



# ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Материалы I Всероссийской межвузовской  
научно-практической конференции молодых ученых,  
посвященной 80-летию основания кафедры  
«Строительное производство»

**ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**  
Материалы I Всероссийской межвузовской научно-практической конференции молодых ученых,  
посвященной 80-летию основания кафедры «Строительное производство»

2020

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ, 2020

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

## **ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Материалы I Всероссийской межвузовской  
научно-практической конференции молодых ученых,  
посвященной 80-летию основания кафедры  
«Строительное производство»

Санкт-Петербург  
2020



УДК 69(063)

*Рецензенты:*

главный инженер проекта **Е. С. Федулов**  
(ООО «Центр экспертизы и проектирования строительных конструкций», Санкт-Петербург);  
начальник управления производства работ нулевого цикла **Я. В. Иванов**  
(ООО «Вертикаль», Санкт-Петербург)

**Технологии и организация строительства** : материалы I Всероссийской межвузовской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 80-летию основания кафедры «Строительное производство» / [под общ. ред. А. Н. Гайдо] ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург, 2020. – 471 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1053-4

В Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете в мае 2020 г. дистанционно прошла I Всероссийская межвузовская научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 80-летию основания кафедры «Строительное производство».

В сборнике представлены результаты исследований молодых ученых: аспирантов, магистрантов, преподавателей и представителей образовательных организаций, а также профильных работодателей. Рассмотрены современные технологии возведения промышленных и гражданских зданий и сооружений; технологии возведения уникальных зданий и сооружений; организационно-технологические вопросы планирования, управления и организации строительства; современные методы применения BIM-технологий при решении организационно-технологических задач; особенности строительства в арктическом регионе.

*Печатается по решению Научно-технического совета СПбГАСУ*

*Редакционная коллегия:*

канд. техн. наук, доцент *А. Н. Гайдо* (председатель редколлегии);  
д-р экон. наук, профессор *Л. Г. Ворона-Сливинская* (ответственный редактор);  
д-р техн. наук, профессор *А. Ф. Юдина*;  
д-р техн. наук, профессор *Ю. Н. Казаков*;  
канд. техн. наук, доцент *А. Д. Дроздов*

ISBN 978-5-9227-1053-4

© Авторы статей, 2020  
© Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет, 2020

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА МОНОЛИТНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С НЕИЗВЛЕКАЕМЫМИ ПУСТОТООБРАЗОВАТЕЛЯМИ

### APPLICATION OF TECHNOLOGY FOR THE DEVICE OF CONCRETE FLOORS WITH NON-REMOVABLE VOID FORMERS

В данной статье ставится задача рассмотреть относительно новую для российской строительной отрасли технологию устройства облегченных монолитных перекрытий с применением пустотообразователей. Проводится оценка важности вопроса по уменьшению собственного веса конструкций, его существенного влияния на технико-экономические показатели строительства. В качестве решения проблемы по уменьшению собственного веса железобетонных перекрытий предлагается рассмотреть технологию с применением пустотообразователей Cobiax. Значительное внимание уделяется изучению технологии монтажа модулей пустотообразователей, а также двухэтапному бетонированию таких перекрытий. На основе проведенного исследования оценивается эффективность использования пустотообразователей для устройства облегченных перекрытий, а также делается вывод о том, какие проблемы возникают с применением рассматриваемой технологии.

*Ключевые слова:* облегченные монолитные перекрытия, материалоемкость конструкции, пустотообразователи, технология Cobiax, бетонирование.

In this article, the task is to consider a relatively new technology for the Russian construction industry for the device of lightweight concrete floors with the use of void formers. The weight of structures significantly affects the technical and economic indicators of construction. As a solution to the problem of reducing the own weight of reinforced concrete floors, it is proposed to consider the technology with the use of Cobiax void formers. Considerable attention is paid to the study of the technology for mounting void formers and two-stage concreting of such floors. Based on the conducted research, the efficiency of using voids formers for the device of lightweight overlaps is evaluated, and the conclusion is made about the problems that arise with the use of this technology.

*Keywords:* lightweight concrete floors, material consumption of the structures, void formers, Cobiax technologies, concreting.

В настоящее время большинство зданий жилого и общественного назначения возводится из железобетона, который обеспечивает сооружениям повышенную прочность и долговечность. Однако применение данного материала приводит к существенному недостатку таких сооружений – большому собственному весу конструкций, что может повлечь за собой ограничения при строительстве или привлечение дополнительного усиления конструкций.

Вес является важной характеристикой строительной конструкции. Применение более легких элементов, в нашем случае перекрытий, позволяет снизить нагрузки на несущие конструкции (стены, колонны и фундамент здания) [5]. Этот эффект может быть незначительным для малоэтажных сооружений, но при строительстве зданий с большим количеством этажей, когда нижние конструктивные элементы и грунт испытывают большие нагрузки от верхних конструкций, он становится существенным.

Кроме того, вес конструкций может оказаться решающим фактором при строительстве крупных сооружений в стесненных условиях, так как напряжения в несущих грунтах под рядом стоящими зданиями могут накладываться друг на друга и осложнять стройку необходимостью возведения шпунтов и частичной заменой несущего грунта. Также может возникнуть необходимость в более мощном грузоподъемном оборудовании, усложняется доставка конструкций от завода изготовителя к строительной площадке – в случае сборного железобетона, требуется много трудоемких работ по уходу за бетонной смесью в процессе твердения конструкций из монолитного железобетона.

Данные факторы показывают, что восприятие больших нагрузок от веса железобетонных конструкций приводит к увеличенному расходу материалов, оборудования и, соответственно, удорожанию всего строительства. Это доказывает то, что вопрос уменьшения собственного веса несущих строительных конструкций становится все более актуальным при проектировании и строительстве зданий.

Одним из методов снижения расхода бетона при устройстве монолитных перекрытий является применение технологии несъемной опалубки - неизвлекаемых пустообразователей. Известно, что плиты перекрытий оказывают большое влияние на вес здания, так как они передают постоянные и временные нагрузки, а также нагрузки от собственного веса на вертикальные несущие конструкции и фундамент. Основной вес перекрытия приходится на бетон [1].

Известно, что бетон, расположенный в нейтральной зоне плиты перекрытия практически не влияет на ее работу. Концепция технологии применения неизвлекаемых пустообразователей заключается в удалении лишнего бетона из плиты, тем самым получая облегченную конструкцию без потери несущей способности, жесткости, с сохранением оптимального армирования [2].

Многопустотные монолитные плиты с неизвлекаемыми пустообразователями относятся к плоским безбалочным перекрытиям. Они могут опираться на колонны, стены или обвязочные балки. При этом в местах опирания перекрытия на колонны, а также в местах расположения длительно действующих нагрузок должны быть предусмотрены сплошные монолитные участки для восприятия максимальных поперечных усилий и обеспечения прочности на продавливание.

Применение рассматриваемой технологии может стать рациональным решением за счет улучшения экономических результатов для зданий, в которых неприемлемы балки и капители по архитектурным, технологическим соображениям, зданий, строящихся в сложных инженерно-геологических условиях и требующих облегчения веса каркаса, зданий, строящихся в сейсмических районах [3].

В настоящее время существует целый ряд технологий, применяющих неизвлекаемые пустообразователи. К ним относятся: Airdeck, Bubble Deck, Nautilus, Cobiax, Beeplate, U-Boot Beton, U-Bahn Beton (рис. 1).

Несмотря на многообразие производителей данного вида несъемной опалубки, в России эта технология не получила большого распространения. Известно, что при строительстве российских объектов применялись пустообразователи компании Cobiax, они занесены в «Реестр инновационных технологий и технических решений, применяемых в строительстве на объектах городского заказа г. Москвы». Также пустообразующие элементы несъемной опалубки выпускает российская компания ООО «Сибформа».



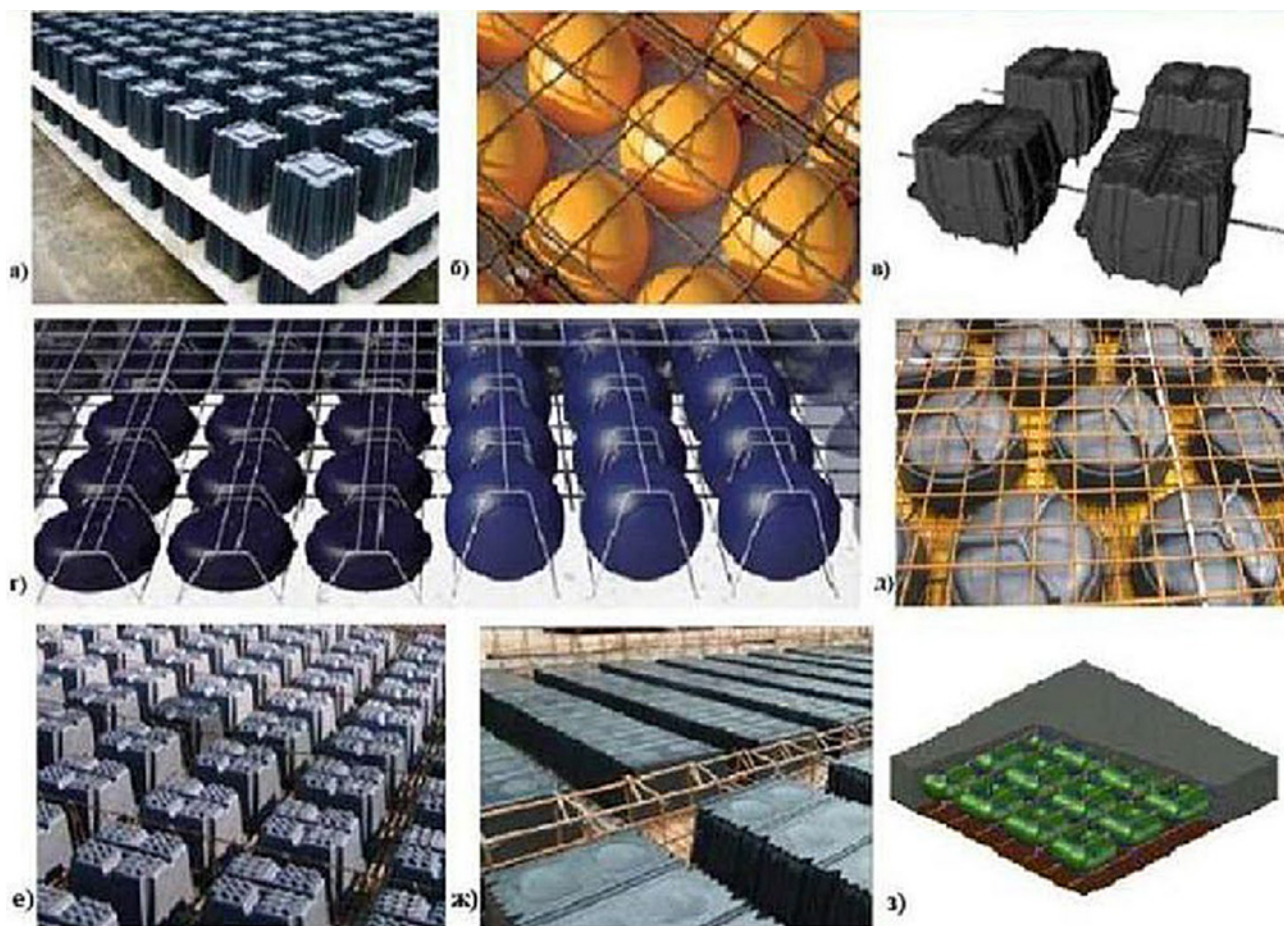


Рис. 1. Технологии применения неизвлекаемых пустотообразователей:  
 а) Airdeck; б) BubbleDeck; в) Nautilus; г) Cobiax; д) Beeplate;  
 е) U-Boot Beton; ж) U-Bahn Beton; з) Donut Type

Рассмотрим последовательность устройства плиты перекрытия с применением пустотообразователей «Cobiax».

Система Cobiax включает в себя поддерживающие линейные каркасы, выполненные из арматуры диаметром 4-5 мм и интегрированные в них пустотелые элементы из полимерного материала вторичной переработки. Пустотообразователи могут быть представлены в двух исполнениях: Eco-Line и Slim-Line. Eco-Line представляют собой шарообразные пустотелые модули, которые подходят для перекрытий толщиной от 30 см до 60 см. Slim-Line имеют форму эллипса и применяются в перекрытиях толщиной от 20 до 35 см [4].

Готовые к сборке модули пустотообразователей «Cobiax», упакованные в штабели, поставляются на строительную площадку.

В специально отведенном цеху половинки модулей собирают в единый пустотообразователь. Затем группа пустотообразователей устанавливается в арматурный каркас, тем самым формируя модуль.

После монтажа опалубки и устройства нижней зоны армирования по проекту, приступают к установке модуля в перекрытие.

Монтаж модулей пустотообразователей производится по схеме укладки на нижнем слое арматуры в предустановленной клетке. Расположение в шахматном порядке не допускается.

Соблюдение заданных межосевых расстояний обеспечивается соответствующими приспособлениями (рис. 2).

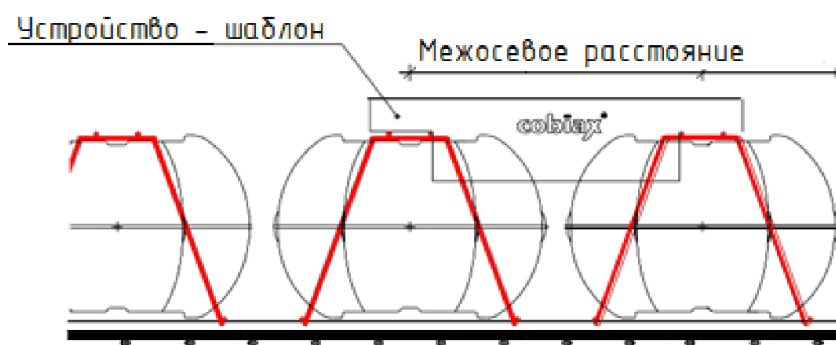


Рис. 2. Соблюдение межосевого расстояния с помощью шаблона

Для монтажа верхнего слоя арматуры модули пустотообразователей дополнительно служат в качестве опорных коробов. На монолитных участках без модулей пустотообразователей располагаются дополнительные пространственные арматурные каркасы для верхнего слоя арматуры. После установки линейных модулей в соответствии с рабочими чертежами производится раскладка арматуры верхней зоны и крепление модулей к арматуре.

При бетонировании модули пустотообразователей предохраняются от вытеснения (всплытия) бетонированием в два этапа. На первом этапе происходит фиксирование линейных модулей с пустотообразователями. На втором этапе – конструкция бетонируется на всю высоту. На участке пустотообразователей пространственный каркас модуля пустотообразователей применяется в качестве связывающей арматуры между первым и вторым слоем бетона. Если этого недостаточно, то при определенных условиях следует предусмотреть дополнительное усиление арматурными изделиями для лучшего сцепления слоев между собой.

Бетон следует укладывать и уплотнять тщательно, чтобы арматура, а также пустотообразователи были плотно покрыты бетоном. Примесей воздуха, в частности под пустотообразователями, следует избегать, при необходимости на каждом промежуточном участке следует производить уплотнение с помощью вибраторов.

Первый слой бетона должен закрывать нижние продольные стержни модулей пустотообразователей (рис. 3). Глубина заделки бетоном удерживающих модулей зависит от типа пустотообразователя, от необходимой глубины анкерного крепления, а также защитного слоя армирования. Минимальная глубина заделки составляет 20 мм. Следует обращать внимание на равномерное и ровное распределение бетона и обязательно избегать неравномерного скопления бетона.

Укладка второго слоя бетона производится только после достаточного затвердения первого слоя бетона. При этом выбирается время для укладки второго слоя бетона, чтобы нельзя было вынуть пустотообразователи из первого слоя. Это проверяется нажатием на поверхность с помощью предмета с профилем 30 × 30 мм. Нижний слой бетона не должен деформироваться при проверке нажатием на поверхность.

Перед укладкой второго слоя бетона следует тщательно очистить рабочий шов от загрязнений, пыли и смочить его. Кроме того, следует проверить глубину анкерного кре-

пления удерживающих линейных модулей, тщательно и осторожно уплотнить бетон второго слоя, чтобы не нарушить швы и сцепление с укрепленным слоем. При этом нельзя допускать всплытия пустотообразователей [6].

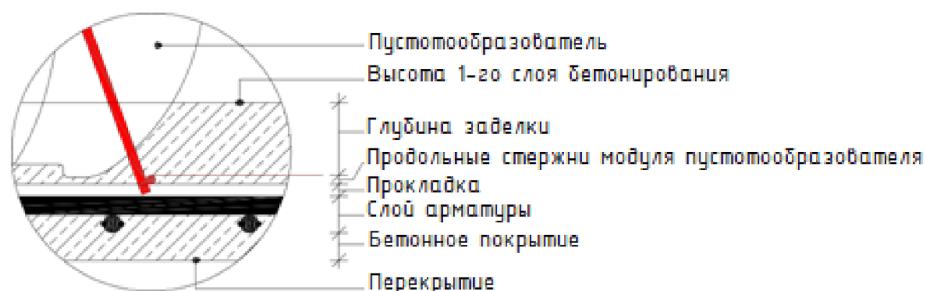


Рис. 3. Бетонирование 1-го слоя

Помимо высоких показателей эффективности применения пустотообразователей в перекрытиях нельзя не отметить недостатки данной технологии, которые осложняют процесс ее внедрения в российской строительной отрасли:

- усложнение технологии строительных процессов, так как применение систем пустотообразователей требует проведения дополнительного обучения рабочих, повышения их квалификации за счет работодателя;
- практически отсутствуют производители пустотообразователей на территории Российской Федерации. Большинство данных систем производятся в Европе, что значительно влияет на стоимость применения данной технологии.
- отсутствует доступная информация по проектированию и расчету многопустотных плит с пустотообразователями. В действующей нормативной документации присутствуют только указания на возможность применения монолитных многопустотных плит;
- отсутствие финансирования для проведения экспериментальных и теоретических исследований инновационных технологий. Одной из главных причин такого положения дел является недостаточно развитая теория расчета и проектирования в отечественной строительной практике;
- отсутствие заинтересованности со стороны заказчика, так как отсутствуют конкретные теоретические и практические данные о получаемой технико-экономической выгоде от применения данной технологии;

Несмотря на имеющиеся недостатки, данная технология является перспективной для дальнейшего исследования и применения в строительной отрасли, как на зарубежном, так и на российском рынке. Она затрагивает такой немаловажный вопрос как эффективное использование ресурсов, который способствует повышению экономического эффекта строительства, а именно уменьшению расхода бетона и стальной арматуры без потери несущей способности. Однако нельзя не отметить, что рассматриваемая технология, направленная на облегчение конструкций, нуждается в доработках, в дополнительных исследованиях, в более детальном регламенте своих конструктивных и технологических решений.

#### Литература

1. Сагатаев Р. А. Современные методы возведения монолитных и сборно-монолитных перекрытий. М.: ГОУ ДПО ГАСИС, 2008.
2. Торба А. Воздушный шар в бетоне. М.: Строительная газета, 2016.

3. *Кудрявцев А. В.* Устройства монолитных перекрытий с неизвлекаемыми пустообразователями для уменьшения материалоемкости конструкции. М.: Сборник докладов VII Всероссийской конференции «Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов», ТПУ, 2014.

4. *Окольникова Г. Э., Слинкова Е. В., Белов А. П.* Преимущества технологии Sobiax. М.: Системные технологии, 2018.

5. Анализ конструктивных и технологических особенностей применения несъемной опалубки для устройства монолитных перекрытий объектов малоэтажного строительства. Ворона-Сливинская Л.Г., Макаридзе Г.Д. Перспективы науки. 2019. № 10 (121). С. 141-144.

6. *Станкевич Ю. С.* Конструируй легче. URL: <https://dmstr.ru/articles/konstruiruy-legche/> (дата обращения: 08.02.2019).

7. СП 63.13330.2012 Свод Правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. М.: НИИЖБ им. А. А. Гвоздева, 2012.



УДК 692.231.2

*Вадим Вадимович Арнаут*, студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: *pet666@mail.ru*

*Vadim Vadimovich Arnaut*, student  
(Saint Petersburg State University of Architecture  
and Civil Engineering)  
E-mail: *pet666@mail.ru*

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПАнельного Домостроения

### IMPROVING THE TECHNOLOGY OF PANEL HOUSING CONSTRUCTION

Новостройки делятся на два типа: панельные и монолитные. В обоих вариантах основным материалом является железобетон, но технологии различаются: изделия для панельных зданий заранее изготавливаются на заводе, тогда как монолитное строительство ведется полностью на строительной площадке.

В настоящее время сложно ответить на вопрос, какая технология лучше, ведь современная панель не уступает по качеству и свойствам монолиту.

В панельных домах не требуется установка межкомнатных стен, что сокращает затраты на отделочные работы. В монолитном домостроении есть простор для творчества, но требуется больше средств на черновую отделку. Сложно ответить, за какой технологией будущее.

В статье рассмотрена новая технология, являющаяся симбиозом монолитного и панельного домостроения.

*Ключевые слова:* панельное домостроение, монолитное домостроение, сроки строительства, монтаж конструкций, стоимость.

New buildings are divided into two types: panel and monolithic. In both versions, the main material is reinforced concrete, but the technologies differ – products for panel buildings are manufactured in advance at the factory, while monolithic construction is carried out entirely on the construction site.

Currently, it is difficult to answer the question of which technology is better, because at present the modern panel is not inferior in quality and properties to a monolithic one.

Panel houses do not require the installation of interior walls, which reduces the cost of finishing work, but in monolithic houses there is room for creativity, but more funds are required for rough finishing. It is difficult to answer for which technology the future is.

The article considers a new technology that is a symbiosis of monolithic and panel housing construction.

*Keywords:* panel house construction, monolithic house construction, construction time, installation of structures, cost.

#### **Введение**

Современные панельные здания, за последние десятилетия претерпели изменения, – на сегодняшний день, это здания, отвечающие всем современным требованиям по безопасности и энергоэффективности.

