взаимосвязаны посредством технологий формирования и ведения ИМ. Создание ИМ зависит от этапа, на котором происходит формирование и включение в ИМ определенных атрибутивных данных.

При внесении каких-либо поправок в параметр или элемент объекта, автоматически изменяются чертежи и спецификации. И как следствие данные ИМ, которые являются ее атрибутами, актуализируются. При этом допускается, что графическая часть ИМ выполняется в виде трехмерной модели. Основной целью технологий информационного моделирования является создание инструментов эффективного управления объектами моделирования и обеспечения их непрерывной информационной поддержки на всех этапах ЖЦ, что позволит принимать оптимальные управленческие решения и контролировать их выполнение [3].

В Российской Федерации процессы нормативно-технического законодательства в области ТИМ находятся в режиме постоянной оптимизации. Это обусловлено сложившейся практикой отечественного регулирования и особенностями нашей большой страны.

Госрегулирование процессов развития информационного моделирования инвестиционных проектов осуществляется на разных

уровнях, и в первую очередь – для проектов с использованием бюджетных средств. В связи с широкими перспективами развития информационных технологий нормативная документация по ТИМ занимает важное место. Нормативная база ТИМ пересекается с различными юридическими институтами, отраслями права. В градостроительном кодексе РФ описаны требования к продукту проектной документации, а в нормах гражданского законодательства прописаны требования к модели, как к объекту гражданского права [4].

К числу важнейших документов следует отнести:

- Градостроительный кодекс РФ;
- Постановление Правительства РФ №331, устанавливающее определенный перечень лиц, ответственных за формирование и ведение информационной модели;
- Постановление Правительства РФ №1431. В данном постановлении прописан сам порядок формирования и ведения ИМ ОКС;
- Правила организации работ производственно-техническими отделами при использовании информационного моделирования прописаны в СП 301.1325800.2017;
- СП 328.1325800.2020, в котором приведены правила описания компонентов ИМ;
- СП 331.1325800.2017 содержит правила создания информационных систем, а также правила взаимодействия между ИМ ОКС и моделями, которые используются в ПК;
- В СП 404.1325800.2018 описаны правила разработки планов проектов, выполняемых с применением ТИМ;
- СП 471.1325800.2019 «Информационное моделирование в строительстве. Контроль качества производства строительных работ»;
- ГОСТ Р 57563-2017 устанавливает основные положения о разработке требований к результатам работ BIM.

Сейчас активно развивается институт государственной экспертизы. Первый проект, полностью спроектированный на основе BIM-технологий, прошел государственную экспертизу еще в конце 2020 года. А к 2030 году ожидается увеличение доли проектов, выполняемых с применением ТИМ, переданных для проведения государственной экспертизы до 50% (рис. 1).

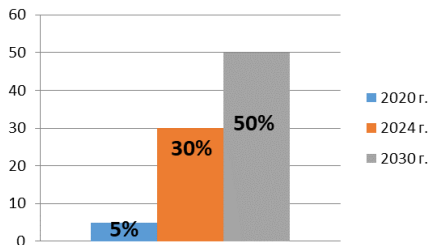


Рис. 1. Доля проектов, направляемых на государственную экспертизу

Формирование информационной модели ОКС обязательно производится согласно ПП РФ №1431 и СП 333.1325800.2020. Данные требования на сегодняшний день применяются только к моделям зданий социальной сферы. Для подачи проектной документации на прохождение госэкспертизы требуется предоставить цифровую информационную модель в формате IFC с версией не ниже 4.0. Формат IFC – является международным стандартом для обмена данными между различными приложениями.

Состав информационной модели можно представить в виде пяти основных блоков (рис. 2).

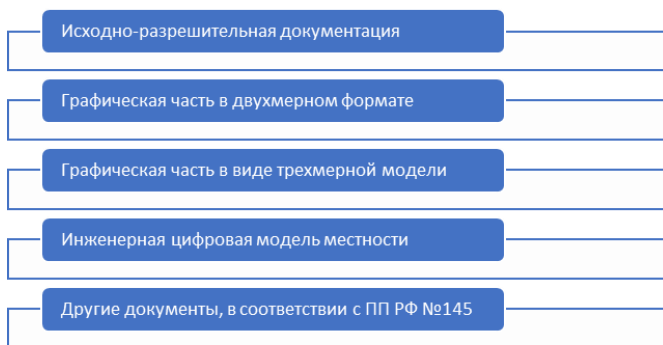


Рис. 2. Состав ИМ

При этом под двухмерными форматами понимаются планы и чертежи, а трехмерной моделью считается цифровая информационная модель ОКС [5].

Экспертиза ЦИМ - мероприятие, которое проводится для проверки ИМ на соответствие конкретным правилам. ЦИМ представляет собой

совокупность правил, документа ЦИМ и программного комплекса для экспертизы.

ЦИМ является целостной картиной о проектируемом объекте или его части, при этом структура самой модели имеет разграничение на функциональные части (разделы проекта, этажи, зоны функционального назначения и другие).

Процесс проверки ЦИМ сводится к сравнению наполнения самой модели с определенным списком соответствующей информации.

Экспертиза имеет весомую роль для усовершенствования процесса проектирования в строительной отрасли. А сами проверки оказывают огромное влияние на качество проектной документации, что в будущем сказывается в том числе на процессе эксплуатации [6]. Именно поэтому усовершенствование методов проведения экспертизы ИМ является приоритетным направлением в строительной отрасли.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Абакумов Р.Г. Цифровая трансформация системы взаимодействия в области инвестиционно-строительной деятельности на основе развития информационной системы обеспечения градостроительной деятельности // Цифровая экономика: проблемы и перспективы развития: сборник научных статей Межрегиональной научно-практической конференции. 2019. С. 13-18.

2. Аминов Р.Р. Нормативное регулирование BIM-технологий, прохождение Госэкспертизы // Инженерный вестник Дона. 2021. № 2(74). С. 20-28.

3. Наумов А.Е., Крутилова М.О., Чуева Ю.А. BIM-технологии как эффективное средство повышения качества обслуживания зданий // Zbornik radova.VISOKE TEHNIČKE ŠKOLE STRUKOVNIH STUDIJA. Ниш, 2018. С. 144-146.

4. Червонцева М. Цифровизация строительства: правовое регулирование BIM // Юрисконсульт в строительстве. 2021. № 7. С. 22-25.

5. Абакумов Р.Г., Наумов А.Е., Зобова А.Г. Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 5. С. 171-181.

6. Белоносов Д.Н. Экспертиза цифровых моделей и контроль проектных решений по технологии информационного моделирования // Современные инновации. 2019. №1(29). С.36-39.

Осадчая Л.А., студент

Научный руководитель: ст. преп.  
Шарманов В.В.

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

## **ВІМ КАК НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ**

В настоящее время в России все сферы общественной жизни стремительно переходят на цифровые технологии. Исключением не стала и строительная отрасль, она претерпевает кардинальные изменения, все это связано с растущей сложностью объектов строительства, а, следовательно, появлением новейших, инновационных методов реализации таких проектов. Так, по поручению президента РФ № Пр-1235 от 19.07.2018 г. в целях модернизации строительной отрасли и повышения качества строительства необходимо обеспечить переход к системе управления жизненным циклом объектов капитального строительства путем внедрения технологии информационного моделирования [1].

Информационное моделирование в строительстве (BIM-Building Information Modeling) – процесс коллективного создания и использования информации о сооружении, формирующий основу для всех решений на протяжении жизненного цикла объекта (от планирования до проектирования, выпуска рабочей документации, строительства, эксплуатации и сноса) [2]. Преимуществом данной технологии можно считать комплексный подход к проектированию будущего объекта строительства, ведь все специалисты различных направлений проектирования находятся в тесном взаимодействии друг с другом, они могут править ошибки в режиме реального времени, изменяя модель в целом, что помогает на начальных этапах не совершать грубых ошибок и, соответственно, экономить время, что несомненно отразится на стоимости проектирования. При такой работе облегчается процесс организации контроля за ходом выполнения работ по проектируемому объекту.

На данный момент использование BIM-технологии помогло сократить количество возможных ошибок при проектировании на 30 %, при этом на 100 % удастся выявить все пространственные коллизии в конструкциях, что в последствии, ускорило процесс проектирования на 20–30 % и помогло в три раза сократить время, необходимое на подготовку рабочей документации [3]. Благодаря BIM- технологиям,

сильно повышается производительность труда на этапе проектирования, что положительно отражается на качестве при производстве строительно-монтажных работ.

Использование данной технологии позволяет инвестору решать ряд важных вопросов, таких как, оптимизация денежных потоков, получение достоверной информации о производимых расходах в проекте, получение наглядных графиков строительства. Благодаря программным продуктам, поддерживающим BIM-технологию, удастся сократить сроки и стоимость строительства, а также оптимизировать необходимые ресурсы при реализации ИСП (Инвестиционно-строительный проект).

Чтобы инновационная технология могла проявить себя в полной мере, каждая компания должна тщательно планировать процедуры ее внедрения. Финансовая отдача BIM-технологии напрямую зависит от зрелости компаний, используемых информационное моделирование. На сегодняшний момент имеется ряд программных продуктов, которые могут обеспечить внедрение и использование BIM-технологии, при этом необходимо учитывать специфику каждой компании отдельно. Современные компании, сделавшие выбор в пользу современных технологий, повысят свои конкурентные преимущества на строительном рынке. В свою очередь, компании, отрицающие развитие новых технологий, и не привносящие данные технологии в свои технологические процессы, столкнутся с серьезными вызовами [4].

Рассмотрим программный продукт Navisworks Manage от компании Autodesk. Данная программа используется как на этапе проектирования, так и на этапе строительства. На каждом из этапов работают нужные специалисты в индивидуальном информационном поле с дальнейшей общей интеграцией в единое пространство, где руководитель проекта с легкостью может увидеть ошибки и недочеты, производимые каждым из участников. В данной программе появляются, функционал разработки инвестирования и планирования будущих работ. Модуль TimeLiner входящий в состав Navisworks Manage (рис. 1.) позволяет пользователю визуализировать жизненный цикл объекта строительства и графически отобразить на экране все его этапы [5]. Благодаря такому подходу можно произвести сравнение фактических и плановых дат выполнения работ и выявить отклонение, что позволит найти виновных в задержке строительства и определить фактическую стоимость строительства.



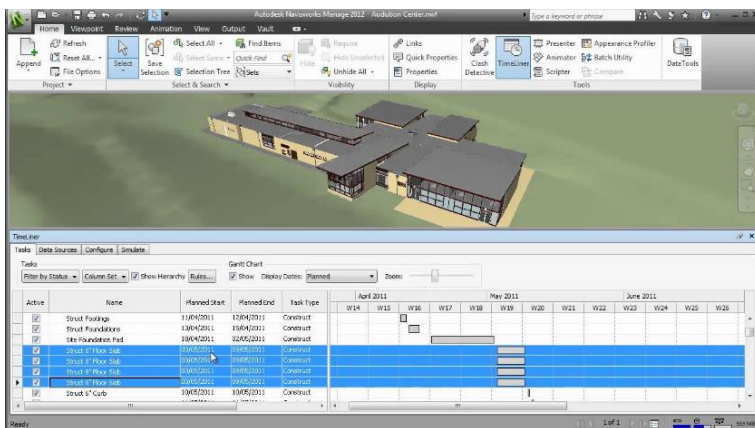


Рис. 1. Модуль TimeLiner для сравнения дат выполнения работ

В программе Revit от компании Autodesk, конструктивный элемент может быть представлен следующими параметрами, новый, существующий, временный или удаляемый. Благодаря использованию таких параметров, стадии и фазы проектирования и строительства можно отследить с привязкой к календарному графику с возможностью визуализации. Для каждого элемента можно назначить плановые даты реализации и стоимость, что поможет произвести экономическую оценку ИСП в целом, и в любой момент его реализации.

Благодаря рассмотренным программам, проектировщики и строители могут на каждом этапе реализации инвестиционно-строительного проекта оценить принимаемые ими технические и управленческие решения.

Таким образом, использование информационных технологий является главным направлением развития качественного управления инвестиционно-строительными проектами в нашей стране. Внедрение BIM-технологий позволяет достичь значительного снижения сроков и стоимости строительства на всех его этапах.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поручение от 19 июля 2018 года N Пр-1235 [О первоочередных задачах по модернизации строительной отрасли и повышению качества строительства] : – URL: <https://docs.cntd.ru/document/550966183> (дата обращения:19.11.2022).
2. 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.

3. Кравченко, Т. В. BIM-технологии в управлении строительными проектами / Т. В. Кравченко. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. 2019. № 3 (241). С. 176-179. – URL: <https://moluch.ru/archive/241/55724/> (дата обращения: 19.11.2022).

4. Шарманов В.В. Обзор инновационных систем контроля инвестиционно строительных проектов / Егоров.А.В, Исаев К.А., Шарманов В.В.// Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. - 2022. - №10. - С. 156-160.

5. Описание Autodesk NavisWorks Manage: – URL: <https://sapr.ru/article/21255> (дата обращения: 19.11.2022).

**Рябчевский И.С., аспирант,  
Чесноков И.А., магистрант,  
Сулейманов И.С., аспирант**

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

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

## **ТЕХНОЛОГИИ BIM В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА**

В последние годы под влиянием политики макроконтроля развитие строительной отрасли России постепенно замедляется, но стоимость продукции строительной отрасли в национальной экономике по-прежнему занимает большую долю, и эта доля ежегодно увеличивается. По мере повышения уровня жизни требуется более полная информация о функциях, внешнем виде и комфортности зданий, увеличивается объем информации, связанной со строительными проектами [1-3]. В ходе фактического строительства объекта часто вносятся изменения из-за проектных ошибок или проблем со связью между вовлеченными сторонами, особенно для современных масштабных строительных проектов с большими масштабами инвестиций. В связи с большим количеством задействованных строительных единиц и длительным строительным циклом значительно возрастает сложность управления проектом, особенно важной является проблема управления затратами [3].

Однако из-за отсутствия общего планирования всего жизненного цикла управления строительной отраслью России внимание участников проекта по-прежнему сосредоточено только на определенной стадии жизненного цикла и определенной части бизнеса [4, 5]. Например, традиционная модель управления затратами не может обеспечить обмен информацией на протяжении всего жизненного цикла строительства [6]. Поэтому для обеспечения эффективности инженерных проектов и снижения потерь ресурсов необходимо совершенствовать модель инженерного менеджмента, особенно управление затратами, которое играет важную роль в инженерном менеджменте [7]. Эффективное использование информационных технологий при обработке различной релевантной информации для достижения всего процесса управления стоимостью проекта может существенно сократить количество инженерных изменений и задержек, тем самым снижая затраты и максимизируя выгоды от проекта.

Фрагментарный характер строительного проекта привел к раздельному применению BIM на разных этапах жизненного цикла проекта. Было проведено множество исследований по применению BIM для отдельных компонентов строительных проектов. Многие люди могут извлечь выгоду из применения BIM; снижение затрат и преимущества контроля часто наблюдались в проекте на основе BIM. Однако потенциальная ценность BIM в управлении жизненным циклом обычно недоиспользуется.

Информационное моделирование зданий (BIM) позволяет накладывать междисциплинарную информацию в рамках одной модели. Это дает возможность проводить эти анализы точно и эффективно по сравнению с традиционными методами. Стратегии интеграции и взаимодействия данных жизненного цикла строительства имеют первичный и вторичный эффект. Первичные эффекты – это те, где использование BIM делает информационные действия (создание, поиск, доставку и коммуникацию) более эффективными. Вторичные эффекты заключаются в том, что использование BIM в деятельности по обработке информации делает операции по обработке материалов более эффективными.

BIM позволяет устранить конфликты, которые могли бы превратиться в заказы на изменение, с помощью модели обнаружения конфликтов конвейера. В процессе формирования обнаружения столкновений ключевую роль играет проектная информация. Во-первых, он получает пространственные данные, необходимые для обнаружения столкновений, а также геометрические данные, такие как размер, координаты, типы компонентов здания, конструктивные элементы, оборудование, трубопроводы, соединения и т. д. Затем

извлеченные данные объединяются в единую подсистему. На основе этой подсистемы вводятся соответствующие индикаторы обнаружения, нормативные требования или эмпирические данные, что в конечном итоге формирует подмодель для обнаружения столкновений. В процессе обнаружения конфликт будет отображаться на соответствующем дисплее, чтобы разработчик своевременно вносил коррективы. Модель столкновения трубопровода создается на основе проектной информационной модели. В эту модель вносятся сопутствующие модификации для обеспечения своевременной передачи информации об изменениях конструкции. Он также содержит больше информации об объектах в параметрической 3D-модели, так что конфликты между компонентами, оборудованием и трубопроводами представлены интуитивно. Это гарантирует, что инженеры смогут точно выявлять проблемы и своевременно вносить изменения. Выявление проблем для решения помогает сократить период строительства, улучшить качество проекта и снизить затраты на строительство. Оборудование и трубопроводы представлены интуитивно понятно. Это гарантирует, что инженеры смогут точно выявлять проблемы и своевременно вносить изменения. Выявление проблем для решения помогает сократить период строительства, улучшить качество проекта и снизить затраты на строительство. Оборудование и трубопроводы представлены интуитивно понятно. Это гарантирует, что инженеры смогут точно выявлять проблемы и своевременно вносить изменения. Выявление проблем для решения помогает сократить период строительства, улучшить качество проекта и снизить затраты на строительство.

На современном этапе режим управления затратами на строительство представляет собой режим управления затратами на строительство в целом, в котором сосуществуют ценообразование с фиксированной ценой и ценообразование по контракту. Весь процесс управления стоимостью относится к разумному определению и эффективному контролю стоимости проекта на протяжении всего процесса от этапа принятия решения до завершения и принятия проекта. Для облегчения установления хозяйственных отношений между сторонами в процессе строительства и выполнения требований управления строительством требуется сметная смета на этапы строительства с соответствующей сметой (рис. 1).

В последние годы, с улучшением торговых систем и постоянное развитие стандарта квот, уровень управления затратами в строительной отрасли был значительно улучшен. Однако уровень управления затратами на строительные проекты по-прежнему сильно отстает от уровня развитых стран.

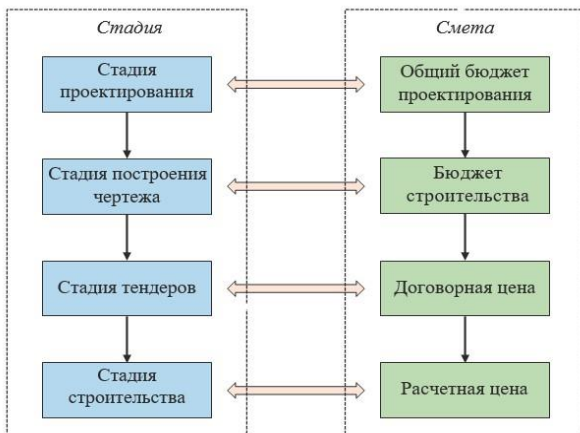


Рис. 1. Стадия строительства и соответствующая бюджетная смета

С точки зрения управления стоимостью проекта каждый этап управления стоимостью может отражать общие черты. Отношения между различными этапами строительного проекта также неизбежно требуют согласования при управлении затратами на каждом этапе. Управление стоимостью всего строительного проекта должно составлять органическое целое, чтобы все стороны, участвующие в строительном проекте, могли первыми узнавать о возникновении и изменениях в инвестициях и стоимости строительства. Таким образом, весь процесс управления стоимостью строительных проектов является наиболее выгодным способом управления в настоящее время. В то же время текущая ситуация с управлением затратами в строительных проектах и множество выявленных проблем сделали управление затратами в целом неизбежным трендом.

С помощью программного обеспечения для проектирования, основанного на технологиях, участники строительства могут вводить параметрическую информацию непосредственно в базу данных в графической среде, не затрачивая больше усилий на абстрактные двумерные чертежи, чтобы получить объекты с рядом характеристик для представления основных свойств здания. В последние годы, с широким применением современных компьютерных технологий в строительной отрасли, технология BIM медленно реализуется [8].

Содержание этапа инвестиционного решения является основой для определения стоимости проекта, а правильное инвестиционное решение требует точного понимания затрат каждого варианта. Поэтому, исходя из технической осуществимости, важно сделать оценку инвестиций для

каждого варианта. Использование архивов Excel стало дальнейшим развитием, но по многим причинам объем данных, которые можно накапливать, невелик. Исторические данные менее структурированы, менее поддаются расчету и более громоздки для накопления. Модель BIM содержит данные о строительстве, технические данные, данные о количестве, данные о затратах, данные графика и данные приложения, которые могут быть восстановлены при сравнении и выборе вариантов инвестиций и могут отображаться в трехмерном режиме. На основе этой процедуры выбор общего решения упрощается, что делает его намного более эффективным и помогает разрабатывать будущие решения.

Составление смет на этапе проектирования зависит от глубины проектирования, степени полноты сведений и требований к точности смет. Когда проектной информации недостаточно, бюджеты для аналогичных проектов могут быть выбраны в качестве основы для подготовки после анализа и корректировки коэффициентов. Если информация о подобных проектах недоступна, смета бюджета будет подготовлена с использованием показателей [9].

Управление затратами на этапе проектирования должно быть сосредоточено на расчете лимитов, т. е. первоначальный проект схемы должен основываться на инвестиционных оценках. В настоящее время непросто достичь разумного предельного проектирования, основанного на традиционных ручных алгоритмах и методах инженерного бюджетирования. Во-первых, разный технический уровень проектировщиков и отсутствие мышления в области контроля затрат означают, что задачи разных дисциплин разделены, а координация и контроль должны осуществляться регулярно. Кроме того, отсутствие надлежащей информации о затратах в проектных чертежах из-за нынешнего подхода к проектированию означает, что консультационную работу по стоимости и проектные работы невозможно синхронизировать, а проектные предложения нельзя своевременно пересматривать из-за ограничений показателей затрат. С внедрением технологии BIM проектировщик может извлекать некоторые из соответствующих проектных показателей из базы данных модели для более быстрого проектирования с ограничениями, таким образом достигая цели экономичного и разумного проектирования. Наряду с этой целью инженер-сметчик может получить информацию о строительстве и соответствующую информацию о количестве и сравнить ее с информацией в базе данных, чтобы расчетная цена могла быть получена быстрее. Затем проверяется обоснованность проектных показателей, и инженерно-экономический подход сочетается с контролем затрат на строительство и эксплуатацию на основе всего проектного цикла, оптимизируя таким образом проектное решение.

Моделирование модели BIM в режиме реального времени и учет затрат могут использоваться в качестве основы для проектировщиков и инженеров-сметчиков для выполнения одновременных расчетов и анализа стоимости проектируемых единиц в реальном времени, чтобы полученная информация могла использоваться для оптимизировать каждую деталь проектной схемы, что позволяет достичь предельного дизайна [10, 11].

В современной строительной отрасли много участников и огромное количество информации. Традиционные методы управления стоимостью строительства и механизмы передачи информации не смогли удовлетворить требования современной работы по управлению стоимостью строительного проекта и должны быть отвержены изучению новых способов работы и каналов передачи информации для реализации всего процесса управления жизненным циклом строительного проекта. Преимущество BIM в управлении жизненным циклом представлено в табл. 1.

*Таблица 1*

**Применение BIM в управлении жизненным циклом**

Параметр	Функция	Требование
Совместное управление	Переговоры между разными участниками и разным программным обеспечением	Полная информация о разных фазах и единый стандарт
Управление рисками	Увеличение вероятности и влияния положительных событий и уменьшение вероятности и влияния неблагоприятных событий	Данные об опыте подобных проектов и критические данные этого проекта
Анализ устойчивого развития	Выполнение комплексного анализа производительности здания, чтобы обеспечить оптимизированную устойчивую конструкцию здания	Необходима информация обо всех этапах, информация о планировании для анализа затрат, проектирование инженерных систем для анализа энергопотребления и другая информация для оценки жизненного цикла

В проектах, предшествующих BIM, все заинтересованные стороны работают над своей частью проекта со своими собственными приложениями для достижения собственного результата. В то время как в проектах с поддержкой BIM все заинтересованные стороны в процессе жизненного цикла здания вносят свой вклад в BIM. Каждый получает и создает ценность благодаря своему участию. Модели на основе BIM расширяются, чтобы обеспечить виртуальную базу данных почти всей информации, касающейся конструкции и характеристик здания.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Развитие жилищного строительства в России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 17-22.
2. Сулейманова Л.А., Козлюк А.Г., Глаголев Е.С., Марушко М.В. К вопросу обследования технического состояния гражданских зданий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 7. С. 32-36.
3. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Марушко М.В. Сущность аддитивных технологий в строительстве // Университетская наука. 2018. № 2 (6). С. 70-74.
4. Сулейманова Л.А., Сапожников П.В., Кривчиков А.Н. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 4. С. 12-24.
5. 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.
6. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2021. С. 20-29.
7. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С., Атапина Н.А. Совместное моделирование ограждающих конструкций зданий // Университетская наука. 2021. № 1 (11). С. 77-79.
8. 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.
9. Асатрян В.А., Попова И.Н., Лазич Ю.В. Внедрение BIM-технологий как фактор конкурентоспособности компаний строительной отрасли // Beneficium. 2019. №3 (32). С. 4-13.
10. Грахов В.П., Мохначев С.А., Иштряков А.Х. Развитие систем BIM проектирования как элемент конкурентоспособности // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. [электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17950> (дата обращения: 10.11.2022).
11. Tang D., Liu K. Exploring the Application of BIM Technology in the Whole Process of Construction Cost Management with Computational Intelligence // Computational Intelligence and Neuroscience. 2022, P. 1-9.



**Тарасов М.В., магистрант,  
Глабец П.А., магистрант**

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

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

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ 4D МОДЕЛИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

В области строительства многие уже давно знакомы с термином «3D-моделирование». Это проектирование здания по трем направлениям (X, Y, Z). 4D-технологии отличаются тем, что к трехмерности добавлено еще и время. Проектирование с использованием 4D-технологий открывает новые перспективы, ведущие к существенному увеличению производительности, экономии ресурсов и снижению рисков за счет большей эффективности процессов. Такое моделирование позволяет соединить 3D-модель здания и календарный график в одном цифровом поле [1].

Изначально, использование 4D-моделирования было направлено на выявление коллизий в проекте и последующее применение результатов теоретического исследования для оценки осуществимости системы и ее практического применения. Проведенное исследование функциональных возможностей использования 4D-моделирования на практике показало необходимость включения хронографического планирования [2].

На сегодняшний день, 4D-моделирование приносит пользу на всех строительных этапах. На подготовительном этапе 4D-модель можно использовать для первичной оценки стоимости реализации проекта. При разработке проекта – для нахождения наиболее оптимального технического решения, а также модернизации и совершенствования методов организации рабочего процесса. На строительной площадке – для координации, отслеживания состояния процесса строительства и сравнения фактических и запланированных графиков работ для правильной оценки проекта. Внедрение 4D программного комплекса значительно увеличивает производительность, так как позволяет уже на этапе проектирования выявить проблемы, с которыми можно столкнуться на площадке во время застройки. Четырехмерное планирование позволяет разобраться в процессе строительства здания не только эксперту в области календарных графиков, но и простому сотруднику [3].

На рынке программного обеспечения для 4D-моделирования можно выделить два подхода к отображению последовательности выполнения строительных работ.

К первой группе относятся такие программы, как Autodesk Navisworks, Bentley Navigator, Visual5D. Эти программы в коллаборации, например, с Microsoft Project или Oracle Primavera P6 связывают трехмерную модель с графиком работ. Результат работы представлен в видео-формате. Такой набор функций наиболее полезен при подготовке коммерческого предложения или на начальном этапе планирования.

Во второй группе объединены программы: Asta Powerproject BIM, Synchro Pro, Vico Office 4D Manager. Эти программные комплексы осуществляют детальное планирование и предназначены для профессионального использования [4].

Пользователи особо выделяют Synchro Pro, как одну из лучших программ для работы с масштабными проектами. Рынок программного обеспечения для 4D-моделирования начал свое существование в 2001 году именно с момента основания компании «Synchro», которая до сих пор расширяется и совершенствует свои программы под растущие потребности специалистов. Программные комплексы данной компании сочетают традиционное планирование диаграмм Ганта с интегрированием возможностей 4D-визуализации в режиме реального времени. «Synchro» – это компания, которая также выпускает продукцию, совместимую со многими форматами.

Программное обеспечение «Synchro» создает виртуальную строительную площадку для реализации проекта. Оно позволяет анализировать различные стратегии строительства, распределять задачи между участниками проекта, отслеживать затраты, назначать материальные, технические и трудовые ресурсы, выстраивать логистические цепочки поставок, предварительно задавая траекторию движения машин и механизмов, осуществлять мониторинг проекта и коллизий, просчитывать риски. У программы есть возможность автоматически обновлять план строительства в рамках 4D-комплекса, исходя из сопоставления BIM-модели с графиком производства. Наглядное отображение графика производства работ позволяет максимально эффективно проводить совещания по срокам строительства, отклонениям от него и принимать комплексные решения по наращиванию темпов строительства в случае необходимости. Такая модель содержит информацию о длительности, трудоемкости и стоимости выполнения строительно-монтажных работ, включая информацию о временных зданиях и сооружениях, строительной технике и крановому хозяйству [5].