Главное, что хочется отметить, это срок эксплуатации, – более 100 лет, также изменения претерпела конструкция внешней стены, на сегодняшний день это трехслойная стеновая панель, снаружи которой расположены железобетонные конструкции, а внутри, между ними утеплитель.

Также преимуществом в современных панельных зданиях – оконные блоки, монтируются сразу на стройплощадке, что обеспечивает отсутствие потерь тепла и не продуваемость.



Основные отличия панельного здания от монолитного – способе создания несущих и ограждающих конструкций [1].

В панельном домостроении все конструкции изготавливаются в заводских условиях, что позволяет обеспечить идеальные условия для твердения смеси, в результате чего повышаются качественные характеристики конструкции.

При монолитном домостроении все несущие конструкции здания бетонируются на стройплощадке, что может повлечь нарушения процесса бетонирования по причине человеческого фактора или неблагоприятных погодных условий, в силу чего необходимо разработать меры для минимализации неблагоприятных факторов на процесс бетонирования.

Скорость возведения – одно из ключевых показателей для многих участников строительства, также существенно отличается, к примеру для возведения 16-этажного панельного здания в среднем необходимо 4-6 месяцев, монолитного же необходимо полтора-два года, из-за более медленных процессов твердения бетона и климатических условий, например в зимнее время необходим прогрев бетона.

Себестоимость строительства отличается в среднем на 30–40 % в пользу панельного домостроения, нежели аналогичных монолитных объектов. Однако несмотря на вышеперечисленные факторы, у монолитного домостроения есть свои плюсы.

Главное преимущество монолитного домостроения заключается в возможности придания практически любой формы зданиям, благодаря чему можно создавать квартиры с уникальной планировкой. В монолитном домостроении у архитектора намного больше вариантов для реализации своих фантазий, как с точки зрения внешнего облика здания, пластики фасада, так и внутренней планировки квартир [2].

В настоящее время, есть способ совместить преимущества панельного и монолитного домостроения, не утратив при этом качество и сократив затраты на производство. Турецкая компания «Dahir Insaat» разработала технологию домостроения, которая позволяет индустриальным методом быстро и качественно строить разнообразное по архитектуре жилье.

В основе данной технологии – новая универсальная стеновая панель (рис. 1, 2).



Рис. 1. Армирование и опалубка универсальной панели



Рис. 2. Замоноличивание универсальной панели

Универсальной данную панель делает ее небольшая ширина. Ширина панели 1700 мм, а высота может быть различной, в зависимости от необходимости. Небольшая ширина панели делает ее универсальной и позволяет возводить здания разнообразных типов и планировок, что практически невозможно при крупнопанельном домостроении [6].

Смысл заключается в том, что эта панель является и стеновой конструкцией, и при этом становится частью опорной колонны. На заводе в процессе бетонирования панелей оставляют специальное отверстие под колонну, а затем отверстие с арматурой заполняется бетоном, благодаря чему мы получаем панельное здание, внутри которого находится монолитный каркас [3].

Одно из ключевых достоинств данной технологии – скорость возведения. Например, одноэтажное здание размером в плане 25 × 60 метров (рис. 3) (1200 кв. метров полезной площади) монтируется за пять часов. Такую скорость не дает даже классическая технология панельного домостроения.



Рис. 3. Одноэтажное здание



А на возведение 10-этажного жилого дома бригаде из 10 рабочих потребуется всего два месяца.

Однако есть и спорные моменты. Один из них заключается в определении качества колонны после монтажа, но выход есть.

Можно немного изменить процесс монтажа, например: сначала бетонируются колонны, а уж затем, убедившись, что нет пустот и колонна отвечает необходимым требованиям, надеть на нее панель.

В здании до трех этажей (рис. 4) достаточно одной колонны диаметром 300 мм.



Рис. 4. Построенное здание

Благодаря тому, что панели изготавливаются в заводских условиях, это позволяет сократить сроки строительства, при сохранении качества, и легко менять внешний вид здания в зависимости от желания заказчика.

Такие панели можно изготавливать из разнообразного сырья, в различных районах нашей страны. Например, можно использовать линейку легких бетонов: газобетон, пенобетон, вермикулитобетон и другие. Для улучшения теплоизоляционных свойств можно использовать опилки, стекло пену, войлок и так далее. Благодаря тому, что панели пропариваются и формируются в горизонтальном положении, при этом можно использовать как заливаемый, так и засыпаемый утеплитель, без риска сваливания и расслаивания утеплителя в процессе твердения бетона. При этом панели имеют настолько ровные и гладкие поверхности (боковины), что их можно скреплять между собой клеевым составом.

Процесс изготовления таких панелей следующий.

Стальные формы для отливки панелей снабжаются пластиковыми вставками (рис. 5). Эти вставки формируют наружную поверхность стеновой панели. Вставки могут использоваться множество раз, а после морального или физического износа дробятся в пластиковую крошку, из которой делают новые формы.

Такая переработка пластмассы позволит снизить себестоимость производства панелей [4].

Для отделочного слоя фасадной поверхности используется белый цемент, который дает высокое качество поверхности. На форму предварительно напыляют тонкий слой фибры, вставляют композитную арматуру-каркас, а сверху заливают керамзитовую смесь. Смесь вибрируется, если требуется выполняется вакуумная обработка. Внутри формы

устанавливаются все закладные детали, в том числе – те, которые формируют отверстия для колонн. Панели в кассетах, которые одновременно являются пропарочными камерами, за ночь набирают 40 % прочности. При этом пропарочная камера учитывает температуру, которая нужна для схватывания белого цемента. Затем происходит распалубка, стальные формы и пластиковые вкладыши возвращаются на повторный цикл, а готовые к отправке панели – складываются и отправляются на объект.



Рис. 5. Пластиковые вставки

Данная технология, называемая «Панельный монолит» позволяет строить сейсмостойкие здания высотой до 50 этажей. Это достигается благодаря общей монолитности конструкции, легкими ограждающими конструкциям и колоннами по периметру здания. В зависимости от района или назначения здания количество колонн может быть увеличено, что позволит повысить устойчивость здания.

Подведя итог, хотелось бы затронуть вопрос стоимости строительства.

Как утверждают разработчики этой технологии, стоимость строительства получается значительно ниже, чем при использовании других применяемых в России технологий.

Например, на возведение одного этажа общей площадью 800 м<sup>2</sup>, потребуется 40 армированных колонн, 40 панелей и 40 карнизов, а также 270 м<sup>2</sup> несущих стены, 36 окон и радиаторов отопления, 1 электрошкаф и 800 м<sup>2</sup> железобетонных перекрытий. С учетом стоимости двух лифтов, двух лестничных маршей, а также фундамента и кровли цена строительства одного квадратного метра жилой площади составляет 205 долларов США, что примерно равняет 13 841 р. [5].

Для внедрения этой технологии в России, необходимо приложить не мало усилий, но самое главное – нужен проект возведения зданий по такой технологии и обоснование преимуществ этой технологии по сравнению с известными.

Таким образом, каждая из технологий, рассмотренных выше, имеет свои достоинства и недостатки. Превалирующими достоинствами являются скорость возведения и стоимость. У данной технологии есть возможность объединить преимущества панельного и монолитного домостроения, сократив при этом сроки и затраты на возведение зданий.

## Литература

1. *Юдина А. Ф.* Достоинства монолитного строительства и некоторые проблемы его совершенствования // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 1 (30). С. 154–156.
2. СП 435.1325800.2018 Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. Правила производства и приемки работ.
3. *Бадьин Г. М., Сычев С. А., Макаридзе Г. Д.* Технологии строительства и реконструкции энергоэффективных зданий. СПб.: БХВ, 2017. 464 с.
4. *Юдина А. Ф.* Строительные конструкции. М.: Юрайт. 2019, 302 с.
5. *Казаков Ю. Н.* Технологии возведения зданий. СПб.: Лань, 2019, 272 с.
6. *Макаридзе Г. Д., Ворона-Сливинская Л. Г.* Применение современных строительных материалов – опилкобетон: функциональные свойства и технология производства. Инновации и инвестиции. 2019. № 10. С. 249–254.

## СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОКЛАДКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ МЕТОДОМ ГОРИЗОНТАЛЬНО-НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ И МЕТОДОМ МИКРОТОННЕЛИРОВАНИЯ

### COMPARISON OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF INSTALLATION OF ENGINEERING COMMUNICATIONS BY THE METHOD OF HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING AND THE METHOD OF MICROTUNNELING

Бестраншейные методы прокладки инженерных сетей позволяют минимизировать затраты при проведении строительных работ, оптимизировать технико-экономические показатели прокладки инженерных коммуникаций и позволяют решать проблемы, возникающие при прокладке коммуникаций открытым способом. В статье рассматриваются метод горизонтально-направленного бурения и метод микротоннелирования, проводится анализ технологий проведения работ, описаны условия использования методов, диапазоны диаметров инженерных сетей, необходимое инженерное оборудование, основные преимущества и недостатки и проведено сравнение технологических параметров данных методов прокладки инженерных коммуникаций.

*Ключевые слова:* бестраншейные методы строительства, горизонтально-направленное бурение, микротоннелирование, наружные инженерные коммуникации.

Trenchless methods of laying engineering networks can minimize costs during construction work, optimize the technical and economic indicators of laying engineering communications and can solve problems that arise when laying communications in an open way. The article discusses the method of horizontal directional drilling and the microtunneling method, analyzes the technology of work, describes the conditions for using the methods, the diameter ranges of the engineering networks, the necessary engineering equipment, the main advantages and disadvantages, and compares the technological parameters of these methods of laying utilities.

*Keywords:* trenchless construction methods, horizontal directional drilling, microtunneling, external engineering networks.

При производстве любого вида работ в строительной отрасли одним из самых важных факторов является современность используемых технологий. Современные технологии учитывают нововведения в различных нормативных документах, значительно повышают качество выполняемых работ, позволяют регулировать сроки производства, минимизировать технологические и экономические показатели. Современные технологии предлагают решения возникающих при проведении работ традиционными методами проблем, поэтому повсеместное их использование необходимо в сфере строительства.

На сегодняшний день подземные коммуникации играют неотъемлемую роль в жизни и деятельности населения любой страны. Обеспечение объектов водой, электричеством, газом, нефтепродуктами производится именно благодаря подземным коммуникациям.

Если рассматривать бестраншейные методы прокладки инженерных коммуникаций, то их можно считать современными, относительно традиционных методов прокладки

открытым способом. Они способны обходить проблемы, возникающие при траншейном методе прокладки сетей, например, пересечения с существующими коммуникациями, автомобильными дорогами, железнодорожными путями.

В данной статье рассматриваются и сравниваются два наиболее перспективных и универсальных метода бестраншейной прокладки инженерных сетей: горизонтально-направленное бурение и микротоннелирование.

### **Горизонтально-направленное бурение**

На сегодняшний день технологии прокладки инженерных коммуникаций методом горизонтально-направленного бурения получили довольно большое развитие: минимальная длина прокладки ограничивается всего несколькими метрами, а максимальная длина может составлять несколько километров. Диаметры прокладываемых коммуникаций могут находиться в диапазоне от 25 до 1200 мм (трубы из полиэтилена низкого давления) и от 50 до 2000 мм (стальные трубы). Производительность данного метода можно считать довольно высокой: до 100 метров сетей в смену.

Работы ведутся с поверхности земли, что значительно уменьшает расходы на подготовку к работам и последующее благоустройство: стартовый и приемный котлованы имеют небольшие размеры, относительно других методов бестраншейной укладки.

Перед производством работ инженеры производят зондирование грунтов, планы существующих коммуникаций, изучают состав грунта и его свойства.

Метод горизонтально-направленного бурения включает в себя следующие этапы:

- бурение пилотной скважины;
- расширение скважины;
- протаскивание трубопровода;
- заключительный этап.

На первом этапе проводится бурение пилотной скважины гидромеханическим способом. Оборудование, используемое в этом процессе – буровая головка, имеющая скос. Она соединена с гибкой приводной штангой с помощью полого корпуса. Также в конструкции инструмента присутствует встроенный излучатель – он организует управление траекторией хода буровой головки. В программном комплексе отображается информация о местоположении и угле головки. Оператор буровой установки отслеживает полученные данные – контролирует соответствие заданной траектории. При возникновении ситуации, когда буровая головка отклонилась от проектной траектории, бурение останавливается, буровая головка ставится скосом по направлению необходимой траектории и задавливаются буровые штанги для исправления траектории. Бурение в данном случае не производится [3].

Через отверстие в буровой головке в скважину подается специальный бентонитовый раствор, который снижает трение, предотвращает обвал грунта увлажняя его, охлаждает головку и помогает извлекать измельченный грунт.

После окончания пилотного бурения, когда буровая головка появляется на поверхности земли, наступает второй этап. Он заключается в расширении пилотной скважины. К ней подсоединяется специальный расширитель, который имеет диаметр на 30–50 % больше, чем прокладываемые инженерные коммуникации. Расширение производится путем приложения через колонну буровых штанг тягового и вращающего усилия к расширителю. Расширитель протягивают через ствол скважины в направлении, обратном



бурению. За счет размеров расширителя происходит уплотнение грунта и установления необходимого диаметра скважины.

На третьем этапе к колонне буровых штанг с расширителем подсоединяют вертлюг, к которому прикреплены прокладываемые трубы. За счет тягового усилия от буровой установки и вращения расширителя трубопровод протаскивают через скважину к буровой установке. Принципиальная схема работы на втором и третьем этапах отображена на рис. 1.

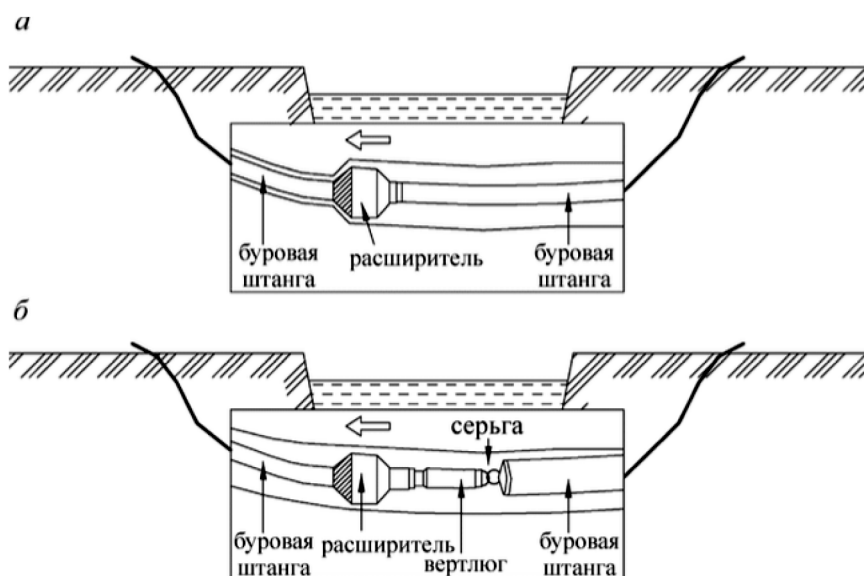


Рис. 1. Принципиальная схема прокладки коммуникаций методом горизонтально-направленного бурения: а – расширение скважины, б – протягивание трубопровода

На заключительном этапе производят разбор всего оборудования благоустройство окружающей среды.

### Микротоннелирование

Метод микротоннелирования представляет собой автоматизированную проходку тоннеля под землей под контролем операторов. Способ заключается в продавливании труб сквозь грунт при помощи специального проходческого щита. Диаметр прокладываемых коммуникаций имеет прямую зависимость от типоразмеров проходческого щита и находится в диапазоне от 200 до 4000 мм. Давление на колонну из труб осуществляется за счет действия домкратной станции большой мощности, расположенной в стартовом котловане. Метод микротоннелирования не предполагает осуществление промежуточных котлованов на небольших расстояниях, поэтому для выполнения работ данным методом необходимы два котлована: стартовый и приемный. При расстоянии между шахтами более 150–200 метров устраивают промежуточные котлованы. Максимальная длина прокладки методом микротоннелирования может достигать 500 м. Схема работ представлена на рис. 2 [4].

Точность проходки достигается при помощи компьютерного комплекса управления с применением системы лазерного ведения щита.

От класса грунтов в месте проведения работ зависит только выбор режущего органа. Производство работ методом микротоннелирования возможно в любых грунтах: от суглинков и песков до скальных пород.



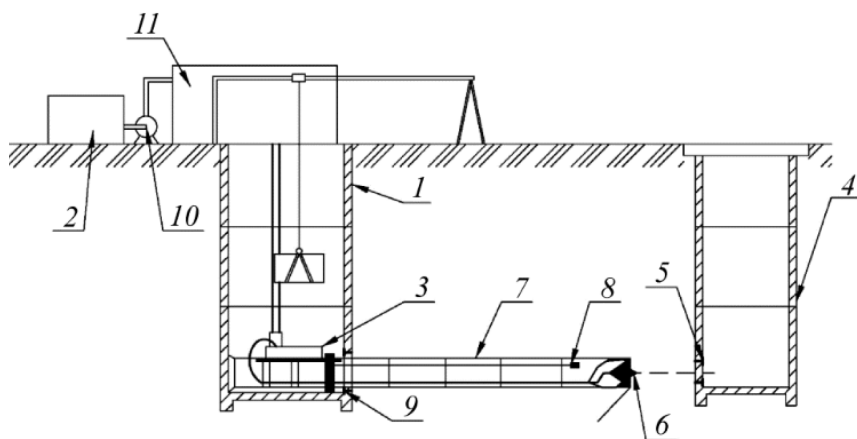


Рис. 2. Схема прокладки коммуникаций методом микротоннелирования:  
 1 – стартовый котлован, 2 – отстойник, 3 – транспортирующий насос, 4 – приемный котлован,  
 5 – уплотнение в приемном котловане, 6 – рабочий орган, 7 – трубы, 8 – лазер,  
 9 – стартовое уплотнение, 10 – питающий насос, 11 – комплекс управления

Метод микротоннелирования включает в себя следующие технологические этапы:

- подготовка котлованов;
- установка оборудования;
- прокладка коммуникаций;
- заключительный этап.

На первом этапе формируют стартовый и приемные котлованы. Стены котлованов обустраиваются с помощью упорных стенок. Заглубление котлованов зависит от проектной отметки коммуникаций. Размеры котлованов определяются габаритами оборудования и диаметром проходческого щита.

На втором этапе идет процесс установки оборудования. Пресс-рама закрепляется к упорной стенке при помощи анкерных болтов. Далее опускают домкратную установку, которая фиксируется в необходимом положении при помощи быстросхватывающихся растворов. Следующим шагом является спуск в котлован проходческого щита с оборудованием. На поверхности земли недалеко от котлована располагают установку для приготовления бурового раствора и насосы для подачи и отсоса воды. Подводятся электрические сети к установке.

На третьем этапе производят прокладку коммуникаций. К режущему органу подается буровой раствор, с поверхности земли подают отдельные звенья труб, которые вдавливаются в грунт при помощи домкратной станции [5]. Нарращивание труб производится непосредственно в котловане. Подача и отсос воды производятся благодаря установленным на поверхности земли насосным станциям. Отработанная пульпа насосами передается в отстойник, откуда твердый остаток в последствии утилизируется, а вода отправляется на повторное использование [6].

Точность прокладки контролируется по средствам электронной лазерной системы с гидростатическим уровнем, которая позволяет в любой момент времени получать достоверные данные о прокладке, и оператора компьютерного комплекса.

Для проходки микротоннелей применяются щиты различной компоновки и оснастки. Силовое оборудование агрегата может размещаться как на поверхности земли, так и внутри щита. В зависимости от категории грунта меняются вид и твердость режущих

кромки рабочего органа. Для перемещения породы из тоннеля на поверхность используются щиты со шнековым устройством, обеспечивающим транспортировку отработанной породы на поверхность (при необводненном грунте) и щиты с гидропригрузом (при обводненном грунте) [4].

Весь процесс микротоннелирования является автоматизированным. Контроль за выполнением процесса ведется из блока управления.

На заключительном этапе производят демонтаж установленного оборудования. Из стартового котлована извлекают домкратную станцию, из приемного – проходческий щит. Осуществляется разбор укреплений стен котлованов и обратная засыпка с последующим благоустройством.

При сравнении эффективности двух изложенных в данной статье технологий бестраншейной прокладки инженерных коммуникаций необходимо принимать во внимание следующие критерии:

- геологические условия;
- максимальная длина прокладки;
- возможные диаметры прокладываемых коммуникаций;
- стоимость выполнения работ.

Сравнение использования представленных технологий в различных типах грунтов представлено в табл. 1.

*Таблица 1*

**Применение технологий в различных грунтах**

Категория грунтов	Горизонтально-направленное бурение	Микротоннелирование
I	+	+
II	+	+
III	+	+
IV	+	+
V	+	+
VI	+	+
VII	+	+

Из приведенной таблицы можно сделать вывод, что данные методы являются универсальными и подходят для любого типа грунтов.

Сравнение максимальных длин прокладки инженерных коммуникаций представленными технологиями представлено на рис. 3.

Сравнение производится при производстве работ без обустройства дополнительных (промежуточных) котлованов и станций.

Из представленной диаграммы можно сделать вывод о том, что без оборудования дополнительных станций, метод горизонтально-направленного бурения является наиболее эффективным. Длина прокладки методом ГНБ может достигать более 1500 м и исчисляться несколькими километрами.

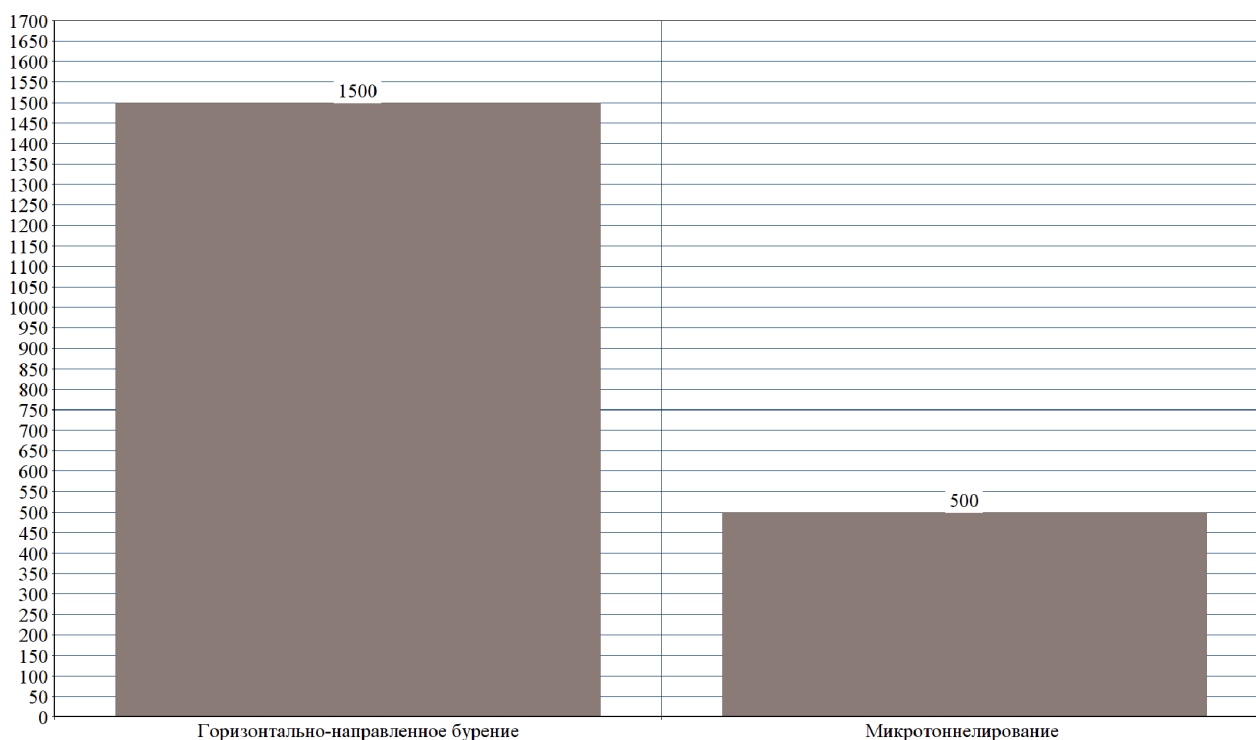


Рис. 3. Максимальная длина прокладки инженерных сетей

### Сравнение возможных диаметров при прокладке сетей

Данный параметр необходимо рассматривать как диапазон возможных значений, так как большую значимость имеет как максимальный, так и минимальный диаметры прокладываемых коммуникаций (табл. 2).

Таблица 2

### Возможные диаметры прокладываемых инженерных сетей

Наименование технологии	Минимальное значение, мм	Максимальное значение, мм
Горизонтально-направленное бурение	25	2000
Микротоннелирование	200	4000

Метод горизонтально-направленного бурения имеет наименьшее значение минимально возможного диаметра прокладываемых сетей, что увеличивает вариации использования данной технологии. Метод микротоннелирования, напротив, отличается максимальным значением в связи с размерами проходческих щитов, пример которых изображен на рис. 4. Такое максимальное значение диаметра позволяет строить коллекторы диаметром до 4 м.

### Сравнение стоимостей выполнения работ

Данное сравнение невозможно провести без привязки к какому-либо объекту. Отличительной чертой метода горизонтально-направленного бурения является то, что работы проводятся с поверхности земли, не требуя раскопки котлованов, что исключает затраты на земляные работы и последующее благоустройство. Что касается метода

микротоннелирования, то он является одним из наиболее дорогих в сравнении с существующими методами бестраншейной прокладки. Так же стоит учитывать стоимость используемой техники.



Рис. 4. Микропроходческий щит, используемый при микротоннелировании

### **Вывод**

При проведении сравнительного анализа можно сделать вывод о том, что оба способа являются довольно эффективными, технологичными и перспективными. Обширный диапазон диаметров и максимальная возможная длина прокладываемых инженерных сетей позволяет решать довольно большое количество возникающих при строительстве проблем. Стоит отметить, что применение метода микротоннелирования в некоторых ситуациях, несмотря на свою относительно высокую стоимость, может сократить расходы на использование дополнительных единиц техники и выбрать наиболее рациональное решение.

### **Литература**

1. Храменков С. В., Примин О. Г., Орлов В. А. Бестраншейные методы восстановления трубопроводов. М.: Прима-Пресс, 2002. 301 с.
2. Руководство по применению микротоннелепроходческих комплексов и технологии микротоннелирования при строительстве подземных сооружений и прокладке коммуникаций закрытым способом. М.: 2004.
3. Данилкин М. С., Шубин А. А. Технология строительного производства. Ростов-на Дону: Феникс, 2009. 505 с.
4. Поливанова Т. В. Строительство и реконструкция трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения с использованием бестраншейных технологий. Поколение будущего: взгляд молодых ученых. 2014. 201 с.
5. Хорошенькая Е. В., Тилинин Ю. И., Ворона-Сливинская Л. Г. Организация экспериментального разрушения цементации труб в грунте. В сборнике: Архитектура – Строительство – Транспорт Материалы 74-й научной конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов университета, в 2-х частях. 2018. С. 117–119.
6. Лопатина А. А., Сазонова С. А. Анализ технологий укладки труб. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2016. 278 с.

## ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО УСТРОЙСТВА СОЛНЕЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ЗДАНИИ

### OVERVIEW OF THE MODERN SOLAR LIGHTING DEVICE IN THE BUILDING

В данной статье ставится задача рассмотреть системы передачи естественного (солнечного) света в здание. Затрагивается обзор двух технологий Solros и Solartube. Внимание уделяется принципу действия системы, её достоинствам и недостаткам. Производится оценка стоимости установки данных систем и её внедрение в строящиеся и эксплуатируемые здания. На основе проведенного исследования оценивается эффективность использования применения системы Solros и Solartube в качестве источника естественного света, а также рассматриваются перспективы исследования в строительной отрасли в целом.

*Ключевые слова:* солнечное освещение, эффективность, энергоэффективность, Solros, Solartube, зелёная энергия, оптоволокно.

This article aims to consider the transmission system of natural (sunlight) light in a building. The review of two technologies Solros and Solartube is touched. Attention is paid to the principle of the system, its advantages and disadvantages. An assessment is made of the cost of installing these systems and its implementation in buildings under construction and in operation. Based on the study, the effectiveness of using the Solros and Solartube systems as a natural light source is evaluated, and the research prospects in the construction industry as a whole are also considered.

*Keywords:* solar lighting, efficiency, energy efficiency, Solros, Solartube, green energy, optical fiber.

Меняющийся в течение дня естественный свет очень важен для здоровья человека. Наш организм зависит от так называемых циркадных ритмов, и естественное освещение влияет на состояние бодрствования и сна, настроения и даже пищеварительных процессов, определяя выработку тех или иных гормонов. Рабочий класс проводит до 12 часов в помещении с искусственным освещением, лишённый возможности получать солнечный свет в дневное время, что сказывается на здоровье и не только. Дневной свет вырабатывает серотонин, так называемый «гормон счастья», который предотвращает депрессию и сезонные аффективные расстройства. В то же время он улучшает качество сна и общее настроение, а также продуктивность и обучение. Цифры ясны: учащиеся, получающие достаточное количество дневного света, получают более высокие результаты тестов и учатся быстрее, работники становятся на 18% более продуктивными, их гораздо меньше нет. Работа в условиях розничной торговли при правильном дневном освещении — это реальная разница, как для благополучия сотрудников, так и для продаж: исследования показывают, что продажи между равными магазинами при искусственном и реальном освещении увеличились на 40 %.

В связи с этим, встаёт вопрос о том, как увеличить количество естественного (солнечного) света в здании. Существуют зенитные фонари и обычные окна, но как же помещения без окон, цокольные этажи и здания с малой инсоляцией?



Здания, которые тратят дополнительные 2 % на «зеленое» оборудование получают 20% отдачи в течение всей жизни здания.

Пример расчета для России показывает, что при 9 часовом рабочем дне в холодное время года, приблизительно 7 месяцев в год системы дневного освещения работают 7 часов, с 9 до 16, в теплое время в течение 5 месяцев светло в течение 9 часов, с 9 до 18. Стоимость 1 кВт электроэнергии варьирует от 2,5 до 5 рублей, потребляемая мощность для освещения офиса по нормам, указанным в СНиПах (300 люкс) составляет 5 Вт/м<sup>2</sup>.

В рамках Федеральной Программы по Энергетике получили результаты, что от 25 до 50 % экономии электроэнергии можно достигнуть путем установки современного осветительного оборудования и процент экономии увеличивается еще в 2 раза, если в проект заложены системы дневного освещения.

На данный момент существуют две основные технологии, которые позволят нам передать солнечный свет сразу к светильникам. Это *Solros* и *SolarTube*. Рассмотрим эти технологии подробнее.

### Система *Solros*

Шведская компания *Solros* продемонстрировала инновационный продукт для подачи естественного освещения в помещения без окон.

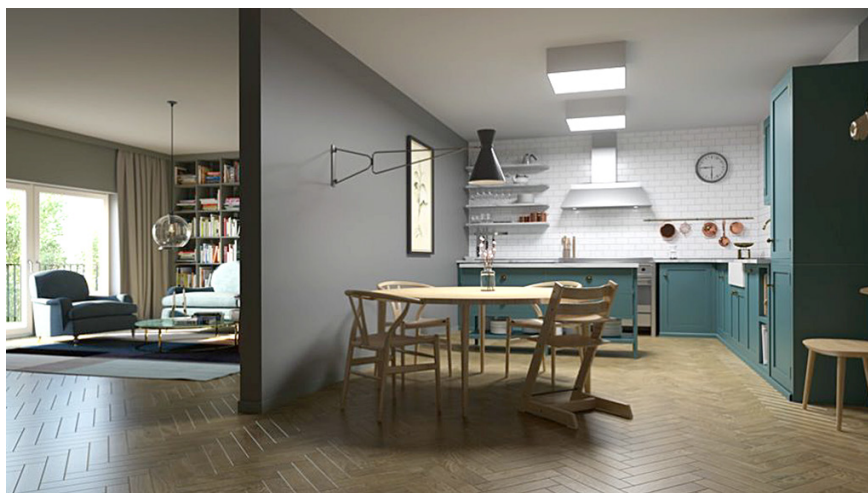


Рис. 1. Эффект от солнечного света, передаваемый от концентратора *Solros*

Система *Solros* состоит из солнечного концентратора (зеркальной тарелки по типу спутниковой), который устанавливают на крыше или на ином открытом пространстве, пластикового оптоволоконного кабеля (можно использовать и стеклянный, но он существенно дороже), передающего свет на расстояние до 20 метров, чего обычно достаточно для разводки внутри дома, и лайтбоксов, освещающих комнаты мягким естественным светом.

Стоимость систем *Solros* начинается примерно с €2000; это, очевидно, намного дешевле, чем окно, но не так доступно, как светодиодное освещение хорошего качества, без которого никак не обойтись в темное время суток.

Недавно *Solros* усовершенствовала свой прошлый концентратор солнечного света и выпустила концентратор *Solros 2*, стоимостью в €1,799.00.

Концентратор *Solros 2* — это глаза, мозг и сердце системы *Solros*. Разработанный в Швеции с минималистичным, но необычным внешним видом, изготовленный из проч-

ных материалов, он делает его уникальной технологией. Он отлично отслеживает солнце благодаря алгоритму *Solros*, который позволяет находить солнце в любую погоду. Когда солнце выходит, оно собирает драгоценные солнечные лучи и увеличивает их на оптоволоконном кабеле, который присоединяется к точкам или другим устройствам распределения света внутри дома. Все управляется через приложение *Solros* и онлайн-портал, и его легко установить для любого человека. Потребляет в среднем около 10 Вт.

Характеристики концентратора Solros	
Высота	1357 мм
Ширина (диаметр)	575 мм
Глубина	720 мм
Вес	15 кг
Потребление энергии	В среднем 10 Вт

Волоконно-оптический световой кабель, который имеет три длины: 6, 12 и 18 метров и разделяется на четыре на 200 см, что позволяет пользователю распределять свет на 1–4 светильника. Световой кабель стоимостью €199.00.



Рис. 2. Солнечный концентратор *Solros 2*

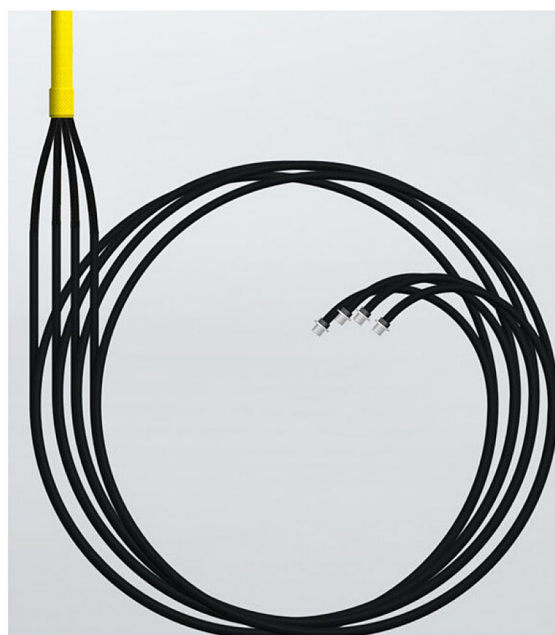


Рис. 3. Волоконно-оптический световой кабель

Световой поток на входе примерно 10000 Лм, и на выходе, всё зависит от кабеля. Чем он длиннее, тем меньше световой поток.

Например, 5 м световой кабель означает, что световой поток в помещение равен  $10\,000 \text{ лм} \times 0,8 = 8\,000 \text{ лм}$  (рис. 4).

В облачную погоду *Solros* концентрирует солнечные лучи. Поэтому, если не будет солнечного света, *Solros* будет ждать, и как только снова появится солнечный свет, он доставит его в вашу комнату.

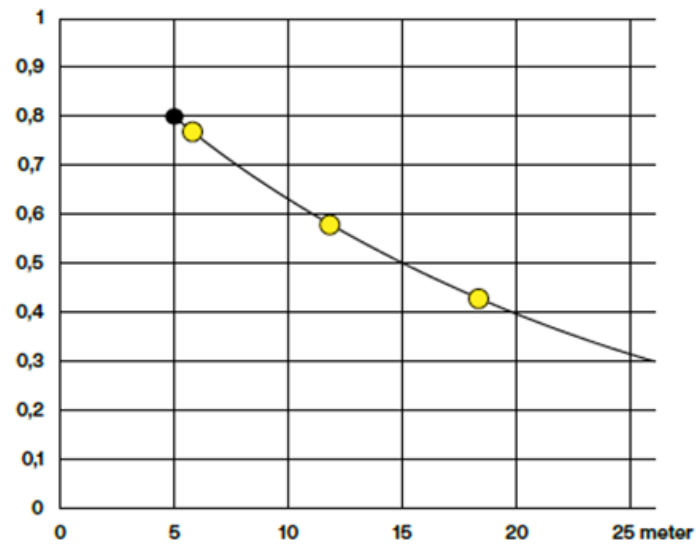


Рис. 4. Зависимость светового потока от метража кабеля

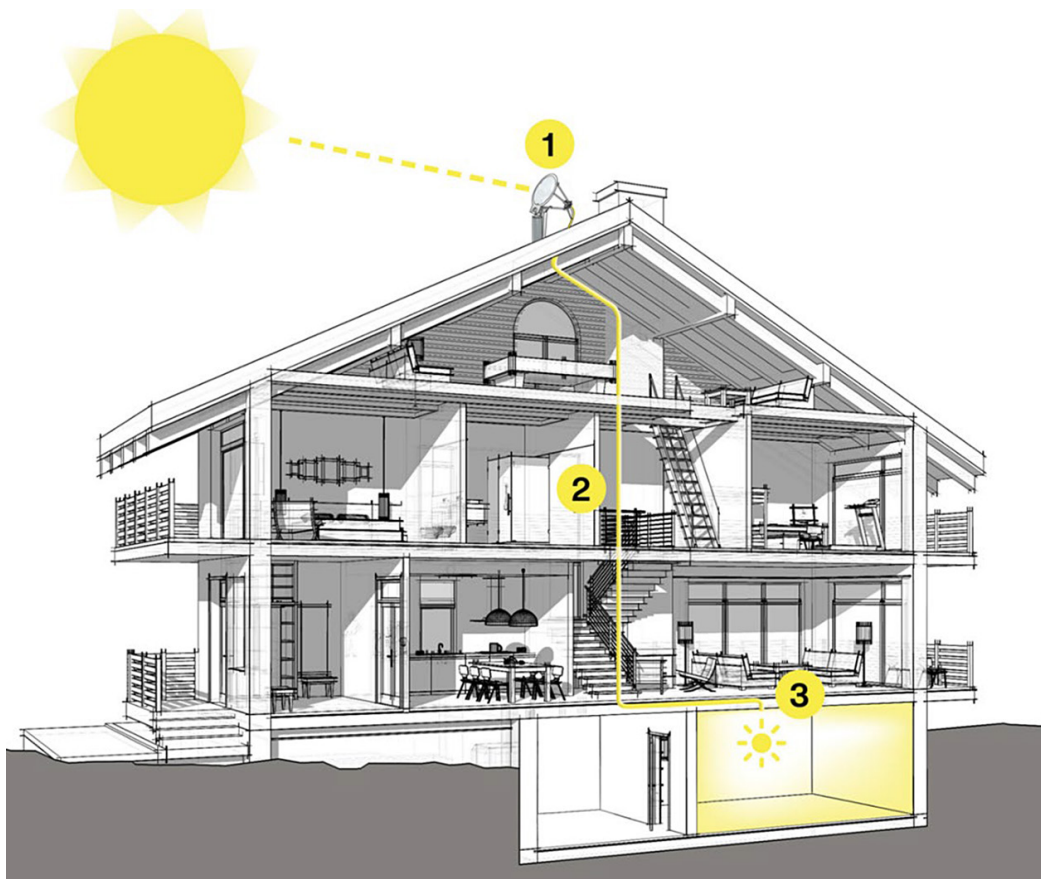


Рис. 5. Схема передачи солнечного света внутри здания

Система *Solros* имеет существенные преимущества и недостатки:

**Преимущества:**

- Удобство монтажа
- Маленькая стоимость
- Скрытая прокладка, не требуется дополнительное место
- Легко внедрить в строящиеся и эксплуатируемые здания



### **Недостатки:**

- Особенно это касается снежной погоды, концентратор не снабжен каким-либо обогревом, поэтому придётся ждать, пока снег на концентраторе растает или очистить концентратор самому.
- Нет защиты от солнечной радиации.
- Маленькая длина оптоволокна – 20 м, в будущем необходимо использовать стекловолокно – 100 м, но нужно существенно понизить цену на стекловолоконную.

### **Технология монтажа системы солнечного освещения *Solros***

Концентратор должен быть установлен на горизонтальной крыше, наклонной крыше или даже на стене. *Solros* предлагает крепление, которое наклоняется до 10 градусов, но, конечно, есть способы создать решения для более крутых наклонных крыш, как, например, со спутниковой антенной. *Solros* также предлагает три комплекта навесного оборудования для различных типов крыш: черепица, металл или толь.

При выборе местоположения концентратора следует руководствоваться следующими условиями:

- Концентратор должен иметь как можно более беспрепятственный обзор солнца – весь день, каждый день.
- Концентратор должен быть как можно ближе к светильникам, чтобы световые кабели были короткими, что максимально увеличивает светоотдачу.
- Проверьте крепления и кабельные вводы, чтобы получить хорошее представление о том, как монтировать систему и как прокладывать световые кабели в доме.

Длина оптоволокна не должна превышать 20 м. Кабель диаметром 15 мм. Минимальный радиус изгиба до 100 мм. Возможен меньший радиус, но свет начинает просачиваться в изгибе, и, если он сильно согнут, это может стать проблемой.

Кабель можно прокладывать с другими кабелями в одной гофртрубе, что существенно упрощает монтаж системы.

Концентратор должен быть в зоне видимости сети *Wi-Fi* или непосредственно к смартфону, чтобы управлять системой [1].

### **Система *Solatube***

Системы солнечного освещения *Solatube* — энергосберегающее осветительное оборудование, которое проводит видимую часть солнечного света по трубе-световоду через крышу во внутренние пространства здания, где нет возможности поставить окна или недостаточно естественного света. Свойство энергосбережения обеспечивается особым отражающим материалом (многослойное полимерное покрытие) нанесенным на внутреннюю поверхность световода, которое препятствует передаче ИК-излучения.

Система представляет собой светоприемный купол с линзами, которые улавливают и перенаправляют лучи вниз в световод, проходящему по подкрышному пространству. Многократно отражаясь, свет выходит в помещение через потолочный светильник-рассеиватель и равномерно освещает помещение [1].