Применение 4D технологий в строительстве позволяет увидеть и понять последовательность и взаимоувязку строительно-монтажных работ, сравнивать несколько вариантов возведения объекта и выбирать наилучший; увидеть неточности и ошибки в самом календарно-сетевом графике и своевременно их исправить, а также использовать визуальные модели для контроля сроков выполнения работ. Работа с 4D-моделью помогает уменьшить стоимость проекта (объем инвестиций) и сроки строительства. Следовательно, количество возможных рисков, связанных с инвестированием и реализацией проекта сокращается. На данный момент на рынке существуют программные комплексы, из которых специалист может подобрать наиболее отвечающий своим потребностям, как на стадии подготовки коммерческого предложения, так и для профессионального использования.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. BIM-технологии в России [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.tadviser.ru/index.php/:BIM>.
2. Нейландес В.А., Федоров В.В. BIM моделирование и его становление в Российской Федерации // научный журнал «Студенческий» – 2019 – №17 (61).
3. Эльшейх А.М. Автоматизация планирования и формирования 4D графика строительства // Научнотехнический вестник Поволжья – 2014 – №6 – С. 374-376.
4. Кашуба, С. О. Анализ возможностей применения программного комплекса Bentley Synchro Pro для автоматизации и мониторинга строительного производства // Международная научно-техническая конференция молодых ученых, Белгород, 25–27 мая 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 2108-2111. – EDN GJFFYQ.
5. Рябчевский, И.С. 4D BIM-моделирование объектов строительства в программном комплексе Bentley Synchro Pro / И. С. Рябчевский, С.О. Кашуба, Л.А. Сулейманова // Инновационные методы организации строительного производства: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 18–19 ноября 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. – С. 20-29.

**Чернявский И.А., магистрант**

**Научный руководитель: д-р техн. наук., проф.  
Шенна С.Г.**

*Донской государственный технический  
университет, г. Ростов-на-Дону, Россия*

## **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ, МЕЖДУНАРОДНЫЙ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

Большой временной период проектирования и строительства зданий и сооружений состоял в работе с двухмерными планами и рабочей документацией. На данный момент ситуация совсем иная. В связи с активным развитием строительной отрасли массово внедряются и применяются современные методы проектирования, строительства, эксплуатации объектов капитального строительства. Одним из таких методов является информационное моделирование зданий (BIM), которое представляет собой интеллектуальный инструмент, используемый для управления проектной информацией и проектированием зданий в цифровой форме. Такой подход обеспечивает обмен информацией и взаимодействие между сторонами. Информационное моделирование является платформой для улучшения совместной работы и коммуникации, и его сфера применения расширилась от 3D-моделирования до привязки атрибута времени (4D) к ней, затрат (5D), устойчивости окружающей среды (6D) и управление объектами (7D).

Идею BIM-технологий заложил профессор Чарльз Истман. В 1975 году он представил прототип системы описания зданий BDS. Ее функции заключались в извлечении необходимой информации по категориям, атрибутам, типу материала и поставщику из базы данных с последующим внедрением в модель. Прототип также имел графический интерфейс, а также орфографические и перспективные виды. В 1977 году профессор представил GLIDE - графический язык интерактивного проектирования. (рис. 1).

GLIDE имел возможность компактного представления большого количества моделей, а также проведения операций вычитания и объединения простых фигур для создания сложных. Графический язык подразумевался как инструмент разработки передовых на тот момент программных комплексов САПР.

```

POLY PROCEDURE spiral.step(POLY centre;
  REAL riser,radius,r,angle,th)=
BEGIN
  POLY support =
    triangle(radius*0.95,-riser*0.8,th);
  POLY collar = column(12,riser,r);
  POLY plate = wedge(radius,th,angle);
  ! return the result of shape operations;
  CUT centre FROM COMBINE collar WITH
    COMBINE support WITH plate
END;

To make spiral staircase. (dimensions in inches)
SET PROCEDURE spiral.stair(ht,radius,angle)=
BSET; INTEGER numsteps; REAL riser;
numsteps = ht/8.0;
riser = ht/numsteps;
POLY centre = column(12,ht*32.0,5.0);
POLY step = spiral.step(centre,
  riser,radius,3.0,angle,0.625);
FOR i TO numsteps
  DO COPY step=i0,riser*i \0,angle*i
ESET;

SET stair1 = spiral.stair(100.0,46.0,30.0);

```

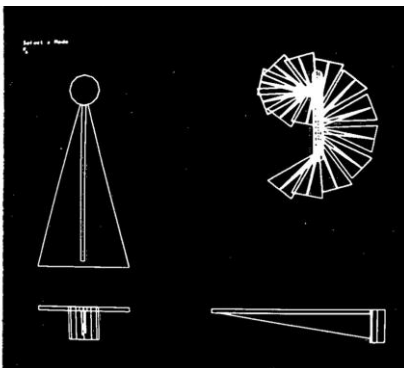


Рис. 1. Графический язык интерактивного проектирования GLIDE

Активное развитие ВМ-технологий началось в 80-х годах прошлого века. Так, в 1986 году была разработана автоматизированная производственная система Эр-Риядского университета RUCAPS. Она предназначалась для быстрого построения 2D-чертежей и 2,5-мерных моделей. RUCAPS был задействован при ремонте терминала аэропорта Хитроу в Лондоне.

В 1984 году венгерским физиком Габором Бояром был разработан Radar CH, который в 1987 году был перевыпущен в качестве первого в мире программного обеспечения ВМ на персональных компьютерах под названием ArchiCAD 1.0 (рис. 2). В 1997 году в него было осуществлено внедрение Teamwork – атрибут обмена файлами для совместной работы между участниками, что позволило работать над одной информационной моделью одновременно.

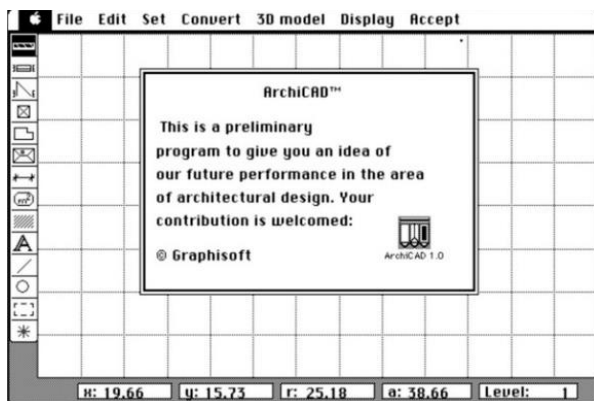


Рис. 2. Скриншот экрана ArchiCAD 1.0.

В 2007 году ArchiCAD стал популярным ПО для разработки небольших по масштабу проектов зданий в Европейских странах, став одним из крупных игроков на рынке программных комплексов BIM.

В 1988 году в Соединенных Штатах компания PTC представила Pro/ENGINEER – систему проектирования механических деталей на основе параметрического моделирования. В 1997 году сотрудники компании Ирвин Юнгрейс и Леонид Райз с опытом разработки подобных программных комплексов основали свою собственную компанию Charles River Software и уже в 2000 году представили систему автоматизированного проектирования Revit. Данный программный комплекс занимал лидирующее место благодаря параметрическому моделированию с привязкой атрибута времени к информационной модели. Затем в 2002 году программа была выкуплена компанией Autodesk. Необходимо отметить, что Revit кардинально изменил ситуацию в области BIM благодаря связи параметрического моделирования с атрибутом времени. Это позволило проектировщикам моделировать процесс этапа возведения, создавать графики производства работ [1-3].

В качестве примеров использования BIM-технологий при реализации масштабных строительных проектов можно выделить:

Денверский художественный музей (рис 3). Использование программного комплекса Tekla Construction BIM в данном проекте позволило достичь высокой скорости, объема и качества строительства, существенно сэкономить бюджет. Для взаимодействия с субподрядчиками по проектированию и строительству каркаса здания, оптимизации графика работы взаимодействия субподрядчиков, а также для проектирования монтажа сантехнических и электрических систем была использована специально созданная для этого параметрическая модель объекта. Это позволило сократить срок строительства на 14 месяцев и сэкономить 400 тысяч долларов при стоимости объекта в 70 миллионов долларов.

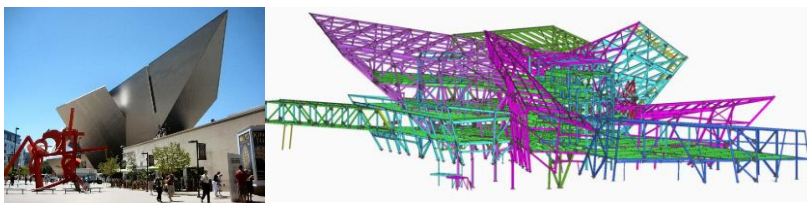


Рис. 3. Художественный музей, Денвер, США

Небоскреб One Island East (рис. 4). Высота здания учетом шпиля составляет 308 метров, что делает его седьмым по высоте зданием во

всем Гонконге. При проектировании программный комплекс для автоматизированного проектирования Digital Project был использован при управлении финансовыми и функциональными отношениями проектирования, строительства. Управление строительным процессом, осуществлялась с помощью информационной модели, в которой выполнялось выявление возможных проблем до того, как они возникнут на площадке строительства.

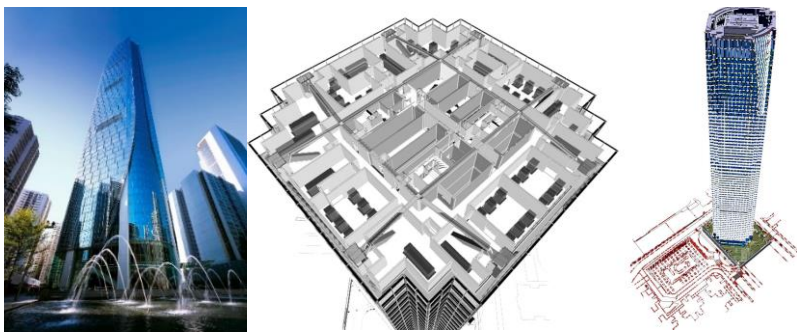


Рис. 4. Небоскреб One Island East, Гонконг, Китай

Стадион «Птичье гнездо» (рис. 5), в котором в 2008 и 2022 году происходили церемонии открытия летних и зимних Олимпийских игр в Китае.

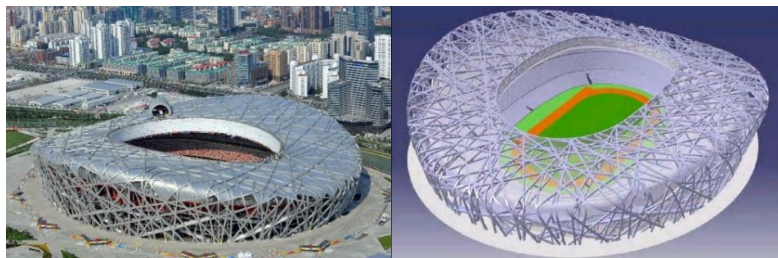


Рис. 5. Стадион «Птичье гнездо», Пекин, Китай

Проектирование геометрии чаши стадиона и дизайн внешней металлической оболочки с переплетающимися элементами, образующими единую структуру, было выполнено в программном комплексе Tekla Construction BIM с помощью параметрического моделирования. Особый характер такой конструкции потребовал большое количество сечений и видов деталей; современные методы детализации секций из конструкционной стали. Для создания

трехмерных моделей элементов и соединений паутины фасада, которые практически невозможно визуализировать мысленно, в программном обеспечении было применена функция зеркального отображения [4].

В России массового внедрения BIM на данный момент не наблюдается. Чтобы быть более точным, развитие BIM идет, но очень медленно и мало, носит, по сути, локальный характер. Активно BIM-технологии в России используются в масштабных проектах, финансируемых правительством. Примером подобных проектов являются олимпийские объекты в Сочи. Так, для олимпийского стадиона «Фишт» была сформирована информационная модель (рис. 6) которая использовалась на этапе строительства и продолжает использоваться на этапе эксплуатации в рамках автоматизированной системы мониторинга деформационного состояния несущих конструкций. Подобная система предполагает взаимодействие информационной модели и специальных датчиков, сообщающихся с ПО SODIS Building M [5]. Аналогичные системы внедрены и стадионах, на которых проводился чемпионат мира по футболу FIFA 2018.

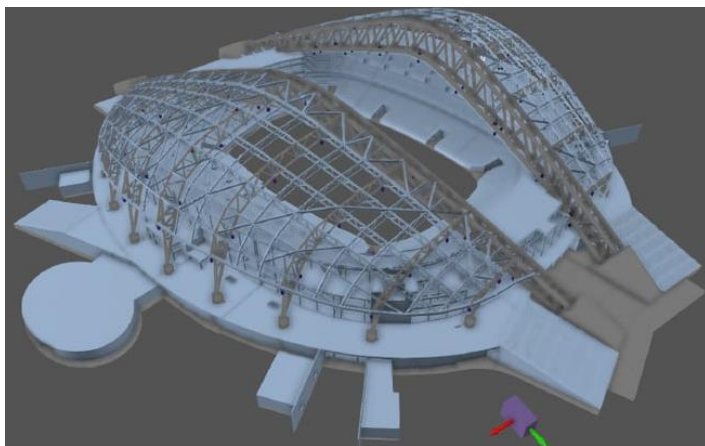


Рис. 6. Информационная модель стадиона «Фишт», Сочи, Россия

В заключение отметим, что несмотря на появление концепции BIM-технологий, которая была сформирована энтузиастами в 1970-х годах, массовое внедрение технологии информационного моделирования началось в начале XXI века. Во многих странах преимущества BIM-технологий в строительной отрасли только начали осознавать. Так, например, с 2007 года в Финляндии, Норвегии, Дании, с 2012 в Нидерландах и с 2017 во Франции и Германии BIM стало частью строительных актов, рекомендованных Европейской комиссией.



Пользователи BIM по всему миру оценивая выгоду от использования BIM предпринимают все больше юридических шагов, для внедрения информационных технологий в строительство. Внедрение BIM-технологий является стратегическим вопросом, имеющим принципиальное значение для дальнейшего развития всей строительной отрасли, и своевременное решение этой проблемы - объективная необходимость.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Шеина С.Г., Петров К.С., Федоров А.А. Исследование этапов развития BIM-технологий в мировой практике и России // Строительство и техногенная безопасность. 2019. №14(66). С. 7-14.
2. История BIM-технологий // BIM Форум [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bimforum.pro/istoriabim> (дата обращения: 10.11.2022).
3. BIM технологии: организация, программно-техническое обеспечение, перспективы // Сервис Гео [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://srvgeo.ru/articles/post/bim-tehnologii> (дата обращения: 10.11.2022).
4. Как реализуют и внедряют BIM в разных странах // isicad [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=15273](https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=15273) (дата обращения: 10.11.2022).
5. Стадион «Фишт» // sodis lab [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sodislab.com/ru/project-fisht> (дата обращения: 10.11.2022).

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

**Научный руководитель: ассистент  
Рябчевский И.С.**

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

### **ПРЕИМУЩЕСТВА И ФАКТОРЫ, ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ ПЕРЕХОДУ К BIM-ТЕХНОЛОГИЯМ**

Building Information Modeling (BIM) – информационное моделирование здания. Такая формулировка обозначает совокупность работ и мероприятий по сопровождению всех этапов жизни строения: проектирование, возведение, эксплуатация, реставрация и даже ликвидации объектов [1].

Технология BIM дает возможность визуализировать в 3D-формате любой фасад и структуру сооружения, рассчитывать разнообразные

способы их расположения, произвести углубленное исследование эксплуатационных показателей в перспективе построенного здания, тем самым значительно снижая поиск оптимального решения [2, 3]. В результате возникает вероятность увеличить количество коллизий и перепроектирования, затратить меньше времени (рис. 1).

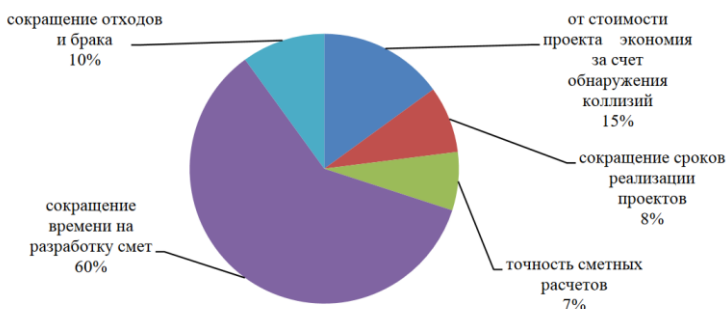


Рис. 1. Возможные результаты внедрения BIM-технологий [4]

Исходя из рис. 1, можно сказать, что использование на практике данных технологий в строительном бизнесе весьма эффективно. Это залог увеличения стабильной по регионам инвесторской активности у фирм в различные социально-хозяйственные проекты за счет значительного сокращения затраченного времени на разработку смет и срока реализации самого проекта.

Одним из важных факторов успешного перехода от традиционного проектирования к информационному моделированию на его начальном этапе является полнота и достоверность информации о трудностях и проблемах такого перехода у участников строительного проекта.

Переход к BIM-проектированию всегда влечет за собой дополнительные затраты. Основные затраты связаны с закупкой достаточно дорогостоящих лицензий целого ряда программных продуктов и с необходимостью переобучения сотрудников компании. Однако стоит учесть, что снижение эффективности работы сотрудников в новых программных продуктах на начальном этапе и, соответственно, затраты, связанные с низкой эффективностью, также являются неизбежным явлением [5].

В то же время, затраты на переход к BIM проектированию достаточно быстро окупаются (как правило, в течение 1,5-2 года), а дальнейший рост эффективности проектирования и строительства, так же, как и сокращение издержек, связанных с ошибками проектирования, позволяют в короткие сроки добиться заметных экономических результатов. Это является причиной, по которой

значительный прогресс в процессе внедрения BIM технологий в зарубежных странах пришелся на период кризиса в строительной области. Таким образом, внедрение BIM технологий в период экономического кризиса не только не является несвоевременным, но даже эффективно способствует разрешению материальных проблем [5].

Большее количество трудозатрат при проектировании в BIM приходится на создание элементов, которые и используют в модели при проектировании. Конечно, можно использовать библиотеки готовых материалов, которые выпускают производители, но не все являются качественными [5].

На рис. 2 представлены две модели, первая из которых является качественно выполненной моделью, а вторая имеет ряд недостатков. Первая модель в точности описывает геометрические характеристики плит перекрытия, которые выпускаются на заводе и, благодаря параметрам, мы может задать глубину зачеканки пустот, что позволяет с высокой точностью подсчитать объем бетона. Вторая же модель представлена в виде прямоугольной формы со сквозными вырезами пустот и не имеет параметра, регулирующего глубину зачеканки пустот (рис. 2, з), отсюда следует увеличение объема бетона.

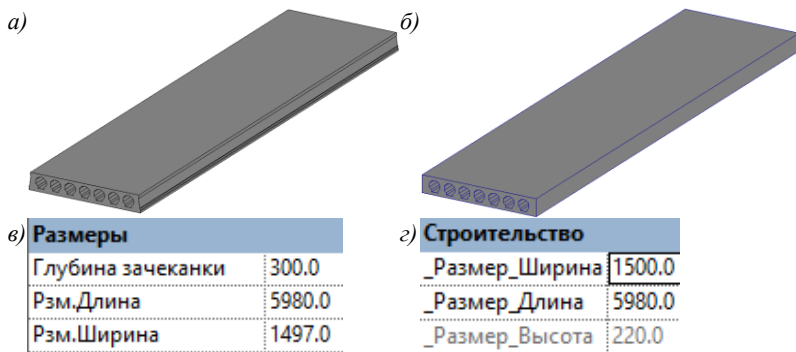


Рис. 2. Семейство плит перекрытия: а – качественно выполненная модель; б – модель ненадлежащего качества; в – параметры первой модели; з – параметры второй модели

Не смотря на различные «за» и «против» в использовании BIM-технологий, BIM-проекты могут принести колоссальную пользу экономике нашей страны, обогатить регионы современными по мировым стандартам объектами сооружений в различных сферах жизнедеятельности. В качестве главных достоинств системы моделирования выступают:

- возможность автоматического создания качественных проектных смет;

- отсутствие ошибок в чертежах, размерах, спецификациях, сметах;
- актуальная информация об эксплуатационных и стоимостных показателях материалов;
- видимость облегчения оптимальных технических решений;
- простота управления строительством и эксплуатацией объекта [6].

Все больше организаций по всему миру делают свой выбор в сторону BIM. Эта технология на всех стадиях жизненного цикла объекта более выгодна по сравнению с традиционной, но наибольший эффект от нее будет только при комплексном использовании, поскольку, чем более детально и грамотно она создается изначально, тем больше пользы она принесет в будущем, в том числе уменьшение простоев на стройке, улучшает понимание между заказчиком, проектировщиком, строителем. Основными проблемами является стоимость ПО, время на обучение. Преимуществ у BIM все же больше, и можно с полной уверенностью сказать о рациональности перехода на BIM-моделирование.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Доронина В. Г. Тенденции развития BIM технологий в строительстве малоэтажных жилых зданий // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 82-1. С. 51-54.

2. Семенихина, А. В. Технологии BIM как инструмент управления строительными проектами в Российской Федерации: успехи и возможности // Перспективные технологии проектного менеджмента в региональной и отраслевой индустрии: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции, Орел, 25–26 апреля 2019 года. Том 1., 2019. С. 236-242.

3. 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.

4. Семенихина, А.В. Информационные технологии организации новых бизнес-процессов на промышленном предприятии: управленческий аспект // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. 2015. № 2-1. С. 53-60.

5. Коровина М.Д., Шавва А.А. Сложности перехода к BIM проектированию // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 12-3. С. 124-127.

6. Жук, Ю.Н. Почему Минстрой предпочел BIM-технологии [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://rcmm.ru/tehnika-i-tehnologii/22401-pochemu-minstroy-predpochel-bim-tehnologii.html>.

# **ПРОГРЕССИВНЫЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

**Арутюнян Л.Г., магистрант**

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

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

## **НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ШЛАКОЩЕЛОЧНЫХ ВЯЖУЩИХ С ДОБАВКАМИ МОЛОТОГО КИРПИЧНОГО БОЯ**

На сегодняшний день заданные тенденции развития современной экономики сопровождаются расширением рынков сбыта строительных материалов. Ведь новые строительные изделия выводят строительство на более прогрессивный путь развития, увеличивая эксплуатационные характеристики и решая различные задачи. Кроме того, актуальным явлением становится внедрение рециклинга и переработки отходов промышленности, сохраняя таким образом окружающую среду и увеличивая объемы выпускаемой продукции. В России, например, ежегодно образуется 16 млн. тонн строительных отходов, из которых на кирпичный бой приходится 6,05 млн. тонн [2, 4].

В настоящее время, по экспертным оценкам, расширение потребностей строительного комплекса не удовлетворяются текущим уровнем объема производства портландцемента, в связи с этим возникает необходимость в поиске альтернативных вариантов его дефицита. Одним из перспективных направлений разработки вяжущих, которые снизили бы образование выделяющейся углекислоты в атмосферу и были бы менее энергозатратными, является применение шлакощелочных вяжущих. Этот компонент, как показала мировая практика, зарекомендовал себя как экологически эффективный и рациональный в использовании материал, конкурирующий с традиционной сырьевой базой [3,6].

Анализ некоторых исследований показал, что применение шлакощелочного вяжущего (ШЩВ) является эффективным при выпуске различной строительной продукции. Кроме того, было установлено, что промышленные отходы покрывают до 60% потребности строительства в необходимых ресурсах. В связи с этим,

были предложены и утверждены нормативные требования к составам и свойствам ШЩВ, а также рецептурам и технологии производства. Однако к 90-м годам использование цементного клинкера заметно выросло, что привело к замедлению и к полной остановке развития данного экологического направления.

Однако поскольку циклы носят периодичный характер, мировое сообщество снова вернулось на путь ресурсо- и энергосбережения, что приводит к повышенному интересу применения ШЩВ.

Наряду с проблемой строительных отходов и ресурсосбережения увеличивается потребность в разработке и внедрении новых стеновых изделий на основе шлакощелочных вяжущих с добавками молотого кирпичного боя [5].

Общим технологическим этапом производства стенового изделия из отходов является, прежде всего, дробление и помол сырья до фракции, не превышающей 2 мм.

Молотый кирпичный бой и шлак представляют из себя многокомпонентную структуру, которая имеет сложное термическое поведение. Таким образом, можно предположить, что различные температурные условия будут иметь многоступенчатый характер.

Доля керамического кирпичного боя от массы шлака составляет 10-80%.

Рассмотрим влияние вида и доли кирпичного боя на прочностные изменения ШЩВ после ТВО, изготовленного на водном растворе жидкого стекла и соды (рис. 1).

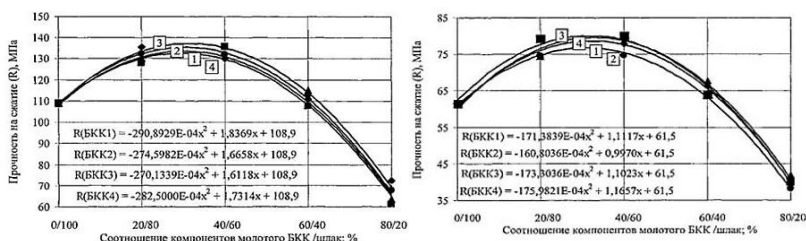


Рис. 1. Влияние молотого кирпичного боя на прочность ШЩВ, изготовленного на водном растворе стекла и соды

На основе представленного рисунка можно отметить, что оптимальной долей кирпичного боя является около 30 %, поскольку прочность на сжатие при данных значениях максимальна. Данное явление объясняется ключевым влиянием поверхности частиц кирпичного боя на элементы гидратации вяжущего и образующихся в результате химического взаимодействия компонентов дополнительных связей [4].

Результаты проведенных исследований влияния молотого кирпичного боя на прочность бетона на ШЩВ отражает тот факт, что вид добавки не

оказывает заметного влияния на пределы изменения его прочности из-за незначительных отличий в составе.

В ряде работ содержатся результаты исследований о пластифицирующих свойствах тонкомолотого микронаполнителя из известняковых пород с удельной поверхностью 1000 м<sup>2</sup>/кг, который снижает водопотребность вяжущего до 15%, а также ведет к повышению прочности наполненного бетона в 2 и более раз.

При применении современных пластифицирующих добавок с молотым кирпичным боем можно добиться эффективных составов керамобетона с прочностью на сжатие более В20. Такой состав позволит выпускать более облегченные стеновые изделия и конструкции [1, 7].

Отличительной характеристикой шлакощелочных вяжущих с добавками молотого кирпичного боя заключается в пониженном уровне высолообразования на 18% по сравнению с бездобавочными, что в свою очередь положительно сказывается на внешнем виде стеновых изделий.

Кроме того, вторичное применение приводит к снижению издержек производства на 15-30%, тем самым увеличивая рентабельность будущей продукции и решая проблемы отечественной сырьевой базы для получения строительных изделий.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Вакалова Т.В., Погребенков В.М., Ревва И.Б. Перспективы расширения отечественной сырьевой базы строительной керамики за счет комплексного использования месторождений глинистого сырья // Вестник науки Сибири. 2020. №1(2). С. 339-347.

2. Власов В.А., Скрипникова Н.К., Шеховцов В.В. и др. Керамические стеновые материалы на основе некондиционного сырья : монография. Томск: Изд-во Том. гос. арх.-строит. ун-та, 2020. 144 с.

3. Гридчин А.М. Проблемы переработки отходов строительного комплекса/Гридчин А.М., Загороднюк Л.Х., Ерофеев В.Т., Аласханов А.Х.//Электронный сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова-г. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019-С.100-105

4. Манакова Н.К., Суворова О.В. Снижение нагрузки на окружающую среду за счет вовлечения техногенных отходов в получение теплоизоляционных материалов // Труды Фермановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2019. № 16. С. 360-363.

5. Муртазаев С-А.Ю., Успанова А.С., Хаджиев М.Р., Хадисов В.Х. Анализ влияния техногенных отходов в виде отсевов дробления керамического боя на основные свойства цементных композитов // Строительные материалы и изделия. 2021. Том 4. № 1. С. 27-34.

6. Столбоушкин А.Ю., Бердов Г.И., Зоря В.Н., Столбоушкина О.А., Пермяков А.А. Влияние добавки ванадиевого шлака на процессы

структурообразования стеновой керамики из техногенного сырья // Строительные материалы. 2014. № 3. С. 73-80.

7. Хадисов В.Х., Сайдумов М.С. Легкие бетоны с использованием керамического кирпичного боя и производственного брака // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах: материалы 3-й междунар. науч.-практ. конф. -Брянск, 2014. С.189-194.

**Атапина Н.А., магистрант,  
Горбачев Д.М., магистрант**

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

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

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БЛОЧНО-ПРОЛЕТНОГО МЕТОДА МОНТАЖА КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ**

Сооружения одноэтажных промышленных зданий вызывают интерес не только в Российской Федерации, но и на мировом рынке. Возведение таких зданий затруднено спецификой монтажа покрытий из-за сложности выполнения работ на высоте, повышенной трудоемкостью, требованиями высокой точности установки, надежности и безопасных методов работы.