Рис. 6. Эффект от солнечного света, передаваемый от концентратора *Solartube*

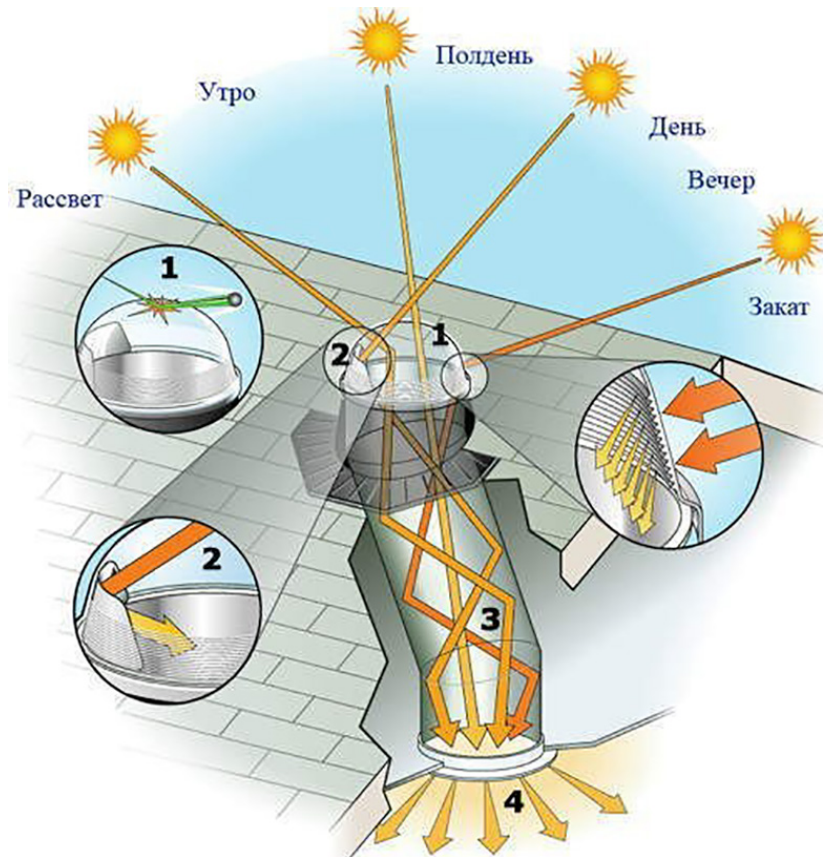


Рис. 7. Принцип действия системы *Solartube*

Купол системы способен улавливать не только прямые солнечные лучи, но и собирать свет с небосклона всей полусферой, обеспечивая исключительное освещение помещений даже в облачные дни, зимние месяцы, раннее утро, к концу дня, когда солнце низко над горизонтом, а также ночью – свет луны, звезд и огней ночного города. Традиционные световые проемы не способны обеспечивать подобное качество освещения. Установка систем возможна на любом этапе строительства и эксплуатации здания.

Системы солнечного освещения *Solatube* обеспечивают почти идеальную светопередачу – 99,7 % в видимом диапазоне солнечного спектра, и передают свет на расстояние до 20 метров без потерь. Диаметр световодов обычно от 25 см до 35 см.



Рис. 8. Световод *Solatube*

Оборудование является элементом здания и, обладая энергосберегающими свойствами, не проводят тепло и холод в помещения (из помещения).

Система устанавливается на любые виды кровли в помещения любого назначения (от частного до промышленного и коммерческого). Сегодня компания *SOLATUBE HOLDINGS, LLC* занимает 80 % мирового рынка световодов.

Система Solatube имеет множество модификаций и большой каталог выбора световода для той или иной конструкции. Самое интересное это гибридный осветительный комплекс (ГОК) *SolarWay* [2].

**Гибридный осветительный комплекс (ГОК) *SolarWay*®** – это новейшее российское изобретение (Патенты 170978, 180084) построенное на принципах интегрирования естественного и искусственного света в едином источнике. Благодаря стабильности спектральных характеристик, яркости рассеивателя, кривой силы света (КСС) и тенеобразования в освещаемом помещении создается комфортная световая среда. При указанных свойствах ГОК пригодны для общего освещения объектов с высокими требованиями к качеству световой среды: детские дошкольные и школьные образовательные учреждения, больницы, учебные, офисные, исследовательские лаборатории, производственные, торговые, спортивные и другие объекты без ограничений.



Рис. 9. Модификация V

Характеристики ГОК <i>SolarWay</i> Модификация V	
Верхний оптический каскад (коллектор + световод)	<i>Solatube M74</i>
СБИС	9СМ x 23Вт
Нижний оптический каскад (световод + диффузор)	950 мм
Световой поток естественного света	30000 лм
Световой поток искусственного света	42000 лм
Рекомендуемая высота установки диффузора	>7 м

В США стоимость с установкой составляет в среднем \$ 500, тут стоит отметить, что у них стоимость установки мансардного окна в среднем равна \$ 2000. В результате чего светопроводящие трубы становятся всё популярнее. Для тех же кто сам вылезает на крышу для установки самостоятельно, комплект системы обходится всего от \$ 150 до \$ 250. И здесь всё легче по сравнению с мансардными окнами, не нужно новых вставок гипсокартона, покраски, изменений элементов каркаса [2].

**Преимущества:**

- Удобство монтажа
- Маленькая стоимость
- Высокие показатели освещённости
- Внедряется в строящиеся и эксплуатируемые здания (существуют исключения)

**Недостатки:**

- Проблема с высокой влажностью, образование конденсата на внутренней части трубки.
- Имеет много габаритный размер, что существенно усложняет монтаж и требует дополнительного места
- Отсутствует обогрев купола, в снежную погоду его необходимо очищать.



**Технология монтажа системы солнечного освещения *Solatube*.** Конструкция системы *Solatube* включает запатентованные крепления и телескопические трубы-световоды, благодаря которым практически нет необходимости входить в чердачные помещения. Кроме того, многие компоненты предварительно собираются на заводе с целью сокращения продолжительности монтажа. Таким образом, сам процесс установки займет сравнительно недолгое время при отсутствии необходимости специальных кровельных работ.

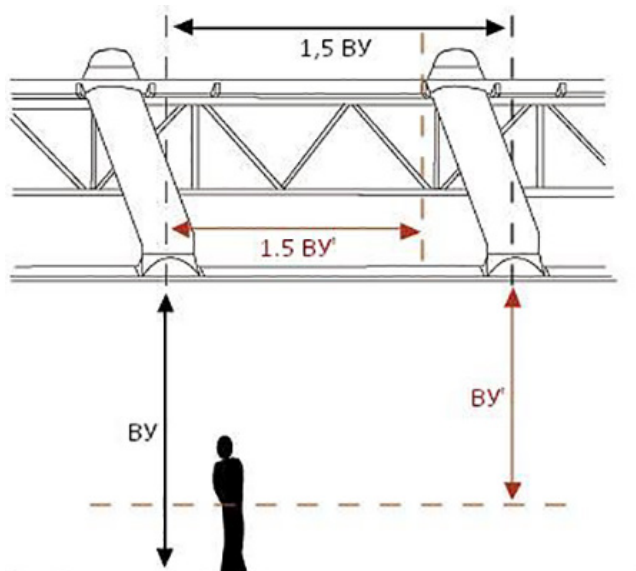


Рис. 10. Критерии размещения *Solatube*

Чтобы определить оптимальное расстояние между системами *Solatube* и место их наилучшего размещения, используйте рекомендованные критерии.

Размещение основано на высоте установки ( $BU$ ) диффузора (рассеивателя света) над рабочей поверхностью (т. е. рабочие столы в офисе или пол в коридорах), которая должна быть освещена. Эти правила помогут достичь максимального результата в освещении помещений естественным светом.

Размещение	Закрытые площади (1)	Открытая территория по плану (2)	Площади с открытым потолком (3)
От стены	Расстояние $\geq 0.5 \times BU$ ( $1.0 \times BU = \text{Максимум}$ )	Расстояние $\geq 0.5 \times BU$ ( $1.0 \times BU = \text{Максимум}$ )	Расстояние $\geq 0.5 \times BU$ ( $0.8 \times BU = \text{Максимум}$ )
Между Солатюбами	$1.0 \times BU < \text{Расстояние} < 1.3 \times BU$ (Макс. расстояние = $1.5 \times BU$ )	$1.0 \times BU < \text{Расстояние} < 1.3 \times BU$ (Макс. расстояние = $1.5 \times BU$ )	$0.8 \times BU < \text{Расстояние} < 1.0 \times BU$ (Макс. расстояние = $1.5 \times BU$ )
Советы	Использование единственного Солатюба для освещения поверхности более $5 \text{ м} \times 5 \text{ м}$ может привести к возникновению теневого эффекта от стен и неоднородности освещения рабочей поверхности	Использование единственного Солатюба для освещения поверхности более $48 \text{ м}^2$ секционированной площади может привести к недопустимому затенению поверхности рабочих столов	Полки и стеллажи могут привести к образованию теневых мест, если Солатюбы не размещены над проходами

### **Рекомендации:**

- Использование единственного Солатюба для освещения поверхности более 5 м × 5 м может привести к возникновению теневого эффекта от стен и неоднородности освещения рабочей поверхности.

- Использование единственного Солатюба для освещения поверхности более 48 м<sup>2</sup> секционированной площади может привести к недопустимому затенению поверхности рабочих столов.

- Полки и стеллажи могут привести к образованию теневых мест, если Солатюбы не размещены над проходами.

- Общая площадь замкнутого пространства должна быть более 5 м<sup>2</sup> и не должна иметь внутренних перегородок, которые разделяют помещение на меньшие рабочие области. Примеры таких замкнутых помещений включают офисы, кухни, ванные комнаты, малые и большие конференц-залы.

### **По времени установка системы занимает:**

На крышах, крытых рубероидной кровельной плиткой – два часа или еще меньше, а на крышах других типов установка может занять немного больше времени, в зависимости от сложности кровельных работ. Предварительно собранные на заводе части системы Solatube позволяют произвести установку быстрее, без сложностей, и получить более профессиональный результат.

### **Литература**

1. Официальный сайт Solros URL:<https://solros.com/> (дата обращения: 24.04.2020).
2. Официальный сайт SolarTube URL: <https://solatube.su/> (дата обращения: 24.04.2020).

УДК 624-2/-9

*Екатерина Владимировна Белле*, преподаватель  
(Военный институт (инженерно-технический)  
Военной академии материально-технического  
обеспечения имени генерала армии

А. В. Хрулева)

*Наталья Леонидовна Лукина*, ассистент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: tilsp@inbox.ru,*

*E-mail: lukina.nataly@mail.ru*

*Ekaterina Vladimirovna Belle*, assistant  
(Military Institute (engineering)  
of Military Academy  
of Logistics named after  
Army General A. V. Khrulev)

*Nataliya Leonidovna Lukina*, assistant  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: tilsp@inbox.ru,*

*E-mail: lukina.nataly@mail.ru*

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КЛАДКИ ИЗ МЕЛКИХ СИЛИКАТНЫХ БЛОКОВ

### IMPROVEMENT OF LAYOUT TECHNOLOGIES FROM SMALL SILICATE BLOCKS

В статье рассмотрены особенности и преимущества мелкоблочной кладки из силикатных блоков. Проанализирована возможность совершенствования технологии за счет повышения качества и снижения трудоемкости выполнения каменных работ. Как правило, наиболее трудоемкими операциями являются расстиление раствора и укладка кирпича в конструкцию, поэтому для улучшения качества и повышения производительности труда при кладке стен из мелких блоков предложено: 1) применение механизированного устройства для раскладки растворной постели; 2) использование сборно-разборных конструкций без применения раствора.

Авторами предлагается технология усиления сборно-разборной кладки оклеиванием наружных и внутренних поверхностей стен полимерной сеткой, оштукатуриваемой или подвергаемой шпатлевке.

*Ключевые слова:* мелкоблочная кладка; распределительное устройство для тонкошовной кладки; сборно-разборная кладка; совершенствование технологии кладки.

The article discusses the features and advantages of small block masonry of silicate blocks. The possibility of improving the masonry technology by improving the quality and reducing the complexity of the stone work is analyzed. As a rule, the most labor-intensive operations are spreading the mortar and laying the brick in the structure, therefore, to improve the quality and increase labor productivity when laying walls of small blocks, it was proposed: 1) the use of a mechanized device for laying out a mortar bed; 2) the use of collapsible structures without the use of a solution.

The authors are offering the technology of reinforcing collapsible masonry by gluing the external and internal surfaces of walls with a plastered or putty polymer mesh

*Keywords:* small block masonry; switchgear for thin masonry; collapsible masonry; improvement of masonry technology.

В современном строительстве применяются несколько разновидностей каменной кладки: кирпичная кладка, выполняемая из обыкновенного и силикатного кирпича; мелкоблочная кладка, выполняемая из естественных или искусственных камней правильной формы (керамических, бетонных, шлакобетонных, гипсовых и др.) массой до 25 кг [1]; крупноблочная кладка, выполняемая из блоков: бетонных, керамзитобетонных, шлакобетонных кирпичных с применением кранов; бутовая кладка, выполняемая из природных камней неправильной формы; бутобетонная, выполняемая из камня неправильной формы и бетона.

В статье авторами рассматривается мелкоблочная кладка, которая имеет ряд преимуществ по сравнению с кирпичной и каменной кладкой:

- 1) высокая скорость возведения строительных конструкций (сокращение трудозатрат на 16 %) [2];
- 2) сокращение расхода раствора (за счет применения раствора для тонкошовной кладки и отсутствия вертикальных швов);
- 3) наличие ровной поверхности стен, позволяющей отказаться от оштукатуривания;
- 4) высокие значения сопротивления сжатию и несущей способности кладки;
- 5) меньшая толщина стен, позволяющая получать помещения большей площади;
- 6) высокая огнестойкость;
- 7) лучшие теплотехнические характеристики.

Мелкоблочную кладку выполняют из силикатных блоков и плит, которые традиционно кладут вручную. Мелкие блоки и перегородочные плиты изготавливают с точными размерами. Отклонения размеров не должны превышать: по длине и ширине  $\pm 2$  мм; по высоте  $\pm 1$  мм; по параллельности опорных граней  $\pm 1$  мм.

Для выполнения работ из мелких блоков применяют раствор для тонкошовной кладки, который обладает лучшей адгезией, более высокой пластичностью, водоудерживающей способностью и удобоукладываемостью по сравнению с кладочным раствором. Толщина горизонтальных швов, выполняемой на растворах для тонкошовной кладки, должна оставаться в пределах 2–5 мм [3]. Приготовление раствора для тонкошовной кладки осуществляется на основе сухой строительной смеси на строительной площадке непосредственно перед нанесением.

Процесс мелкоблочной кладки включает ряд рабочих операций, выполняемых в следующем порядке:

1. установка и перестановка приспособлений для выдерживания горизонтальности рядов кладки;
2. приготовление и расстилание раствора;
3. укладка мелких блоков на постель из раствора без заполнения вертикальных швов (соединение пазогребневое) (рис.1).

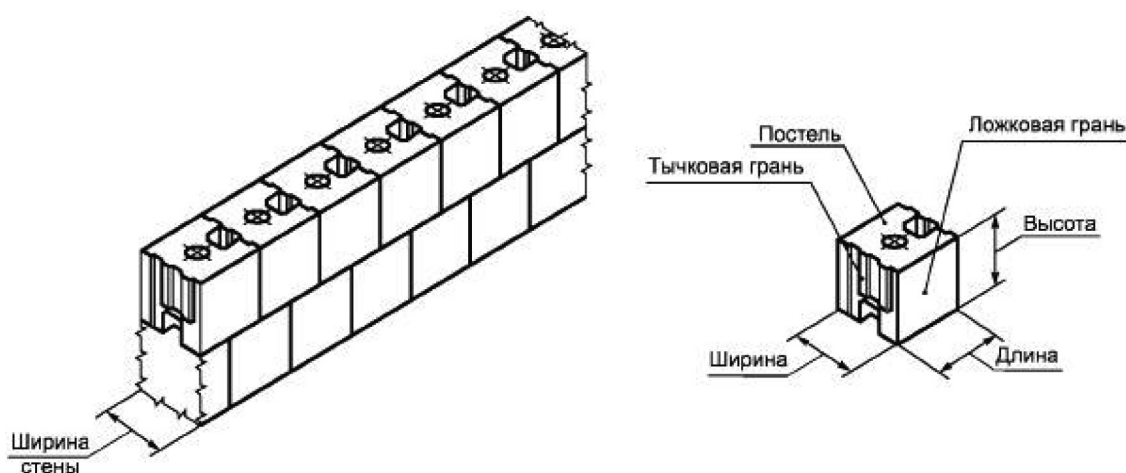


Рис. 1. Кладка из мелких силикатных блоков

Наиболее трудоемкими операциями являются расстилание раствора и укладка кирпича в конструкцию [4].



Для улучшения качества и повышения производительности труда при кладке стен из мелких блоков применяется устройство для распределения раствора в горизонтальных швах требуемой толщины тонкошовной кладки, схематично изображенное на рис. 2.

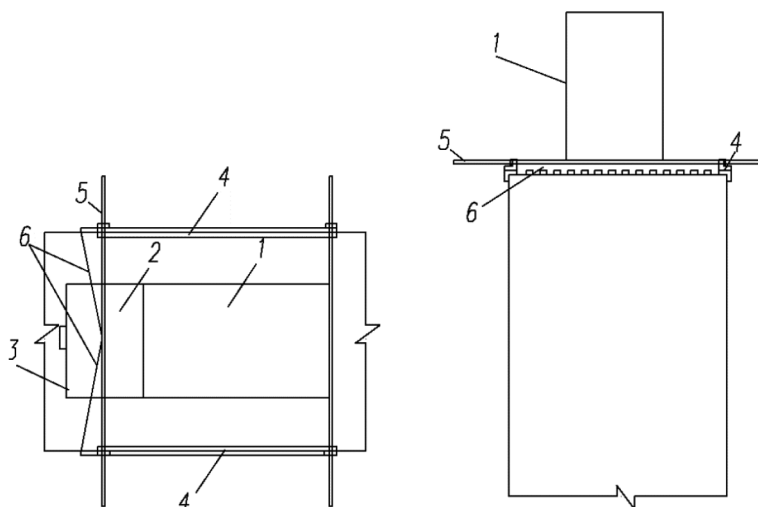


Рис. 2. Распределительное устройство для тонкошовной кладки:  
1 – бункер; 2 – днище бункера; 3 – выдвижной затвор; 4 – полозья;  
5 – поперечные стержни; 6 – зубчатая гребенка

Устройство представляет собой прямоугольный бункер (1) для раствора, состоящий из передней, задней и боковых стенок, установленный на основание из двух раздвижных на ширину кладки полозьев (4) из металлического уголка, устанавливаемых на горизонтальную постель кладки и снабженных зубчатой раздвижной гребенкой (6), отличающийся тем, что передняя стенка бункера выполнена наклонной, а на днище (2) установлен выдвижной затвор (3), закрепленный на боковых стенках.

Зубчатая гребенка служит для укладки сплошной растворной постели. При этом толщина шва может изменяться в зависимости от типа раствора. Регулирование толщины растворного шва выполняется посредством изменения положения гребенки относительно полозьев [5-7].

Технология выполнения кладки стен из мелких силикатных блоков с применением распределительного устройства для образования тонких швов кладки состоит из следующих операций:

- подготовка рабочего места;
- установка шнура-причалки вдоль лицевой грани блоков для выдерживания размеров кладки;
- установка распределительного устройства на поверхность кладки при помощи раздвижения и закрепляя полозьев таким образом, чтобы расстояние между ними соответствовало ширине кладки;
- закрытие выдвижного затвора днища бункера;
- заполнение бункера раствором;
- открытие выдвижного затвора днища бункера;
- плавное и без остановок перемещение устройства с помощью полозьев по поверхности кладки. Посредством зубчатой гребенки осуществляется расстилание постели из раствора;

- закрытие затвора днища бункера;
- укладка мелких блоков по однорядной системе перевязки на постель из раствора. При этом поперечные швы блоков выполняют без раствора за счет пазогребневого соединения блоков;

- повторение выполнения вышеприведенных операций на следующем участке.

Распределительное устройство существенно облегчает технологию кладки, обеспечивая равномерное распределение растворной смеси, и снижая при за счет этого расход кладочной смеси [8].

Достоинства:

- 1) улучшение качества раскладки и разравнивания растворной постели при выполнении кладке стен из мелких силикатных блоков;
- 2) обеспечение ровного горизонтального уровня в продольном и поперечном направлениях для последующих рядов кладки;
- 3) экономия раствора и исключение попадания его на уже готовую поверхность стены,
- 4) снижение трудоемкости работ;
- 5) повышение производительности труда каменщика;
- 6) снижение необходимой квалификации каменщика.

Дальнейшее совершенствование кладки из силикатных мелких блоков может быть возможно за счет обеспечения ее сборно-разборной конструкции без применения раствора.

Для этого в четвертях по длине, укладываемых по однорядной системе перевязки, достаточно выполнить по шаблону отверстия диаметром 10...12 мм (2) и по мере кладки устанавливать в них нагели (3) из металлической гладкой арматуры (рис. 3). Высокая точность изготовления обеспечит совмещение отверстий, а отсутствие раствора позволит выполнить кладку разборной [9].

Сборно-разборная кладка в отличие от традиционной, выполненной на растворе, обеспечит многократное использование мелких блоков для устройства временных стеновых конструкций.

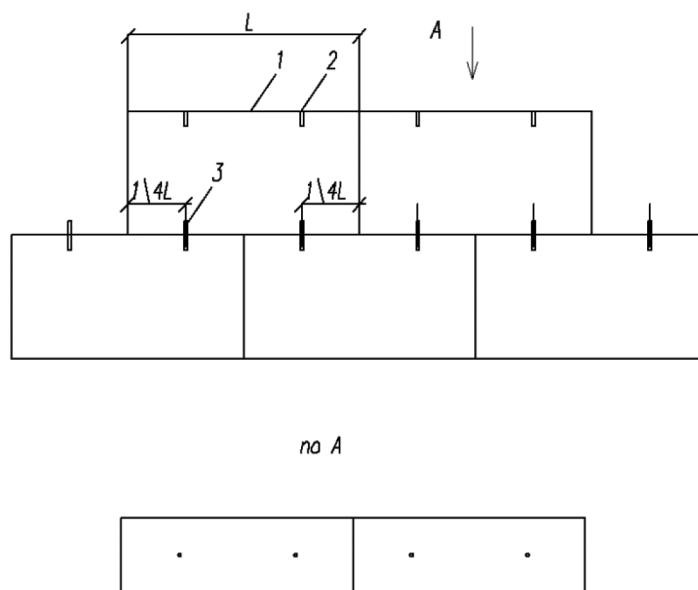


Рис. 3. Конструкция сборно-разборной кладки из мелких силикатных блоков:  
 1 – поверхность кладки; 2 – выполняемые по шаблону пироны  
 отверстия; 3 – нагель из металлической гладкой арматуры

Авторы предлагают технологию усиления сборно-разборной кладки оклеиванием наружных и внутренних поверхностей стен полимерной сеткой, оштукатуриваемой или подвергаемой шпатлевке. Такая кладка после оклейки и шпатлевки работает как монолитная по принципу гипскартонных листов. Применение мини-крана в виде укосины облегчает ручной труд при перемещении блоков, для перемещения блоков предусмотрены специальные захваты и отверстия в блоках для фиксации в них захватов.

Оклеивание поверхностей перегородок сеткой применено авторами на практике, после оклейки и высыхания шпатлевки перегородка размером 4000 мм на 3000 мм из блоков толщиной 100 мм превратилась в монолитную предварительно напряженную панель и сохраняет свои качества в течение 13 лет. Техничко-экономическую оценку рассматриваемых технологий предполагается выполнять по методике Гайдо А. Н. путем расчета показателя технологичности, что планируется в дальнейшем исследовании процессов [10-12].

Вывод: Применение в строительстве мелких газосиликатных блоков само по себе эффективно, однако кладка блоков с помощью мини-крана в виде укосины, увеличивает производительность каменщиков на 30 % по сравнению с подачей блоков вручную. Оклеивание поверхностей стен из блоков, уложенных насухо, после шпатлевки придает стене монолитность и прочность. Такую кладку можно легко разобрать, предварительно удалив с поверхности стены сетку. Предложенные технологии наиболее эффективны в малоэтажном строительстве.

#### Литература

1. Головина С. Г., Сокол Ю. В. К вопросу исследования совместной работы строительных материалов в наружных ограждающих конструкциях в бывших доходных домах исторического центра Санкт-Петербурга // Вестник гражданских инженеров. 2018 № 3 (68). С. 112–117. URL: <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2018-15-3-112-117> (дата обращения: 10.01.2020).
2. Юдина А. Ф., Тилинин Ю. И. Выбор критериев сравнительной оценки технологий жилищного домостроения // «Architecture and Engineering» (ISSN: 2500-0055). 2019. № 1. С. 47–52.
4. Юмашева Е. И. Возрождение традиций кирпичного строительства требует не только высококачественных материалов, но и подготовки высококвалифицированных кадров // Жилищное строительство. 2014. № 1-2. С. 42–45.
5. Юдина А. Ф., Евтюков С. А., Тилинин Ю. И. Развитие технологий жилищного строительства в Санкт-Петербурге // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 1 (72). С. 110–119.
6. Тилинин Ю. И., Величкин В. З., Животов Д. А. Комбинированные технологии усиления простенков и колонн // Вестник гражданских инженеров. 2019 № 6 (77). С. 186–192.
7. Тилинин Ю. И., Дьячкова О. Н., Радушин В. А. Рациональное применение домостроительных технологий // Жилищное строительство. 2020. № 1. С. 1–5.
8. Егоров А. Н., Шприц М. Л., Гдимиян Н. Г. Инновационные технологии в строительстве // Строительство и реконструкция. 2015. № 3 (59). С. 130–137.
9. Тилинин Ю. И., Уваров Г. Д., Бравый А. Ю. Совершенствование технологии возведения стен в малоэтажном домостроении // Коллоквиум-журнал. 2019. № 24 (48). Часть 2 (Варшава, Польша). С. 123–126.
10. Тилинин Ю. И., Ворона-Сливинская Л. Г. Архитектурно-строительные системы и технологии для крупномасштабного жилищного строительства // Коллоквиум-журнал. 2019. № 22 (46). С. 23–26.
11. Гайдо А. Н. Пути совершенствования технологических решений устройства свайных фундаментов жилых зданий в условиях городской застройки // Жилищное строительство. 2015. № 9. С. 12–15.
12. Гайдо А. Н., Верстов В. В. К вопросу определения технологических параметров производства свайных работ в стесненных условиях // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 3 (62). С. 84–94.

**УДК 331.45:005**

*Глеб Андреевич Белов, студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: gleb.unlim@yandex.ru*

*Gleb Andreevich Belov, student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: gleb.unlim@yandex.ru*

## **ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА В КОМПАНИИ SPD**

### **BASIC PRINCIPLES OF THE LABOR PROTECTION MANAGEMENT SYSTEM IN THE COMPANY “SPD”**

В данной статье был произведен анализ основных принципов и систем управлений охраной труда на примере предприятия «Салым Петролеум Девелопмент Н.В.», как слияние двух систем управления охраной труда – Российской и Европейской. Были рассмотрены основные принципы охраны труда в России и Европе, а также принципы охраны труда в Российской Федерации. Представлены основные принципы и положения по ОЗОТОБОС, применяемые в настоящее время. По результатам анализа установлено, что применение и совмещение принципов охраны труда Российской Федерации и Европы благоприятно сказываются на безопасности охраны здоровья, охраны труда, общественной безопасности и охране окружающей среды.

*Ключевые слова:* ОЗОТОБОС, охрана труда, безопасность, поведенческий аудит безопасности.

This article analyzes the basic principles and systems of labor protection management on the example of the company “Salym petroleum development N.V.”, as a merger of two systems of labor protection management-Russian and European. The main principles of labor protection in Russia and Europe, as well as the principles of labor protection in the Russian Federation, were considered. Presents the basic principles and provisions for sotobo used currently. Based on the results of the analysis, it was found that the application and combination of the principles of labor protection of the Russian Federation and Europe have a positive impact on the safety of health, labor protection, public safety and environmental protection.

*Keywords:* OZOTOBOS, health, safety, behavioural safety audit.

Управление охраной труда является важной частью процесса организации строительного производства. От корректно построенного управления зависит охрана здоровья, охрана труда, охрана общественной безопасности, охрана окружающей среды, зависит безопасность персонала и безопасность выполнения строительно-монтажных работ, и нахождение на площадке строительства. При выполнении строительно-монтажных работ охрана труда играет главную роль и влияет на сроки и качество их выполнения, которые в свою очередь влияют на издержки и сроки выполнения работ. Вопрос о корректном управлении охраной труда затрагивается многими учеными современности и является очень актуальным. Во время проведения данной исследовательской работы были изучены работы ученых современности, которые занимаются вопросами управления охраной труда [5].

Для современных ученых, очень актуальным вопросом является разработка новых моделей и принципов управления системами охраной труда, которые бы увеличили значимости и зоны влияния охраны труда.

Материалы и методы исследования: Методологической основой данного исследования являются нормативные документы по ОЗОТОБОС предприятия «Салым Петролеум Девелопмент Н. В.», а также материалы ученых современности Калинин А. В. и Румянцева А. В.

Исследование проводится в рамках работы над магистерской диссертацией и является первой исследовательской работой.

Объектом исследования являются основные принципы и особенности системы управления охраной труда в европейских странах на примере предприятия, созданного европейской и российской компаниями.

Изучение вопроса управления системами охраной труда является востребованным, по причине того, что безопасность на площадке строительства играет основную роль при выполнении строительных работ, без правильно отлаженной системы охраны труда процесс строительства будет приостановлен за несоблюдение норм и требований.

Охрана труда – это система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия, образующие механизм реализации конституционного права граждан на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены [1].

Применение таких методов помогает осуществить переход от слабоэффективного метода реагирования на методы современного устранения случаев производственного травматизма и профессиональных заболеваний, то есть управлению профессиональными рисками.

Принципы охраны труда в Российской Федерации представляют собой соблюдение законодательных требований Охраны труда и их документарное подтверждение. На данный момент, основная задача охраны труда заключается в переходе с реагирования на создание комплексной системы оценки и управления рисками и улучшения здоровья работников, снижение травматизма во время производства работ.

Принципы охраны труда в Европе представляют собой поведенческий аудит безопасности- анализ действий работника, личностный подход к каждому производственном звену и оценки поведения звена в той или иной ситуации [2]. В Европе стремятся к стимулированию работодателя снизить риски возникновения несчастных случаев и заболеваний, связанных с особенностями труда, а также создание оптимальной трудовой атмосферы для каждого участника рабочего процесса. Европейские специалисты в области охраны труда давно нашли зависимость между повышением работоспособности и охраной труда, и как следствии повышение производительности предприятия в целом.

Принципы охраны труда в Российской Федерации регламентируются 212 статьей Трудового кодекса Российской Федерации – «Обязанности работодателя по обеспечению безопасных условий и охраны труда. Основные принципы статьи заключаются в обеспечении безопасности персонала при эксплуатации и возведении зданий, сооружений и осуществлении технологических процессов, а также соблюдение режима труда персонала в соответствии с существующим законодательством и иными существующими нормативными актами, которые содержат нормы трудового кодекса [3].

Рассмотрим принципы Охраны труда в Европе на примере нефтедобывающего предприятия- «Салым Петролеум Девелопмент», образованного двумя компаниями, Европейской- концерна «Шелл Салым Девеломент Б.В.» и Российской – ПАО «Газпром нефть». Нефтедобывающее предприятие «Салым Петролеум Девелопмент Н.В. (СПД)» занимается разработкой нефтегазоконденсатного Верхнесалымского нефтяного месторождения в Западной Сибири. Как совместное предприятие, СПД берет на вооружение



передовое опыт нефтедобычи и соединяет это с лучшими практическими европейскими достижениями.

Основные принципы в области здоровья, труда, безопасности и окружающей среды предприятия «СПД» заключаются в:

- Соблюдении требований законодательства Российской Федерации и применения европейских стандартов;
- Рациональности использования природных ресурсов, материалов и энергии;
- Приостановлении любой производственной деятельности, при ее не безопасном выполнении;
- Уважении интересов общества;
- Информировании общества о результатах своей деятельности;

Компания «СПД» привержена принципам ОЗОТОБОС- управление охраной здоровья, охраной труда, общественной безопасностью, охраной окружающей среды и социальной ответственностью. Принципы ОЗОТОБОС позволяют применять систематический подход к управлению, для обеспечения постоянных улучшений в сфере безопасности.

СПД требует от своих подрядных и субподрядных организаций точного соблюдения своих нормативных требований и требований ОЗОТОБОС. Целью предприятия «Салым Петролеум Девелопмент Н.В.» является достижение высоких показателей по ОЗОТОБОС и социальной ответственности, которые содействуют устойчивому развитию региона и России в целом.

Основные принципы работы системы управления охраной труда в Компании «СПД» составлены на основании международного стандарта *OHSAS 18001*, настоящий стандарт основан на методологии «*Plan-Do-Check-Act*» (*PDCA*), эту методологию можно описать как [4]:

- Планирование (с английского языка- *Plan*)- нахождение и установление целей, разработка процессов требуемых для достижения соответствия результатов с политикой ОЗОТОБОС;
- Осуществление (с английского языка – *Do*)- внедрение современных процессов реагирования на проблемы ОЗОТОБОС;
- Проверка (с английского языка – *Check*) – мониторинг и измерение процессов для оценки их соответствия ОЗОТОБОС, соответствия нормативным и правовым требованиям;
- Действие (с английского – *Act*) – принятие и исполнение решений по улучшению и модернизации показателей в области ОЗОТОБОС.

Стандарт *OHSAS 18001* содержит требования, которые могут быть подвергнуты объективному аудиту. Данный стандарт не устанавливает абсолютные требования и показатели деятельности в области ОЗОТОБОС, которые являются сверх содержащимися в политике соблюдения правовых и нормативных документов, а также других требований, которые организация обязуется выполнять.

*OHSAS 18001* может применяться организацией для:

- Создания современной системы менеджмента и минимизации и устранения рисков для персонала и других заинтересованных лиц, подвергающимся опасности при строительно-монтажных работах;
- Внедрения и обеспечения постоянного функционирования и улучшения системы менеджмента;

- Уверенности в соответствии деятельности компании политики в области ОЗОТОБОС.

Предприятие «Салым Петролеум Девелопмент Н.В.» для подрядных и субподрядных организаций использует руководства и положения, а также общие инструкции по ОЗОТОБОС на объекте строительства. Руководства распространяются на все виды деятельности подрядных и субподрядных организаций и все этапы жизненного цикла объектов строительства.

Руководство по системе управления ОЗОТОБОС является основным документом, направленным на понимание и применение всех требований по ОЗОТОБОС предприятия «Салым Петролеум Девелопмент Н.В.». Руководства ОЗОТОБОС захватывают все этапы и сферы деятельности организаций, такие как: обеспечение пожарной безопасности, охрана здоровья, безопасность персонала, имущества и деловой репутации, охрана окружающей среды, управление промышленной безопасностью на опасных производственных объектах и руководство по системе управления рисками ОЗОТОБОС.

Положения по ОЗОТОБОС также затрагивают все сферы деятельности организаций и направлены на улучшение безопасности во всем процессе строительства. Положения затрагивают такие сферы как: гигиену питания, работы на высоте, охрана атмосферного воздуха, обустройство жилого городка и так далее.

На сегодняшний день, сравнивая с эпохой начала рыночных отношений, защищенность работников труда в производственном процессе значительно повысилась, расширились права и обязанность работодателей перед рабочим персоналом. Следует отметить, что в России нормативные акты в области охраны труда соизмеримы с Европейскими, но чаще всего не соблюдаются по вине безответственности руководителей или из-за отсутствия желания у работников. Сравним существующие положения в области охраны труда в Европе и России, здесь нельзя не отметить высокое влияние Европы на формирование нормативных актов в области охраны труда в России. В настоящее время, на большинстве предприятий в России отсутствуют нормы и требования охраны труда, что нельзя сказать про «Салым Петролеум Девелопмент Н.В.», но в последние годы, навыки и нормы Европы перенимаются и нашими специалистами, что не может не радовать.

Предприятие «Салым Петролеум Девелопмент Н.В.» относится очень требовательно к соблюдению положений и руководство по ОЗОТОБОС. Рабочий и инженерный состав подрядных и субподрядных организаций допускается на площадку строительства только после прохождения специальных обучений, направленных на безопасность проведения строительно-монтажных работ и безопасное нахождение на объекте строительства, без прохождения данных обучений персонал не допускается для нахождения на объекте строительства на срок более 3х дней. В случаях серьезных нарушений требований ОЗОТОБОС рабочий персонал подлежит депортации с площадки строительства с последующим запретом на дальнейшее нахождение на объектах строительства предприятия.

На весь цикл строительства на площадке строительства присутствует представитель предприятия «СПД», контролирующий выполнение и соблюдение всех требований ОЗОТОБОС.

В России система охраны труда развивается, применяя для своего развития европейские наработки и новшества [5]. Зарубежный опыт во многих отраслях интересен для России. Фундаментальность российского законодательства можно легко совместить с опытом и мобильностью зарубежных систем охраны труда «Салым Петролеум Девелопмент Н.В.» является ярким представителем европейской компании, чьи нормы

и требования направлены на сохранение окружающей среды, заботу о рабочем персонале, а также безопасности во время всего жизненного цикла объекта строительства.

### **Литература**

1. *Коробко В. И.* Охрана труда: учеб. Пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Экономика и управление на предприятии», «Менеджмент организации», «Государственное и муниципальное управление» / В. И. Коробко – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012-239. С. 5.

2. *Румянцева А. В.* Вопросы безопасности и охраны труда: зарубежный опыт // Безопасность труда в промышленности. 2016. № 6. С. 16–21.

3. *Калинин А. В.* Состояние охраны труда на предприятиях в мире // Вопросы инновационной экономики. – 2011. – Том 1. – № 5. С. 37–42.

4. ГОСТ Р 54934-2012/OHSAS 18001:2007 Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования.

5. *Панов С. Н., Цимберов Д. М., Ворона-Сливинская Л. Г.* Охрана труда в строительстве в новых правовых условиях. В сборнике: Актуальные проблемы охраны труда. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2018. С. 65–70.

6. Трудовой кодекс (ТК РФ). Часть третья. Раздел X. Охрана труда. Глава 33. Общие положения. Статья 209. Основные понятия.

## ОЦЕНКА И СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

### AN ASSESSMENT AND COMPARATIVE STUDY OF MODERN THERMAL INSULATION SYSTEMS

На производительность здания влияют следующие факторы: постепенное развитие техники и энергетические требования. Эти факторы должны быть адаптированы к применению новых теплоизоляционных материалов и систем в строительстве. В статье рассматриваются нетрадиционные теплоизоляционные материалы и системы, которые в основном применяются в зданиях, включенных в Современные Методы Строительства (СМС). Пять типов теплоизоляционных систем или материалов – Baunit openTherm, Knauf SMARTwall N C1, SATSYS ThermoUm, Knauf TP 435 B и Airgel Spaceloft – оцениваются и сравниваются друг с другом в случае изучения индивидуального жилого дома. Ранжирование систем теплоизоляции будет произведено по нескольким критериям по методу принятия решения PATTERN, по стоимости строительства, времени строительства, теплопроводности, диффузии, сопротивлению и огнестойкости.

*Ключевые слова:* теплоизоляция, теплоизоляция система, фасад, ETICS, стоимость строительства, время строительства, методы принятия решений.

The thermal protection and overall energy performance of a building are influenced by the gradual development of technical and energy requirements. This should be adapted into application of new thermal insulation materials and systems in construction. The paper deals with unconventional thermal insulation materials and systems that are mostly applied in buildings included in Modern Methods of Construction (MMC). Five types of thermal insulation systems or materials – Baunit openTherm, Knauf SMARTwall N C1, SATSYS ThermoUm, Knauf TP 435 B, and Aerogel Spaceloft – are assessed and compared to each other in a case study of a family house. Based on the comparison of the thermal insulation systems through multi-criteria decision-making method PATTERN, a significance ranking of the systems from construction cost, construction time, thermal conductivity, diffusion resistance and fire resistance point of view is determined.

*Keywords:* thermal insulation, thermal insulation system, façade, ETICS, construction cost, construction time, decision-making methods.

### Введение

Энергопотребление здания, несомненно, сильно зависит от характеристик его оболочки. Тепловые характеристики наружных стен представляют фундаментальный фактор для увеличения энергоэффективности строительного сектора [1]. Термическая изоляция, безусловно, является одним из лучших способов уменьшения потребления энергии зимой, а летом охлаждающие и теплоизоляционные материалы играют значительную роль в этом сценарии. Выбор правильного материала, его толщина и положение позволяют получить хороший микроклимат в помещении и существенную экономию энергии [2].

Теплоизоляция является одной из эффективных технологий использования энергии в обеспечении желаемого микроклимата благодаря своей безвредности для окружающей среды. Принцип правильной установки изоляции с использованием энергоэффективных материалов, как результат – уменьшение теплопотерь или прирост тепла, что приводит к снижению энергозатрат. [3].

Эффективность изоляции стен является ключевым фактором, влияет на энергопотребление здания и комфортный уровень жизни в помещении [4]. Строительные конструкции имеют много деталей, которые могут легко образовывать мостики холода из-за ограниченного пространства изоляции [5].

В зависимости от структуры энергопотребления здания, тепловые характеристики оболочки здания является основным фактором, влияющим на энергопотребление, таким образом, теплоизолированные стены могут уменьшить потребление энергии на отопление или систему кондиционирования воздуха [3].

Для зданий сегодняшнего и ближайшего будущего, изоляционные материалы и решения, обычные и нетрадиционные, должны будут использоваться в зависимости от точных обстоятельств и характеристик [6]. Следовательно, это будет иметь большое значение, чтобы знать ограничения и возможности всех изоляционных материалов и решений, т. е. их преимущества и недостатки.

Нано целлюлоза обладает сочетанием свойств, подходящих для производства сверхлегких, сильных и эластичных пен и аэрогелей для быстро растущего диапазона применения. Научный интерес к пене и аэрогелям на основе нано целлюлозы появился недавно, но быстро растет [7]. Сочетание ультранизких плотностей, настраиваемой пористой структуры и выдающиеся механические свойства делают их интересными для широкого спектра применения, в том числе в теплоизоляции.

Использование аэрогелевой технологии в фасадах потенциальна для уменьшения мостиков холода и конденсации [5]. Недавние улучшения в производстве аэрогеля сократили затраты, сделав возможным интегрировать материал в строительные изделия такие как изоляционные панели, прозрачные компоненты здания и изоляционные штукатурки. Новые продукты могут помочь уменьшить толщину изоляции по сравнению, например, с пенополистиролом [8]. Разработка специальных штукатурных систем на основе аэрогеля вместе с оптимальным методом нанесения на структурированные фасады может способствовать будущему успеху соответствующих решений.

### **Материалы и методы**

Чтобы оценить и сравнить разные современные теплоизоляционные материалы и системы, исследование было проведено с оценкой пяти различных системы теплоизоляции по пяти показателям. Показатели включают: стоимость строительства, время строительства, коэффициент теплопроводности, коэффициент диффузионного сопротивления и огнестойкость. В тематическом исследовании используется одноэтажный индивидуальный дом без подвала, в котором проживает семьей из четырех человек (рис. 1, 2.).

Крыша четырехскатная, чердак не предназначен для жилья. Дом среднего размера. Отопление природным газом. Несущие стены дома изготовлены из газоблоков *Porfix*. Несущие стены толщиной 300 мм. Дом расположен в Ленинградской области. Размерные характеристики дома представлены в табл. 1.





Рис. 1. Модель одноэтажного индивидуального дома

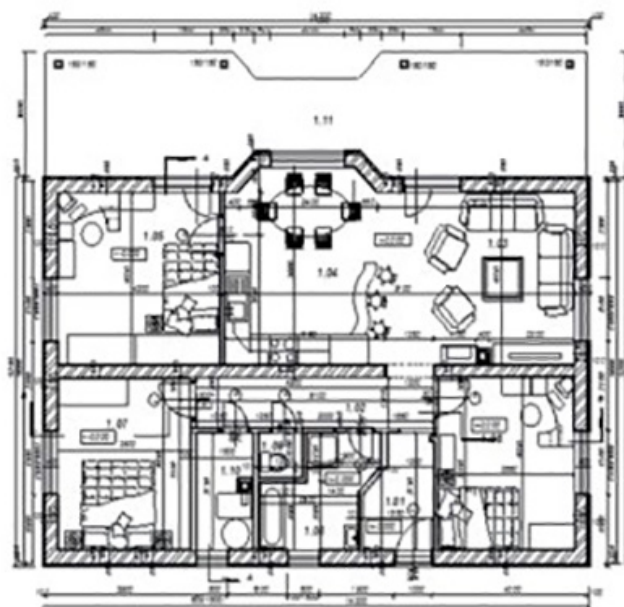


Рис. 2. План одноэтажного индивидуального дома

Таблица 1

Размерные характеристики индивидуального дома

Характеристика	Размер	Единица измерения
Площадь застройки	132,74	м <sup>2</sup>
Объем	508,20	м <sup>3</sup>
Бытовая зона	60,90	м <sup>2</sup>
Общая жилая площадь	86,21	м <sup>2</sup>
Высота конька крыши от ± 0,000	5,35	м

Внешние стены выполнены из  $500 \times 250 \times 300$  мм газобетонные блоки *Porfix*. Внутренний поверхности оштукатурены известково-цементной штукатуркой, внешние поверхности оштукатурены известково-цементным раствором, штукатурным слоем и покрыты фасадной краской *Vaunit*. Окна и входные двери пластиковые. Потолки собраны из керамического блока система *Miako*. Крыша выполнена с помощью системы *Bramac*.