Основы монтажа зданий и сооружений разработаны в РФ с учетом интенсификации и научно-технического прогресса. Они решают задачи повышения объема производства, снижения тяжелого ручного труда, экономии всех видов материально-технических ресурсов, совершенствованию организации и управления строительным процессом, применению комплексной механизации и поточных методов производства работ.

Таким образом, накапливается большой проектный и научный потенциал выполнения монтажных работ при сооружении различных промышленных, гражданских, жилых зданий и сооружений для различных отраслей народного хозяйства [1].

Рассмотрим современные грузоподъемные машины для монтажа конструкций одноэтажных промышленных зданий.

Для монтажа конструкций покрытия одноэтажных промышленных зданий на проектных отметках поэлементным способом, как правило, применяют самоходные стреловые краны на гусеничном или пневмоколесном ходу.



На рис. 1 приведен внешний вид мощных самоходных современных монтажных кранов на гусеничном и пневмокошесном ходу [2].

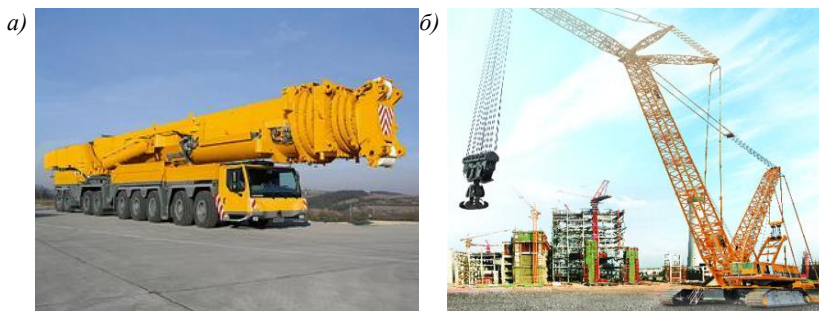


Рис. 1. Гусеничные краны: *а* – гусеничный – высшего класса XGC28000, грузоподъемностью 2000 т (Китай) *б* – пневмокошесный – Liebherr LTM 11200-9.1, грузоподъемностью 1200 т (Германия)

Грузоподъемность таких современных кранов составляет более 1000 т. Например, кран Liebherr LTM 11200-9.1 является самым мощным в мире 1200 т, а его 100 метровая телескопическая стрела - длиной 136 м. Однако использование таких кранов весьма дорого.

Использование телескопических и тросовых гидродомкратов иностранных фирм FAGIOLI, Riggers, DLT, BHEL - PSWR, VSL HEAVY LITING, Энергас, Sarens и другими, позволяет рассматривать блочный монтаж конструкций покрытия одноэтажных зданий, значительно расширяя диапазон технологических решений с использованием построенных на их основе различных устройств (рис. 2, 3) [3-5].

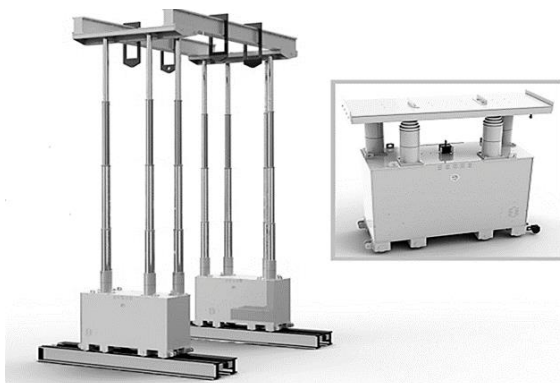


Рис. 2. Гидравлическое устройство EZ600-40 фирмы Riggers грузоподъемностью 690 т при высоте подъема  $H = 5,49$  м и грузоподъемностью 226 т при  $H = 12,19$  м

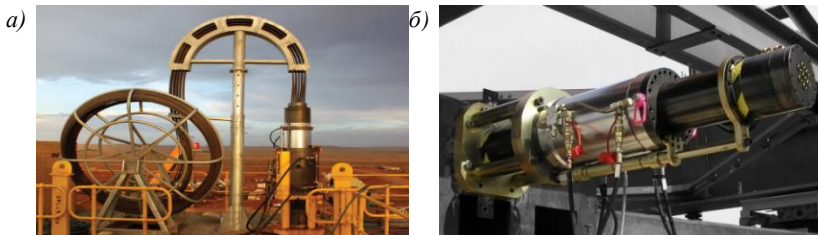


Рис. 3. Тросовый гидродомкрат (9 типовых размерных марок от HL 45 до HL 821 грузоподъемностью от 45 до 821 т): *а* – общий вид; *б* – в рабочем состоянии с устройством для намотки троса

На рис. 4 представлено использование современной технологии монтажа различных крупноразмерных, крупноблочных и сверхтяжелых конструктивных элементов, в том числе и покрытий, которые выполняли иностранные фирмы с использованием различных гидродомкратных, в том числе и тросовых, устройств [6, 7].



Рис. 4. Использование современных технологий монтажа с помощью телескопических и тросовых гидродомкратных систем различными иностранными фирмами

Проведя анализ методов монтажа покрытия одноэтажных промышленных зданий было решено совершенствовать известный блочно-пролетный метод монтажа конструкций покрытия [8] с

помощью домкратов, предусматривающий возведение блока покрытия размером на пролет на земле с последующим подъемом его на проектную отметку.

При разработке блочно-пролетного метода монтажа необходимо решить следующие задачи:

- разработать конструкцию блока размером на пролет;
- разработать способ подъема строительного блока без использования самоходных кранов;
- предложить конструктивные и технологические решения, обеспечивающие подъем строительного блока выше колонны с последующим опусканием его на колонны.

Блочно-пролетный способ установки имеет приоритет над остальными методами монтажа:

- быстрое завершение монтажных работ на всем пролете и представление общего объема работ по осуществлению последующих строительных процессов;
- не требуется обеспечивать устойчивость каждой монтируемой фермы путем установки инвентарных распорок;
- исключает операции по обеспечению техники безопасности при работе на высоте [9-10].

В настоящее время в БГТУ им. В.Г. Шухова ведутся исследовательские работы по совершенствованию блочно-пролетного метода монтажа конструкций покрытия одноэтажных промышленных зданий.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

Сорокина А.С. Основные технологические показатели бескрановых методов подъема структурных покрытий // Инновации и инвестиции. - 2019. - № 11. - С. 275-278.

Титаренко А.В., Мкртычев О.В. Информационные потоки при выборе эффективных методов покрытия одноэтажных промышленных зданий // Технологии. Техника. Инженерия. №3 (13)/2019. С. 21-27.

3. Монтаж металлических и железобетонных конструкций / Гофштейн Г.Е. [и др.]. - М.: Стройиздат, 2004. 527 с.

4. Теличенко В.И. Технология возведения зданий и сооружений : учебник / В. И. Теличенко, О. М. Терентьев, А. А. Лапидус. - 4-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2008. 446 с.

5. Атаев С.С. Механизация транспорта монтажных работ в крупноэлементном жилищном строительстве. – М.: Госстройиздат, 1963. 235 с.

6. Атаев С. С. Технология и механизация строительного производства / С. С. Атаев, С. Е Канторер - М.: Высш.шк., 1983. 359 с.

7. Технология строительного производства / Под ред. О. О. Литвинова, Ю. И. Белякова. - М.: Высшая школа, 1985. 479 с.

8. Патент РФ на изобретение №1656100, 15.06.1991. Способ монтажа покрытия здания // Советский патент № 1656100. 1991. Бюл. № 22. / Кочерженко В.В., Колчунов В.И., Кочерженко А.В.

9. Kocherzhenko, V., Suleymanova, L., Ryabchevskiy, I. Block-span method of roofing structures assembling // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 896, Issue 1, 2020, 012021

10. Кочерженко В.В., Сулейманова Л.А. Технология и организация возведения большепролетных и высотных зданий и сооружений. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. 178 с.

**Банников М. А., магистрант**

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

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

## **ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО МЕТОДА МОНТАЖА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ КАРКАСНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ**

Варианты методов монтажа строительных конструкций разрабатываются в составе ППР для проработки возможных решений по организации, механизации и технологии производства монтажных работ с целью выбора наиболее рационального варианта для конкретных условий производства, закладываемого в основу дальнейшей разработки ППР. Процесс формирования вариантов метода монтажа является одним из ответственных этапов проектирования технологии монтажа строительных конструкций, так как от правильного выбора зависят производительность труда, темпы производства работ, их себестоимость, качество, эффективное использование капитальных вложений.

Организационно-технологическую структуру метода монтажа условно можно представить в виде трехмерной матрицы, где каждому варианту соответствует конкретная модель. Если рассматривать матрицу как систему, оси координат ее будут отражать соответствующие подсистемы, которые несут информацию, позволяющую решать вопросы организации монтажного процесса, его механизации в осуществлении основных монтажных операций [1].

Если задать соответствующие границы по соответствующим координатам, можно регулировать количество рассматриваемых моделей вариантов. Варианты методов монтажа представлены в табл. 1.

Таблица 1

### Варианты методов монтажа

Варианты метода монтажа	Структурная модель	Обобщенные координаты модели	Радиус-вектор	Вариант метода монтажа	Структурная модель	Обобщенные координаты модели	Радиус-вектор
1	$M_1$	$X_1Y_1Z_1$	$R_1$	4	$M_4$	$X_2Y_2Z_2$	$R_4$
2	$M_2$	$X_2Y_1Z_1$	$R_2$	5	$M_5$	.....	$R_5$
3	$M_3$	$X_1Y_1Z_2$	$R_3$	n	n	$X_nY_nZ_n$	$R_n$

Этот факт свидетельствует о реальной возможности выбора оптимального варианта из всех возможных вариантов метода монтажа для конкретных условий и открывается путь к разработке в дальнейших машинных программах. Для этого вначале надо формализовать, а затем математически описать данные каждой подсистемы и определить свойства, параметры и критерии каждого составляющего элемента.

Особое внимание при формировании методов монтажа должно быть обращено на максимальное применение принципов индустриализации. К ним относятся:

использование элементов, конструкций и узлов полной заводской готовности – перенос монтажных операций, связанных с заготовкой, изготовлением и отделкой строительных изделий, со строительной площадки в заводские условия;

комплексная механизация – производство технологически связанных между собой монтажных операций при помощи комплекта машин и средства малой механизации, связанных между собой по технологическому назначению, техническому уровню и производительности;

использование передового опыта и научной организации труда – совершенствование выполнения монтажных приемов и операций с учетом внедрения наиболее удобных инструментов и приспособлений;

поточность производства – расчленение монтажного процесса на составляющие, распределение этих составляющих между исполнителями при обязательном обеспечении производственного ритма и максимального совмещения работ по времени [2].

К технологическим мероприятиям относятся: проверка монтажной технологичности запроектированных конструкций с точки зрения удобства и безопасности их монтажа, проверка расстановки применяемых средств механизации; меры по устранению возможных нарушений прочности элементов и конструкций при монтаже; подбор существующих или разработка новых устройств и приспособлений для безопасности, безопасному применению токсичных материалов, производству работ в зимних условиях и т.д.

К общеплощадочным мероприятиям относятся: организация санитарно-бытового обслуживания работающих на строительной площадке; выбор системы искусственного освещения рабочих мест, проходов, проездов; безопасное складирование материалов; ограждение опасных зон; устройство временных автодорог, обеспечивающих безопасность движения.

Для решения этих вопросов при разработке методов монтажа строительных конструкций необходимо структуру требований охраны труда совместить с технологической структурой метода монтажа и проверить каждый из элементов совмещаемых структур с точки зрения соответствия их требованиям и правилам техники безопасности.

Строительно-технологический анализ объектов монтажа выполняют по каждому объекту в отдельности, а затем по всему их комплексу:

- по функциональному назначению;
- по строительно-конструктивным характеристикам;
- по объемно-планировочным решениям;
- по строительно-технологическим признакам;
- по размещению объемов работ на территории площадки.

Определяющими строительно-технологическими характеристиками, влияющими на выбор метода монтажа, являются: строительные габариты объекта и размеры территории; масса монтируемых элементов и их распределение по высоте; высота подъема или глубина опускания груза; насыщенность объекта технологическим оборудованием, системой различных коммуникаций; непосредственно в зданиях, где монтируются на специальных монолитных фундаментах и т.п. [3-4].

Размеры территории строительной площадки – технологической зоны производства работ определяют из условия нормального функционирования всех ее составляющих. Параметры технологической зоны устанавливают из функциональных особенностей объекта, его внешнего строительного габарита, расположения составляющих ее зон и пространстве.

В зависимости от конструктивной схемы объекта, монтируемые элементы могут иметь различную массу, которая изменяется в диапазоне, ограниченном минимумом и максимумом. Установление предела этих изменений на стадии анализа строительно-технологических характеристик является важной задачей, так как диктует в дальнейшем необходимые параметры для определения ведущих монтажных средств. Одним из главных условий при проектировании методов монтажа строительных конструкций является группировка конструкций с примерно одинаковой массой с учетом их

расположения по высоте и глубине подачи. Это условие может вносить соответствующие коррективы, как процесс этих конструкций, так и в последующее их укрупнение.

Строительно-технологический анализ объектов строительства не заканчивается установление его основных характеристик и их монтажных параметров. Немаловажную роль играет сравнение установленных значений с требованиями, предъявляемой монтажной технологичностью. Этот процесс обычно выполняется на стадиях архитектурно-строительного и конструктивного проектирования, но может осуществляться и при технологическом проектировании, когда решаются вопросы укрупнения монтируемых элементов. Это связано с тем, что указанные параметры влияют на методы монтажа возводимого объекта и требуют их учета при формировании и разработке соответствующих вариантов. Обоснование и оценка проектных решений вариантов методов монтажа строительных конструкций связаны со всесторонним анализом их основных составляющих, которые прямым или косвенным образом влияют на технико-экономические показатели. В соответствии с инструкциями обоснование методов монтажа основывается на общем критерии экономической эффективности по народному хозяйству – приросте национального дохода по отношению к вызывавшим этот прирост капитальным вложениям. Оценка рассматриваемых вариантов метода монтажа осуществляют системой технико-экономических показателей [5].

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Кочерженко В.В. Технология возведения зданий и сооружений: учебное пособие для студентов /: Белгород, БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011. 126 с.
2. Кочерженко В.В., Глаголев Е.С., Кочерженко А.В. Технология, организация и механизация строительного производства. – Белгород, БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. 293 с.
3. Афонин И.А., Король Е.А. Технология возведения зданий и сооружений. – Москва, МГСУ, 1997. 242 с.
4. Афонин И.А., Евстратов Г.И., Штоль Т.М. Технология и организация монтажа специальных сооружений. – Москва, Высшая школа, 1986. 368 с.
5. Теличенко В.И., Терентьев О.М., Лапидус А.А. Технология возведения зданий и сооружений. – Москва, Высшая школа 2004. 290 с.

**Бессонов А. Ю., магистрант,  
Султонбоев Ж. Н., студент**

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

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия  
Ферганский политехнический институт, г. Фергана, Узбекистан*

## **ОПЫТ ЗАРУБЕЖНЫХ И ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ И ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ДОМОВ**

На фоне глобальных экологических проблем энергосбережение является одной из главных задач в строительстве. Это связано с недостатком энергоресурсов и высокой стоимостью добычи. Применение энергосберегающих технологий в строительстве помогает уменьшить энергопотребление здания, поэтому данная проблема является актуальной в условиях холодного климата России [1].

Энергоэффективное строительство - это строительство домов с использованием новых технологий и строительных материалов, воздействие которых на окружающую среду минимально. Согласно результатам исследований, обслуживание дома данного рода будет выгодней с экономической точки зрения на 60%.

Целью энергоэффективного строительства является снижение уровня потребления энергетических и материальных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла здания: от выбора участка до проектирования, строительства, эксплуатации, ремонта и сноса; сохранение или повышение качества зданий и комфорта их внутренней среды. Эта практика расширяет и дополняет классическое строительное проектирование понятиями экономии, полезности, долговечности и комфорта [2].

Одной из самых актуальных отраслей энергоэффективного строительства является «пассивный дом». Технология «пассивный дом» была изобретена немецким доктором наук Вольфгангом Файстом. Целью его разработки был расчет энергетических балансов здания до достижения таких показателей, при которых достигается возможность отсутствия специальной системы отопления.

За двадцать лет существования Института Пассивного дома (Passive House Institute, PHI), основанного доктором В. Файстом, были проведены глубокие исследования влияния на энергосбережение зданий многочисленных факторов как в процессе строительства, так и процессе эксплуатации, отработаны программы расчета и технологии строительства. На базе сформированных знаний стало возможным



широкое распространение «пассивных» домов не только в Германии, но и во всех странах Запада. В «пассивных» домах применяются современные строительные материалы и конструкции, а также новейшее инженерное оборудование. На популярность «пассивных» домов также повлияло снижение стоимости их строительства, ее приближение к уровню стоимости домов традиционного типа благодаря развитию массовости строительства, совершенствования технологий строительства и инженерного оборудования [8].

Таким образом, пассивный дом – это сооружение, основной особенностью которого является отсутствие необходимости отопления или малое энергопотребление (рис. 1).



Рис. 1. Принцип работы систем в энергоэффективном доме на примере малоэтажного дома

Впервые о сохранности ресурсов задумались в США, ведь именно там в 1972 году был реализован первый проект, в котором применялись энергоэффективные технологии.

Его особенность заключается в том, что оно имеет кубическую форму и окна не занимают более 10% площади стены. Такое архитектурное решение было принято с целью сохранности тепла в помещении и увеличения степени инсоляции, что позволит потреблять меньшее количество электроэнергии [3-4].

В 1979 году в Финляндии был построен многоэтажный жилой дом с применением энергосберегающих технологий, а именно:

- Теплоизоляцией внешней оболочки здания;
- Большим количеством окон, для обеспечения хорошей инсоляции;
- С системой, обеспечивающей автоматическое управление вентиляцией и освещением, что позволяет оптимизировать учет потребления энергии;
- С использованием трехслойного стеклопакета, который работает, как солнечные коллекторы.

Строительство энергоэффективных домов продолжается до сих пор, и с каждым годом данная сфера совершенствуется. Так, в 1994 г. во Фрайбурге, Германия был построен дом, генерирующий энергию. Данное здание уникально тем, что вырабатывает энергии в пять раз больше, чем потребляет. Такой эффект достигается за счет солнечных панелей, установленных на крыше дома, которые занимают площадь в 54 м<sup>2</sup>. Также этот дом оборудован специальными резервуарами для сбора дождевой воды, которая в последующем разделяется на водород и кислород при помощи электролиза.

С 2012 г. в Китае, Гонконг строятся дома, спроектированные таким образом, чтобы сократить потребление электроэнергии от общих сетей. На крышах таких домов установлены солнечные батареи, а само здание по периметру практически полностью остеклено [1-5].

На территории России тоже имеются примеры строительства зданий с применением энергосберегающих и энергоэффективных технологий.

Первым опытом энергоэффективного строительства можно назвать экспериментальный жилой дом, построенный в 2001 г. в московском микрорайоне Никулино-2. При его возведении впервые в нашей стране был использован комплекс мероприятий, обеспечивающих снижение энергозатрат при эксплуатации жилья. В здании были установлены теплонасосы для горячего водоснабжения, использующие тепло грунта и удаляемого вентиляционного воздуха, система отопления, обеспечивающая возможность поквартирного учета и регулирования потребляемого тепла, и применены наружные ограждающие конструкции с повышенной теплозащитой.

Так, с 2010 г., в северном районе Хабаровска, успешно функционирует жилой дом, оборудованный современными энергосберегающими технологиями.

Конструкция данного здания выполнена из «сэндвич»-панелей, которые позволяют снизить энергопотребление. Также установлены окна с деревянными рамами и встроенными жалюзи, что позволяет регулировать уровень инсоляции в помещении. Помимо вышеперечисленного, здание жилого дома оборудовано рекуператорами и системой отопления из медных труб со стальными радиаторами, оснащенными термостатными клапанами, что позволяет регулировать степень отопления помещений [6].

Во время летнего сезона, в дом подается горячая вода из гелиосистемы, установленной на крыше здания и состоящей из девяти солнечных коллекторов, обвязанных по параллельно-последовательной схеме, что увеличивает эффективность их работы на 30%.

В Москве в 2005 году был построен восемнадцатизэтажный жилой дом, ограждающие конструкции которого монолитные, с утеплителем и

кирпичной облицовкой. Оконные проемы данного здания заполнены двухкамерными стеклопакетами в металлопластиковых переплетах.

Многоэтажный жилой дом оснащен системой горизонтального отопления, которая обладает рядом преимуществ, в сравнении с вертикальной разводкой труб [2, 7].

Основной особенностью данного многоэтажного жилого здания является система вентиляции помещений. Она устроена таким образом, что воздухообмен осуществляется практически из каждой квартиры на улицу. В холодное время года, поступающий в систему вентиляции холодный воздух фильтруется и прогревается до необходимой температуры, после чего подается в квартиру. Благодаря таким системам, достигается экономия теплотребления. Так, данное жилое здание экономит теплоту на отопление и вентиляцию, порядка 43%.

На сегодняшний день в российских регионах все больше развивается проектирование и строительство энергоэффективных домов, многие уже построены и введены в эксплуатацию в городах Белгород, Уфа, Казань, Ангарск и др.

В нашей стране в сферу строительства начинают постепенно внедряться энергоэффективные технологии и материалы при возведении жилых комплексов (рис. 2).



Рис. 2. Жилой солнечный дом переменной этажности, г. Владивосток

Также одним из основных направлений повышения эффективности строительства является применение ресурсосберегающих материалов, изделий и конструкций [9].

На сегодняшний день повышение энергоэффективности и энергосбережения в строительстве является важной, но не простой задачей. Возникают сложности в связи с недостаточной мотивацией, малой информированностью, отсутствием опыта в организации и координации навыков проектирования, а также ограниченным

финансированием. Меры, направленные на повышение энергоэффективности, должны носить комплексный характер [4, 5].

В настоящее время России в вопросе применения энергосберегающих технологий есть куда развиваться. По мнению специалистов Россия имеет огромный потенциал - более 40% от всего уровня потребления энергии. Энерго и ресурсосберегающие строительные технологии являются перспективными направлениями будущего строительства. Исходя из вышесказанного можно говорить о том, что проблемы энергосбережения приобретают особую остроту в связи с ростом спроса на энергоресурсы, перманентным повышением тарифов на тепловую и электрическую энергию, ухудшением экологии. Разработка и внедрение новых энергосберегающих технологий – это одна из главных задач в современном мире [3, 6].

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шеина С.Г., Федяева П.В., Черникова А.А. Применение мирового опыта при строительстве энергоэффективных жилых комплексов в России // ИВД. 2022. №5 (89). С. 24-29.

2. Гринкруг Н.В., Костиков С.А. Технико-экономический анализ применения энергоэффективных технологий в строительстве малоэтажных зданий в Дальневосточном регионе России // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. 2015. №3. С. 85-90.

3. Паук Ю.Ю. Энергосберегающие технологии в современном строительстве // Евразийский Союз Ученых. 2019. №3-3 (60). С. 141-151.

4. Мохонько Я.Ю., Маштакова К.В., Яковлева К.С. Изучение практик энергоэффективного строительства в России и Германии и разработка мероприятий по их совершенствованию // Концепт. 2017. №S7. С. 11-17.

5. Кунгс Я.А., Цугленок Н.В., Животов О.Н., Таран Е.Ю., Шаталов А.Б., Кузнецов С.А., Шклярук А.С. Малый энергоэффективный жилой дом (эскизный проект) // Вестник КрасГАУ. 2014. №10. С. 25-32.

6. Дегтев И.А., Тарасенко В.Н., Хуркова Д.А. Основные принципы формирования доступного жизненного пространства в "зеленом" строительстве // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2016. №12. С. 35-39.

7. Пугачев С.В., Табунщиков Ю.А., Наумов А.Л. Концепция нормирования энергоэффективности зданий: мировой опыт и российские перспективы // Academia. Архитектура и строительство. 2012. №1. С. 108-115.

8. Смоляго Г.А., Дронова А.В. Возможности совершенствования качеств наружных стен при возведении и эксплуатации малоэтажных «Пассивных» домов // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2011. №2. С. 12-15.

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

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

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

## РОЛЬ ЗАКРЕПЛЕНИЯ В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ВОЗВОДИМЫХ МЕТОДОМ ПОДЪЕМА ВЫЖИМАНИЕМ

Метод подращивания каркасов методом выжимания – один из самых прогрессивных методов производства работ при возведении конструкций. Его суть заключается в последовательной установке несущих элементов каркаса в виде колонн или стоек, перекрытий и ограждающих конструкций сверху вниз. В зависимости от конструктивной схемы возводимого объекта данным методом могут возводиться как многоэтажные жилые здания, так и инженерные сооружения каркасного типа (см. рис. 1). Для первого случая вначале предварительно размещают опору-кондуктор, в качестве которой так же могут быть использованы конструкции подвального или первого этажа.

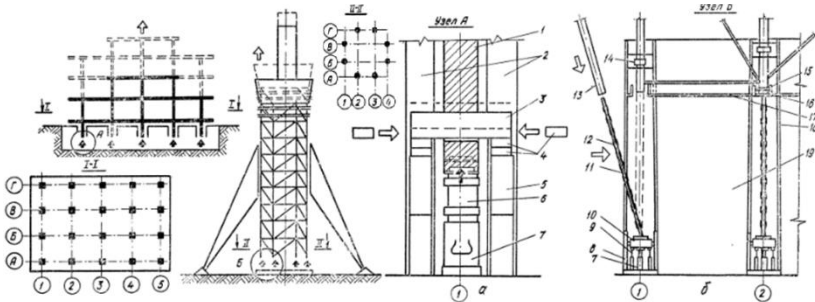


Рис. 1. Подращивание каркасов при возведении многоэтажных зданий (а) и инженерных сооружений – башен (б): 1 – выталкиваемая колонна; 2 – направляющие колонны; 3 – балка-чека; 4 – подкладки; 5 – опорные колодки; 6 – наддомкратная колодка; 7 – гидродомкрат; 8 – рама гидродомкратной установки; 9 – страховочные винтовые домкраты; 10 – наддомкратная балка; 11 – толкатели; 12 – боковые упоры толкателя; 13 – подращиваемая стойка каркаса башни; 14 – нижнее направляющее устройство с хомутом; 15 – втулка толкателя; 16 – хомут диафрагмы; 17 – монтажная диафрагма; 18 – направляющие; 19 – опора кондуктора

В качестве примера возведения можно рассмотреть строительство 380-метровой телевизионной в Киеве. Подготовительные работы включали в себя: монтаж опоры-кондуктора, устройство насосной станции с разводкой маслопроводов, установка стенов укрупнительной сборки

конструкций, монтаж башенным краном части башни с «ногами» (рис. 1, б). В свою очередь опора-кондуктор была выполнена в виде восьмигранной призмы с диаметром описанной окружности 17 м, высотой 18,9 и массой 175 тонн, а колонны кондуктора имели сечение в виде двухветвевых сварных двутавров. С наружной стороны к полкам колонн крепились рельсы - направляющие при выдвигении башни. На кондукторе устраивались две рабочие площадки: первая для сборки и сварки поясов, раскосов, распорок и диафрагм башни, а вторая для складирования с последующим монтажом элементов диафрагм ствола, для связи между собой использовались маршевые лестницы. Система подъемного устройства включала под каждой колонной выталкивающий (основной) гидродомкрат с рабочим ходом 90 см и два страховочных винтовых домкрата, соединяемые с толкателем через наддомкратную балку. Толкатели оборудовались боковыми упорами, которые обеспечивали после каждого шага поршня перестановку упорных приспособлений. Для насаживания на толкатели трубчатых стоек каркаса башни предусматривалась возможность их отклонения на угол до  $10^\circ$ . После происходил подъем на высоту хода поршня с последующим поворотом попеременно каждой пары противоположных толкателей на угол, позволяющий совмещать упоры со сквозными пазами в упорных шайбах, опускание толкателей вместе со штоками поршней гидродомкратов в исходное положение вместе с упорными шайбами и подготовка их к новому подъему. Повторение шагов подъема производили до полного выталкивания штока на высоту яруса с последующей заменой стоек каркаса башни, что соответствовало одному циклу подъема. На новых ярусах циклы подъема повторялись. Выжимание башни на один ярус высотой в 8 м происходило за 17-18 смен. Общая масса конструкции каждого из ярусов могла достигать до 45 т, а отклонение оси ствола от проектной вертикали были ниже нормативных в 2- 4 раза [1].