### **Изученные системы теплоизоляции**

Пять различных систем теплоизоляции были выбраны для изучения на представленном доме. Выбранные системы характеризуются различными технологическими процессами строительства и теплотехническими параметрами.

**Система изоляции *Vaunit openTherm. ETICS*** (*ETICS* – Внешняя тепловая изоляционная композитная система) *Vaunit openTherm* состоит из нескольких слоев, которые находятся в определенном порядке. Дышащий фасадные теплые панели изготавливаются из вспененного полистирола (*EPS*) в соответствии со стандартом *STN EN 13163* «Теплоизоляционные изделия для здания. Заводское производство пенополистирола (*EPS*) и товаров. Спецификация». Он специально разработан для кирпичной кладки – дышащая кладка с очень хорошими теплоизоляционными свойствами.

**Система изоляции *Knauf SMARTwall N C1. ETICS*** основана на *SMARTwall N C1* – изоляционные плиты из минерального волокна, связанного модифицированной синтетической смолой. *SMARTwall N C1* – это продукт с односторонним силикатным покрытием. Маты гидрофобизированы по всему поперечному сечению, таким образом, любая атмосферная влага из окружающей среды не поглощается. Плиты *SMARTwall N C1* применяются для тепловой, звуковой и пожарной изоляции внешних стен.

**Теплоизоляционная штукатурка *SATSYS ThermoUm***. Теплоизоляционные штукатурная смесь *ThermoUm* чешского производства. Теплоизоляционные штукатурные композиты по технологии *SATSYS* были разработаны для штукатурки кирпича, газобетона, бетона и других видов конструкций. Из-за низкой насыпной плотности и низкого модуля упругости, штукатурки могут компенсировать объемные изменения конструкций. Таким образом штукатурка не образует на себе трещин. Размер зерна штукатурки до 2 мм. Новое поколение термоизоляционных штукатурок примерно в четыре раза легче по сравнению с обычными. Из-за отличного значения коэффициента тепловой проводимости, штукатурка относится к неординарным теплоизоляционным штукатуркам.

**Система изоляции *Knauf TP 435 B***. Изоляционное изделие *TP 435 B* изготовлено из минеральных стеклянных волокон. Плита, с одной стороны покрыта черным нетканым материалом. Его теплоизоляционные и звукопоглощающие свойства особенно полезны в легких конструкциях системы наружной облицовки, прежде всего в качестве фасадной бесконтактной вентилируемой теплоизоляционной системы. К конструкции плита устанавливается черным нетканым материалом наружу. Черный нетканый материал сводит к минимуму охлаждение конструкции, вызванной воздушный поток в вентилируемой полости.

**Аэрогель *Spaceloft* – система изоляции *ETICS* на основе нанотехнологий.** *Spaceloft* – гибкий, нанопористый, изоляционный композит. Благодаря своим особым свойствам,

как чрезвычайно низкая теплопроводность, высокая гибкость, более высокая прочность на сжатие и паропроницаемость, изоляция *Spaceloft* представляет один из идеального решения верхней теплоизоляции зданий. Использование запатентованной нанотехнологии в производстве этого изоляционного материала, *Spaceloft* имеет лучшие тепловые свойства и в то же время этот продукт легко обрабатывается без негативного воздействия на окружающую среду. Изоляционные одеяла производятся в основном толщиной 5 и 10 мм. Свернутые одеяла с одной стороны усилены сеткой из стекловолокна. Роль сетки заключается в устранении трещин в штукатурке.

### Определение толщины теплоизоляции

Толщина изоляции сравниваемых систем утепления для индивидуального дома определяется исходя из требований по тепловому сопротивлению стен по СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Сравнение было при поддержке рекомендаций компетентных профессиональных строительных компаний, а также рекомендации производителей изоляционных систем. Толщина изоляции в различных системах теплоизоляции представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Толщина изоляции в теплоизоляционной системе**

№	Тип изоляции	Толщина, мм
1	<i>Baumit openTherm</i>	140
2	<i>Knauf SMARTwall N CI</i>	140
3	<i>SATSYS ThermoUm</i>	40
4	<i>Knauf TP 435 B</i>	100
5	Аэрогель <i>Spaceloft</i>	10

Целевое рекомендуемое значение теплового сопротивления  $R = 6,50$  [ $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ ]. Цель рекомендуется значение коэффициента теплопередачи для  $U = 0,15$  [ $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$ ].

Оценка стоимости различных тепловых изоляционных систем, участвующих в исследовании, сделано с помощью программного обеспечения *SmetaWizard*, наиболее широко используемое строительное и экономическое программное обеспечение в России строительной индустрией. Включает в себя национальные рекомендуемые цены на строительные процессы, которые необходимы для оценки стоимости строительства. Точно так же было оценено время строительства каждого варианта системы теплоизоляции в индивидуальном доме. На основании сравнения тепловых систем изоляции через многокритериальное решение метода *PATTERN*, определяем ранг значимости системы от стоимости строительства, времени строительства, теплопроводности и огнестойкости.

**Ориентировочная стоимость строительства и сроки строительства  
исследуемых систем теплоизоляции**

№	Теплоизоляционная система	Стоимость строительства, р.	Стоимость за м, р. <sup>2</sup>	Время строительства, ч	Толщина, мм
1	Вспененный полистирол ( <i>EPS</i> ) – <i>Baumit openTherm</i>	502 740	3 351,6	239,12	140
2	Плита из минерального волокна – <i>Knauf SMARTwall N C1</i>	458 570	3 056,9	230,48	140
3	Теплоизоляционная штукатурка – <i>SATSYS ThermoUm</i>	487 900	3 252,9	242,81	40
4	Плита из минерального волокна – <i>Knauf TP 435 B</i>	780 850	5 205,2	356, 69	100
5	Изоляционное одеяло – Аэрогель <i>Spaceloft</i>	1 162 420	7 749,0	269,22	10

### Результаты и обсуждение

В табл. 3 приведены общие затраты на строительство системы утепления в индивидуальном доме. Затраты рассчитаны для всех пяти вариантов представленных теплоизоляционных систем. Кроме того, затраты рассчитаны на 1 м<sup>2</sup> каждой тепловой системы изоляции. Точно так же представлено время строительства каждого варианта системы теплоизоляции в индивидуальном доме. Из результатов исследования теплоизоляционной системы с точки зрения стоимости строительства видно, что система утепления аэрогеля *Spaceloft* на основе утепляющих одеял является наиболее дорогой. Аналогично, система *Knauf TP 435 B* на основе минеральных волокон плит, относится скорее к дорогие системы теплоизоляции. Цены на систему теплоизоляции *Knauf SMARTwall N C1*, теплоизоляционную штукатурку *SATSYS ThermoUM* и *Baumit openTherm* меняются от 458 570 до 502 740 руб. в исследовании. Что касается анализа с точки зрения времени, самая большая экономия времени очевидна в системе утепления *SMARTwall N C1*. Как видно из результатов проведенного исследования системы *Knauf TP 435 B* является наиболее трудоёмкой. К сравнению изученных систем теплоизоляции через многокритериальный метод принятия решений Паттерн, помимо стоимости строительства и время строительства, были добавлены три других показателя: коэффициент теплопроводности, коэффициент диффузионного сопротивления и огнестойкость. Все упомянутые критерии оценки обобщены в табл. 4.

После сравнения исследуемых систем изоляции с помощью многокритериального метода принятия решений *PATTERN*, оптимальное решение для утепления индивидуального дома по пяти вышеупомянутым показателям является система утепления *Baumit openTherm* на основе вспененного полистирола (толщиной 140 мм). По результатам исследования эта система утепления признана, как лучшее решение для индивидуального дома. Утепление индивидуального дома системой *SATSYS ThermoUm* получило следующее (2-ое) место в процессе сравнения. Другие тепловые системы дома были размещены в следующем порядке: система *Knauf SMARTwall N C1* на основе минеральных волокон – 3-е место; система Аэрогель *Spaceloft* в основе изоляционных одеял – 4-е место;

а также бесконтактная вентилируемая система *Knauf TP 435 B* на основе минеральных стекловолоконистых плит является самым не подходящим решением для индивидуального дома в данном исследовании с точки зрения изучаемых показателей.

Таблица 4

Параметры оценки исследуемых систем теплоизоляции

№	Теплоизоляционная система	Индикатор 1	Индикатор 2	Индикатор 3	Индикатор 4	Индикатор 5
		Стоимость строительства [руб.]	Время строительства [часы]	Коэфф. Теплопроводности [Вт/м*К]	Коэфф. диффузионного сопротивления	Огнестойкость
1	Вспененный полистирол ( <i>EPS</i> ) – <i>Baumit openTherm</i>	502 740	239,12	0,040	10000	3000
2	Плита из минерального волокна – <i>Knauf SMARTwall N C1</i>	458 570	230,48	0,034	3500	1000
3	Теплоизоляционная штукатурка – <i>SATSYS ThermoUm</i>	487 900	242,81	0,085	8000	1000
4	Плита из минерального волокна – <i>Knauf TP 435 B</i>	780 850	356,69	0,034	1000	1000
5	Изоляционное одеяло – Аэрогель <i>Spaceloft</i>	1 162 420	269,22	0,013	5000	2000

Приведены результаты сравнения исследуемых показателей теплоизоляционных систем на основе многокритериального метода принятия решений *PATTERN*, представлены в рис. 3.

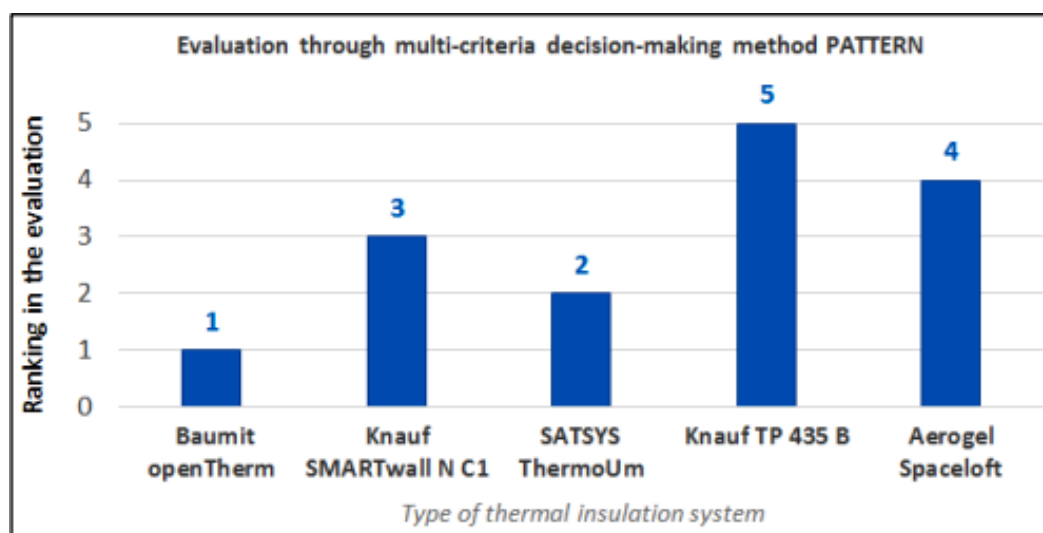


Рис. 3. Рейтинг значимости изученных систем теплоизоляции

### Вывод

Процесс выбора строительных материалов представляет собой ведущую стадию для планирования устойчивого и стабильного здания. Применение правильного метод оцен-



ки может быть мощным ресурсом для дизайнеров и строителей, помогающих процессу принятия решений.

Тематическое исследование, представленное в документе, было посвящено выбору оптимального решения для утепления индивидуального дома. Пять разных систем изоляции были оценены и сравнены друг с другом по пяти различным показателям. По результатам сравнения систем изоляции через многокритериальный метод принятия решений *PATTERN*, с точки зрения стоимости строительства, времени строительства, коэффициент теплопроводности, диффузии, коэффициенту сопротивления и огнестойкости было проведено ранжирование.

На основании упомянутых результатов оценки *ETICS Baumit openTherm* на основе вспененного полистирола является лучшим решением для индивидуального дома в данном тематическом исследовании. Улучшенный метод крепления, высокая паропроницаемость, эластичность и атмосферостойкость и хорошая адгезия относятся к наиболее значительным преимуществам этой высокотехнологичной системы. Высокая паропроницаемость теплоизоляционной системы помогает поддерживать оптимальную влажность в помещении.

Система изоляции на основе нанотехнологий – Аэрогель *Spaceloft* – которая может быть в настоящее время включена в современные методы строительства, не относится к лучшим решениям для индивидуального дома с точки зрения изученных показателей. Результаты тематического исследования указали, что, несмотря на отличный коэффициент теплопроводности, трудно рекомендовать эту высокотехнологичную технологию, как оптимальное решение для каждого строительства или индивидуального дома. Система пострадала из-за высокой стоимости строительства.

#### Литература

1. *Тазикова А., Козловская М., Струкова З.* (2015). Анализ стоимости стеновых конструкций на основе постоянный бетон формы. Международный многопрофильная научная геоконференция, экология, экономика, образование и законодательство, вып. 3, 173-180.
2. *Скьявони С., Бьянки Ф., Асдрубали Ф.* (2016). Изоляционные материалы для строительной отрасли: обзор и сравнительный анализ. Возобновляемый и устойчивый обзоры энергии, 62, 988–1011.
3. *Адитья Л., Махлия Т. М. И., Рисманчи Б., Нг Х. М., Хасан М. З., Мецелаар Х., Адития Х.* (2017). Обзор изоляционных материалов для энергосбережения в зданиях. Возобновляемые и Обзоры Устойчивой Энергетики, 73, 1352-1365.
4. *Li J., Meng X., Gao Y., Mao W., Luo T. & Zhang L.* (2018). Влияние наполнения изоляционных материалов на тепловые характеристики спеченной полости кирпича. Тематические исследования в теплотехнике, 11, 62–70.
5. *Апельфельд Д.* (2017). Термическая оптимизация оболочки фасада с применением технологии аэрогеля. Журнал фасадного дизайна и Машиностроение, 5 (1), 118-127.
6. *Jelle BP* (2011). Традиционный, современный и будущие теплоизоляционные строительные материалы и решения-свойства, требования, а также возможности. Энергетика и строительство, 43 (10), 2549–2563.
7. *Lavoine N., Bergström L.* (2017). Наноцеллюлозные пены и аэрогели: обработка, свойства и приложения. Журнал Материалов Химии А, 5 (31), 16105-16117.
8. *Schuss M., Pont U. & Mahdavi A.* (2017). Длинный – срок экспериментальной оценки эффективности аэрогеля, изоляционной штукатурки. Энергия Процедура, 132, 508-513
9. *Юдина А. Ф., Лихачев В. Д.* Технология возведения зданий с кирпичными стенами в задачах и примерах: учеб. пособие СПбГАСУ, – СПб, 2018. – 88 с.
10. Реконструкция зданий и сооружений: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / А. Ф. Юдина. – М.: Издательский центр «Академия», 2019. – 384 с. ISBN 978-5-4468-7595-5.
11. Строительство жилых и общественных зданий: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / А. Ф. Юдина – 5-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2019. – 384 с. ISBN 978-5-4468-7595-5.

**УДК 69.003.13**

*Юрий Александрович Бирюков,*

канд. техн. наук

*Евгений Олегович Добрышкин,* адъютант

*Никита Владимирович Курашев,* курсант

(Военный институт (инженерно-технический)

Военной академии материально-технического

обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева)

*E-mail: uabiryukov@mail.ru,*

*E-mail: edobryshkin@mail.ru,*

*E-mail: nikita.kurashev@mail.ru*

*Yuri Alexandrovich Biryukov,*

PhD of Tech. Sci.

*Evgeniy Olegovich Dobryshkin,* adjunct

*Nikita Vladimirovich Kurashev,* cadet

(Military Institute (engineering)

of Military Academy of Logistics

named after Army General A. V. Khrulev)

*E-mail: uabiryukov@mail.ru,*

*E-mail: edobryshkin@mail.ru,*

*E-mail: nikita.kurashev@mail.ru*

## **ПЛАНИРОВАНИЕ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ОБЪЕКТОВ СИЛОВОГО КОМПОНЕНТА ГОСУДАРСТВА**

### **PLANNING FOR OBJECTS CAPITAL REPAIRS OF THE STATE'S POWER COMPONENT**

Раскрывается содержание понятия «планирование» как одной из функций управления в контексте совершенствования технического состояния зданий и сооружений силовых министерств и ведомств Российской Федерации. Проанализированы существующие научные труды, посвященные вопросам капитального ремонта, реконструкции зданий и сооружений в Российской Федерации как жилого, так и производственного назначения. Предложена укрупненная блок-схема планирования капитального ремонта и определены общие принципы планирования капитального ремонта объектов силового компонента государства, подлежащие учету при разработке проектных решений.

*Ключевые слова:* управление, планирование, капитальный ремонт, министерство, ведомство, объекты.

The authors reveal the “planning” concept as one management function in the context of improving buildings and constructions technical condition of the Russian Federation power departments. The existing scientific works devoted to major repairs and reconstruction of buildings and structures in the Russian Federation for both residential and industrial purposes are analyzed. An enlarged structural scheme for planning capital repairs is proposed and general principles for planning capital repairs of the state’s power departments’ facilities are defined, which should be taken into account within developing design solutions.

*Keywords:* management, planning, major repairs, ministry, department, facilities.

Одной из функций управления, сформулированных А. Файолем [1], является планирование. Планирование представляет собой деятельность, состоящую в формализации плана и его реальной реализации. Именно данный подход, устанавливает перспективность состояния системы, способов и средств получения результата [1].

В настоящее время существует значительное количество методик, позволяющих осуществлять планирование восстановления технического состояния зданий [3–5, 8–11]. Разработке и совершенствованию механизмов планирования капитального ремонта посвящено значительное количество научных работ [3–9].

Кукушкин Ю. П. [8], в частности, создал в хозяйственном отношении конструкцию, позволяющую разрабатывать адресный проект капитального ремонта жилых домов с учетом изменяющегося законодательства. При этом автор также учитывает исследование и антиципацию состояния, структуры, состава фонда жилья, необходимых ресурсов, конкретизацию целей и задач плана, создающих получение результативных менеджер-

ских распоряжений. Автор также разработал способ выбора многоквартирных жилых домов в адресный проект их капитального ремонта. Соответственно это предопределяет исследование технического состояния конструктивных элементов и инженерных систем каждого многоквартирного жилого дома с учетом технологических, технических, социальных и финансовых критериев.

Ланько В. М. [9] разработала теоретические и методологические положения по формированию региональных программ финансирования и проведения капитального ремонта общего имущества в многоквартирных жилых домах и механизм их реализации на основе расширенной системы критериев очередности включения домов в программу капитального ремонта (технические, организационно-экономические, историко-культурные особенности объекта).

Шарапова Е. А. [10] предложила методику формирования укрупненных показателей ремонтных работ с учетом их реальных временных рамок службы на сегодняшний день сроков, фактической эксплуатации многоквартирных домов с даты постановки на баланс и алгоритм примерной стоимости данных работ. В основу планирования автор закладывает укрупненные показатели стоимости ремонтных работ в сметной нормативной базе 2001 года и использования регламентированных индексов и поправочных коэффициентов, что соответственно разрешает учесть особенности конструктивных решений индивидуальных многоквартирных жилых домов, а также содержащих в себе жилые, технические и коммерческие помещения.

Ученый Плохих А. Н. в своей работе [11] сформировал некую модель, которая включает показатели и адаптированное устройство для планирования капитального ремонта, которое объединяет сформированные на различных уровнях финансовые источники, а также саму форму планирования данных, но уже с учетом муниципальных органов власти и вовлекаемых в данный процесс капитальных вложений.

Фатуллаев Р. С. [12] разработал комплексную методику для оценивания объекта капитального строительства в виде модели, включающей организационные, технические и технологические решения. Автор в планируемом вне плана ремонте основную составляющую видит прежде всего в увеличении результативности организации данных работ и комплексности их проведения на конкретном объекте.

Якунцев Д. С. в своей научной работе [13] разработал логическую последовательность для того, чтобы определить продолжительность инвестиционного жизненного цикла капитального ремонта и его повторяемость, что позволит убрать технологические разрывы в системе управления с учетом определения размеров жилищных и коммунальных услуг в процессе эксплуатации многоквартирного жилого дома (МКД) и фактической степени его амортизации.

Муминова С. Р. сформировала в своей научной работе диалоговую модель организационно-технического управления при выполнении работ в МКД с учетом огромного и абсолютно независимого научного способа балльного образа самого изображения развития амортизации объекта. Сущность данного способа предопределяется в «расщеплении» МКД  $B$  на  $n$  классификационные подмножества элементов  $S_i$  одного типа, что и приведено на рис. 1 [14].

$$B = S_1 \cup S_2 \cup \dots \cup S_n. \quad (1)$$

Автор Трушковская Е. Д. в своей работе составила алгоритм с целью определения единственного объекта при проектировании возможной его реконструкции, который

можно назвать как «пространственно-временной узел». Далее автор описывает образ результативного менеджерского решения при строительстве жилой застройки города МКД, которые приведен на рис. 2 [15].

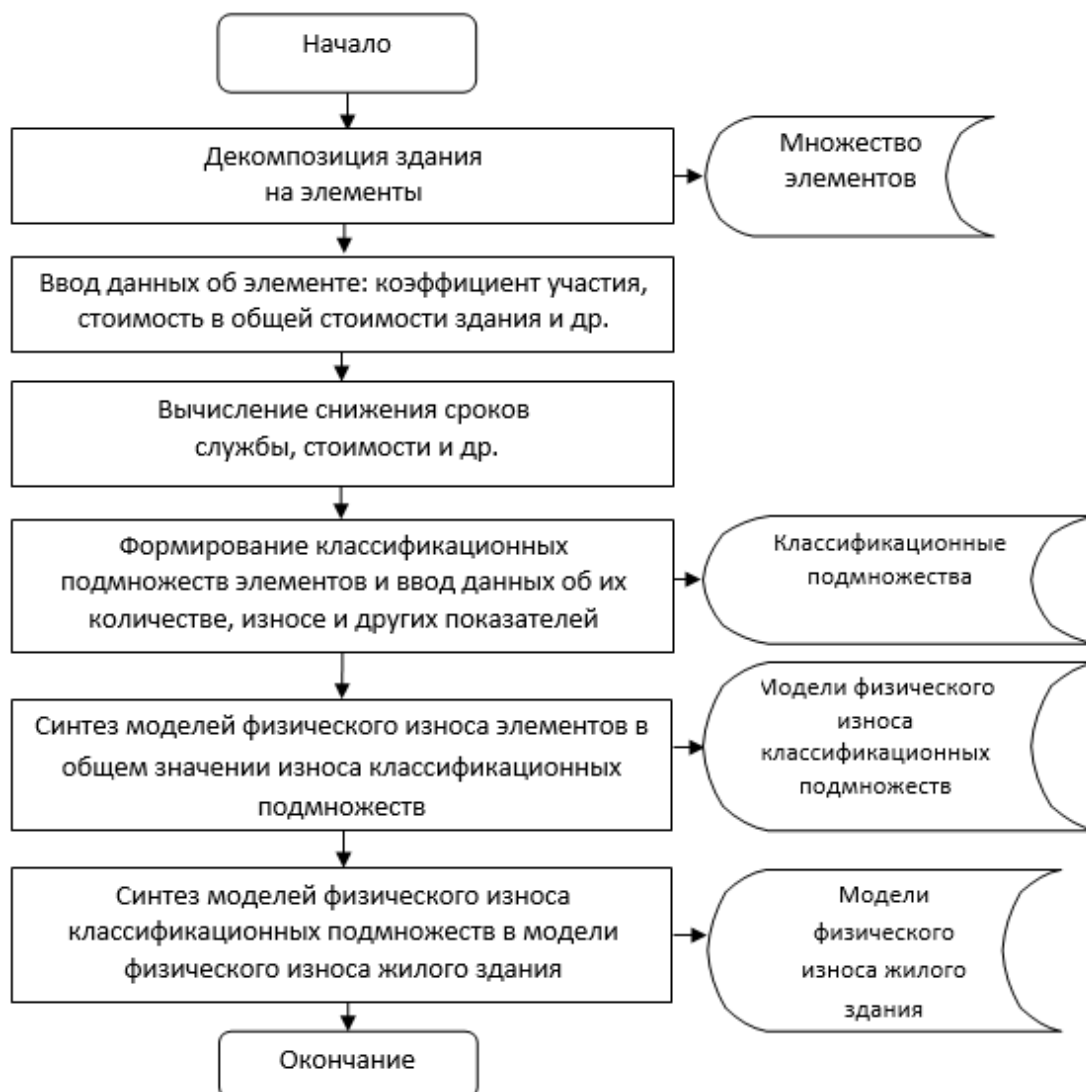


Рис. 1. Масштабно-инвариантный метод оценочного представления физического износа здания

Разработанный способ и устройство как финансовой, так и экономической гарантии проекта программы капитального ремонта МКД изложил в своей научной работе Мусалитин А. И. [16]. Данный способ автора основан на идее вовлечь максимум различных финансовых ресурсов в программу реализации ремонта МКД.

Не обошла стороной вопрос проведения капитального ремонта и Нуруллина О. В. в научной работе [17]. Ею для того, чтобы улучшить выбор МКД для проводимого ремонта изложен ряд очень интересных и существенных критериев, в частности:

- уровень амортизации МКД;
- время эксплуатации МКД с даты его постановки на баланс;
- категории капитальности МКД;
- выполненное восстановление МКД за период его эксплуатации;
- выполненное восстановление инженерных сетей и систем МКД;
- и другие.

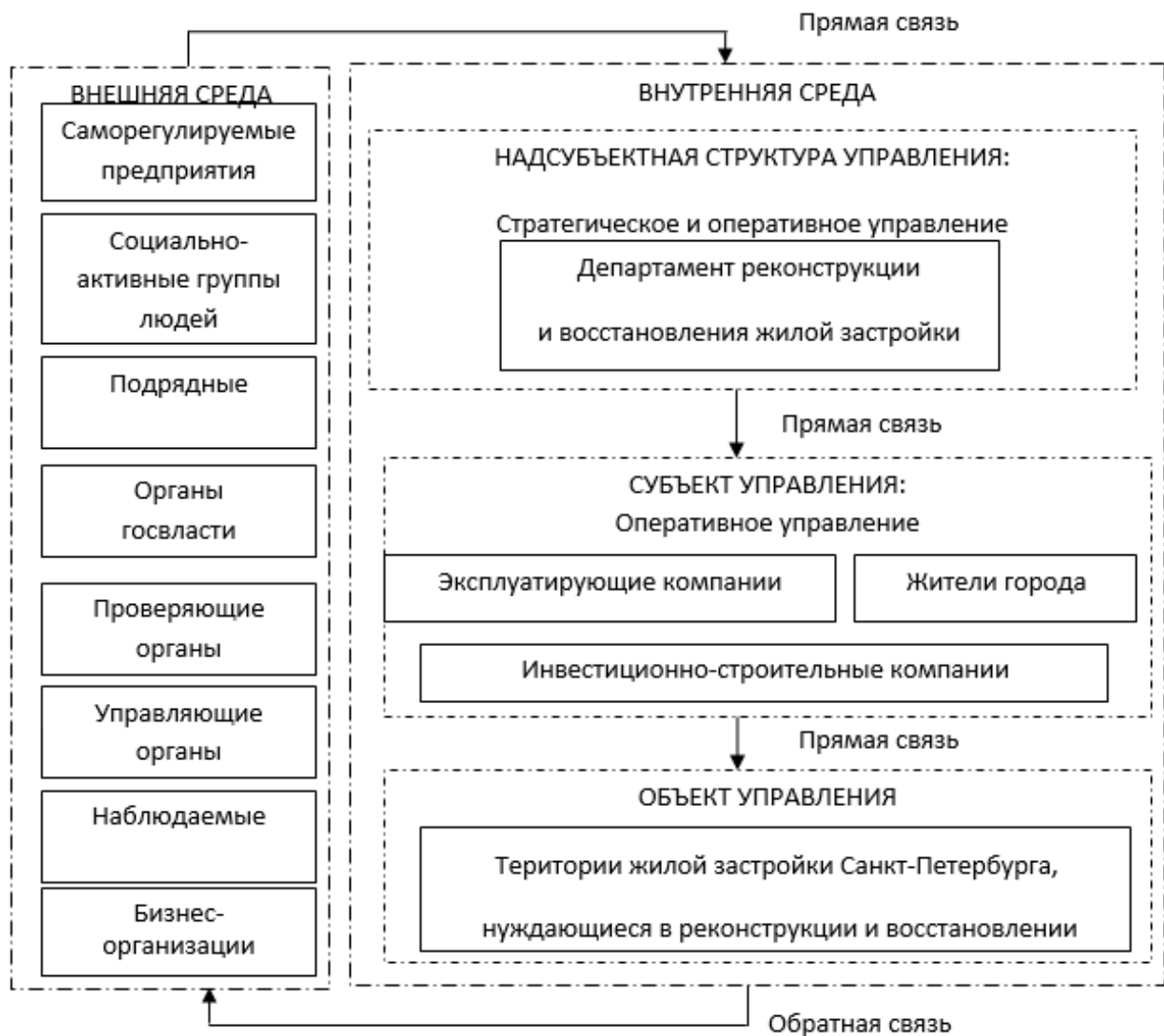


Рис. 2. Форма результативного менеджмента при строительстве МКД

С учетом той роли, которую формируют представленные в методике показатели Нуруллиной ОВ. в отношении технического состояния многоквартирных жилых домов и стимулировании инициатив собственников жилых помещений, показателям назначаются коэффициенты значимости в пределах от 1 до 5. На основе суммарного значения показателей и их значимости принимается организационно-управленческое решение о включении объекта в программу воспроизводства жилья.

Одним из наиболее известных механизмов планирования работ по капитальному ремонту жилого фонда является использование ВСН 58-88 р «Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения» [18]. В приложении 2 указанного документа содержатся сведения об оптимальной продолжительности эффективной эксплуатации жилых объектов до включения в программу капитального ремонта. К недостаткам существующего механизма можно отнести тот факт, что не в полной мере раскрываются критерии отбора объектов при планировании капитального ремонта в условиях одинаковых значений износа у объектов, что снижает практическую применимость в условиях ограниченности выделяемых капиталовложений на проведение капитального ремонта.



Анализ научных работ [3-17] показывает, что применение проанализированных авторами статьи положений направлено на повышение качественного состояния жилищного фонда, а наличие некоторых особенностей объектов силового компонента государства накладывает ряд ограничений на использование существующих механизмов при планировании капитального ремонта рассматриваемых авторами объектов, прежде всего, в силу специфики деятельности Министерства обороны Российской Федерации, Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации, а также иных федеральных органов исполнительной власти. Вместе с тем, авторы считают, что планирование капитального ремонта необходимо выполнять с учетом общих принципов, сформулированных в [8, 13, 18], которые необходимо учитывать при совершенствовании технического состояния объектов силовых министерств и ведомств.

*Вариантность.* Важной характеристикой формируемого механизма планирования ремонта объектов силового компонента государства является разработка значительного количества возможных проектных решений в плановом периоде, реализуемых с точки зрения требований организации ремонтных работ и технологических особенностей. Ввиду того, что при капитальном ремонте строительные конструкции зачастую подлежат замене по окончании срока их службы, в случае замены элементов здания в полном соответствии с их долговечностью не возникает варианты проектных решений. Это объясняется тем, что в данном случае сроки и состав ремонтов будут полностью определяться сроками службы заменяемых строительных конструкций. Вместе с тем, авторы статьи приходят к выводу, что данный подход к организации восстановления зданий и сооружений во многих случаях является нерациональным или практически не реализуемым: не все элементы зданий можно заменять по отдельности. Кроме того, зачастую является эффективным решение о замене некоторых элементов зданий и сооружений до истечения срока службы и тем самым совмещения момента замены разных конструкций [26].

*Оптимальность.* В условиях существования значительного количества проектных решений целесообразно использование механизма для выбора наилучшего варианта плана, представленного перечнем зданий и сооружений с указанием стоимости проведения ремонтных работ. Использование существующих и обоснованных альтернативных решений следует осуществлять с учетом важнейших технических, организационных и экономических факторов и быть направлено на реализацию оптимальных решений в рамках существующих проектных ограничений. Следование данному критерию возможно только посредством использования методов оптимального программирования.

*Ресурсообеспеченность.* Принятие решения об использовании наилучшего проектного решения следует осуществлять с учетом наличия материально-технических ресурсов, предназначенных для использования в период проведения ремонтных работ и потребности в значении строительного объема или площади объектов для размещения штатной численности военнослужащих и гражданских служащих федеральных органов исполнительной власти, техники и оборудования.

Однако в существующей системе руководящих и нормативных документов по эксплуатации объектов силовых министерств и ведомств отсутствует методика, которая бы решала задачу планирования капиталовложений для проведения капитального ремонта, а также задачу планирования капитального ремонта зданий и сооружений при одинаково высоких значениях физического износа, в условиях ограниченности выделяемых для

этих целей капитальных вложений. Решение задачи осложняется различной значимостью объектов при оценке влияния каждого отдельно взятого объекта на систему функционирования федерального органа исполнительной власти. Определенная сложность также состоит в принятии решения о выборе одного объекта для проведения капитального ремонта из объектов различного назначения. Ненадлежащее техническое состояние рассматриваемых авторами объектов в случае природного, антропогенного или техногенного воздействия способно повлечь последствия различного характера, что в той или иной мере снижает эффективность функционирования федерального органа исполнительной власти. В этой связи актуальным является вопрос проработки эффективного планирования капитального ремонта объектов силового компонента государства.

На основе проведенного исследования [20–30] было выявлено, что в условиях наличия значительного количества объектов в Российской Федерации, в том числе объектов федеральных органов исполнительной власти, требующих проведения капитального ремонта, целесообразным решением является формирование перечня объектов, подлежащих ремонту в первоочередном порядке. Разработанная укрупненная блок-схема планирования капитального ремонта объектов федеральных органов исполнительной власти представлена на рисунке 3. В соответствии с разработанной укрупненной блок-схемой (рис. 3), планирование ремонта должно осуществляться на основе результатов мониторинга технического состояния объектов с целью измерения динамических параметров в процессе эксплуатации.



Рис. 3. Укрупненная блок-схема планирования капитального ремонта объектов силового компонента государства в Российской Федерации

Дальнейший этап по предварительному согласованию плана объектов, подлежащих капитальному ремонту, следует осуществлять на основе анализа целесообразности их эксплуатации на стратегическом уровне (федеральный округ, военный округ и другие крупные административно-территориальные единицы государства) с последующим предварительным обследованием технического состояния объектов и получением выводов о возможном продлении эксплуатации объекта после проведения капитального ремонта и снижения значения физического износа.

Поскольку каждый объект имеет свою степень долговечности, а также роль в обеспечении функционирования управленческого аппарата федерального органа исполнительной власти, что характеризуется некоторой категорией объекта («важностью»), сле-

дующим шагом является планирование капиталовложений на проведение капитального ремонта в зависимости от результатов обследования и предварительного согласования плана объектов для включения в перечень на ремонт.

Решение в отношении каждого конкретного здания и сооружения на предмет ремонта принимается на основе оценки индексов эффективности варианта проектных решений по проведению капитального ремонта объектов [23].

С целью повышения эффективности планирования капитального ремонта зданий и сооружений, находящихся на балансе федеральных органов исполнительной власти, авторами разработана «Система автоматизации формирования и принятия управленческих решений по функционированию военно-строительного комплекса» и подана в установленном порядке заявка на изобретение в Роспатент.

Разработанное техническое решение относится к информационным системам, позволяющим автоматизировано формировать и принимать управленческие решения и предназначено для управления военно-строительным комплексом (рис. 4).

По сравнению с известными техническими аналогами и ближайшим прототипом в разработанной системе реализована возможность получения информации о сформированных и принятых управленческих решениях по функционированию военного-строительного комплекса – определению очередности реализации инвестиционно-строительных проектов, всестороннего контроля реализации технических и технологических операций на строительной площадке или строительных площадках и всестороннего обеспечения информацией по реализации инвестиционно-строительных проектов.

Поскольку в разработанной системе решена задача повышения быстродействия, достоверности, точности и эффективности контроля за функционированием военного-строительного комплекса, контроля за техническими и технологическими процессами при строительстве посредством анализа выбранных критериев (наличие шума, изменение динамических характеристик строительной площадки, изменение геометрических параметров объектов, продолжительность рабочего времени) и контроля за реализацией государственных контрактов на строительство объектов за счет анализа реализации бюджетных средств, анализа вариантов проектов, анализа выполнения сроков работ, анализа формирования трендов, применение данной системы позволит повысить эффективность выполнения комплекса работ по реализации инвестиционно-строительных проектов и, в том числе, повысить эффективность планирования капитального ремонта объектов силового компонента государства.

Таким образом, планирование капитального ремонта объектов силового компонента государства является комплексным процессом, в основе которого находятся определенные параметры объектов (категория, техническое состояние, степень долговечности и ряд других), являющиеся критериями включения объекта в перечень на проведение ремонта. Автором определены критерии предварительного согласования плана объектов:

- целесообразность функционирования учреждения как структурной единицы федерального органа исполнительной власти в рамках перспективного облика крупной административно-территориальной единицы государства;
- отсутствие учреждения в плане организационно-штатных мероприятий федерального органа исполнительной власти на предмет ликвидации;
- отсутствие планов на строительство нового объекта взамен существующего объекта;

- целесообразность проведения ремонтных работ на основе полученных результатов определения категории технического состояния здания или сооружения.

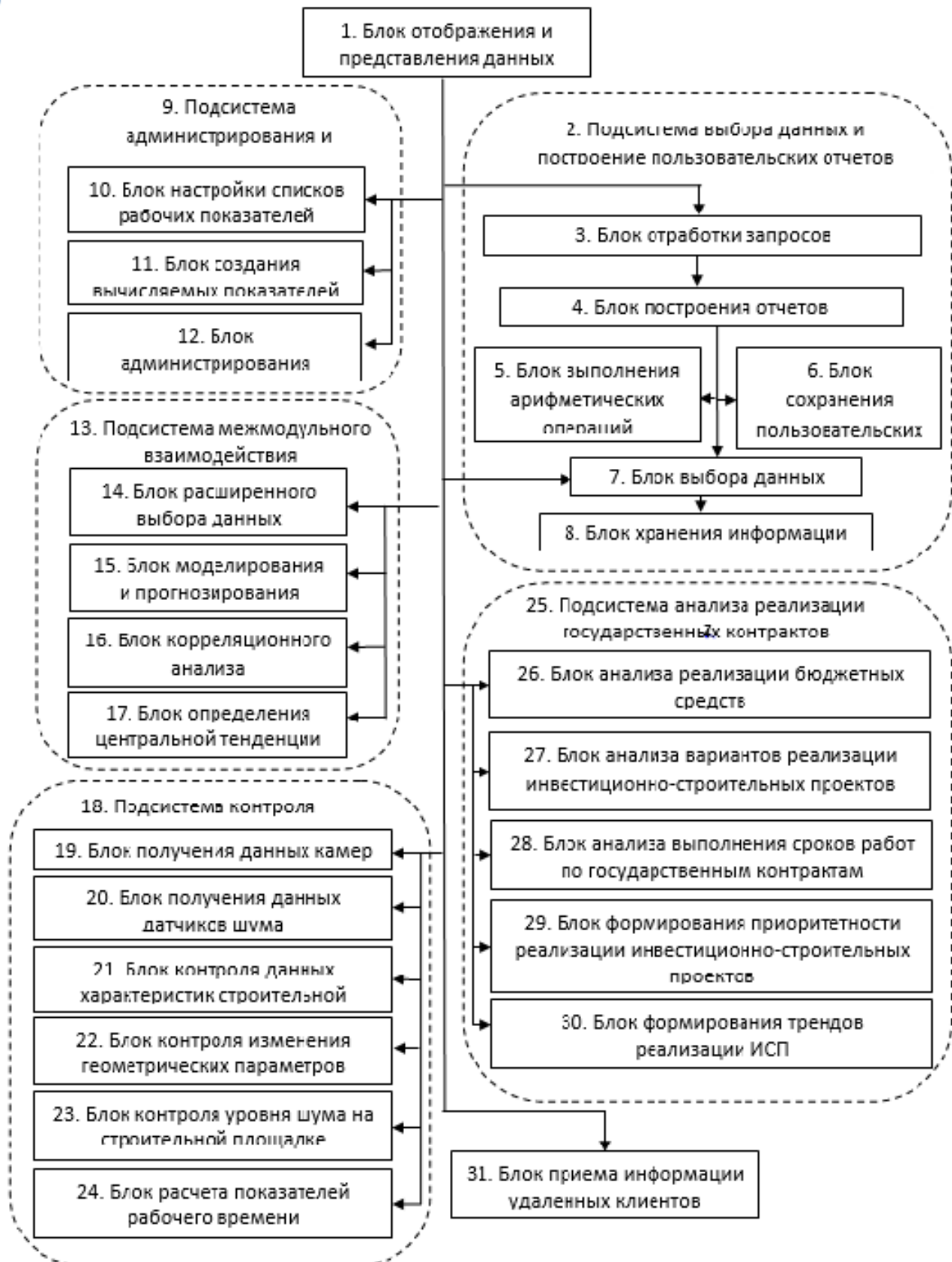


Рис. 4. Система автоматизации формирования и принятия управленческих решений по функционированию военно-строительного комплекса

Результаты предварительного согласования плана объектов, подлежащих капитальному ремонту, следует использовать в качестве исходных данных для планирования капиталовложений на проведение капитального ремонта объектов силового компонента государства в Российской Федерации.