Как мы знаем, в основе понятия устойчивость, лежит получение таких значений критических нагрузок, при превышении которых исходные не искривленные формы равновесия перестают быть устойчивыми. В этих случаях системы принимают другие, либо устойчивые, либо неустойчивые изгибные состояния равновесия. Однако, если даже и будет установлена устойчивая форма равновесия, которую эта система приобретает в процессе перехода ее из исходного состояния в новое, последующее поведение конструкции остается неизвестным. Это связано с тем, что переход от исходного не искривленного состояния к новым изгибным устойчивым состояниям равновесия стержневых систем (даже при плавном увеличении внешних нагрузок) обычно происходит скачкообразно. Такая резкая смена форм равновесия может привести к разрушению конструкции в целом. Вследствие этого инженеры стараются проектировать стержневые конструкции так, чтобы избежать потери

устойчивости первого рода, т.е. сохранить исходное состояние равновесия. При значениях силы  $F$ , меньших первой критической, единственная форма равновесия – прямолинейная, так как в основном происходит сжатие стержня [2]. Решить проблему обеспечения устойчивости конструкций позволяет закрепление конструкций, которое предусматривает обеспечение устойчивости и безопасности производства работ путем лишения установленных конструкций всех степеней свободы так, чтобы возмущение воздействия внешней среды не смогли нарушить требуемой проектной точности монтажа [3].

В соответствии с нормативными документами, поднятые и установленные элементы и конструкции не могут быть освобождены от захватов и стропов, присоединенных к монтажным машинам или механизмам, до тех пор, пока не будут надежно закреплены. Закрепление конструкций выполняют в зависимости от принятой схемы их опирания. Таких схем может быть несколько: точечная – с опиранием на одну или несколько точек; линейная – с опиранием по граням внутренних или наружных стенок, сплошная – с опиранием по всей плоскости конструкции и их комбинации. Например, точечная схема опирания объемных конструкций предусматривает передачу нагрузки через расположенные по углам стальные площадки, на которых могут устанавливаться для обеспечения более точного монтажа штыревые фиксаторы или анкеры. Постоянное закрепление обеспечивает устойчивость в проектном положении установленных конструкций на период выполнения после монтажных работ и эксплуатации, является завершающей операцией технологического процесса монтажа. Закреплению подлежат все без исключения конструкции, как статически неустойчивые, так и статически устойчивые. После закрепления конструкции считаются смонтированными и должны соответствовать предъявляемым к ним проектным требованиям по прочности и точности установки. Закрепление может выполняться посредством сварки, установки болтов, заклепок, бетонирования стыков и т. п. сразу же или спустя некоторое время после установки и выверки. В последнем случае, особенно, если конструкции статически неустойчивы, предусматривают временное крепление.

Временное закрепление обеспечивает устойчивость в проектном положении установленных конструкций на период выполнения выверки, постоянного закрепления и технологического выдерживания бетона в стыках. Без временного закрепления возможна установка только статически устойчивых конструкций, которые не могут изменить своего положения под действием временных нагрузок и сил (преимущественно конструкции с широким основанием и низко расположенным центром тяжести, находящиеся в положении статического равновесия). Статически неустойчивые конструкции устанавливают с временным закреплением (если при этом не предусматривается их постоянное закрепление) в случаях

необходимости освобождения монтажного средства от удержания конструкций, производство поверочных работ, длительности подготовки стыков и т. п. [4]. В строительстве применяют различные монтажные приспособления и устройства, предназначенные для временного закрепления конструкций. Они способствуют упрощению работ и снижению трудозатрат, связанных с выполнением крепежных, выверочных и других операций, не требуют внесения специальных конструктивных изменений в закрепляемые элементы и конструкции. Основным недостатком средств временного крепления (кроме кондукторов) являются необходимость выполнения выверки, и трудоемкость их установки.

Так же и при возведении инженерных сооружений каркасного типа в качестве опоры обычно используют специальный кондуктор, который оборудуется монтажным подъемным устройством, состоящим из выталкивающих и страховочных приспособлений, и для обеспечения устойчивости сооружения в вертикальной плоскости применяют временные или постоянные упоры различной конструкции. Постоянные упоры («ноги») являются, как правило, частью инженерного сооружения и рассчитываются на совместную их работу [5].

Крайне важно обеспечить устойчивость возводимых зданий и сооружений на всех этапах их жизненного цикла, в особой степени это актуально для зданий возводимых, вновь набирающим популярность методом подъема выжиманием, для которых по эксплуатационным или архитектурно-конструктивным соображениям нерационально применение сборных конструкций перекрытий серийного заводского изготовления, возводимых в сейсмических районах или при стесненных условиях строительства, при невозможности использовать для подъема стреловые краны, при недопустимости горизонтальных усилий на фундамент, а так же в районах с недостаточно развитой индустриальной строительной базой, поэтому нельзя переоценить важность правильного проведенного закрепления при использовании данного метода [6].

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Кочерженко В. В. Основы технологии возведения зданий: Учебное пособие / В. В. Кочерженко, В. М. Лебедев. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. - 330 с.

2. Технология высотного строительства без кранов / А. Б. Тринкер. 2011 // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2011. N 11. - С. 43-45.

3. Технология и организация монтажа строительных конструкций: Справочник / Под ред. В. К. Черненко, В. Ф. Баранникова. - К.: Будивельник, 1988. - 276 с.



4. Ефимов Ю. М. Анализ технических решений конструкций кровельного покрытия при устройстве плоских кровель многоэтажных жилых зданий // Современное строительство. 2019. №9. С. 55-60.

5. Османов С. Г. Выбор вариантов, механизации бетонных работ в монолитно-каркасном строительстве. - Ростов-на-Дону: Изд-во Донской государственной технической университет. 2019. - 11 с.

6. Клюев С. В. Оптимальное проектирование стержневой пространственной конструкции / С. В. Клюев, А. В. Клюев // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. № 2. С. 9-12.

**Бочаров К.А., магистрант,  
Даньков Д.А., магистрант**

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

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

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ ПОВРЕЖДЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ТОРКРЕТИРОВАНИЯ**

Одним из прогрессивных способов выполнения бетонных работ в строительстве является метод торкретирования, получивший широкое распространение в нашей стране и за рубежом с начала 60-х годов прошлого века [5]. Торкретирование целесообразно в тех случаях, когда необходимо бетонировать строительные конструкции сложной конфигурации и незначительной толщины, при возведении которых возникают трудности, связанные с уплотнением бетонных смесей вибраторами и требуются значительные затраты на изготовление опалубки, а также в тех случаях, когда к бетону предъявляются повышенные требования по водонепроницаемости и морозостойкости [2].

Бетонирование, произведенное по данному методу, позволяет создать прочное покрытие, устойчивое к механическим воздействиям, проникновению влаги и температурным перепадам [3].

Соответственно, торкретбетон – это готовая конструкция, возведение которой осуществлялось при помощи специальных установок, подающих раствор к месту производства работ по высоконапорным шлангам под действием сжатого воздуха (рис. 1).



Рис. 1. Процесс нанесения торкретбетона

Сам механизм нанесения смеси происходит за счет специальной форсунки (сопло, распылитель), расположенной на конце шланга и послонно распыляющей под высоким давлением бетонную смесь по поверхности конструкций [1].

Существует два способа торкретирования: сухой и мокрый.

*Сухое торкретирование* (рис. 2) представляет собой формирование бетонного слоя за счет скоростной подачи составляющих на поверхность с эффектом адгезии и уплотнения. При использовании этой технологии сухая смесь загружается в установку и сжатым воздухом подается на сопло, выбрасывается на поверхность со скоростью 130 - 170 м/с одновременно с водой.

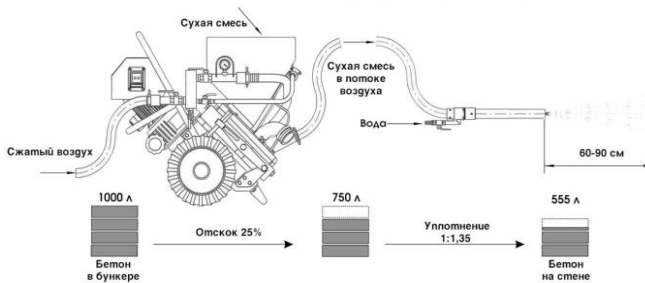


Рис. 2. Схема сухого торкретирования

Процесс сухого распыления бетона заключается в использовании сухого цемента с различными наполнителями. При этом со шланга подается вода под давлением. Смешение двух фаз осуществляется в распыляющем устройстве. Там же образуется раствор требуемой густоты [1].

При *мокрым способе* смесь поступает к распылителю в смешанном виде [6]. Давление в рукаве при транспортировке создается компрессором или бетононасосом. Во втором случае подача смеси более постоянная и качественная, при ней распределение слоев происходит более равномерно (рис. 3).

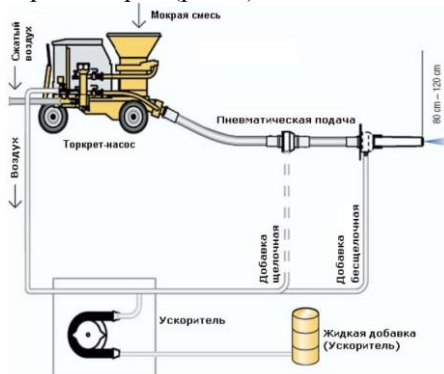


Рис. 3. Схема мокрого торкретирования

Для набрызга «мокрого» торкретбетона традиционно применяется гидравлическая подача при помощи поршневых насосов. При мокром торкретировании до начала перекачивания, бетононасос должен быть осмотрен и проверен в соответствии с рекомендациями производителя. До подачи бетона в бетононасос, бетоноводы следует смазать раствором воды и цемента (либо специальным раствором).

Получив сигнал от сопловика, оператор бетононасоса подает бетон в бетоновод, отслеживая давление в системе и загрузку бункера, чтобы успеть остановить работу по сигналу сопловика.

Процесс механизированной подачи торкретбетона позволяет под давлением набрызгивать самоуплотняющуюся смесь с размером заполнителя до 1 см. Высокая интенсивность нанесения состава формирует плотный бетонный массив, в котором отсутствуют полости. Это положительно влияет на повышение механических характеристик бетонного слоя, повышая срок эксплуатации возводимой конструкции [4].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонов В.И. Торкретирование резервуаров установкой Н.С. Моргунова // Шахтное строительство. 1987. № 6. С. 26
2. Атаев С.С. Технология индустриального строительства из монолитного бетона. М.: Стройиздат. 1989. 338 с.

3. Березина М.В. Ремонт и усиление железобетонных конструкций методом торкретирования бетона // Студенческий вестник. 2020. № 1-5(99). С. 29-30.

4. Дементьева М.Е., Минин К.Е. Анализ эксплуатационной пригодности плиты покрытия блока станции метрополитена // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 7. С. 42-52.

5. Хаджишалапов Г.Н., Раджабов Р.Г., Сагидов С.К., Кадыров К.М. Зарубежный и отечественный опыт технологии торкретирования различных конструкций // Актуальные вопросы технологии организации строительного производства и строительных материалов : сборник научных трудов, Махачкала, 11 ноября 2021 года. Махачкала: Типография ФОРМАТ, 2021. С. 74-84.

6. Шапошник Ю.Н. Целесообразность применения метода "мокрого" торкретирования в сложных горно-геологических условиях на шахтах ТОО "Востокцветмет" // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2017. Т. 4. № 3. С. 191-196.

**Глабец П.А., магистрант,  
Тарасов М.В., магистрант**

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

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

## **МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА**

В последнее время тема энергоэффективности в зданиях рассматривается на уровне международной и государственной политики. Ежедневно обсуждаются вопросы об ограниченности природных ресурсов, изменениях в климате и прочих проблемах. Рациональное использование энергоресурсов можно достигнуть только путем комплексного применения передовых энергосберегающих технологий и внедрения мер организационного характера, направленных на энергосбережение. Постоянный рост цен и тарифов на энергоресурсы прямым образом отражается в производственном процессе любого предприятия. Решение данной проблемы видится в одном – необходимость экономить энергию и проводить мероприятия, способствующие этому. Требуется комплексный подход, учитывающий, что уровень энергетической эффективности здания зависит от архитектурно-планировочных решений, компоновки здания,

особенностей природно-климатических воздействий, режима работы систем отопления и кондиционирования, уровня автоматизации систем поддержания микроклимата.

В настоящее время теплотехнические нормы требуют существенного увеличения уровня теплозащиты проектируемых и реконструируемых зданий. Оптимизация использования топливно-энергетических ресурсов обеспечивается введением в действие комплекса взаимосвязанных законодательных актов и нормативно-технических документов, нацеленных на достижение экономической эффективности использования энергетических ресурсов при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении требований к охране окружающей природной среды.

При проведении работ по капитальному ремонту необходимо модернизировать здание для увеличения его теплоэффективности. Перечень мероприятий по повышению энергоэффективности:

Повышение теплового сопротивления ограждающих конструкций [1]:

- облицовка наружных стен, утепление кровли, перекрытий над подвалом теплоизоляционными плитами, снижение теплопотерь до 40 %;
- устранение мостиков холода в стенах и в примыканиях оконных переплетов.

- устройство в ограждениях/фасадах прослоек, вентилируемых отводимым из помещений воздухом;

- применение теплозащитных штукатурок;

- уменьшение площади остекления до нормативных значений;

- остекление балконов и лоджий.

- установка современных окон с многокамерными стеклопакетами;

- применение окон с отводом воздуха из помещения через межстекольное пространство;

- установка проветривателей и применение микровентиляции;

- применение теплоотражающих /солнцезащитных стекол в окнах и при остеклении лоджий и балконов;

- остекление фасадов для аккумуляирования солнечного излучения;

- применение наружного остекления, имеющего различные характеристики накопления тепла летом и зимой;

- установка дополнительных тамбуров при входных дверях подъездов и в квартирах.

Повышение энергоэффективности системы отопления [1]:

- замена чугунных радиаторов на более эффективные алюминиевые;

- установка термостатов и регуляторов температуры на радиаторы;

- применение систем поквартирного учета тепла (теплосчетчики, индикаторы тепла, температуры);

- реализация мероприятий по расчету за тепло по количеству установленных секций и месту расположения отопителей;
- установка теплоотражающих экранов за радиаторами отопления;
- применение регулируемого отпуска тепла (по времени суток, по погодным условиям, по температуре в помещениях);
- применение контроллеров в управлении работой теплопункта;
- применение поквартирных контроллеров отпуска тепла;
- сезонная промывка отопительной системы;
- установка фильтров сетевой воды на входе и выходе отопительной системы;
- дополнительное отопление через отбор тепла от теплых стоков;
- дополнительное отопление при отборе тепла грунта в подвальном помещении;
- дополнительное отопление за счет отбора излишнего тепла воздуха в подвальном помещении и в вытяжной вентиляции (возможное использование для подогрева притока и воздушного отопления мест общего использования и входных тамбуров);
- дополнительное отопление и подогрев воды при применении солнечных коллекторов и тепловых аккумуляторов;
- использование неметаллических трубопроводов;
- теплоизоляция труб в подвальном помещении дома;
- переход при ремонте к схеме индивидуального поквартирного отопления.

Повышение качества вентиляции. Снижение издержек на вентиляцию и кондиционирование [1]:

- применение автоматических гравитационных систем вентиляции;
- установка проветривателей в помещениях и на окнах;
- применение систем микровентиляции с подогревом поступающего воздуха и клапанным регулированием подачи;
- исключение сквозняков в помещениях;
- применение в системах активной вентиляции двигателей с плавным или ступенчатым регулированием частоты;
- применение контроллеров в управлении вентсистем.
- применение водонаполненных охладителей в ограждающих конструкциях для отвода излишнего тепла;
- подогрев поступающего воздуха за счет охлаждения отводимого воздуха;
- использование тепловых насосов для выхолаживания отводимого воздуха;
- использование реверсивных тепловых насосов в подвалах для охлаждения воздуха, подаваемого в приточную вентиляцию.

Экономия воды (горячей и холодной) [1]:

- установка общедомовых счетчиков горячей и холодной воды;
- установка квартирных счетчиков расхода воды;
- установка счетчиков расхода воды в помещениях, имеющих обособленное потребление;
- установка стабилизаторов давления (понижение давление и выравнивание давления по этажам);
- теплоизоляция трубопроводов гвс (подающего и циркуляционного);
- подогрев подаваемой холодной воды (от теплового насоса, от обратной сетевой воды и т.д.);
- установка экономичных душевых сеток;
- установка в квартирах клавишных кранов и смесителей;
- установка шаровых кранов в точках коллективного водоразбора;
- установка двухсекционных раковин;
- установка двухрежимных смывных бачков;
- использование смесителей с автоматическим регулированием температуры воды.

Экономия электрической энергии [1]:

- замена ламп накаливания в подъездах на люминесцентные энергосберегающие светильники;
- применение систем микропроцессорного управления частотнорегулируемыми приводами электродвигателей лифтов;
- замена применяемых люминесцентных уличных светильников на светодиодные светильники;
- применение фотоакустических реле для управляемого включения источников света в подвалах, технических этажах и подъездах домов;
- установка компенсаторов реактивной мощности;
- применение энергоэффективных циркуляционных насосов, частотнорегулируемых приводов;
- пропаганда применения энергоэффективной бытовой техники класса A+, A++.
- использование солнечных батарей для освещения здания

Экономия газа [1]:

- применение энергоэффективных газовых горелок в топочных устройствах блок котельных;
- применение систем климат-контроля для управления газовыми горелками в блок котельных;
- применение систем климат-контроля для управления газовыми горелками к квартирным системам отопления;
- применение программируемого отопления в квартирах;
- использование в быту энергоэффективных газовых плит с керамическими ик излучателями и программным управлением;

– пропаганда применения газовых горелок с открытым пламенем в экономичном режиме.

Регулярное информирование жителей о состоянии энергосбережения на обслуживание общедомового имущества.

Далее рассмотрим поподробнее основные энергосберегающие мероприятия, позволяющие увеличить энергоэффективность здания.

Самым распространенным путем уменьшения потребляемой тепловой энергии является снижение тепловых потерь здания. Для этого рассмотрим процентное отношение тепловых потерь для различных элементов здания [1].

Процент тепловых потерь определяется регионом строительства, годом постройки здания, назначением здания, его этажностью, типом ограждающих конструкций и т.д. При анализе можно заметить, что основной процент тепловых потерь в здании происходит путем инфильтрации. Избежать этих потерь поможет устройство современных энергоэффективных окон и дверей [2].

В большинстве зданий, подлежащих капитальному ремонту, до сих пор стоят деревянные рамы. На данный момент по установленной программе капитального ремонта предусмотрены только окна из поливинилхлоридных профилей. Такие конструкции сберегают тепло, имеют хорошие шумоизоляционные свойства [3].

На втором месте в процентном отношении тепловых потерь здания выступают потери через наружные ограждающие конструкции. Объяснить это можно тем, что стеновые ограждения старых зданий обладают теплозащитными свойствами, которые почти в три раза меньше существующих нормативных требований. Это способствует увеличению энергопотребления и понижению уровня комфортности для жильцов.

Утепление стен осуществляется двумя способами – снаружи и изнутри фасада здания. Недостатками внутреннего утепления стен являются: сокращение жилой площади комнаты, склонность к промерзанию наружных стен и образованию конденсата между утеплителем и стеной.

На данный момент чаще распространено наружное утепление стен. В этом случае происходит защита стен от наружных колебаний температур, от воздействия осадков, увеличивается звукоизоляция стен. Наружное утепление чаще всего осуществляется под штукатурные работы и вентилируемый фасад. В первом случае фасад здания обшивается плитами утеплителя, на которые при помощи специальных креплений навешивается армирующая сетка. Далее происходит финишная отделка фасада – оштукатуривание. Но данные работы невозможно производить в холодные времена года, так как технология предусматривает проведение работ до температуры 5°C.



Вторым вариантом устройства наружного утепления является вентилируемый фасад. В данном случае технология предусматривает специальную навесную систему, плиты утеплителя, ветро- влагозащитную мембрану и облицовочные панели. Облицовочные панели крепятся таким образом, чтобы между ними и стеной был воздушный промежуток. Минусами таких фасадов является их значительно большой вес, что добавляет нагрузку на здание [4].

В качестве утеплителя выступают различные материалы: минеральная вата, стекловолокнистая вата, пенополистирол, пенополиуретан и др. Чаще всего утепление фасадов здания производят плитами пенополистирола, минеральной ваты и керамогранита. В современных теплоизоляционных плитах не заводятся насекомые, это увеличивает уровень комфорта в здании.

Для улучшения теплоизоляционных свойств крыш, на их поверхности устраивают полимерную пленку. Данный материал способствует полной водонепроницаемости конструкции и хорошему сопротивлению отрицательных температур. Чердачные помещения утепляют пенополистирольными плитами с нанесенным на них слоем цемента.

Для повышения энергоэффективности зданий устанавливают автоматизированные узлы управления (АУУ) теплоснабжением домов, а также устраивают индивидуальные тепловые пункты (ИТП) с автоматическим погодным регулированием. Так, за последние годы в столице нашей страны АУУ установлены на 203 многоквартирных домах, индивидуальные тепловые пункты в 260 [5].

Все вышесказанное еще раз подтверждает необходимость проводить работы по капитальному ремонту в совокупности с энергосберегающими мероприятиями.

Экономия тепловой энергии при внедрении энергосберегающих мероприятий достигает по рассмотренным домам типовых серий в среднем 59 %, что еще раз доказывает необходимость проведения энергосберегающих мероприятий при производстве капитального ремонта [6]. При этом анализ целесообразности внедрения энергосберегающих мероприятий должен основываться на рассмотрении теплового баланса здания как единой энергетической системы.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Макагонов В. Какие инновационные технологии применяются при капитальном ремонте в Москве. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.m24.ru/articles/60873?utm\\_source=СоруBuf/](http://www.m24.ru/articles/60873?utm_source=СоруBuf/).
2. Руководство АВОК–8–2007. Руководство по расчету

теплопотребления эксплуатируемых жилых зданий.

3. Нотенко С.Н. и др. Техническая эксплуатация жилых зданий учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по строительным специальностям под ред. В.И. Римшина, А.М. Стражникова Москва, 2012. Сер. Для высших учебных заведений (Изд. 3-е, перераб. и доп.). – 45 с.

4. Казачек В.Г. и др. Обследование и испытание зданий и сооружений учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Промышленное и гражданское строительство» направления подготовки «Строительство» под ред. В.И. Римшина. Москва, 2012. (Изд. 4-е, перераб. и доп.). – 56 с.

5. Курбатов В.Л., Римшин В.И., Шумилова Е.Ю. Контроль и надзор в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве / Минеральные Воды, 2016. – 28 с.

6. Курбатов В.Л., Римшин В.И., Шумилова Е.Ю. Геодезические работы в строительстве / Минеральные воды, 2016. Сер. Высшее профессиональное образование. – 39 с.

7. Курбатов В.Л., Римшин В.И., Гулынина Е.В. Специальный курс по организации строительного производства / Минеральные Воды, 2016.

8. Современные материалы и технологии отделки фасадов при реконструкции и реновации жилого фонда / Л. А. Сулейманова, J. Fang, Баклаженко Е.В., Ладик Е.И. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2018. – № 11. – С. 21-31.

**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*

## **ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ МОНТАЖА БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ КУПОЛОВ**

Купольные конструкции получили широкое применение в современном строительстве, что обусловлено их экономичностью. Ведь именно купольные конструкции являются наиболее экономичными из всех пространственных жестких систем по материалоемкости. При этом, экономическая эффективность повышается за счет увеличения пролета.

Большепролетные покрытия современных промышленных зданий, а также таких крупных общественных зданий, как спортивные залы, дворцы спорта, здания современных супер- и гипермаркетов, часто проектируются как большепролетные пространственные конструкции [1, 2].

Опыт проектирования и строительства показывает, что одной из наиболее рациональных конструктивных форм больших покрытий, наряду с висячими конструкциями, являются купола из металлических конструкций.

При выборе конструктивной схемы покрытия купола учитываются архитектурно-технологические требования, долговечность, технико-экономические параметры материала для возведения купола. Также следует отметить, что купола имеют преимущество благодаря своей конструктивной форме, позволяющей перекрывать многопролетные здания.

По конструктивным признакам различают три вида куполов: ребристые, ребристо-кольцевые и сетчатые [3, 4].

Ребристый купол состоит из отдельных круглых верхних ребер, лежащих на нижнем (опорном) кольце и соединенного с верхним кольцом (рис. 1, *а*). Внутри ребристого купола, помимо верхнего и нижнего колец, несколько колец окружают меридиональные ребра (рис. 1, *б*).

Когда к каждой прямоугольной ячейке кольцевого цилиндрического каркаса установлены горизонтальные каркасы, этот каркас называется куполом по системе Шведлера (рис. 1, *в*).

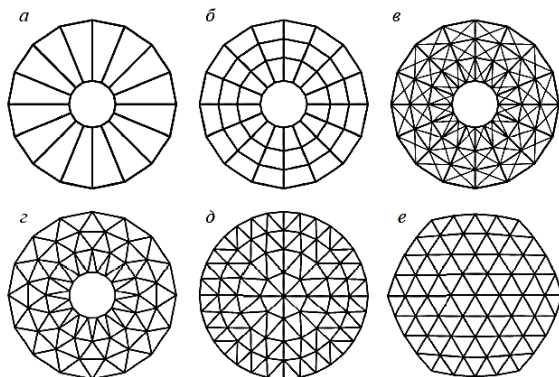


Рис. 1. Геометрические схемы каркасов металлических куполов: *а* – ребристый купол; *б* – ребристо-кольцевой купол; *в* – купол Шведлера; *г* – звездчатый купол; *д* – секториально-сетчатый купол; *е* – геодезический купол

Наиболее распространенными циклически-симметричными сетчатыми куполами являются звездчатый купол (система Фешля - рис. 1, *з*) и секториально-сетчатый купол (система Чивитта - рис. 1, *д*).

Геометрическая схема конструкции геодезического купола получается на многограннике (схема Фуллера), вписанном в сферу, состоящую из правильных треугольников, пятиугольников и шестиугольников (рис. 1, *е*) [5, 6].

Рассмотрим известные на сегодняшний день методы монтажа большепролетных куполов.

1. Монтаж куполов с использованием центральной опоры (рис. 2).

Такой способ используется для монтажа куполов больших диаметров из стальных конструкций.

Он осуществляется при помощи центральной мачты с кольцом (рис. 2, *а*) вверху, на которое опираются верхними концами ребра купола. Подъем мачты производится одним или двумя самоходными кранами.

Для монтажа пологих куполов пролетами 40-50 м рационально применять кран-мачты, используя их в качестве временных центральных опор (рис. 2, *б*).

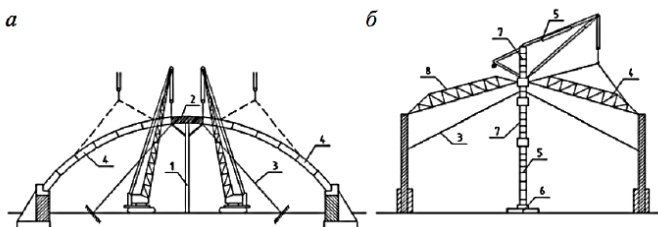


Рис. 2. Монтаж куполов с использованием центральной опоры:  
*а* – мачты с опорным кольцом; *б* – кран-мачты; 1 – центральная мачта с опорным кольцом; 2 – опорное кольцо; 3 – оттяжка; 4 – монтируемый конструктивный блок купольного покрытия; 5 – кран-мачта; 6 – опорная часть кран-мачты, регулируемая с помощью клиньев; 7 – демонтируемая часть кран-мачты; 8 – смонтированный

2. Монтаж куполов с помощью башенной временной опоры (рис. 3).

В данном случае временная опора располагается по оси купола. Монтаж начинается с установки верхнего опорного кольца купола на временной опоре. Между рабочей площадкой и временной опоры на опорном кольце устанавливают домкраты для возможности выверки его по высоте и раскруживания конструкции купола после его окончательной сборки. Далее монтируются ребра купола.

Монтаж конструкций купола выполняется с применением радиально-поворотного грузоподъемного устройства, скомплектованного из элементов каждого крана.

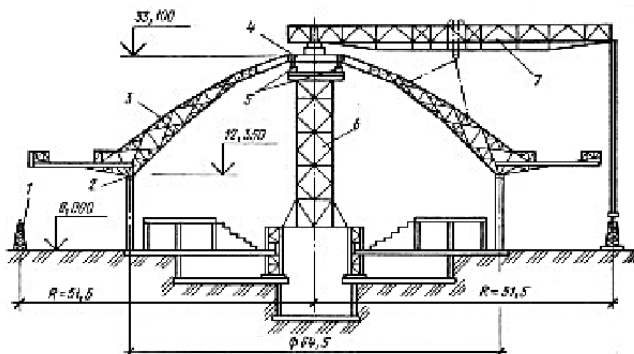


Рис. 3. Монтаж купола с помощью башенной временной опоры:  
 1 – подкрановая кольцевая эстакада для радиально-поворотного грузоподъемного устройства; 2 – нижнее опорное кольцо купола; 3 – ребра купола с козырьком; 4 – верхнее опорное кольцо купола; 5 – домкраты; 6 – временная опора; 7 – грузоподъемное радиально-поворотное устройство

3. Монтаж куполов с помощью передвижной фермы-кондуктора (фермы-шаблона) (рис. 4).

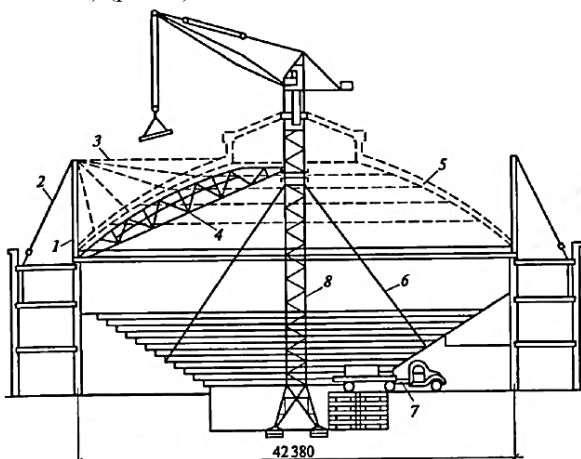


Рис. 4. Схема монтажа купола при помощи передвижной фермы-шаблона:  
 1 – монтажная стойка; 2 – расчалки-стойки; 3 – тяги-подвески; 4 – ферма-шаблон; 5 – купол; 6 – расчалка; 7 – панелевоз; 8 – кран

Такой вид монтажа купольных покрытий осуществляется с помощью фермы-кондуктора, перемещающейся по кольцевым рельсам на нижнем опорном кольце и на башне крана, установленного в центре купола. Пространственная ферма служит кондуктором при установке плит, которые с помощью имеющихся на кондукторе регулировочных винтов и крепят подвесками к монтажным стойкам, для чего натягивают подвески стяжными муфтами. Монтаж плит купола ведут поярусно, начиная с первого кольцевого пояса от наружного кольца [7].

Проведя анализ методов монтажа большепролетных купольных покрытий были определены недостатки рассматриваемых методов. Недостатком является сложность выполнения сборочных и монтажных работ. Нами было решено разработать блочный способ монтажа большепролетного ребристо-кольцевого купола, который предусматривает возведение блока покрытия на земле с последующим подъемом его на проектную отметку, а также упростит монтаж купола, увеличит производительность сборки в процессе его монтажа и повысит надежность его опорной части.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Канчели В.Н. Строительные пространственные конструкции: Издание второе переработанное и дополненное. Учебное пособие. - М.: Издательство АСВ, 2008. 128 с.

2. Пелешко И.Д., Юрченко В.В. Оптимальное проектирование металлических конструкций на современном этапе (обзор работ)//Металлические конструкции. 2009. №1(15). С. 27-36.

3. 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.

4. Лебедь Е.В., Алукаев А.Ю. Большепролетные металлические купольные покрытия и их возведение // Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Том 14, № 1 2018 С: 4-16.

5. Тур В.И. Купольные конструкции: формообразование, расчет, конструирование, повышение эффективности. М.: Изд-во АСВ. 2004. 96 с.

6. 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.

7. 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.

Губарев А.В., магистрант

Научный руководитель:

канд. техн. наук, проф. Кочерженко В.В.

канд. техн. наук, доц. Есипов С.М.

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

## **ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ СИЛИКАТИЗАЦИИ ГРУНТОВ**

Одной из первостепенных проблем, решаемых на начальном этапе строительства, является обеспечение надежного основания под здание или сооружение. С древних времен человечество изучало различные варианты решения этой проблемы, которые изначально включали совершенствование конструкций фундаментов. Однако со временем развитие инженерной мысли привело к появлению идеи улучшения механических свойств собственно грунта основания. Так появились различные способы закрепления грунтов – термические, инъекционные, трамбовка и др. [1]. В рамках данной работы нами будет рассмотрено развитие технологии силикатизации, относящейся к инъекционным методам закрепления грунтов.

Инъекционное закрепление грунтов представляет собой метод технической мелиорации грунта с целью повышения его строительных свойств путем нагнетания в него под давлением различных инъекционных растворов [2]. При силикатизации в качестве инъекционной жидкости выступает концентрированный раствор силиката натрия [3].

Практика инъектирования грунтов впервые была применена во Франции в 1802 году инженером Шарлем Бериньи, однако изначально закрепляющие жидкости представляли собой растворы с использованием глины, пуццолана и гидравлической извести.

Раствор для силикатизации был изобретен немецким инженером И. Езерским только в конце XIX века. С момента получения ученым патента на инъектирование концентрированного силиката натрия (жидкое стекло) в скважину, в Германии началось активное развитие химического закрепления грунтов – силикатизации, смолизации, битумизации и др.

Стоит отметить, что в СССР эта технология долгое время была недоступна в силу ограниченных возможностей обмена опытом с зарубежными странами. Первые исследования по разработке технологии силикатизации грунтов начались лишь в 1929 г., а в 1931 г. советский

ученый и гидрогеолог Б.А. Ржаницын представил свой способ силикатизации водонасыщенных песков [4]. Эта дата официально признана началом развития химического закрепления грунтов в СССР, а Б.А. Ржаницын – родоначальником этой технологии.

Способ силикатизации грунтов, разработанный Б.А. Ржаницыным, был двухкомпонентным, то есть подразумевал последовательное нагнетание в поры грунта растворов силиката натрия и хлористого кальция. Пропитка грунта при этом осуществлялась через забитую в грунт перфорированную трубку – иньектор (рис. 1). Образовавшийся в результате реакции гель кремниевой кислоты обладает способностью к упрочнению при потере частей присоединенной воды, благодаря чему через небольшое время пленки геля, находящиеся между зернами песка, связывают их в прочную и сухую массу, состоящую из извести и хлористого натрия.

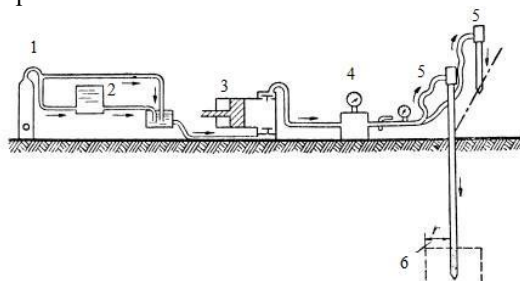


Рис. 1. Установка для силикатизации песчаного грунта: 1 – котел для получения пара; 2 – чан для приготовления раствора; 3 – насос для нагнетания растворов в грунт; 4 – регистратор давления, под которым раствор подается в грунт; 5 – трубки иньектора; 6 – радиус распространения раствора от оси иньектора

Метод двухрастворной силикатизации целесообразно применять для закрепления химически малоактивных грунтовых массивов песчаных или просадочных грунтов.

Однорастворный способ силикатизации, применяемый для закрепления мелких песков и лессовых грунтов, был разработан, а 1939 г. российским исследователем В.Е. Соколовичем [5]. Особенность технологии заключается в том, что в качестве основного раствора выступает силикат натрия, а роль второго раствора выполняют соли закрепляемого грунта. Химическая реакция между раствором силиката натрия и солями грунта приводит к образованию гидрогеля кремниевой кислоты (рис. 2).



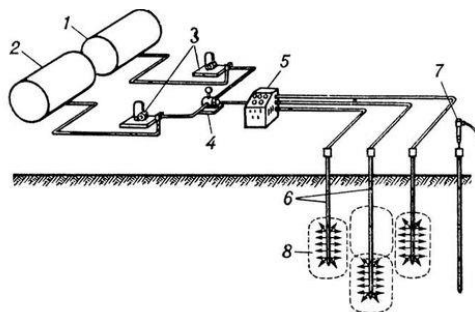


Рис 2. Схема установки для односторонней силикатизации грунтов:  
 1 – цистерна с крепителем; 2 – цистерна с кислотой; 3 – насос «НД»;  
 4 – смеситель; 5 – пульт управления с регистрирующей аппаратурой;  
 6 – иньектор; 7 – отбойный молоток для погружения иньектора в грунт;  
 8 – контур закрепления

На практике этот способ впервые был успешно применен для закрепления лессовых просадочных грунтов на алюминиевом заводе в г. Запорожье.

Одним из способов закрепления грунтов является способ газовой силикатизации. Суть технологии заключается в том, что в толщу грунта под давлением иньецируется углекислый газ, а затем раствор силиката натрия и углекислого газа (рис. 3).

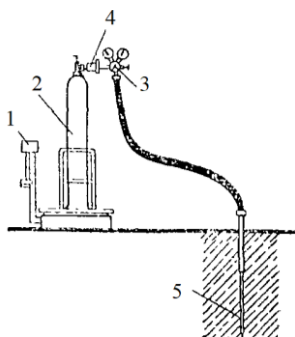


Рис 3. Схема установки для газовой силикатизации грунтов:  
 1 – напольные весы; 2 – баллон с углекислым газом; 3 – редуктор;  
 4 – электрообогревательный элемент; 5 – иньектор

Первые попытки применения углекислого газа для закрепления грунтов предпринимались еще в 1886г. немецким ученым И. Езерским, однако окончательную завершенность разработка получила в 1944 г. в СССР благодаря исследованиям В.В. Аскалонова [6]. За рубежом

патент на данный метод был оформлен только в 1946 г. К.Х. Андерсоном.

Дальнейшие исследования были направлены на усовершенствование и модификацию уже известных реакционных систем. Над теоретическими и практическими исследованиями в области разработки технологий силикатизации работали Ю.М. Абелев, М.Ю. Абелев, Т.Т. Абрамова, В.В. Аскалонов, С.Д. Воронкевич, Л.А. Евдокимова, В.А. Королев, Н.А. Ларионова, Б.А. Ржаницын, Е.Н. Самарин, В.Е. Соколов и др.

Таким образом, можно сделать заключение о том, что на протяжении истории человечества учеными и исследователями осуществлялся поиск решений для предотвращения негативного влияния просадок основания зданий и сооружений. Применение технологий закрепления грунтового массива химическими растворами, в частности, раствором силиката натрия, позволяет стабилизировать слабые грунты и повысить их несущую способность. При этом целесообразность силикатизации следует оценивать в каждом конкретном случае и выбирать соответствующую технологию, исходя из результатов технико-экономического сравнения вариантов проектных решений.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Губкин В.А., Кочерженко В.В., Рыкова И.П. Эффективное усиление оснований и фундаментов при реконструкции зданий и сооружений // В сборнике: Международная конференция "Промышленность стройматериалов и стройиндустрия, энерго- и ресурсосбережение в условиях рыночных отношений" Белгород, 15-16 мая 1997 г. С.127-131.

2. Кочерженко В.В., Карякин В.Ф. Лабораторные исследования влияния армирования грунтов на их прочностные характеристики.// Эффективные конструкции и материалы зданий и сооружений: Межвуз. сборник трудов. г. Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 1999. С.96-103.

3. Кочерженко, В.В. Эффективные химические технологии при усилении грунтов оснований / В. В. Кочерженко, В. А. Губкин, Н. Б. Соловьев // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 1999. – Т. 4. – № 2. – С. 279-280.

4. Ржаницын Б.А. Химическое закрепление грунтов в строительстве / Б. А. Ржаницын. – Москва : Стройиздат. 1986. – 264 с.

5. Соколов В.Е. О силикатизации лессовых грунтов / В.Е. Соколов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1965. – № 1. – С. 2 – 5.

6. Аскалонов В.В. Силикатизация лессовых грунтов /В.В. Аскалонов. – Москва : Госстройиздат, 1959. – 78 с.

Долгих В.Д., магистрант

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

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

## **КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ ОТДЕЛКИ НЕВОДНЫМИ СОСТАВАМИ НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗДАНИЙ**

Малярные работы – нанесение лакокрасочных составов на поверхности конструкций зданий и сооружений с целью увеличения срока службы и эксплуатации, улучшения санитарно-гигиенических условий в помещениях и придания им хорошего внешнего вида. Именно эти работы характеризуются многооперационностью и обычно включают очистку поверхности, нанесение грунтовки, замазывание неровностей, шлифовку, шпатлевку, собственную окраску и финишную обработку поверхности.

Большие размахи строительства в нашей стране существенно изменили методы и способы выполнения малярных работ. Все главные операции на производстве малярных работ стали механизированными. В настоящее время невозможно усовершенствовать технологию малярных работ без механизации всех технологических процессов.

К малярным работам относится нанесение лакокрасочных покрытий. Лакокрасочные покрытия в строительстве применяют для защиты поверхности от атмосферных воздействий, металлических изделий от коррозии, деревянных изделий от разрушения или износа, для декоративной отделки различных конструкций, повышения их противопожарных и санитарно-гигиенических свойств. Лакокрасочное покрытие – это нанесенный на окрашиваемую поверхность один или несколько высушенных слоев лакокрасочных материалов, которые в результате высыхания или процессов, происходящих одновременно в вяжущем, превращаются в декоративно-защитную пленку, прочно соединенную с основанием [1].

По оптическим свойствам лакокрасочные покрытия бывают прозрачные и непрозрачные; по степени блеска – блестящие или матовые; по характеру поверхности – гладкие и шероховатые.

Прозрачное покрытие не омрачает текстуру или цвет готовой поверхности или нижнего слоя. Прозрачные покровные материалы – это лаки, эфиры целлюлозы или другие полимеры в чистом виде или растворенные в легких органических растворителях. Наиболее распространены в строительстве силиконовые, акриловые, уретановые

и масляно-смоляные лаки, которыми покрывают конструкции и изделия из древесины с сохранением видимой фактуры, а также декоративную каменную крошку при отделке интерьеров и фасадов зданий.

Непрозрачные покрытия полностью перекрывают естественный цвет и фактуру готовой поверхности. Непрозрачные покрытия бывают матовыми, блестящими, одноцветными и декоративными рисунками. Материалы для непрозрачных покрытий – это окрасочные составы, состоящие из связующего, наполнителей, пигментов и растворителей.

Покрасочные составы разделяют по назначению: для внутренних (отделка полов, стен) и наружных (фасад, крыша, металлоконструкции) работ; декоративно-красочный; специальные (например, химически стойкие, огнестойкие).

Фасадные краски должны обладать атмосферостойкостью, т.е. устойчивостью к солнечным лучам и теплу, перепадам температуры воздуха, осадкам; щелочестойкость, светостойкость, то есть не разрушается под действием ультрафиолетового излучения; эластичность, адгезия, паропроницаемость, укрывистость. Даже гладкие фасадные поверхности окрашивают традиционными специальными фасадными красками.

Из неводных составов для окрашивания фасадов можно использовать перхлорвинил, полимерцемент и органосиликат.

Самым экономичным, а главное простым является покраска фасадов специальными красками, такими как цементные, силикатные и известково-цементные. Но такими красками можно окрашивать только ровные гладкие поверхности, иначе срок службы будет 5-7 лет [2].

Синтетические краски помогают увеличить долговечность отделки на 10-12 лет. Они дольше сохраняют свой цвет. В настоящее время используются следующие виды синтетических фасадных красок: вододисперсионные Е-ВА-17 и Е-КЧ-112, силиконовые эмали марки КО, органосиликатные ВН-30, акриловые АК-126.

Силикатные гидрофобизированные краски представляют собой смесь тонко измельченных пигментов и наполнителей, смешанных в растворе жидкого калийного стекла с добавлением ГКЖ-10 или ГКЖ-11: сухой смеси пигментов и наполнителей - 1, жидкого калийного стекла плотностью 1,1 ГКЖ-10 или ГКЖ-11 30% концентрации – 0,1. Использовать жидкое натриевое стекло вместо калиевого нельзя, поскольку на поверхностях, окрашенных красками с добавлением натриевого жидкого стекла, в процессе эксплуатации образуются высолы.

Известково-цементными составами окрашивают при температуре не ниже  $-5^{\circ}\text{C}$  в основном фасады домов пониженной этажности, так как отделка через 3–4 года теряет чистоту цвета и свежесть. Не

рекомендуется наносить пастовую краску под прямыми солнечными лучами, так как при этом прочность красочной пленки снижается. Известково-цементная пленка – тонкослойное декоративное покрытие. Краску готовят на месте работ по следующему рецепту (в частях по массе):

Портландцемент марки 400–100, известь – 66, доломитовая мука – 167, песок мелкий кварцевый – 100, пигмент – 66 (не более), вода – до подвижности состава 12–13 см, определяемой по осадке стандартного конуса.

Портландцемент, известь и пигмент в сухом виде перемешивают в растворосмесителе, после чего в смесь добавляют песок, а затем доломитовую муку и снова перемешивают. Обычно загружают 3/4 емкости барабана смесителя. Воду в сухую смесь вводят за 30 мин до начала работ.

Водоэмульсионные стиролбутадиеновые и поливинилацетатные краски марок Э-КЧ-112 и Э-ВА-17 (ГОСТ 20833–75) представляют собой суспензию пигмента и наполнителя в стиролбутадиеновом латексе СКС-65ГП или поливинилацетатной дисперсии с добавлением антиоксиданта – фенолоформальдегидной смолы, а также эмульгатора, стабилизатора и других вспомогательных веществ [3].

Краски Э-КЧ-112 и Э-ВА-17 предназначены для наружных работ по различным строительным материалам (ячеистый бетон, газобетон, бетон, штукатурка), а также по старым покрытиям масляными, эмалевыми и эмульсионными красками при капитальном строительстве и ремонте. Они твердеют и образуют сплошную пленку в результате испарения из них воды. Пленка обладает паропроницаемостью, но не пропускает воду.

После высыхания краска должна образовывать ровную однородную пленку. Цвет ее должен соответствовать эталону.

Краски морозостойки и невзрывоопасны, хорошо разбавляются водой и наносятся на поверхность, быстро сохнут. Красочная пленка щелочестойкая, ударостойкая, эластичная, стойка к мокрому истиранию, обладает большой адгезией к железобетонным поверхностям.

Поверхность подлежащих окраске фасадов должна быть ровной, без наплывов, раковин и следов смазки, оставшихся от металлических форм при изготовлении железобетонных изделий. Перед окраской поверхности очищают от пыли и других загрязнений металлическими шпателями. Незначительные неровности и мелкие раковины заделывают составом из сухого просеянного маршаллита, затворенного краской Э-КЧ-112 в соотношении 2:1 по массе до удобно наносимой

консистенции. Подготовленные поверхности грунтуют краской Э-КЧ-112 или Э-ВА-17, разведенной водой в соотношении 1:1 по объему.

Поверхности окрашивают не ранее чем через час после нанесения грунта. Краски наносят кистью, валиком, краскораспылителем (96) или краскопультом. Вязкость краски при температуре 18–23°C для нанесения кистью и валиком должна быть (по ВЗ-4) 40–50, краскораспылителем – 18–25 с. Перед нанесением краску тщательно перемешивают.

Фасады окрашивают за два раза при температуре не ниже 8°C. Продолжительность высыхания каждого слоя 1–2 ч при температуре 18–23°C, при более низкой температуре – 4 ч. Не допускается подцветка красок сухими пигментами или добавкой красок на другой основе. Разрешается смешивать вододисперсионные составы разных колеров [4].

Органосиликатная краска ВН-30 - одна из наиболее прочных фасадных красок - представляет собой двухкомпонентный состав из собственно краски и отвердителя, которые перед применением тщательно перемешивают. Краска твердеет в результате химической реакции между компонентами, обладает высокой термостойкостью и электроизоляционными свойствами, низкой теплопроводностью, гидрофобностью, тропикоустойчивостью, грибостойкостью, устойчивостью к действию излучений, влаги, агрессивных сред, хорошей адгезией к металлам, стеклу, бетону, кирпичу, керамике и другим материалам.

Высушенное покрытие должно быть однородным, гладким, без пузырей и трещин. Стойкость покрытия к перепаду температур от минус 60 до плюс 300°C -- не менее 3 циклов без растрескивания и шелушения. Срок службы покрытия толщиной 150-200 мкм - не менее 12 лет. Время полного высыхания покрытия при температуре 15-35°C - 24 ч. Прочность покрытия при ударе после сушки по прибору У-1а не менее 25 Мпа.

Органосиликатная краска ВН-30 считается однородной, если показатели вязкости всех проб совпадают. Рабочая вязкость краски - 18-25с (по ВЗ-4). При необходимости состав разбавляют до рабочей вязкости толуолом.

Жизнеспособность отвержденной краски, подготовленной к окраске, от 24 до 40 ч в зависимости от количества отвердителя. Краска ВН-30 обладает большой адгезией к бетону и металлам, легко наносится при температуре от -40 до +40 °С как валиком, так и краскораспылителем, быстро высыхает (30 мин), что сокращает промежутки между нанесением отдельных слоев. Высохшее покрытие отличается высокой прочностью, его легко ремонтировать, места

ремонта не выделяются на общем фоне покраски. Покрытия из краски ВН-30 можно промывать водой и моющими средствами [5].

Расход краски при двухслойном покрытии валиком по бетону 400, по металлу - 300 г/м<sup>2</sup>. Краску наносят по сухим поверхностям, очищенным от пыли, смазочных масел, наплывов раствора (на бетоне), ржавчины, окалины (на металле) и других загрязнений.

Краска АК-126 предназначена для наружной (и внутренней) окраски бетона, кирпича и штукатурки, представляет собой суспензию пигментов и наполнителей в неводной акриловой дисперсии НАД-1 с целевыми добавками.

После высыхания краска должна образовывать однородную, матовую, без посторонних включений пленку; цвет ее должен соответствовать эталону. Вязкость (по ВЗ-4) при температуре 20°C – 50–80 с; степень перетира – не более 40 мкм; укывистость – не более 100 г/м<sup>2</sup>, время высыхания при температуре (20±2)°C от пыли – не более 1,5, полного – 24 ч. -

Краску АК-126 вязкостью 30–40 с (по ВЗ-4) наносят методом пневматического распыления, вязкостью 50–60 с – кистью или валиком. До рабочей вязкости краску разбавляют уайт-спиритом. Перед окраской поверхности грунтуют этой же краской, разбавленной уайт-спиритом до вязкости 20 с (по ВЗ-4). Грунтовку наносят валиками или краскораспылителем за два раза: второй слой через 24 ч после первого. Фасады, окрашенные акриловой краской АК-126, имеют красивый внешний вид.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Салтанова Е.В., Кочерженко В.В., Глаголев Е.С. Современные технологии в строительстве. Отделка и ремонт зданий // Издательство БГТУ им. В.Г. Шухова 2014. С. 8-12.
2. Кочерженко В.В. Выбор подходящего способа штукатурных работ для строительных объектов // Сборник докладов Международного студенческого строительного форума. БГТУ им. В.Г.Шухова., Белгород: Издательство БГТУ. 2019. 192 с.
3. Белоусов Е.Д. Технология малярных работ. М.: Высшая школа, 1985. 146 с.
4. Арзумян Р.Е. Иллюстрированное пособие для маляров. М.: Стройиздат, 1999. 46 с.
5. Ивлиев А.А. Отделочные строительные работы. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 488 с.

**Зубкова М.Н., студент,  
Мигулина А.А., студент**

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

## **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

Монолитное железобетонное строительство на данный момент является одной из самых быстроразвивающихся сфер не только в строительной отрасли как таковой, но и в мировой экономике в целом. Совершенствование теоретических основ проектирования несущих конструкций зданий и сооружений, новых схем, отвечающих современным требованиям к конструктивному обеспечению среды жизнедеятельности, с учетом критериев их эксплуатационной пригодности и безопасности, закрепленное для ряда зданий и сооружений законодательно, выявляют резервы для использования материалов [1]. Именно вариативность форм конструктивных элементов, характерная для монолитного строительства, позволяет притворять в жизнь различные планировочные решения, за счет которых возможно добиться наилучших параметров экономичности и технологичности процесса строительства. Возрастающие объемы монолитного строительства, по сравнению со сборным, создают необходимость перехода на надежные скоростные технологии, обеспечивающие качество конструкций зданий и сооружений [2].

С каждым днем в России также возрастают объемы монолитного строительства, отодвигая на второй план постройки из кирпича и панелей. Хотя изначально стоимость монолитных зданий и сооружений была выше, чем у «панелей». Но за последние годы себестоимость монолитного строительства очень снизилась, на данный момент она лишь на 20-40% выше, чем себестоимость панельного строительства. Теперь монолитные дома стали доступными большому кругу потребителей, ведь качество «монолита» говорит само за себя [3].

Для того чтобы более подробно изучить монолитное строительство, можно обратить внимание на этапы строительства монолитного дома:

- предпроектные работы;
- проектирование;
- подготовка строительной площадки;



- для каркасно-монолитной технологии важен этап монтажа арматуры;
- установка опалубки;
- заливка бетона в подготовленные формы;
- если опалубка съемная, тогда по истечении необходимого времени проводят ее демонтаж;
- внешняя отделка.

Организация всех работ должна предусматривать совместимость работ по времени и поточность на базе комплексной механизации всех работ [4].

У монолитного строительства есть ряд преимуществ по сравнению с другими технологиями возведения зданий и сооружений:

- нешаблонные решения фасадов и свободная планировка;
- возможность использовать более энергоэффективные материалы для конструкций внешних стен;
- благодаря качественному бетонированию происходит уменьшение затрат на отделку помещений;
- низкая материалоемкость;
- быстрое возведение;
- относительно высокая долговечность (более 100 лет) [5].

Несомненно, у монолитного железобетонного строительства, как и у любого другого есть не только положительные качества, но и свои недостатки, которые необходимо учитывать при составлении проекта, для того чтобы быть готовым к возможным трудностям. К таким недостаткам можно отнести:

- сложный демонтаж;
- потребность в дополнительной изоляции;
- необходимость прочного основания;
- плохая воздухопроницаемость;
- особое внимание уходу во время застывания конструкции.
- сроки возведения.

Однако, несмотря на представленные выше минусы, преимущества монолитного железобетонного строительства «одерживают победу» над недостатками, об этом говорит растущая популярность монолитного железобетонного строительства зданий и сооружений.

Для того чтобы монолитные железобетонные конструкции были прочные и долговечные необходимы качественные материалы. Так же качество монолитных железобетонных конструкций зависит от оптимальности проектных решений, качества производства работ и нормативной документации. Помимо соответствия требованиям качества, монолитное строительство должно быть эффективным. На

рис. 1 представлены факторы, которые способны повысить эффективность монолитного строительства.



Рис. 1. Факторы, повышающие эффективность монолитного строительства

В ходе написания статьи мы выявили основные факторы, влияющие на эффективность монолитного строительства. При соблюдении этих факторов можно значительно ускорить сроки возведения зданий и сооружений из монолитных железобетонных конструкций, не теряя при этом качества.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крючков А.А. Напряженно-деформированное состояние изгибаемых железобетонных элементов сплошного и составного сечения на основе уточненной нелинейной методики расчета сооружений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. №4. С. 82-91.

2. Семенов А.С., Кузнецов Д.В., Методы повышения эффективности монолитного строительства зданий и сооружений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №10. С. 64-68.

3. Степанов А.Е., Малыгин А.Б. Оптимизация монолитный работ при возведении жилых зданий // Научно-технический журнал. 2020. С. 70-72.

4. Миразимова Г.У. Преимущество строительства железобетонных и монолитных зданий // Журнал Science and Education. 2021. С. 10-11.

5. Акимова В. П. Монолитное строительство – достоинства и проблемы // Журнал Евразийский Союз Ученых. 2015. №11. С. 20-30.

Кочерженко А.А., студент,  
Андреева Д.А., студент

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

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

## **РАЗВИТИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ С ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМ КАРКАСОМ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ СБОРНОСТИ**

Одна из главных задач строительства в настоящее время – организация жилого и общественного пространства, поэтому в современной практике проектирования и строительства многоэтажные жилые здания формируют многофункциональный жилой комплекс, который активно применяется в жилищном строительстве как наиболее рациональная форма жилой застройки.

Сборно-монолитный железобетонный каркас до 20-30% экономичнее монолитной технологии и, с точки зрения огнестойкости, безопаснее других конструкций, например, металлических.

Использование элементов индивидуального изготовления позволяет воплощать различные архитектурные решения. Более того, сочетание железобетонного каркаса с монолитными участками открывает безграничные возможности по реализации любого архитектурного облика здания.

Железобетонные каркасы применяются в строительстве как многоэтажных, в том числе высотных, конструкций, так и в сооружении небольших частных домов. В первом случае это техническая необходимость в силу прочности такого вида материала, во втором – экономично обосновано, так как можно использовать более дешевые составляющие. К плюсам использования железобетонного каркаса в строительстве можно отнести:

- хорошие несущие данные;
- большой эксплуатационный период;
- большую длину пролетов (6 м);
- качественное изготовление составляющих каркаса полностью проводится на производствах, что обосновывает их надежность.

Каркасные железобетонные конструкции можно разделить на:

- монолитные
- сборно-монолитные;
- сборные.

Сборно-монолитная технология – сооружение железобетонного каркаса из сборных или монолитных колонн и сборных перекрытий, объединенных в единую систему при помощи монолитных ригелей – опорных, связующих балок, стоек и прочих конструкций.

Технология сборно-монолитного каркасного домостроения основана на применении конструктивной схемы, подразумевающей под собой рамно-связевую систему колонн, ригелей и плит перекрытий, которые при соединении в узлах образуют несущий каркас [1, 2].

Наибольшее распространение получили сборно-монолитные конструкции со сборными элементами из железобетона. Сборные элементы содержат осн. арматуру конструкции и иногда используются в качестве формы (опалубки) для монолитного бетона; их целесообразно делать предварительно напряженными. В монолитном бетоне устанавливается дополнительная, арматура в виде сварных каркасов и сеток. Для замоноличивания узлов применяют быстротвердеющий бетон высокой прочности.

Основу сборного железобетонного каркаса (рис. 1) составляют четыре элемента:

- ригели;
- плиты перекрытия;
- колонны;
- основы лестничных проемов.

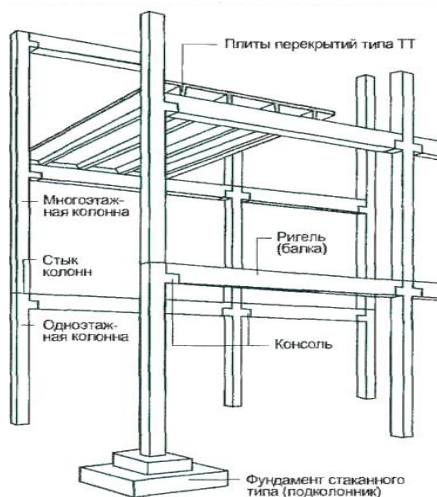


Рис.1. Схема сборно-монолитного железобетонного каркаса

При строительстве зданий и сооружений из сборного железобетона части зданий монтируются из заранее изготовленных железобетонных или предварительно-напряженных бетонных конструкций, причем существуют различные способы строительства [4]. При этом монтаж или сопряжение сборных элементов в узлах имеет особое значение (рис. 2).

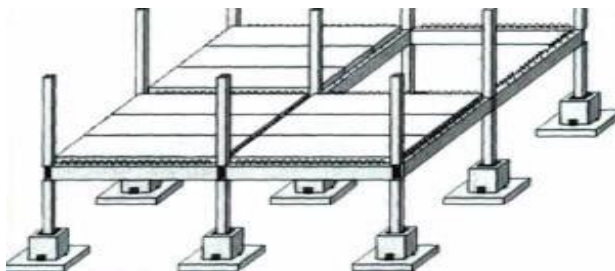


Рис. 2. Сборный железобетонный каркас

Сборные конструкции из железобетона получили широкое развитие. Они обеспечивают индустриализацию строительства. Массовое заводское изготовление таких конструкций и деталей с применением высокопроизводительного оборудования обеспечивает получение изделий высокого качества с наименьшими затратами рабочей силы и материально-технических ресурсов.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Кочерженко В.В., Сулейманова Л. А. Технология и организация возведения высотных зданий и сооружений из монолитного железобетона. Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. 217 с.
2. Кочерженко В.В. Технология строительных процессов: учеб. пособие для студентов строит. Специальностей. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 306 с.
3. Шембаков В. А., Никитин О. Л. Сборно-монолитное каркасное домостроение. Руководство к принятию решения. М.: Яблоня, 2005. 118 с.
4. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. М.: Строиздат, 1991
5. Бондаренко В.М. Железобетонные и каменные конструкции: Учеб. Для строит. Спец. Вузов. М.: Высш. Шк., 2004. 876 с.
6. Кононов Ю.И. Железобетонные конструкции. Монолитное железобетонное ребристое перекрытие с балочными плитами: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. 66 с.
7. Сагадаев Р.А. Современные методы возведения монолитных и сборно-монолитных перекрытий. М.: ГОУ ДПО ГАСИС, 2008. 35 с.

Кочерженко А.А., студент,  
Андреева Д.А., студент

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

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

## РАЗВИТИЕ ОПАЛУБОЧНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Опалубка – это временная вспомогательная строительная система, которая состоит из сборно-разборных элементов. На современных стройках применяют различные виды опалубочных систем. Различают несколько видов опалубок: разборно-переставная опалубка, скользящая опалубка, подъемно-переставная опалубка, самоподъемная опалубка, блочно-щитовая опалубка, объемно-переставная (тоннельная) опалубка.

Разборно-переставные опалубки бывают двух типов: мелкощитовые и крупнощитовые.

Мелкощитовая опалубка состоит из нескольких типов небольших по размеру щитов, выполненных из стали, фанеры или комбинированных, а также элементов креплений и поддерживающих устройств, образец мелкощитовой опалубки приведен на рис. 1 [1-3].

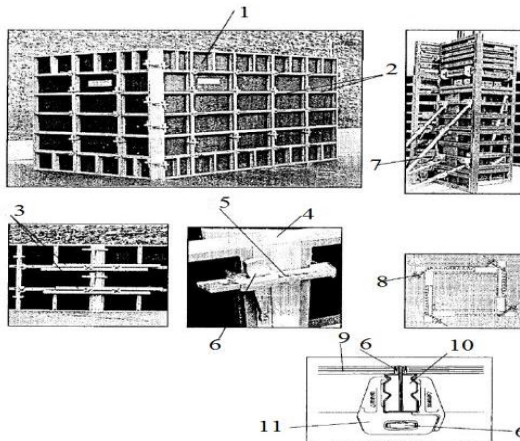


Рис. 1. Мелкощитовая опалубка: 1 – щит опалубки; 2 – ребра жесткости; 3 – выравнивающие и зажимные шины; 4 – брус-вставка; 5 – замок удлиненный; 6 – узел примыкания двух палуб щитов; 7 – подкос; 8 – стяжной элемент; 9 – палуба из фанеры; 10 – контурная рама щита опалубки; 11 – замок

Щиты имеют площадь не более 3 м<sup>2</sup>, масса одного элемента такой опалубки не должна превышать 50 кг. Мелкощитовые опалубки отличаются высокой универсальностью и применяются для возведения строительных конструкций любых размеров. Существенным недостатком мелкощитовых опалубок являются большие трудозатраты на монтаж и демонтаж опалубки, низкий уровень механизации этих процессов.

Крупнощитовая опалубка включает щиты площадью 3...20 м<sup>2</sup> повышенной несущей способности и применяется для конструкций с большими опалубливаемыми поверхностями, пример крупнощитовой опалубки приведен на рис.2 [1-3]. Крупнощитовая опалубка применима практически для всех конструктивных элементов зданий и сооружений. Наибольшее распространение нашла опалубка при строительстве промышленных и гражданских зданий и сооружений.

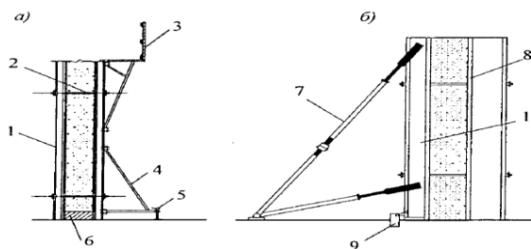


Рис. 2. Крупнощитовая опалубка стен: 1 – каркас щита; 2 – стяжка винтовая; 3 – консольные подмости; 4 – подкос; 5 – механический домкрат; 6 – цоколь стены; 7 – подкос-расчалка; 8 – палуба; 9 – фиксатор

Скользкая опалубка используется для бетонирования стен и ядра жесткости многоэтажных зданий и высотных сооружений, имеющих постоянное сечение по высоте (более 15 м) и одинаковую толщину стен (более 150 мм).

Основная область применения подъемно-переставной опалубки – возведение ядра жесткости высотного здания и монолитных наружных стен [4].

Подъемно-переставная опалубка должна включать следующие основные элементы: внутренние опалубочные панели, наружные опалубочные панели, навесные подмости для бетонирования, рабочие подмости, нижние подмости. Схема устройства подъемно-переставной опалубки представлена на рис. 3.

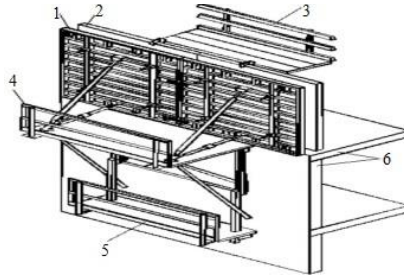


Рис. 3. Схема устройства подъемно-переставной опалубки наружных стен

Основная область применения самоподъемной опалубки так же, как и подъемно-переставной опалубки – возведение ядра жесткости высотного здания и монолитных наружных и внутренних стен зданий и сооружений. Самоподъемная опалубочная система должна включать следующие основные элементы: внутренние и наружные панели опалубки стен, навесные подмости для бетонирования, рабочие и нижние подмости, рабочую площадку с самофиксирующимися упорами, дверные проемообразователи, оконные проемообразователи, гидравлическую подъемную систему, направляющие балки и анкерные механизмы, рихтующий передвижной узел. Схема самоподъемной опалубки представлена на рис. 4 [5, 6].

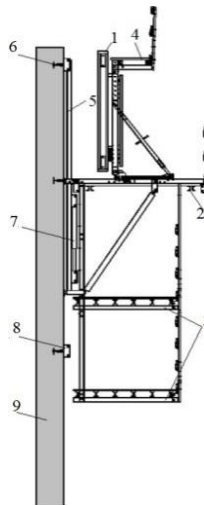


Рис. 4. Схема самоподъемной опалубки: 1 – наружная опалубочная панель; 2 – рабочие подмости; 3 – нижние подмости; 4 – подмости для бетонирования; 5 – направляющие балки; 6 – анкер; 7 – гидравлический домкрат; 8 – навесной башмак с гравитационным механизмом; 9 – монолитная стена



В блочно-щитовой опалубке возводят здания точечного типа, а также здания с развитой в плане площадью. Комплект опалубки включает блоки, наружные и внутренние панели, торцевые и угловые щиты, проеомобразователи и вкладыши, крепежные и соединительные детали.

Объемно-переставная опалубка предназначена для бетонирования стен и перекрытий здания за один отлив. Туннельные опалубочные системы решают замену строительства домов из деталей КПД, на монолит. Данный вид опалубки, на сегодняшний день, является ближайшим решением проблемы строительства серийного типового жилья.

Возведение объектов капитального строительства по монолитной технологии на сегодняшний день непосредственно зависит от современных видов опалубочных систем, дальнейшее развитие этих систем позволит ускорить процесс строительства объектов и возводить монолитные строительные конструкции правильной геометрической формы и нестандартных форм.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Кочерженко В.В., Сулейманова Л.А. Технология и организация возведения высотных зданий и сооружений из монолитного железобетона. Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. 217 с.
2. Кочерженко В.В., Никулин А.И. Технологические процессы в строительстве. Белгород: Изд-во БГТУ. 2013. 306 с.
3. Кочерженко В.В., Лебедев В.М. Основы технологии возведения зданий. Белгород: Изд-во БГТУ. 2013. 330 с.
4. Кочерженко В.В., Сулейманова Л.А., Солодов Н.В. Инновационная технология возведения многоэтажного каркасно-монолитного здания и ее влияние на формирование команды проекта: в сборнике трудов I Международной научно-практической конференции «Управление проектами: идеи, ценности, решения». СПбГАСУ. 2019. С. 59-65.
5. Косенков Е.Д. Строительство инженерных высотных сооружений из монолитного железобетона. Киев, Будівельник, 1977 184 с.
6. Башлай К.И., Гендин В.Я., Евдокимов Н.И. Бетонные и железобетонные работы. 2-4 изд., переб. и доп. М.: Стройиздат, 1987. 320 с.

Локтев.А.М., магистрант

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

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

## **СУЩНОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГРУНТОВЫХ АНКЕРОВ, МЕТОДОМ ДВОЙНОГО УШИРЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗРЯДНО-ИМПУЛЬСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ (РИТ)**

Разрядно-Импульсные Технологии – технологии, основанные на использовании эффектов взрывообразного преобразования электрической энергии в другие ее виды в момент Разряда Импульса Тока высокого напряжения.

Сущность совершенствования анкеров с использованием РИТ состоит в том, что применяется технология камуфлетного, двойного уширения анкера, тем самым в разы повышается несущая способность анкера, что позволяет применять грунтовые анкера чаще, в более сложных случаях и сократить время проведения работ и повысить несущую способность анкера. Например, максимальная испытательная нагрузка, прикладываемая к анкеру-РИТ, составляла 350 т при испытании анкера в Бременхафене (ФРГ), это по старому образцу анкера, по усовершенствованному анкеру, с 2 уширением, нагрузка составляет 580 т в средних значениях, но стоит отметить, что это также зависит от диаметра проведенного уширения с помощью РИТ, а значит испытательная нагрузка, прикладываемая к анкеру может быть больше [1-3].

Сущность совершенствования разрядно-импульсной технологии (анкеров РИТ) заключается в том, что скважину, заполненную мелкозернистым бетоном, обрабатывают серией высоковольтных электрических разрядов. При этом возникает электрогидравлический эффект, в результате которого формируются ствол сваи или корень анкера, цементируется и уплотняется окружающий грунт. Первоначальный диаметр скважины (130...300 мм) в результате обработки расчетной серией разрядов может быть увеличен более чем в 5 раза, в зависимости от энергии, подаваемой в скважину, и гидрогеологических условий площадки. Окружающие грунты уплотняются, а пористость в зоне воздействия ударного импульса снижается. Для обработки бетонной смеси или цементного раствора электрическими разрядами используют генератор импульсных токов (ГИТ), включающий трансформатор, выпрямитель, накопитель энергии, коммутатор и блок управления. Генератор соединяют с излучателем энергии, установленным в скважине,

заполненной бетонной смесью. Разряд создают следующим образом. Электрическая энергия постоянного тока напряжением 220...380 В повышается до 10 кВ. Электрическая энергия постоянного тока и высокого напряжения накапливается в накопителе энергии, который представляет собой блок конденсаторных батарей. Эту энергию направляют к излучателю, погруженному в бетонную смесь. При подаче электроэнергии на электроды излучателя в межэлектродном промежутке создается высокая плотность энергии и происходит пробой с образованием плазменного канала разряда, где за  $10 \dots 10^5$  с повышается температура до 90 С и давление до 25 Па. При этом в окружающей среде образуются и распространяются волны сжатия. На этой стадии происходит преобразование запасенной электрической энергии в энергию электродинамических возмущений, что приводит к расширению канала разряда в парогазовую полость. Когда давление в полости станет меньше гидростатического давления бетонной смеси, начинается схлопывание полости [3, 4].

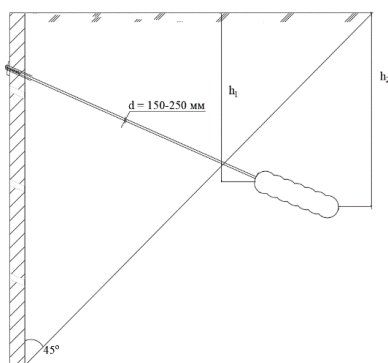


Рис. 1. Схема анкера-РИТ до совершенствования

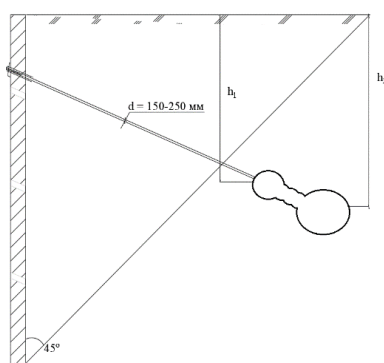


Рис. 2. Схема анкера-РИТ после совершенствования

После разряда оценивают степень уплотнения грунта по осадке бетонной смеси относительно устья скважины. Для изготовления анкеров и уплотнения грунта используют энергию электрического разряда 30...90 кДж на импульс, а частоту разрядов 3...40 импульсов в минуту.

Следует отметить, что зона цементации грунта (рис. 4, поз. 5) образуется только в пористых грунтах с коэффициентом фильтрации  $k_f > 9$  м/сут. Отсутствие в плотных глинистых грунтах зоны цементации приводит к снижению несущей способности грунтового анкера. Поэтому, конструктивно-технологическое решение увеличения несущей способности анкера путем введения в рабочую зону анкера двух уширений [5].

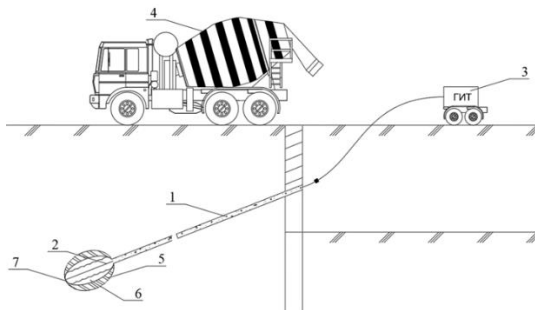


Рис. 3. Схема камуфлирования рабочей части анкера с использованием разрядно-импульсной технологии: 1 – наклонная скважина; 2 – электродная система; 3 – генератор импульсов тока высокого напряжения; 4 – автобетоносмеситель с растворонасосом; 5 – зона цементации пористого грунта; 6 – зона уплотнения грунта; 7 – камуфлетное уширение анкера

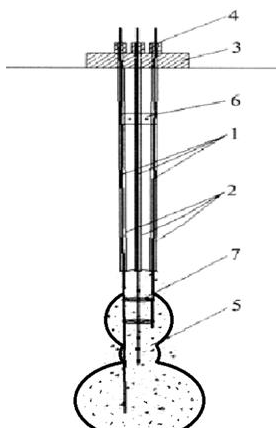


Рис. 4. Конструктивная схема анкера со сборной тягой из трех арматурных стержней: 1 – арматурные стержни тяги; 2 – пластиковая оболочка; 3 – опорная плита; 4 – фиксирующая гайка; 5 – заделка анкера; 6 – фиксаторы; 7 – стяжные хомуты

Основная особенность, которая придает большую несущую способность заключается в том, что нижний диаметр должен быть больше верхнего, исходя из этого вес взрывчатого вещества внизу должен быть больше чем в верхнем уширении. Также несущую способность придает уплотнение грунта, пористость в зоне воздействия ударного импульса снижается.

Несмотря на совершенствование анкера, устройство микросвай и анкеров типа РИТ, включая подбор режима и разрядно-импульсную технологию залитой бетонной смеси, следует выполнять с учетом ТР 50-180-06 и Информационных материалов. Также при работе с электроразрядной импульсной установкой должны быть предусмотрены и установлены защитные ограждения по ГОСТ 12.2.062 для элементов, находящихся под опасным для жизни напряжением (сеть 380 В, на шинах конденсаторной батареи 10 кВ). Все работы по наложению разрядной штанги на высоковольтные выводы проводят в диэлектрических перчатках на диэлектрическом коврик и изолирующей подставке.

Подача напряжения на установку должна сопровождаться звуковым и световым сигналами [5].

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Мартиросян З.Г., Еремин В.Я., Буданов А.А. Исследование напряженно- деформированного состояния маловлажного песчаного грунта вокруг свай-РИТ // Вестник МГСУ. 2008. №2. С. 24–36.

2. Галаветдинов В.З., Давиденко Б.Ю., Еремин В.В. Эффективность применения разрядно-импульсной технологии в сложных геологических условиях // ГИАБ. 2015. №3. С. 181-186.

3. Кочерженко В.В., Сулейманов А.Г. Устойчивость армированных грунтов в отвалах, насыпях и подпорных стенах // В сборнике: Наукоемкие технологии и инновации. Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова., 2019. С. 51-59.

4. Еремин В.Я., Еремин А.В., Кубецкий В.Л. Опыт строительства на сваях-РИТ. – Волгоград, 2008.

5. Локтев А.М., Кочерженко В.В. Грунтовые анкера. Конструктивные особенности // Инновационная наука. - 2021. №11-1. С. 28-29.

**Мальковская А.С., магистрант**

**Научный руководитель: канд. экон. наук, доц.**

**Абакумов Р.Г.**

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

### **НЕОБХОДИМОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ЭКСПЕРТИЗЫ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Случай, когда следственные органы поручают эксперту установить обстоятельства, подлежащие доказыванию по конкретному делу, и выносят экспертное заключение для решения вопросов, называется судебной экспертизой стоимости.

Процедурные исследования невозможны без определения областей знаний, лежащих в основе деятельности по определению рыночной стоимости [1].

Определение стоимости состоит из основных этапов, представленных на рис. 1.

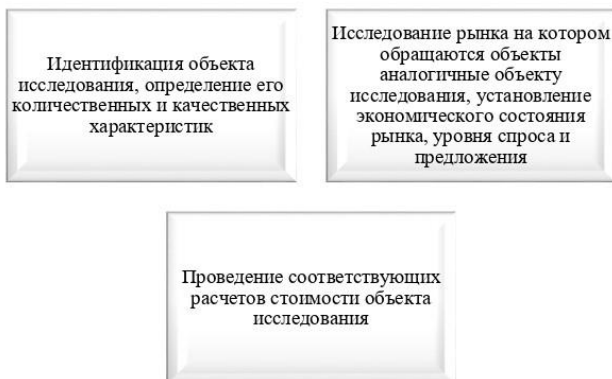


Рис. 1. Этапы определения стоимости

В качестве I шага в процессе исследования необходимо обладать экспертными знаниями по предмету исследования. После первого этапа исследования требуется (рис. 2).

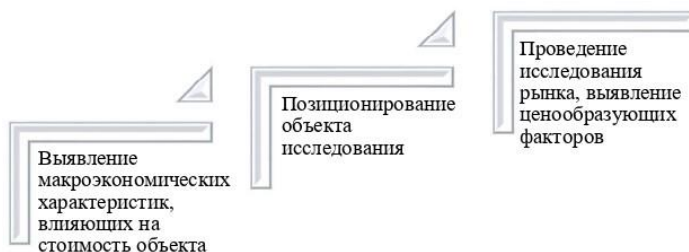


Рис. 2. Последовательность II этапа определения стоимости

III шаг – расчет затрат. Важно иметь в виду, что определение себестоимости – это применение теории стоимости, отрасли экономических знаний.

Методология расчета цены определяется техническими и методологическими документами регулирующего органа, регламентирующие проведение оценочных работ [2].

Обобщенную последовательность этапов определения стоимости можно наблюдать на рис. 3.



Рис. 3. Обобщенная последовательность этапов определения стоимости

Предметом проверки, как определено в законе о судебной экспертизе и оценке, является рыночная стоимость [3]. Однако, между ними, есть существенные различия как по форме, так и по содержанию (тал. 1).

Таблица 1

### Сравнительный анализ экспертиз

Отличия	Судебная экспертиза	Экспертиза, предусмотренная законом об оценочной деятельности
Вопросы эксперту	Другие вопросы, в т.ч. о значении стоимости и о диапазоне стоимости	Существует ли отчет требованиям Стандартов. Подтверждает ли эксперт значение рыночной стоимости?
Формы отчета	Регламентируется процессуальным кодексом. Гибкая форма	Регламентируется законом оценочной деятельности. Жесткая форма
Взаимодействие с участниками	Запрещено	Допустимо
Исходная информация	Только из материалов дела	Из любых источников
Ответственность эксперта	По уголовному кодексу	По закону оценочной деятельности
Требования к эксперту	Наличие профессиональных знаний	Членство в ОКО
Основания для деятельности	Решение суда	Договор

Таким образом, профессиональная оценочная деятельность и деятельность судебных экспертов стоимости базируются на общей методологической основе (подходы, методы и алгоритмы оценки) и поэтому формально не связаны, но связаны по содержанию. В то же время они используют принципиально разные источники информации об объекте оценки [4].

Однако судебная оценочная экспертиза имеет как сходства, так и принципиальные различия с другими судебно-экономическими экспертизами. То же самое относится и к судебной бухгалтерии, которая является развитием судебной экономики [5]. На протяжении десятилетий она является основным содержанием судебно-экономических экспертиз всех видов. Учение о судебной экономике продолжает развиваться, его теоретические и методологические основы формируются по мере накопления и обобщения опыта рыночных реформ.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Клипина Н.А., Абакумов Р.Г. Аналитический обзор существующих методик проведения судебной стоимостной экспертизы объектов недвижимости и проблемы их применения// Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2019. № 1 (35). С. 159-164.

2. Абакумов Р.Г., Губарев С.А. Проблемные аспекты проведения стоимостной судебной строительно-технической экспертизы//В сборнике: Инвестиции, строительство, недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики. Материалы VIII Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Под редакцией Т.Ю. Овсянниковой, И.Р. Салагор. 2018. С. 91-97.

3. Авилова И.П., Щенятская М.А. Управление эффективностью инвестиционно-строительных проектов через качественное состояние недвижимости// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 141-145.

4. Клипина Н.А., Абакумов Р.Г., Доан З.Х. Основы нормативно-правового регулирования проведения судебной стоимостной экспертизы // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2018. № 4 (30). С. 42-47.

5. Клипина Н.А., Абакумов Р.Г. Проблема применения методик судебной стоимостной экспертизы объектов недвижимости// Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2018. № 5 (31). С. 44-49.

6. Кладиева П.В., Мамина Т.Ю., Сиденко И.В., Чепурко Е.С. Современные проблемы стоимостной экспертизы в строительстве//В сборнике: Современные научные исследования: тенденции и перспективы. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под общей редакцией Е.А. Назарова. 2020. С. 124-128.



Мигулина А.А., студент,  
Зубкова М.Н., студент

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

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

## **КОНСТРУКТИВНЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В МОНОЛИТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ ТРУДОЕМКОСТИ И СТОИМОСТИ ОПАЛУБЛИВАНИЯ**

В настоящее время потребитель стал более требовательным к качеству жилья. Большую значимость при выборе квартиры или индивидуального жилого дома имеют такие факторы, как архитектурная выразительность, планировочное решение, расположение относительно сторон света, качество ремонта и так далее [1]. В общественных зданиях, торговых центрах, промышленных зданиях огромное значение играет возможность свободной планировки для создания нестандартных общественных пространств и организации сложных технологических процессов. Монолитное строительство позволяет решать данные задачи с высокой эффективностью.

На сегодняшний день объемы проектируемых и возводимых монолитных зданий, и сооружений растут по сравнению со сборными. При таких масштабах строительства необходимо анализировать влияние различных организационно-технологических факторов строительного процесса, чтобы добиться максимально рационального использования финансовых и трудовых ресурсов без снижения надежности возводимого объекта. Изготовление конструкций из монолитного железобетона развивается благодаря внедрению в строительномонтажные работы эффективных технологических решений и комплексной проработке вопросов по минимизации возникновения соответствующих организационных нештатных ситуаций.

Технологический процесс изготовления монолитных конструкций состоит из следующих основных последовательно выполняемых процессов: проектирование и установка опалубки, арматурные работы, бетонирование. В частности, качество оснастки, правильный выбор системы опалубки и соблюдение правил ее эксплуатации напрямую влияют на состояние поверхности бетона, его однородность, соответствие проектному решению и стоимость кубического метра бетона. Таким образом, необходимо ответственно подходить к выбору

проектного решения как здания в целом, так и решения по его опалубливанию.

Стоимость одного кубического метра бетона, являющегося частью завершеного строительного объекта, напрямую зависит от ряда факторов, в число которых входит также стоимость опалубки (либо ее аренды) и затраты на работу по ее монтажу и демонтажу. Исследования, проведенные компанией Peri, показали, что при возведении монолитных стен стоимость используемой опалубки в среднем составляет 14% от общей стоимости кубического метра бетона, а при возведении перекрытий около 5% [2]. Также от трудоемкости монтажа и демонтажа той или иной опалубочной системы зависит общая стоимость строительных работ. Так, за счет выбора оптимального конструктивного и архитектурного решения возможно снизить трудозатраты на возведение опалубки и уменьшить стоимость опалубочного комплекта.

Процесс возведения любого здания, в том числе монолитного, является сложным, многозадачным. Для повышения эффективности работ необходимо ответственно подойти к процессу организации строительства. Современным дополнением к решению данной задачи является применение BIM-технологий. Информационное моделирование в настоящее время является развивающейся отраслью. Оно позволяет добиться большей наглядности проекта, дополнительной визуализации конструктивных узлов, в том числе узлов опалубочного решения, смоделировать течение основных процессов, происходящих на строительной площадке и детально проследить связь между ними [3]. Так как опалубочные элементы аналогичны пазлам, то предварительная проработка конструкции опалубки и создание наглядной информационной модели значительно упрощает ее сборку. Тем самым появляется возможность сократить количество нестыковок как в процессе совместного проектирования различных разделов, так и во время монтажа на строительной площадке.

В настоящее время процесс развития конструкций опалубочных систем и способов опалубливания не стоит на месте. Более популярным видом опалубки по материалу становится металлическая, так как деревянная опалубка с использованием фанеры зачастую не удовлетворяет таким запросам застройщиков, как возможность эффективного и экономичного возведения зданий с большими пролетами и высотами этажей, нестандартными формами конструкций, практически идеальными поверхностями из архитектурного бетона. Металлическая инвентарная опалубка чаще всего отвечает требованиям прочности, которые возникают при возведении подобных зданий и сооружений, не создает прогибы конструкций, превышающие допустимые, также ее сборка и разборка достаточно технологичны. При

должном соблюдении правил эксплуатации опалубка с металлическим каркасом может выдержать большое число эксплуатационных циклов, также снижается число используемых тяжей, болтов, подкосов и т.п.

Исследование результатов инвестиционного проекта, реализованного на предприятии по производству железобетонных конструкций г. Челябинска по переходу с фанерной опалубки на металлическую, рассчитанного на 5 лет, показало снижение затрат на 5 % [4]. Таким образом, использование дорогостоящих металлических систем опалубки в долгосрочном периоде становится выгодным за счет снижения трудоемкости ее сборки и долговечности составных элементов.

В тоже время одним из неотъемлемых преимуществ фанерной опалубки является ее небольшая стоимость, и как следствие возможность единоразового использования для реализации нетиповых проектов. Однако, существует ряд конструктивных решений, в которых применение даже недорогой фанерной опалубки необоснованно удорожает строительство. Например, шахты узкие в одном направлении и длинные в противоположном (рис. 1, а) создают точки роста трудоемкости при сборке любого вида опалубки, так как места установки крепежных элементов, тяжей становятся труднодоступными. Рекомендуется проектировать шахты таких размеров, которые позволяют беспрепятственно и безопасно производить монтаж опалубочных элементов или рассматривать вариант проектирования данных узлов из сборных элементов.

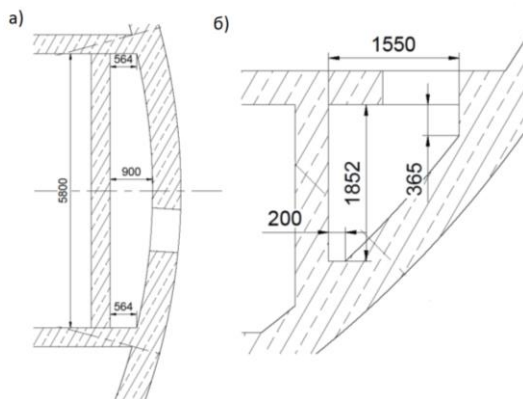


Рис. 1. Проектировочные решения, удорожающие строительство:  
а – узкие шахты; б – некратность размеров

Некратность размеров также приводит к необходимости применения специальной неинвентарной опалубки, что создает точки роста по затратам на строительство в каждом подобном узле (рис. 1, б) [2]. Рекомендуется при проектировании соблюдать единый модуль, равный 300 мм, или

ориентироваться на доступные размеры, представленные в каталоге элементов опалубки, при помощи которой планируется возводить здание или сооружение.

Одним из неудачных решений является проектирование нескольких помещений, незначительно отличающихся по размерам друг от друга, так как исчезает возможность использования одного и того же комплекта инвентарной опалубки. Острые углы, образуемые стенами, также являются точками роста трудоемкости, так как возникает необходимость создания нестандартных элементов из бруса или фанеры. Использование доборных элементов также снижает качество поверхности бетона и затрудняет процесс демонтажа. Нерациональным решением часто является проектирование каналов для коммуникаций из монолитного железобетона, сложных узлов примыкания радиусных стен к колоннам, углов со скошенными гранями и т.д.

В случаях, перечисленных выше, необходимо создание индивидуальных элементов опалубки, которые чаще всего являются одноразовыми, что удорожает стоимость кубического метра железобетона и, следовательно, строительства в целом. Также повышается трудоемкость работ, что может привести к несоблюдению графика производства работ.

Одним из прогрессивных видов опалубки является несъемная опалубка. В отличие от инвентарной, она применяется в случаях, когда повторная сборка невыгодна. Из технологического цикла исключается демонтаж опалубки, что сокращает трудозатраты. Зачастую элементы такой опалубки считаются в дальнейшем частью конструкции и могут как нести часть нагрузки, так и выполнять функции утеплителя, например, подземных частей здания.

При возведении уникальных большепролетных или высотных сооружений часто экономически обосновано или же технологически необходимо применение самоподъемных опалубочных систем, которые не так давно появились на рынке. Они позволяют снизить до минимума необходимость применения башенных кранов за счет автономного передвижения при помощи гидравлических подъемников.

С применением необходимой инвентарной опалубки также появляется возможность добиться высокого качества бетонной поверхности, что позволяет возводить конструкции из архитектурного бетона и других композитных материалов, исключая необходимость последующей отделки фасада и расширяя вариативность архитектурных решений [5].

Таким образом, применение современных и качественных опалубочных систем и оптимизация проектировочных решений в соответствии с используемой опалубкой уменьшает трудозатраты при возведении здания и стоимость строительства, повышает безопасность ведения строительных работ и качество конструкций.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Степанов А.Е., Малыгин А.Б. Оптимизация монолитный работ при возведении жилых зданий // Научно-технический журнал. 2020. С. 76-68.
2. Академия ПЕРИ. [Электронный ресурс]. 2022. Дата обновления: 26.09.2022. URL: <https://academy.peri.ru>
3. Городов П.Ю., Кочерженко В.В. Методы возведения междуэтажных перекрытий многоэтажных жилых домов при возведении их в скользящей опалубке // Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Том 2. Белгород, 2022. С. 15-18.
4. Нагорная А.М. Оценка экономической эффективности проекта совершенствования строительных технологий на примере предприятия ООО «Бетотек» // Вестник Совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. 2015. №2. С. 111-119.
5. Сулейманова Л.А., Fang J., Ширина Н.В., Баклаженко Е.В., Ладик Е.И. Современные материалы и технологии отделки фасадов при реконструкции и реновации жилого фонда // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 21-31.

**Мочалова А.О., магистрант**

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

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

## ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Самый популярный материал, который используется для возведения дорогостоящих зданий – это монолитный железобетон. Бетон и железобетон на настоящий момент остается основным конструктивным материалом. Неоспорима его лидирующая роль в строительстве XXI века, никаких других материалов в таком количестве не применяется [1]. Он используется для построения частных домов, многоэтажных зданий, а также торговых центров. Считается одним из самых прочных, долговечных и практичных строительных материалов. Под монолитным бетоном подразумевается заливка конструкции бетонной смесью непосредственно на строительной площадке. Здания

из монолитного железобетона отличаются нетиповыми проектами и уникальной архитектурой.

Железобетон состоит из двух материалов: традиционного цементного бетона и стальной арматуры. Такое сочетание предназначено для одновременного использования положительных качеств каждого из материалов. В железобетоне компоненты работают вместе, чтобы противодействовать многим типам нагрузок. Бетон хорошо сопротивляется сжатию, а стальная арматура как правило воспринимает усилия растяжения. Железобетон, как экономичный строительный материал, в настоящее время очень популярен. Он широко используется во многих типах зданий по всему миру. Наряду со многими преимуществами, железобетон также имеет некоторые недостатки [2].

Можно отметить следующие факторы, которые стимулировали развитие монолитного домостроения:

- возможность строительства в стесненных условиях, что особенно важно при дефиците территорий для массовой застройки и сохранения исторического облика города [3];

- развитие химических технологий в строительстве, разработка и использование различных добавок к бетону, позволяющих изменять его технологические свойства, получать эффективные модифицированные бетонные смеси [5];

- замена обычных бетонов многокомпонентными модифицированными, применение компьютерного проектирования состава бетона и технологии их приготовления, прогнозирование физико-механических и эксплуатационных характеристик [6];

- снижение материалоемкости конструкций и увеличение высотности возводимых зданий;

В качестве достоинств конструкций из монолитного бетона можно выделить:

- огнестойкость;

- высокая нормативная нагрузка, которая позволяет монтировать в жилых помещениях нестандартное бытовое оборудование (мини-бассейны, сауны и т.д.) [4];

- повышенные эксплуатационные характеристики, такие как жесткость и прочность конструкций, позволяющие увеличить срок эксплуатации до 200 лет.

- высокий уровень механизации строительно-монтажных работ;

К сожалению, можно отметить и недостатки монолитного строительства, такие как:

- большое количество времени, необходимое на бетонирование плит перекрытий, а также на набор прочности бетона. Если

минимальная конструктивная прочность стен и колонн может составлять примерно 20 % прочности бетона в возрасте 28 суток к моменту бетонирования вышележащего перекрытия, то при прочности бетона, уложенного в перекрытие, равного 40% при распалубке перекрытия, под ним оставляют все поддерживающие ее телескопические стойки. При достижении бетоном прочности 50 % оставляют половину стоек, при 60 % – четвертую часть; стойки оставляют до набора бетоном прочности равной 70–80 % проектной [3].

– необходимость обеспечения контроля качества возводимых монолитных конструкций, зависящее от качества технологического проектирования;

- большой собственный вес конструкций;
- высокая звукопроводность материала;
- возможность образования отслоений, трещин и других деформаций;
- необходимость нагрева бетона, если строительство запланировано в холодное время года;
- за счет высокой теплопроводности материала потребуется дополнительное утепление железобетонных зданий и сооружений;
- потребность в квалифицированной рабочей бригаде;

Следует отметить, что стены из монолитного железобетона обладают низкой воздухопроницаемостью, что не позволяет им «дышать». Такой недостаток затрудняет естественный воздухообмен и требует устройства систем вентиляции еще на начальном этапе строительства. Железобетонный монолит имеет высокую плотность. Поры в бетоне получаются из-за испарения излишка воды и неполного уплотнения воздуха из бетонного раствора. Конструкции из железобетона обладают высоким собственным весом, что значительно сказывается на стоимости строительства. Тяжеловесные элементы требуют укладки мощного фундамента, так как не каждый грунт способен выдержать большие нагрузки, поэтому делают геологические исследования планируемой под постройку местности. После этого выполняется операция установки опалубки. Она равномерно распределяется по всему периметру несущих стен, что дает возможность делать облегченное основание дома. Строительство из монолитного железобетона обходится почти на треть дешевле, чем возведение зданий из кирпича или блоков за счет экономии расходных материалов, меньших затратах рабочей силы, техники и времени. [7].

Монолитное строительство – это возможность проектирования и строительства нестандартного комфортного жилья разнообразной планировки в сочетании с различными материалами и конструкциями. Основной проблемой является обеспечение качества монолитного

бетона при стремлении подрядчиков увеличить оборачиваемость опалубки и ускорить темпы строительства. Для обеспечения надежности и долговечности монолитных конструкций необходимо качественное технологическое проектирование и непрерывный контроль с обработкой результатов методами математической статистики и теории вероятностей [4].

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Царикаев В.К. История, изобретения железобетона и развитие его производства. <http://lightd.yandex.net/yandbtm>
- 2.Преимущества и недостатки железобетона [Электронный ресурс] <https://civiltoday.com/civil-engineering-materials/concrete/23-advantages-and-disadvantages-of-reinforced-concrete>
3. Николенко Ю.В., Манаева М.М., Сташевская Н.А. О технологии бетонных работ в монолитном домостроении // Вестник РУДН.2020г. С.86-87.
4. Технические науки. Акимова Валентина Петровна.
- 5.[Электронный ресурс] <http://betonbeton.ru/news/intervyu>
- 6.Зиневич Л.В., Скоростное всесезонное монолитное строительство: пора решать проблемы. <http://ssst.ru>
- 7.[Электронный ресурс] <https://kladembeton.ru/vidy/drugie/monolitnyj-zhelezobeton-dostoinstva-i-nedostatki.html>

**Мочалова А.О., магистрант**

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

**Обернихин Д.В.**

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

### **ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БЕТОНИРОВАНИЯ НЕСУЩИХ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Монолитное строительство на сегодняшний день является одним из ведущих способов возведения зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения. Монолитное строительство на сегодняшний день является одним из ведущих способов возведения зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения. Практически все несущие элементы зданий возводят по технологии монолитного строительства.



Главным достоинством этой технологии является возможность возведения зданий с различными архитектурными и объемно-планировочными решениями и основой которых является жесткий железобетонный каркас с высокой несущей способностью.

Опыт возведения железобетонных колонн зданий химических производств показывает, что наиболее «проблемным» местом этих колонн являются их углы. Во время распалубки колонны, часто происходит скол углов с обнажением арматуры. Также в течении всего периода эксплуатации колонн их углы являются наиболее уязвимой частью при случайных ударных или статических воздействий. Ремонт, восстановление внешнего вида и защитных свойств бетона в углах колонн зачастую вызывает необходимость применения специальных материалов, которые значительно сказываются на стоимости проводимых работ [1].

Причинами этой большой «повреждаемости» могут быть значительные напряжения в области защитного слоя арматуры, а также из-за того, что бетон, распложенный в углах конструкции, как правило обладает более низкими прочностными свойствами. Еще одной из причин ухудшение качества бетона на углах, особенно если бетонирование происходило при отрицательной температуре наружного воздуха, является более низкая температура твердения бетона, чем температура основной массы бетона.

На основе отечественного и зарубежного опыта был выявлен ряд факторов, влияющих на качество возведения монолитных конструкций:

1. *Качество бетонной смеси.* Применение чрезмерно жесткой бетонной смеси при большом проценте армировании приводит к появлению раковин и каверн в зоне расположений арматурных стержней, что снижает сцепление арматуры с бетоном и вызывает опасность появления коррозии арматуры [2].

2. *Уплотнение.* Основной задачей при уплотнении является удаление пустот и пузырьков воздуха, содержащихся в структуре бетонной смеси. Существует три способа уплотнения: штыкование, трамбование, вибрирование. В настоящее время наиболее распространенный и эффективный способ уплотнения при производстве бетонных и железобетонных изделий является вибрирование. Хорошо уплотненный бетон имеет более высокую плотность, его объемная масса по сравнению с неуплотненной бетонной смесью повышается с 2,2 до 2,4...2,5 т/м. Возрастает прочность, морозостойкость и водонепроницаемость бетона [3].

3. *Вид и качество опалубки.* Опалубка в современном мире является одним из ключевых факторов, которые влияют на технологию строительства, сроки возведения и стоимость. Правильный выбор

опалубки уменьшает сроки строительства и трудозатраты. Устройство опалубки недостаточной жесткости может привести к деформации и смещению арматурных каркасов и сеток и, как следствие, к изменению несущей способности элементов. При снятии опалубки огромное значение имеет величина сцепления бетона с опалубкой: при значительном сцеплении затрудняются работы по демонтажу опалубки. Ухудшение получаемого качества бетонной поверхности приводит к возникновению различных дефектов [4].

4. *Доставка и подача бетонной смеси.* В зависимости от типа, размеров бетонируемой конструкции и условий на стройплощадке, необходимо применять определенный способ подачи бетонной смеси. Самоходные и башенные краны в комплекте с бункером (бадьей) могут обеспечивать порционную подачу бетонной смеси, выполняя также другие функции на строящемся объекте. Бетононасосы являются наиболее современным и эффективным оборудованием для бетонирования [3].

5. *Наличие современного оборудования.* Для сохранения скорости и уровня монолитного строительства, необходимо использовать качественное и современное оборудование, к которому можно отнести специальные станции для замешивания и разогрева бетонной смеси, вибротрамбовальное оборудование и технику для горизонтальной и вертикальной транспортировки.

6. *Арматура.* Арматура является важной составляющей железобетонных конструкций. Она должна соответствовать определенным требованиям: технологичность в производстве и применении, наличие требуемых прочностных и деформационных свойств, наличие периодического профиля и специальных анкеров. На скорость армирования влияет: метод соединения стержней, способ изготовления арматурных элементов, технология заготовки и натяжения напрягаемой арматуры. Соответствующими должны быть условия на складах, которые исключают загрязнение, коррозию и деформации арматуры [3].

7. *Климатические и погодные условия.* Очень часто бетонировать конструкции приходится и в условиях жаркого климата или в период зимних холодов. Эти условия оказывают существенное влияние на технологию и скорость возведения конструкций. Сухой и жаркий климат приводит к быстрой потере воды, что замедляет процессы гидратации. В следствии снижается прочность, морозостойкость, водонепроницаемость, увеличивается пористость, усадка, что приводит к появлению в бетоне трещин. В 28-суточном возрасте прочность на сжатие бетона, твердеющего без ухода, составляет менее 50 % от проектной, а глубина проникания деструктивных процессов достигает

30 см [3, 5]. Для предотвращения этих последствий применяются специальные меры, такие как: увлажнение бетонных конструкций разбрызгиванием струи через распылитель, покрытие полиэтиленовыми пленками, виброуплотнение, применение пористого заполнителя, водоудерживающие добавки, использование опалубок с низким водопоглощением [6, 7]. В зимний период необходимо применять определенные меры по предотвращению негативных последствий. Транспортировка смеси должна осуществляться по дорогам с ровным покрытием, автотранспорт должен быть утеплен для предотвращения остывания, также должен быть обеспечен подогрев за счет отработавших газов. На строительной площадке должно иметься необходимое оборудование для обогрева конструкций: термоматы, провода ПНСВ, опалубки с ТЭН и электропроводами, электроды, оборудование для инфракрасного прогрева, оборудование для индукционного прогрева. Рабочий персонал, который производит бетонные работы, должен быть квалифицирован и опытен [8].

Таким образом, эффективность железобетонных работ напрямую зависит от сроков и графика выполнения работ, который отражает последовательность выполнения процессов и их взаимную увязку. Уменьшение сроков возведения конструкций и повышения качества работ можно достигнуть путем использования современных средств комплексной механизации, технологии и организации труда.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Имайкин Д.Г., Ибрагимов Р.А.-Совершенствование технологии бетонирования монолитных конструкций
2. Стародубцев В.Г., Горяинов Д.А. Исследование влияния технологии укладки и уплотнения бетонной смеси на однородность структуры и свойств бетона // Электронный научный журнал курского государственного университета, 2018. № 1 (17). С. 62 – 67.
3. Анпилов С.М. Технология возведения зданий и сооружений из монолитного железобетона. М.: Издательство АСВ, 2010. 575 с.
4. Погодин Д.А., Спиридонов Н.Н., Халидов А.А. Совершенствование современных технологий и возведение многоэтажных жилых зданий за счет оптимизации опалубочных работ // Транспортные сооружения, 2019. № 2. С. 7.
5. Хубаев А.О. Описание эксперимента при расчете потенциала производства зимнего бетонирования // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. Вып. 2. С. 247-252.
6. Хубаев А.О., Бидов Т.Х. Организационно-технологический потенциал использования методов неразрушающего контроля при

производстве бетонных работ в зимний период // Наука и бизнес: пути развития – 2018. № 4. С. 101-104

7. Хаев Т.Э., Аветисян Р.Т. Факторы, влияющие на принятие организационно-технологических решений при выборе конструктивных методов креплений стенок выемок и котлованов // Наука и бизнес: пути развития, 2019. С. 85-87.

8. Лapidус А.А., Хубаев А.О. Формирование потенциала организационно-технологических решений использования методов бетонирования в условиях отрицательных температур // Наука и бизнес: пути развития, 2017. № 11. С. 7-11.

**Рудской И.С., магистрант**

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

**Есипов С.М.**

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

## **ОГРАЖДЕНИЯ КОТЛОВАНА В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

В современном строительстве и политике градостроительства можно проследить улучшение использования всей площади и объема плотности существующих зданий и сооружений.

В связи с вышесказанным, можно сделать вывод о том, что развитие крупнейших и средних городов России и зарубежных стран, происходит зачастую в вертикальной относительности, вверх и вниз, без использования дополнительных площадей. Это дает рациональное использование урбанистических территорий.

Подход по уменьшению развития площадей помогает снизить затраты на расширение инженерно-транспортной инфраструктуры, что также в свою очередь повышает престижность возводимых небоскребов, комплексов зданий и сооружений [1].

На фоне появления целесообразности застройки по вертикали возникает относительно новая, но в тоже время давно изученная организационно-технологическая в масштабе строительства проблема – в строительную отрасль в части практики требуется ввести наиболее эффективные методы разработки котлованов, возведения жилых и офисных зданий в стесненных условиях застройки и максимально развитой инфраструктуры городов [2].

Работа и строительство зданий и сооружений в развитой инфраструктуре, в стесненных условиях – это всегда непростая, а

зачастую трудновыполнимая инженерная, инженерно-геологическая, иногда и научная задача, требующая принципиально новые решения, индивидуальные методы разработки. У геотехников по всему миру на вооружении огромный потенциал в технологических решениях, технологиях устройства ограждений котлованов. Но зачастую многие методы не совсем, а иногда и абсолютно, не подходят по тем или иным условиям их использования в стесненных условиях развитой инфраструктуры городов.

С развитием инфраструктуры политика градостроительства диктует застройщикам более современные и уникальные методы возведения части зданий – под землей, что в свою очередь не является чем-то новым. Но в свое время такого рода строительство может быть осложнено составом грунта, геологическими условиями, подземными водами и течениями, а также пустотами [3].

Разработка подземного пространства является достаточно сложным и трудоемким процессом. Для ведения такого вида работ, инженеры строители должны иметь определенный опыт, соответствующее оборудование и квалификацию.

В данных случаях зачастую прибегают к методам “Стена в грунте”, ERT-технология по устройству свай, опускаемым колодцам.

При применении первой технологии, есть преимущества в том, что не обязательно производить довольно трудоемкие работы по водоотливу, водопонижению, размораживанию, замораживанию грунтов. Это позволяет значительно снизить расходы на разработку котлованов, сэкономить время и ресурсы [4].

Метод “стена в грунте” известен и применяется уже довольно большое время, но несмотря на это, каждый проект требует уникального подхода, в той или иной степени.

Инновации при строительстве не обязательно должны быть в составе новшеств. Они могут упрощать работу, ускорять строительные процессы, сокращать технологические циклы и цепочки, добиваясь результата – повышении эффективности возводимых объектов и продление их жизненного цикла. Также инновации помогают росту всех этапов возведения и эксплуатации зданий и сооружений, и в тоже время иметь практическое применение.

Таким образом, первым методом решаются сложные градостроительные задачи возведения сооружений в развитой инфраструктуре [3].

Также одним из наиболее подходящих для данных случаев методов являются буровые скважины, которые в последствии заполняются бетоном, но при всех операциях не нарушается состояние грунта вокруг

котлована. Во многих случаях данная технология эффективная, а в некоторых – необходимая из-за стесненных условий.

Этапы данной технологии включают в себя бурение скважин, сборку, монтаж пространственных каркасов, подача каркасов в скважины, подача мелкозернистого бетона. Но основной момент заключается в предварительной пройденной скважине с помощью пневмопробойника. В последствии мелкозернистый бетон уплотняется и формируется свая [5].

Также по всей высоте сваи происходит электрогидравлическое уплотнение сваи. Примечательно, что при подаче бетона, создается расширение с помощью серии высоковольтных электрических разрядов. Количество рассчитывается исходя из поперечных сечений свай [4].

В целом рассматриваемая технология имеет также существенные недостатки: зачастую по геологическим исследованиям можно сделать вывод, что грунты – структурно-неустойчивые. В таких видах грунтов нет возможности применять данную технологию, либо очень сложно. Технология буринъекционных свай-ЭРТ позволяет это сделать. Особенно это востребовано при капитальном строительстве.

Метод свай-ЭРТ используется не только для усиления котлована, но также для усиления оснований фундаментов. Заглубленные сваи позволяют усилить качественно несущую способность и прочность материала основания, грунтового объема. Это значительно снижает трудоемкость при работах нулевого цикла [6].

Само же бурение скважины осуществляется шнековым забурником. Он содержит электрический разрядник. При достижении устья, бур постепенно поднимают, с подачей мелкозернистого бетона и электрическими разрядами. Далее операции повторяются.

Данная технология и совокупность работы позволяют изготавливать сваи в грунтах, где нет устойчивости (илы, торфы, водонасыщенные грунты).

Другой технологией при разработке котлованов для зданий является способ опускного колодца. В данном случае, метод основывается на опускании железобетонных конструкций сверху вниз для исключения обвала котлована. В нижних частях конструкций – стен, расположены ножи для резки грунта. Данный вид конструкции под собственным весом прорезает грунт и опускается на требуемую расчетную глубину. Что примечательно, по мере заглубления опускной системы, можно добавлять наращивать конструкции, для увеличения общей высоты. После процесса опускания устраивается гидроизоляция, днище основания и выполняются конструкции внутри колодца. Диаметр опускной системы варьируется в диапазоне от нескольких метров до нескольких десятков метров [7].



Рис. 1. Погружение сборно-моноконтного опускного колодца

Тем не менее, в городских условиях плотной застройки и развитой инфраструктуры, метод опускных колодцев в настоящее время используют крайне редко, так как у других методов есть очевидные преимущества перед данным методом.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Чердниченко Т.Ф., Чеснокова О.Г., Тухарели В.Д. Освоение подземного пространства при проектировании и строительстве уникальных зданий и сооружений. Волгоград: ВолгГАСУ, 2015, 99 с.
2. Горячев О.М., Прыкина Л.В. Особенности возведения зданий в стесненных условиях. Москва: Academia, 2003. 272 с.
3. Побегайлов О.А. Инновационно-ориентированный подход к использованию городской земли // Инженерный вестник Дона, 2013. № 2.
4. Тухарели В.Д., Тухарели А.В., Габлия А.А. Современные тенденции развития технологий гидроизоляции зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона, 2017. № 3.
5. Воронцов Е.А. Особенности методики инженерно-геологических изысканий в условиях плотной городской застройки (на примере города Москвы). Москва: МГСУ, 2002. 195 с.
6. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности бурионъекционных свай-ЭРТ // ОФиМГ. 2015. № 1. С. 10–13.
7. Кочерженко В.В., Погорелова И.А. Исследование влияния технологии погружения оболочек опускных колодцев на их напряженно-деформированное состояние // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 65-72.

Сидорова А.Д., студент,  
Белобратова М.С., студент,  
Богомазов Д.В., студент

Научный руководитель: ст. преп.  
Шешенев Н.В.

Рязанский институт (филиал) Московского  
политехнического университета, г. Рязань, Россия

## УСТРОЙСТВО БОКОВОГО КАРКАСА В УСЛОВИЯХ АКВАТЕКТУРЫ

Многие города разных стран находятся вблизи водных объектов. За последнее столетие климат на Земле стал меняться, и в некоторых случаях предугадать дальнейшие изменения очень тяжело, особенно с учетом того, как влияет человеческая деятельность на объекты водной акватекуры [1] (рис. 1).

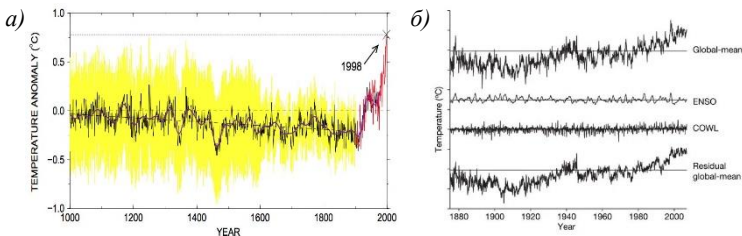


Рис. 1. График роста глобальной температуры Земли в XX в:  
а – изменение температуры за 1000 лет; б – изменение температуры за 100 лет

Из графиков заметен постоянный рост температуры, приводящий к таянию льдов, повышению уровня океана, изменению региональных осадков, к смене границ климатических зон.

Таким образом, сформировались два варианта решения проблемы затопления территорий:

- 1) Отвоевывание суши;
- 2) Строительство зданий на воде.

Перед тем как выбрать метод борьбы с затоплением, целесообразно в течение определенного времени наблюдать за гидрологическими характеристиками водных объектов.

Решение проблемы первым способом является наиболее удачным, но экономически затратным – сплошная засыпка грунтом до незатопляемых отметок. Этот метод следует использовать при условии, что доставка и разгрузка грунта будет осуществляться



железнодорожным или автомобильным путем на небольшие расстояния. При иных обстоятельствах, данный способ может быть неразумным [2].

Также в частных случаях возможен способ намывания грунтов с помощью средств гидромеханизации.

Кроме того, для борьбы с затоплением используют специальные дамбы, создаваемые непосредственно рядом с водными объектами. Они могут располагаться вдоль водоема и примыкать к склонам. Данное решение дает достаточно хороший результат, но оно может испортить архитектурный облик местности. Также этот способ опасен для осушенных территорий: если на дамбе произойдет авария, то все отвоєванные территории будут затоплены.

Для защиты городов также строят обводные каналы. Часть воды по искусственному руслу уходит, и данное действие позволяет избежать затопления территории [2].

Второе решение проблемы затопления является приспособление к природным условиям. Существуют плавучие основания на воде.

У объекта есть возможность находиться на плаву за счет своих собственных характеристик. Разработанная типология предусматривает два типа плавучих оснований. Они делятся на статические и динамические плавучие основания (рис. 2).

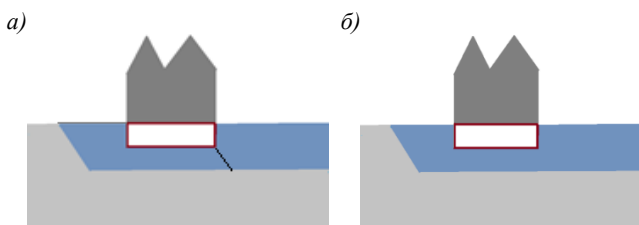


Рис. 2. Плавучие основания: а – статические; б – динамические

Статические плавучие основания: объект находится на плаву, лишен возможности перемещаться в пространстве (пришвартованные дома на основании остова судов, дома на плотках, дома с герметичным корпусом-понтонном).

Динамические плавучие основания: объект находится на плаву без привязки к постоянному месту, есть возможность перемещаться в пространстве самостоятельно или с помощью других плавающих средств (катера, корабли, плавающие лайнеры-города на воде, круизные океанские лайнеры, понтонные сооружения, дома, переправы).

Один из действенных способов плавучих фундаментов – понтонные основания.

Понтонны – универсальный материал. Они создаются из пластика, стеклопластика, металла и др. Материал зависит от назначения дома, его архитектурных решений, климата, срока использования, веса [5].

Данную акватиктуру целесообразно применять в гидрологических условиях, где происходят сильные приливы, наводнения и большое количество осадков, например: города Санкт-Петербург, Майами, условия Антарктиды, Крайнего Севера, Дальнего Востока, и др.

Для монтажа подобных зданий предлагается применять технологию бокового каркаса, который будет устраиваться на суше с частичным погружением в воду, для дальнейшего спуска сооружения на воду. В судостроении существуют аналогичные способы перемещения судов на поверхность воды.

Продольный спуск судов осуществляется с продольных наклонных стапелей длиной от 100 до 350 м, расположенных перпендикулярно к береговой линии или под некоторым углом к ней. Стапель представляет собой сложное инженерное сооружение, имеющее железобетонное основание для размещения спусковых дорожек. Он состоит из надводной и подводной частей.

Поперечный спуск обычно применяют для спуска судов малого и среднего тоннажа на верфях, расположенных на реках. Для поперечного спуска судна на воду используют сооружения, состоящие из горизонтального стапельного места (предпусковой позиции) и наклонных спусковых дорожек, направленных перпендикулярно оси стапеля. Уклон спусковых дорожек значительно больше, чем на продольных стапелях. Спусковые дорожки размещают на грунте или на железобетонном основании и заглубляют в воду на 1,5 м или совсем не заглубляют.

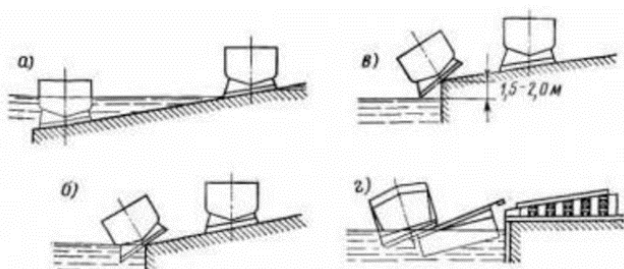


Рис. 3. Разновидности свободных поперечных спусков: *a* – нормальный спуск; *б* – спуск прыжком; *в* – спуск броском; *г* – спуск с помощью понтона

Подобный принцип спуска может быть реализован и для зданий на понтонном основании. В данном случае конструкция сооружения

должна обладать повышенной жесткостью во избежание потери несущей способности.

Понтонные конструкции помогают решать проблему сохранения всемирного культурного наследия. Например, Венеция каждый год уходит под воду на 2 мм. Для устранения данной проблемы можно применить способ «посадки» зданий на понтоны.

Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

### Результаты исследования

Методы решения проблем затопления	Плюсы	Минусы
сплошная засыпка грунтом	-позволяет, не испортив эстетическую составляющую местности, предотвратить затопление территории; -применение различной строительной техники	-экономически затратный метод
дамбы	-возможность оградить территорию отдельными участками; - рекреационная функция; -сложность монтажа и применение различной строительной техники	-может испортить архитектурный облик местности; -существует угроза размыва и затопления территории
плавучие понтоны	-универсальная конструкция; -не требуется грунтовое основание; -монтаж с помощью бокового каркаса и минимальным количеством строительной техники	- повышенные требования к технологии строительства подобных зданий

Из таблицы видно, что современные методы несовершенны. Проанализировав данную проблему, можно прийти к выводу, что в меру возможностей современных технологий вода все равно будет приходить на отвоеванные территории. Поэтому лучшим вариантом является переезд в океанские воды затопляемых городов, с применением конструкций понтонов, спускаемых на воду с помощью бокового каркаса.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вламириров В.В. и др. Инженерная подготовка и благоустройство городских территорий. - М: Издательство Архитектура – С, 2004. – 240 с.
2. Орлов, Е. В. Инженерные системы зданий и сооружений. Водоснабжение и водоотведение: учебное пособие / Орлов Е. В. - Москва : АСВ, 2020.220 с.
3. Кравцова В. – Текст: электронный // Амбиверт: электронный журнал. - 2019 - 01.03 – URL: [https://dzen.ru/media/hydra\\_journal/plavuchie](https://dzen.ru/media/hydra_journal/plavuchie)

goroda-smelye-proekty-vodnyh-megapolisov-5c78d13e67c02400b5de1486  
(дата обращения: 25.10.2022)

4. Юлдашева К.А. Борьба с паводками: обзор мирового опыта-Текст. Электронный// НИЦ МКВК – 2010. – URL: <http://www.cawater-info.net/library/rus/inf/33.pdf>. (дата обращения: 25.10.2022)

5. Хель И. – Текст: электронный // Плюсы и минусы строительства зданий на воде - 2016 - 02.11 – URL: <tps://hi-news.ru/research-development/plyusy-i-minusy-stroitelstva-zdaniy-na-vode.html?ysclid=19o90dlk9e843656120>. (дата обращения: 25.10.2022)

**Симонов Н.А., аспирант**

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

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

## **СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО ГОРИЗОНТА ПЛАНИРОВАНИЯ**

На данный момент в стране во внутриэкономической ситуации для предприятий отраслевого промышленного комплекса наблюдается резкое снижение уровня устойчивости прогнозируемых финансово-экономических показателей вследствие влияния санкционного давления и повышенной изменчивости внешнеполитической ситуации мирового сообщества, сказывающееся на нарушении цепочки поставок и ограниченности рынков сбыта. Возникает взаимоограничивающая друг друга ситуация, при которой аппарат государственной поддержки предприятий промышленной отрасли неспособен в полной мере компенсировать издержки недополучения доходов от деятельности производств и стабилизировать внутренний рынок, ведь поддержка государством отраслевых промышленных комплексов является лишь одним из совокупности мер нивелирования рисков дисбаланса финансово-экономической стабильности, с другой стороны нарастить такого рода государственную помощь в короткие сроки невозможно

В связи с этим на первый план выходит разработка стратегии управления промышленными комплексами в условиях ограниченности горизонта планирования с учетом происходящих изменений, включающей совокупный набор инструментов для принятия решений в максимально короткие сроки и нивелирования рисков.

Решением данной задачи является взаимодополняющая работа на связи государство - предприятие. Для каждого из субъектов хозяйственной деятельности разрабатывается набор инструментов, не противоречащих деятельности другого. Критерием эффективности данного инструментария служит устойчивость экономической системы, характеризующаяся неизменяемостью базовых финансовых характеристик и подсистем, постоянством намеченной траектории развития и повышенной сопротивляемостью критическим внешним воздействиям [1].

Инструмент аналитического обеспечения процесса управления устойчивым развитием относится к базовым, от которого строится вектор развития предприятия. Включает в себя три компонента: средства информационного обеспечения, человеческий интеллектуальный ресурс и выработанные бизнес – процессы (процессы управления).

Аналитика обеспечивает данными (информационной поддержкой), для их анализа и обработки необходимо развитие следующего инструмента – повышение компетентности в управлении промышленным аппаратом (корпоративное управление), подразумевает собой сбалансированное взаимодействие между руководящим составом и менеджментом организации. Это инструмент организационного характера, выраженной в ускоренном выделении риск-фактора из общей совокупности и дальнейшей работе с ним.

Экономико-статистическое моделирование является инструментом прогнозирования принятых решений по работе с риск – фактором [2]. Данный инструмент должен опираться на аналогично выбранный опыт иных смежных по финансово-экономической ситуации предприятий и просчет степени влияния внешних факторов на колебание изменчивости устойчивости организаций [3,4].

Объекты анализа деятельности предприятия и инструменты сбора и обработки представлены на рис. 1.



Рис. 1. Процесс анализа деятельности предприятия

Для наибольшей эффективности данных инструментов необходимо внедрение и совершенствование корпоративного управления промышленным комплексом, основанное на создании государством единого экономического пространства, внедрении общих экономических, законодательных, социальных основ корпоративного управления.

Корпоративное управление представляет собой процесс организации деятельности хозяйственного субъекта, основанного на разделении компетенций между участниками инвестиционного процесса и коллегиальном решении рационального использования капитала и прибыли корпорации [5]. Основой эффективного выстраивания промышленного корпоративного управления является работа с основными фондами предприятия. Можно выделить следующие меры государственной поддержки, влияющие на корпоративное управление (рис. 2) [6]:

- предоставление субсидий и льготных программ кредитования;
- реализация крупных инфраструктурных проектов, посредством использования мер налоговой политики;
- заключение концессионных соглашений и участие в государственно-частных партнерствах.



Рис. 2. Меры государственной поддержки предприятий

Основной функцией развития инвестиционных проектов с государственной поддержкой в отраслевом промышленном комплексе является создание и наращивание финансовых фондов поддержки для смягчения потенциальных негативных последствий, вызванных внешними критическими факторами.

Упор в корпоративном управлении необходимо делать на подготовку и привлечение кадров с учетом образования, опыта и квалификации высшего управленческого персонала.

Как было сказано ранее критерием продуктивности применяемых средств можно считать показатели финансовой устойчивости с соблюдением бухгалтерского баланса, поддержанием платежеспособности, а также эффективным использованием источников финансирования (собственных и заемных).

Приоритетной задачей в рамках поддержания финансовой устойчивости является ранжирование рисков по критичности влияния на производственный процесс. Минимизация рисков проходит следующие этапы:

Моделирование критичности влияния риска на процесс производства;

Определение границ влияния, распространения и распределение риска;

Определение ресурсов и резервов по минимизации риска;

Моделирование сценариев развития.

Наряду с применяемыми инструментами промышленным комплексам следует придерживаться определенного рода стратегий, способных уменьшить вероятность возникновения риска:

– выбор типовых, наиболее распространенных проектов, опробованных на международных рынках;

– разделение зон ответственности между наиболее компетентными стейхолдерами;

– использование поддержки по финансовым и исполнительским контрактам;

– страхование;

– консультация третьей стороны, аутсорсинг аудиторских и консалтинговых компаний.

Таким образом, финансово-экономическая устойчивость предприятия характеризуется возможностью уменьшения последствий возникающих рисков – их нивелирования. Основная роль отводится адаптивности применяемых методик управления под изменяемые условия среды. Для этого подбирается инструментарий из определенного набора функций по реагированию на ситуацию. Эффективное управление отраслевым промышленным комплексом возможно благодаря слаженной работе на стыке государство – предприятие. Но поддержка государства

создает зависимость от предоставленной помощи для предприятий. В связи с этим необходимо разрабатывать систему поддержки с учетом возможности самостоятельного эффективного существования без нее. Одним из способов является расширение связей по цепочкам поставок, их координация и структуризация, как путь к полному импортозамещению. Зависимость от зарубежных поставок повышает риски, связанные с непредсказуемостью политической ситуации и зависимости от нее. Наряду с этим широкий выбор инвестиционных проектов, требующих государственной поддержки, которые преследуют разноплановые цели (экономическая выгода, социальный эффект и т.д.) обуславливает необходимость изменения механизма помощи, разработки критериев отбора наиболее перспективных участников [7]. Решением является внедрение передовых финансовых моделей, устанавливающих прямую корреляцию между основными средствами предприятия и его чистой прибылью, учитывая факторы финансовой устойчивости. К этому необходимо прибавить повышение уровня компетентности в области анализа и обработки данных, ведение подготовки высококвалифицированных кадров на основе передового опыта.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Абакумов Р.Г. Методика экономического обоснования выбора критерия эффективности управления воспроизводством основных средств организации / Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013 г.
2. Абакумов Р.Г., Наумов А.Е., Зобова А.Г. Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве / Вестник БГТУ им. ВГ Шухова, 2017 г. – С. 171 – 181.
3. Аньшин, В.М. Инвестиционный анализ: учебное пособие / В.М. Аньшин. – Москва: Дело, 2017. – 280 с.
4. Афонин, В.В. Моделирование систем: учебно-практическое пособие / В.В. Афонин, С.А. Федосин. – Москва: Интуит, 2016. – 231 с.
5. Коваленко, И.И. Организационно-экономический механизм управления устойчивым развитием предприятия с учетом производственного риска // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2019. – № 6 (12). – С. 174–188.
6. Диденко Е.С. Управление устойчивым развитием предприятий отраслевого промышленного комплекса в условиях повышенной неопределенности. Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Ставрополь – 2022 г.
7. Абакумов Р.Г. Методы оценки эффективности инновационных проектов / Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования, 2016 – С. 9 – 13.



**Смирнова О.В., студент,  
Борисова Е.Р., студент,  
Березинец Е.Ю., студент,  
Афонин А.О., студент**

**Научный руководитель: ст. преп.  
Шешенев Н.В.**

*Рязанский институт (филиал) Московского  
политехнического университета, г.Рязань, Россия*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БОКОВОГО ВОЗВЕДЕНИЯ КАРКАСОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Одной из самых сложных задач строительства всегда была необходимость перемещения тяжелых конструктивных элементов сооружения. Еще с древних времен, когда не было современных технических установок, люди придумывали различные способы решения данной проблемы.

Как пример одного из способов поднятия массивных элементов на достаточно большую высоту, можно рассмотреть теорию строительства знаменитых египетских пирамид.

Существует такая теория, что из-за того, что пирамиды строились изнутри, применялись спиральные тоннели. После технического анализа данной теории ученые пришли к выводу, что никаких тоннелей в форме колец египтяне не строили, но появилось предположение о строительстве пандуса внутри. Если предположить, что такой пандус существовал, то появлялась возможность поднять блоки на достаточно большую высоту. Уклон пандусов не должен превышать 7%, иначе просто невозможно поднять блоки высоко. На поворотах были созданы специальные открытые площадки, которые позволяли поворачивать блоки в нужном направлении. По теории было 2 пандуса. Первый - прямой, идет от основания пирамиды снаружи. Он позволяет возвести основание пирамиды и еще больше половины самого строения. Затем был построен второй пандус, который располагался уже внутри пирамиды (рис. 1) [1].

Также известна фреска времен XII династии в некрополе Дейр-эль-Берше, на которой изображены 172 человека, тянущих на санях-волокушах алебастровую статую номарха XV нома Джехутихотепа II (рис. 2). Песок по пути следования работник поливает водой, отчего скольжение облегчается, и наиболее распространенным способом было перемещение груза на санях-волокушах [2].

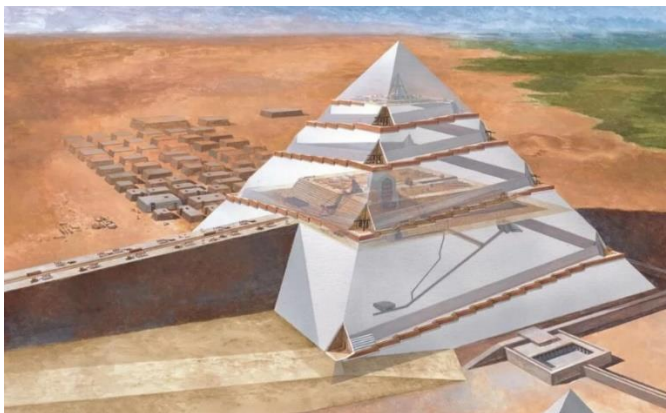


Рис. 1. Пандусы для возведения пирамиды

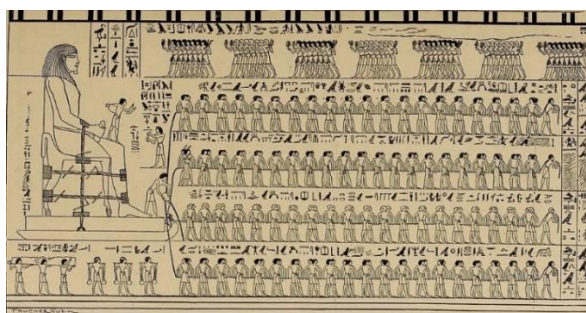


Рис. 2. Прорисовка фрески Джехutihотепа II с изображением метода передвижения колосса

Рассмотрим одну из технологий поднятия строительных материалов для устройства кровли на примере поднятия профлиста. В связи с тем, что данный строительный элемент по своим габаритам никак не получится поднять с помощью внутренней лестницы здания, необходимо находить способы поднятия его со стороны фасада здания. Одним из вариантов является поднятие с помощью каркаса из двух балок, соединенных между собой. На эти балки прикладываются листы, обматываются веревкой для фиксации, и вся конструкция крепится к крыше (рис. 3). Аналогичным образом возможно поднятие солнечных фотоэлектрических панелей [5].

Поднятие груза можно осуществить и с помощью специальных механизмов. Тот же профлист можно поднять на кровлю с помощью лебедки. Она успешно используется, если нужно поднять груз на крышу так, чтобы не задеть элементы фасада, инженерные или строительные

конструкции, выступающие детали. С лебедкой удобно и легко работать, ее можно зафиксировать на грузовом и даже легковом автотранспорте.



Рис. 3. Поднятие кровельных элементов ручным способом

В отличие от использования двух соединенных наклонных балок, лебедки ускоряют процесс подъема, требуют меньше приложенных сил, не создают риск повреждения фасада здания, а также более маневренны.

Для наглядности сравним ручной и механические методы подъема груза (табл. 1).

Еще с древних времен люди пытались развивать технологию поднятия тяжелых элементов на достаточно большие высоты, тем самым облегчая возведение зданий и сооружений, а также уменьшая время строительства и трудозатраты. На протяжении долгих лет люди все больше развивали эту технологию, вплоть и до нашего времени.

Но в основе всех современных систем возведения, лежит ручной способ. Несмотря на несовременность ручных методов, они имеют ряд преимуществ. Например, не всегда уместно использовать краны для строительства малогабаритных сооружений, так как это экономически невыгодно. Также пользоваться механическими способами возведения не всегда возможно из-за привязанности места к линиям электропередач. Тогда более целесообразно применять ручные методы, которые требуют меньших затрат – являются более экономичными, не требуют особых знаний по сборке и монтажу, а также не нуждаются в особом обслуживании и вводе в эксплуатацию.

К ручному способу возведения можно добавить устройства для еще большего упрощения процесса возведения. Так можно применить ручную лебедку и тратить меньше энергии на подъем, либо же к грузу прикрепить ролики для уменьшения силы трения, тем самым уменьшить время подъема (рис. 4). Данные способы можно также объединить и получить еще большую выгоду, уменьшая трудозатраты и время возведения.

Таблица 1

## Сравнение механизмов для возведения каркаса

Наименование	Достоинства	Недостатки
Лебедка	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Используется, чтобы при поднятии груза не задеть элементы фасада, инженерные или строительные конструкции, выступающие детали.</li> <li>2. Небольшие габариты</li> <li>3. Несложная конструкция</li> </ol>	1. Грузоподъемность малогабаритных лебедок ограничена.
Кран	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Большая грузоподъемность</li> <li>2. Может работать со всеми видами строительных материалов</li> <li>3. В работе можно использовать дополнительное оборудование</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Высокая цена</li> <li>2. Из-за своих габаритов не везде может проехать</li> </ol>
Подъемник	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Безопасность во время работы</li> <li>2. Низкая цена обслуживания</li> <li>3. Хорошая грузоподъемность</li> <li>4. Простая сборка и монтаж</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Требуется защиты от погодных условий</li> <li>2. Ручная выгрузка и погрузка груза</li> <li>3. Относительно медленная скорость передвижения</li> </ol>
Боковое возведение ручным способом	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экономично</li> <li>2. Простая сборка и монтаж</li> <li>3. Возможность использования в труднодоступных местах.</li> <li>4. Не требует обслуживания</li> <li>5. Не требует ввода в эксплуатацию</li> <li>6. Не требует наличия электроэнергии</li> <li>7. Не требует защиты от погодных условий</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Большие затраты времени и труда</li> <li>2. Большая вероятность получить травму</li> <li>3. Можно поднять только малогабаритный груз</li> </ol>
Боковое возведение с помощью ручной лебедки	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Для работы с ручной лебедкой не требуется электроэнергии или топлива.</li> <li>2. По сравнению с боковым возведением затрачивается меньше энергии и времени</li> <li>3. Экономично</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Мощность устройства ограничена физической силой человека.</li> <li>2. Можно поднять только малогабаритные грузы</li> </ol>

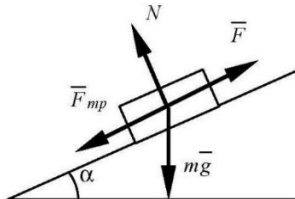


Рис. 4. Изображение сил, возникающих при боковом возведении груза

Не всегда механический способ возведения является выигрышным. Иногда и ручной метод может быть единственным

верным способом для конкретных видов работ, где использование механических методов просто невозможно. Поэтому по сей день этот способ является одним из самых основных для возведения зданий и сооружений и широко используется на многих строительных площадках.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Кларк С., Энгельбах Р. Строительство и архитектура в Древнем Египте: Центрполиграф; Москва; 2009. 285 с.
2. Перепелкина Ю. Я. История Древнего Египта. – СПб.: «Летний Сад» - Журнал «Нева», 2000. 560 с.
3. Барсов И. П. Строительные машины и оборудования: учеб. для техникумов. – М.: Стройиздат, 1986. 511 с.
4. Ким Б. Г. Строительные машины и оборудования стройиндустрии: учеб. Пособие. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2015. 279 с.
5. Кипарисов Н. Г., Трубников В. А., Кушев И. Е. Повышение эффективности работы солнечных фотоэлектрических панелей /// Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса: Материалы 70-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 23 мая 2019 года. Том Часть III. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 412-416. – EDN HBVARV.

**Сырых А.А., студент,  
Грищенко М.С., студент,  
Курлыккина А.В., аспирант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.  
Высоцкая М.А.**

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

### **АНАЛИЗ ПОПЕРЕЧНОЙ РОВНОСТИ ПОКРЫТИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПРОГРАММОЙ ПИК ДОРОГА-ПРО**

На каждой построенной или отремонтированной дороге выполняется контроль качества работ с помощью различных способов, один из которых – использование специальных систем сканирования, установленных на подвижных дорожных лабораториях. Одной из подобных машин является дорожная лаборатория «Трасса». С ее помощью измеряется поперечная и продольная ровность, коэффициент сцепления, геометрические параметры дороги, выполняется панорамная съемка, фиксируются параметры инженерного обустройства, рассчитывается

интенсивность и состав дорожного движения [1–6]. Результаты сканирования дорожного полотна и ситуации переносятся в специальную программу ПИК Дорога-ПРО для дальнейшей обработки.

После оцифровки и загрузки данных в систему ПИК Дорога-ПРО пользователь открывает приложение Дорога-ПРО и начинает обработку измерений. Перед пользователем в процессе обработки данных всплывает окно следующего вида (рис. 1), в котором выбирается дорога и модуль данных, подлежащих обработке. В нашей работе рассмотрим модуль данных «Видеодефектовка». Затем выбирается одна из полос, на которой была осуществлена съемка полотна. После чего начинается обработка данных.

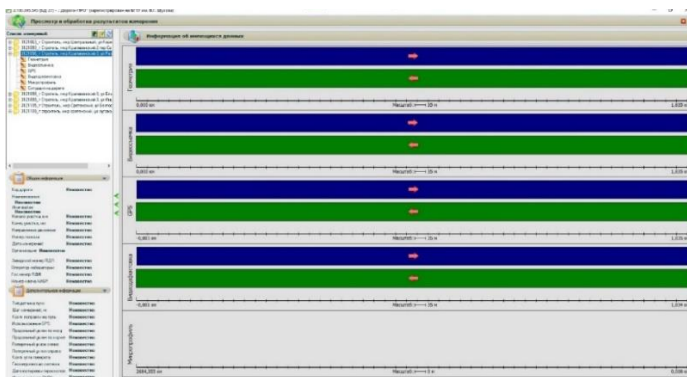


Рис. 1. Экран обработки

После этого действия в программе открывается следующее окно (рис. 2), в котором осуществляется деятельность по нанесению дефектов на отснятый материал (покадрово).

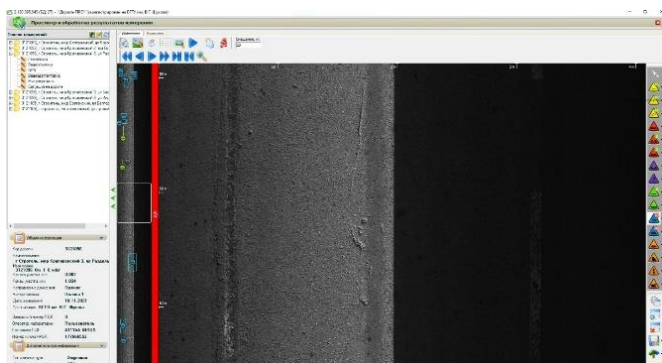


Рис. 2. Экран видеодефектовки

По умолчанию, на одном кадре фиксируется порядка 3 метров покрытия, переход на следующий кадр, с перекрытием небольшой части предыдущего кадра, до 1 метра, производится посредством компьютерной мыши. В верхней части рабочей области находятся функции перемещения по кадрам (на кадр вперед или назад, на 10 кадров вперед или назад, в начало или конец, режим увеличения), функция анализа всех файлов, выхода из режима обработки результатов, картограмма дефектов, а также доступ к получению ведомости состояния покрытия: обычной, подробной, сводной и с разбивкой на 100 метров. Справа находится панель дефектов, настройки, а также функция анализа всех дефектов, очистки файла от дефектов, сохранение изображения видимого участка с возможностью покадрового сохранения, смена местоположения, а также функция автоматического определения дефектов, опция необходима по причине несовершенства искусственного интеллекта, выполняющего обработку результатов, по ряду причин, например, неравномерная яркость кадров, одной из причин которой может являться тень от дерева, поэтому автоматически определенные дефекты требуют ручной корректировки. Программа позволяет нанести на кадры видеосъемки следующие дефекты с панели дефектов (сверху-вниз), рис. 3.



Рис. 3. Панель дефектов

1. Поперечные трещины. После выбора инструмента на панели справа с помощью левой кнопки мыши (ЛКМ) или «горячей» клавиши «Q», пользователь повторяет контур трещины, ведя по ней курсор мыши с зажатой ЛКМ.

2. Продольные трещины. Принцип нанесения аналогичен принципу нанесения поперечных трещин, за исключением кнопки быстрого доступа – «W». Если пользователь нанес вместо продольной трещины поперечную или наоборот, то программа самостоятельно определит и отнесет дефект к соответствующему, автоматически исправив ошибку пользователя.

3. Сетка трещин. Выбирается с помощью ЛКМ или «горячей» клавиши «E». Наносится с помощью выделения области множества продольных и поперечных трещин прямоугольником (выделяется также с помощью ЛКМ). Опция требует отдельного подтверждения выделенной области с помощью кнопки «Enter».

4. Просадки (пучины). Выделяется аналогично сетке трещин – с помощью прямоугольника выделяется необходимая область с просадкой

(пучиной) на кадре или нескольких кадрах. Для этого необходимо с зажатой ЛКМ перетащить другой край прямоугольника, при выборе зоны, вниз текущего кадра. В этом случае произойдет автоматическая смена на следующий кадр. Операция выполняется без отдельного подтверждения с помощью кнопки «Enter».

5. Проломы дорожной одежды. Принцип выделения аналогичен принципу выделения просадок (пучин). Кнопка быстрого доступа – «Y».

6. Выбоины. Принцип выделения аналогичен принципу выделения просадок (пучин). Кнопка быстрого доступа – «U».

7. Карта заделанных выбоин. Пользователю необходимо выделить заделанную выбоину так же, как и выделяются просадки (пучины). Кнопка быстрого доступа – «I».

8. Залитые трещины. Пользователю необходимо выделить заделанную выбоину так же, как и выделяются просадки (пучины). Кнопка быстрого доступа – «O».

9. Поперечные волны. Отмечаются по такому же принципу, что и продольные или поперечные трещины. Кнопка быстрого доступа – «P».

10. Сдвиг. Отмечаются по такому же принципу, что и продольные или поперечные трещины. Кнопка быстрого доступа – «A».

11. Шелушение. Отмечается выделением прямоугольной области, как и в случае выделения просадок (пучин), выбоин или проломов дорожной одежды. «Горячая» клавиша – S.

12. Выкрашивание. Отмечается по такому же принципу, что и шелушения. Кнопка быстрого доступа – D.

13. Разрушение швов. Наносится подобно поперечным волнам, сдвигам и др. Кнопка быстрого доступа – F.

14. Ступеньки в швах. Наносится подобно поперечным волнам, сдвигам и др. Кнопка быстрого доступа – G.

15. Перекос плит. Наносится подобно шелушению, выкрашиванию и др. Кнопка быстрого доступа – H.

16. Скол углов плит. Наносится подобно выбоинам, шелушению и др. Кнопка быстрого доступа – J.

После выполненного анализа результатов съемки и нанесения дефектов на кадры видеосъемки дорожного покрытия, пользователь сохраняет файл и запускает анализ всех дефектов. По итогу программа, исходя из видеодефектовки, по загруженным критериям выдает оценку эксплуатационного состояния дороги. Также пользователь, после нажатия на соответствующую кнопку и выбрав интересующие его дефекты, может получить ведомость состояния покрытия (рис. 4).





Научное издание

VII Международный студенческий  
строительный форум - 2022

Том 1

Сборник докладов

Ответственный за выпуск **Сулейманова** Людмила Александровна

Компьютерная верстка **Богачева** Марина Александровна

Подписано в печать 22.12.22. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 15,6. Уч.- изд. л. 14,5.

Тираж 50 экз. Заказ № Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете

им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