### Литература

1. *Файоль А.* Общее промышленное управление. М: Экономика, 1989. 63с.
2. *Акофф Р.* Планирование будущего корпорации / пер. с англ. М.: Сирин, 2002. 256 с. ISBN 5-86567-0454.
3. *Гордеева Т. Е., Широков В. С.* О планировании капитального ремонта жилых домов // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 9. С. 101–104.
4. *Носырев П. А., Соколова В. В.* Эффективность планирования капитального ремонта зданий социально-значимых объектов Алтайского края // Ползуновский альманах. 2018. № 1. С. 165–168.
5. *Попова О. Н., Симанкина Т. Л., Соколовский Н. Д.* Планирование периодичности ремонта жилых зданий на основе динамического программирования // Современная наука и инновации. 2017. № 2 (18). С. 154–164.
6. *Терехов Л. Л.* Экономико-математические методы: учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Статистика, 1972. 359 с.
7. *Чернышов Л. Н., Астафьев С. А., Вакулина В. П.* Капитальный ремонт многоквартирных домов: проблемы формирования и направления развития // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2015. Т. 25. № 1. С. 85–94.
8. *Кукушкин Ю. П.* Экономический механизм планирования и финансирования капитального ремонта жилищного фонда крупного города (на примере Санкт-Петербурга): Автореф. дис. канд. эконом. наук. Санкт-Петербург, 2008. 19 с.
9. *Ланько В. М.* Формирование региональных программ капитального ремонта многоквартирных жилых домов: Автореф. дис. канд. эконом. наук. Санкт-Петербург, 2013. 23 с.
10. *Шарапова Е. А.* Совершенствование планирования ремонта жилищного фонда на основе укрупненных показателей стоимости: Автореф. дис. канд. эконом. наук. Воронеж, 2006. 24 с.
11. *Плохих А. Н.* Разработка организационно-экономического механизма программно-целевого планирования ремонта объектов жилищного фонда: Автореф. дис. канд. эконом. наук. М.: 2008. 25 с.
12. *Фатуллаев Р. С.* Организационно-технологическое моделирование комплексной оценки потенциала проведения внеплановых ремонтных работ: Автореф. дис. канд. техн. наук. М.: 2017. 24 с.
13. *Якунцев Д. С.* Организационно-экономический механизм предоставления услуг капитального ремонта многоквартирных домов. Автореф. дисс. канд. экон. наук. СПб., 2008. 27 с.
14. *Муминова С. Р.* Интерактивное планирование организации производства ремонтных работ в зданиях: Автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 2012. –23 с.
15. *Трушковская Е. Д.* Повышение эффективности управления реконструкцией и капитальным ремонтом жилищного фонда крупного города. Дисс. канд. техн. наук. СПб.: 2011. 169 с.
16. *Мусалитин А. И.* Экономико-организационный механизм программно-целевого планирования капитального ремонта жилищного фонда крупного города (на примере Санкт-Петербурга): дисс. ... канд. экон. наук. СПб.: 2005. 159 с.
17. *Нуруллина О. В.* Жилищный фонд: методика отбора домов для оказания ремонтных услуг/ журнал «Российское предпринимательство» № 12 (1), 2011. С. 135–140.
18. ВСН 58-88 (р) «Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения».
19. *Чекалин В. И., Томилов В. В.* Перспективное планирование ремонта объектов городского хозяйства. Ленинград: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1987. 152 с.
20. *Грунау Э.* Предупреждение дефектов в строительных конструкциях. Пер. с нем. М.: Стройиздат. 1985. 215 с.



21. Добрышкин Е. О., Бирюков А. Н. Математическая модель формирования титульного списка зданий для проведения капитального ремонта в условиях ограниченности капиталовложений // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 1 (72). С. 76–82. DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-76-82
22. Добрышкин Е. О., Бирюков А. Н. Применение метода «термоса» при замене перекрытий на железобетонные в условиях реконструкции и капитального ремонта зданий зимой / Вестник инженерной школы ДВФУ. 2019. № 1 (38) С. 134-141. DOI.org/10.5281/zenodo.2578710.
23. Добрышкин Е. О., Бирюков А. Н., Кравченко И. Н. Планирование восстановления объектов жилищного фонда на основе вариантного проектирования // Системные технологии. 2019. № 30. С. 63-70.
24. Добрышкин Е. О., Бирюков А. Н., Кравченко И. Н., Лудченко Н. И., Бирюков Ю. А. Оптимизация поставок материально-технических ресурсов для производства ремонтно-восстановительных работ // Строительные и дорожные машины. 2018. № 10. С. 52–56.
25. Добрышкин Е. О., Лебедкин А. П. Анализ нормативно-правовой базы в области проведения обследования и мониторинга технического состояния зданий / Сборник научных трудов «Актуальные проблемы военно-научных исследований». СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2019. С. 117–125.
26. Birjukov A., Dobryshkin E., Kravchenko I., Glinskiy M. Optimization of management decisions for choosing the strategy of enterprises fixed assets reproduction // Proceedings of the 18th International Scientific Conference ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT, vol. 18, May 22–24, 2019. Pp. 1726-1736. ISSN 1691-5976. DOI:10.22616/ERDev2019.18. N505
27. Бирюков А. Н., Бирюков Ю. А., Кравченко И. Н., Тростин В. П., Федоров А. О. Применение цифровых технологий проектирования для выбора рациональных технических решений мобильных строительно-дорожных комплексов // Строительные и дорожные машины. М.: 2020. №1. С. 35–45.
28. Бирюков А. Н., Бирюков Ю. А., Бирюков Д. В., Добрышкин Е. О., Макаров Р. В., Галицын Г. Н. Система автоматизированного управления строительным комплексом/ Патент России на изобретение № 2696064 Бюл. № 22.
29. Бирюков А. Н., Кравченко И. Н., Тростин В. П., Федоров А. О. Модернизация технологического оборудования по обогащению местных строительных материалов и утилизации разрушенных конструкций // Строительные и дорожные машины. М.: 2019. № 12. С. 44–51.
30. Бирюков А. Н., Денисов В. Н., Бирюков Ю. А. Восстановление объектов военной инфраструктуры при ликвидации последствий вооруженных конфликтов: монография. СПб.: ВИ(ИТ) ВА МТО, 2019. 338 с.

**УДК 624-2/-8**

*Наталья Игоревна Болгарева*, магистрант  
*Олег Александрович Тимощук*,  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: Bolgareva.natalya@yandex.ru,*  
*E-mail: oleg-tima@mail.ru*

*Natalia Igorevna Bolgareva*, undergraduate  
*Oleg Alexandrovich Timoshchuk*,  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: Bolgareva.natalya@yandex.ru,*  
*E-mail: oleg-tima@mail.ru*

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА МОНТАЖА СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ЗДАНИЙ**

### **CHOOSING THE OPTIMAL METHOD OF INSTALLATION OF SANDWICH PANELS FOR BUILDINGS**

Выявлено, что в связи с нарастающей динамикой применения легкого металлического ограждения на основе сэндвич-панелей в зданиях, есть необходимость в совершенствовании технологий их монтажа. Показано, что для снижения затрат на стадии строительства и эксплуатации зданий на основе сэндвич-панелей необходимо выбрать оптимальную технологию их монтажа из четырех основных методов. Применение не оптимальных технологий при монтаже может привести к тому, что по окончании монтажных работ сэндвич-панели утрачивают прочность, безопасность и нарушается их внешний вид. Доказано, что, сравнивая изложенные методы по критерию оптимизации – безопасности и эффективности, самый эффективный, быстрый, надежный и безопасный метод подъема стеновых сэндвич-панелей при монтаже – это строповка панелей двухветвевым стропом с помощью вакуумных захватов.

*Ключевые слова:* строительный материал, современный мир, сэндвич-панель, фасад, промышленные здания, утеплитель.

In modern construction design practice came to the need design buildings taking into account all stages life cycle of buildings. As you know life cycle of buildings this time from investment design appropriateness' of their construction to time removal of an object from operation liquidation for liquidation. Well known patterns changes operating costs depending on the stage life cycle 'of the building'. The presented data allows us to clearly demonstrate the influence of adopted design decisions on operating costs during execution of construction and installation works during normal operation of a building and during period increased wear of elements of a building.

*Keywords:* building material, modern world, sandwich panel, fassad, industrial buildings, insulation.

**Актуальность темы.** В настоящее время в России часть возводимых зданий и сооружений на основе легких металлических конструкций со стеновым ограждением из сэндвич-панелей составляет около 10 %, в США и Европе – 50 %. Существующая производственная база позволяет нам создавать достаточное количество ограждающих и несущих конструкций таких зданий во всем мире. В связи с этим большой интерес представляет исследование влияния технологии монтажа сэндвич-панелей на характеристики зданий непосредственно в процессе их эксплуатации [1].

Сэндвич-панели представляют собой трех- и более слойную строительную конструкцию, состоящую из внешних обшивок и внутреннего теплоизоляционного слоя между ними (рис. 1).



Рис. 1. Конструкция сэндвич-панели

Наиболее часто применяются сэндвич-панели с наружными металлическими обшивками. В качестве утеплителя используют минеральную вату, стекловолокно, пенополиуретан (ППУ), пенополиизоцианурат (*PIR*), пенополистирол.

Сэндвич-панели имеют многочисленные преимущества перед другими стеновыми конструкциями:

- низкая теплопроводность стенового ограждения;
- малый вес панели. Как следствие не требуется установка массивного фундамента;
- высокая влагостойкость стенового ограждения. В условиях эксплуатации это означает, что нет условий для развития грибка. Даже при нарушении герметичности панелей, поглощение влаги материалом составляет не более 3 %;
- индустриальность монтажа. Это позволяет ускорить процесс возведения зданий;
- снижение сметной стоимости строительства до 30 % за счет снижения затрат на транспортировку, устройство фундамента и их монтаж.

Благодаря перечисленным преимуществам производство и использование в строительстве сэндвич-панелей с каждым годом растет.

В настоящее время сэндвич-панели применяют при возведении зданий следующего назначения:

- спортивные сооружения;
- ледовые сооружения;
- промышленные здания (производственные цеха, склады);
- здания холодильников и морозильников;
- здания с повышенными санитарно-гигиеническими требованиями (медицинского назначения) [2–4].

Сэндвич-панели популярны не только в России, но и во всем мире. Активное развитие бизнеса в этой сфере приводит к улучшению качества и разнообразию продукции. Графики на рис. 2 показывают динамику импорта и экспорта сэндвич-панелей.

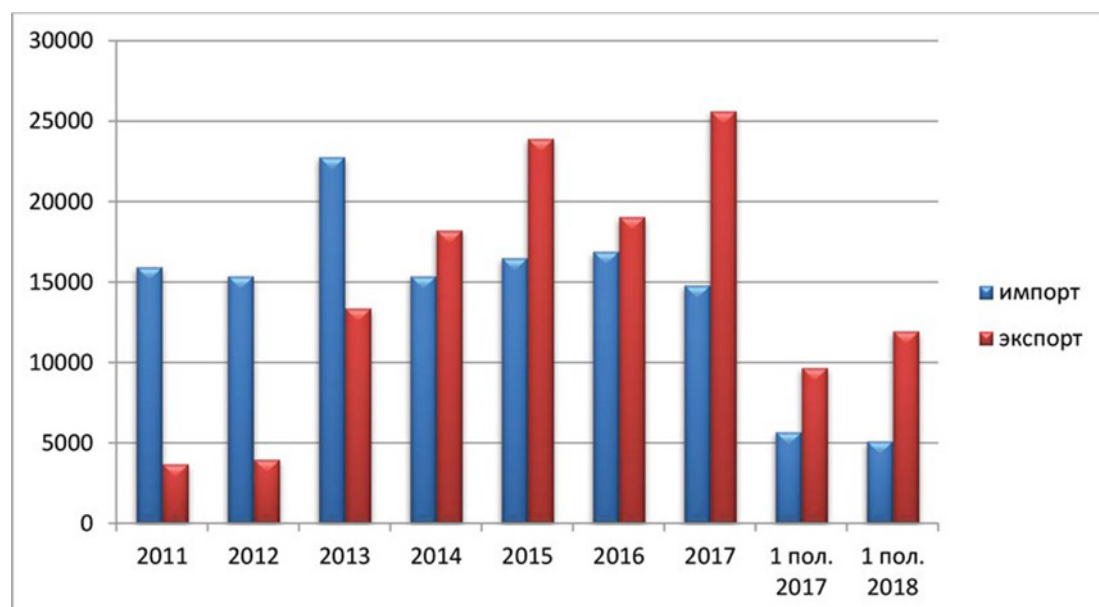
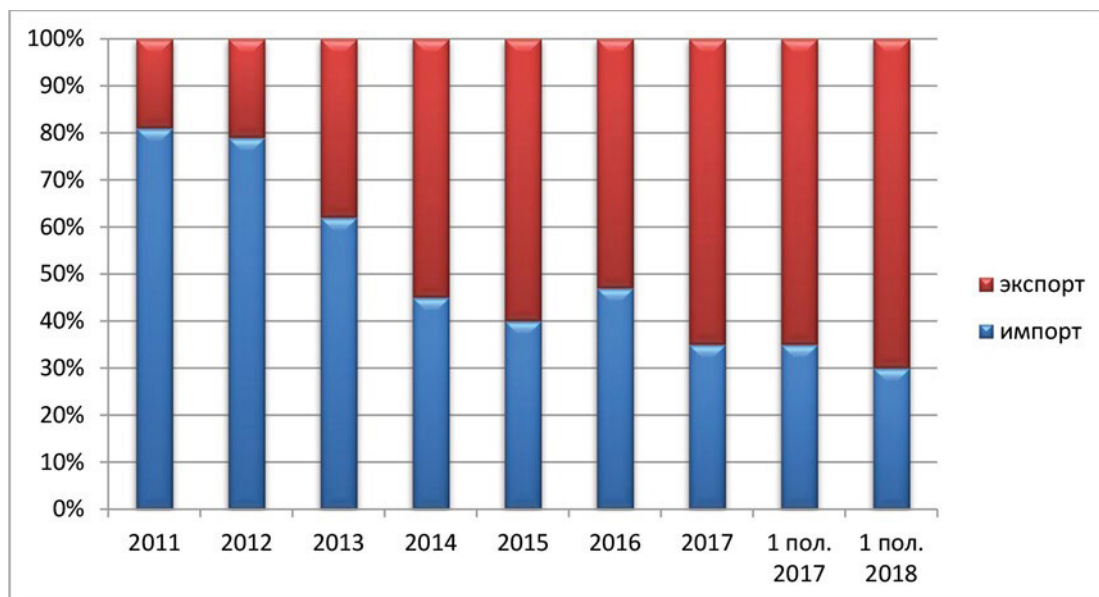


Рис. 2. Динамика импорта и экспорта сэндвич-панелей

Практически любое малоэтажное строение может иметь ограждающие конструкции из сэндвич-панелей, начиная от автомойки и заканчивая самым крупным супермаркетом. Панели этого типа используют также при утеплении и реконструкции эксплуатируемых зданий и помещений [5].

Анализ приведенных данных показывает, что за 7 лет экспорт сэндвич-панелей российского производства вырос на 50 %.

В связи с нарастающей динамикой применения легкого металлического ограждения на основе сэндвич-панелей есть необходимость в совершенствовании технологий их монтажа. Применяемые технологии монтажа зависят от разрезки зданий. Существуют вертикальная и горизонтальная разрезки (рис. 4).

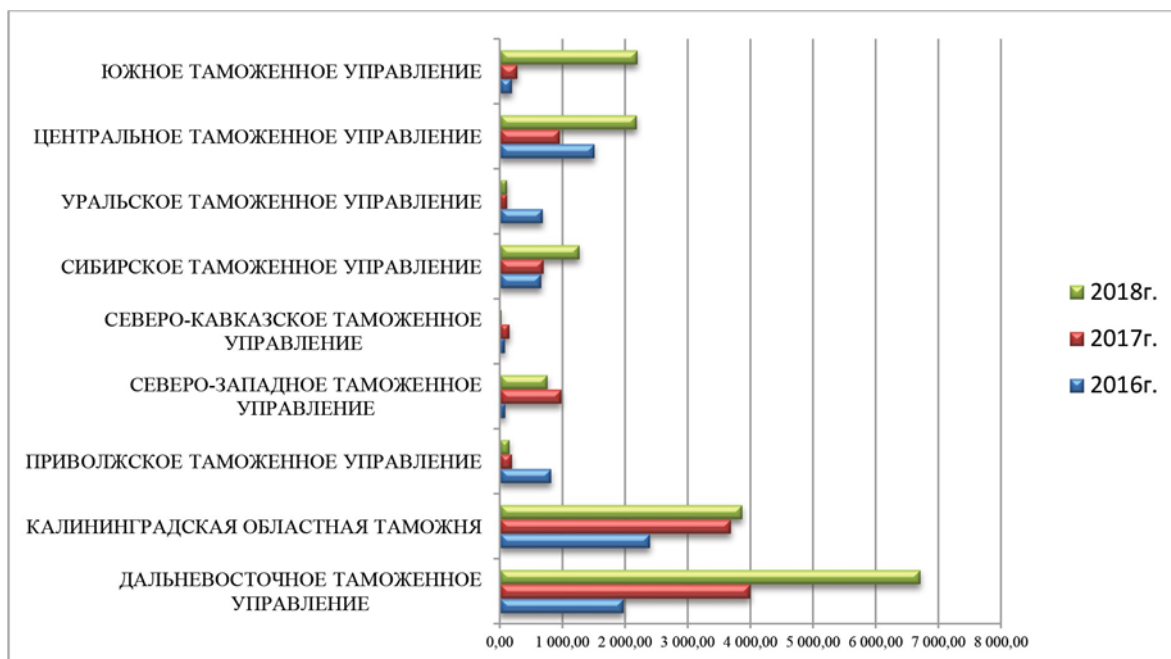


Рис. 3. Распределение экспорта сэндвич-панелей по данным таможенных органов России за 2016–2018 гг.

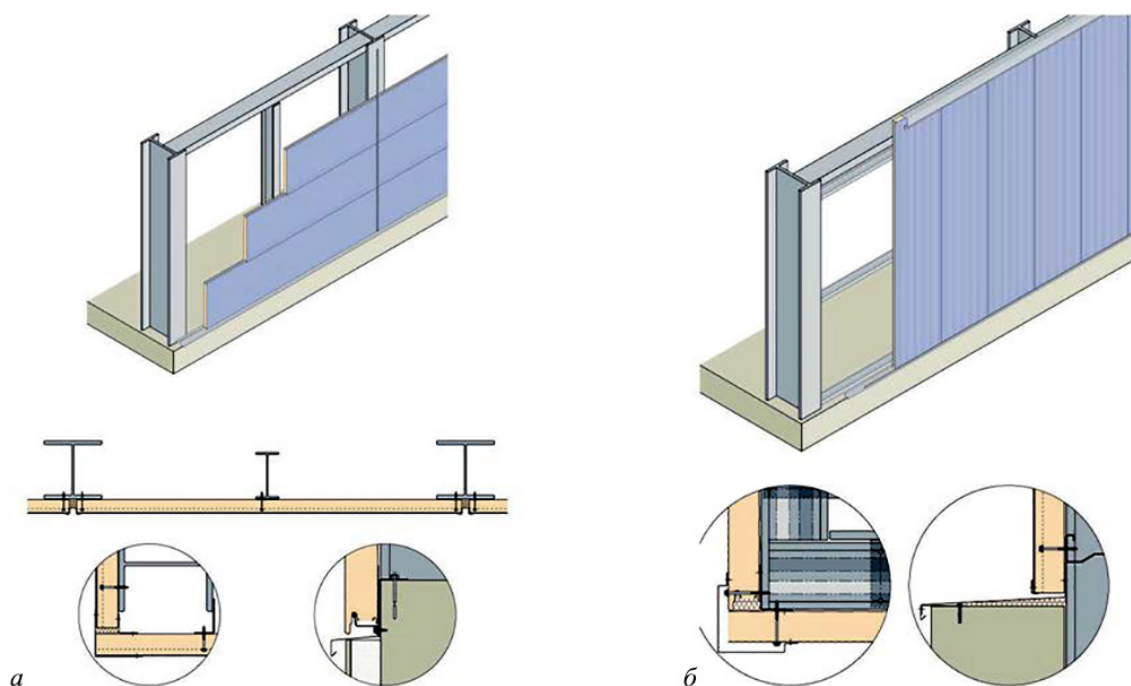


Рис. 4. Схема разрезки зданий: *а* – горизонтальная; *б* – вертикальная

**Оптимизация методов монтажа.** Для снижения затрат на стадии строительства и эксплуатации зданий на основе сэндвич-панелей необходимо выбрать *оптимальную технологию их монтажа*. Несоблюдение технологий при монтаже может привести к тому, что по окончании монтажных работ сэндвич-панели утрачивают прочность, безопасность и нарушается их внешний вид. Только при применении разработанных технологий, поверхность сэндвич-панели не подвергается царапинам и вмятинам [6, 7].



Энергоэффективность зданий оказывает решающее влияние на объем и характер эксплуатационных затрат, одной из основных составляющих является стабильность теплотехнических характеристик ограждающих конструкций. Очень часто непрофессионализм монтажной группы, несоблюдение технологии монтажа приводит к возникновению дефектов, в результате которых, снижаются теплотехнические свойства конструкции (рис. 5, 6).



Рис. 5. Возникновение обмятий сэндвич-панели



Рис. 6. Дефекты стыковых соединений, возникшие при монтаже:  
*а* – цифровой снимок; *б* – инфракрасный снимок

Особо ответственным элементом монтажных работ является строповка конструкции. Разработаны несколько технологий строповки конструкции.

Исследуем различные методы.

**1. Механический захват со сквозным сверлением панели.** Данный метод рекомендуется авторами при вертикальном монтаже. Механический захват крепится к панелям с помощью сквозного сверления. Просверливание отверстий должно быть произведено максимально точно для того, чтобы обеспечить расположение скрепляющего штифта строго перпендикулярно металлической поверхности (рис. 7). После удаления захвата, отверстия закрывают крепежными или фасонными элементами.

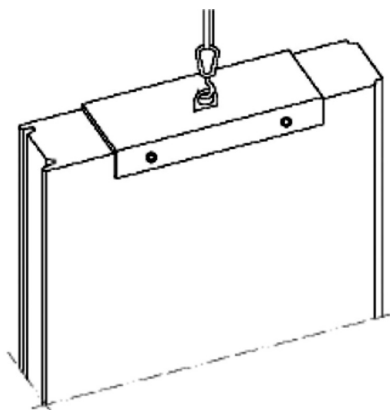


Рис. 7. Схема механического захвата со сквозным сверлением панели

После удаления захвата нарушается целостность панели, это приводит к появлению «мостиков холода» и, увеличение тепловых потерь в эксплуатируемых зданиях.

**2. Механический захват, устанавливаемый в замок панели.** Этот способ, в отличие от предыдущего, рекомендуется применять для горизонтальной установки. В этом процессе используют два специальных механических захвата, которые устанавливаются в продольной кромке панели крепятся непосредственно в их замках (рис. 8).

Для предотвращения падения панели при подъеме с помощью механических захватов, используют текстильные стропы или страховочные ремни, обхватывающие поднимаемую панель. Их снимают перед установкой панели в проектное положение, после чего монтируемая панель удерживается только механическими захватами.

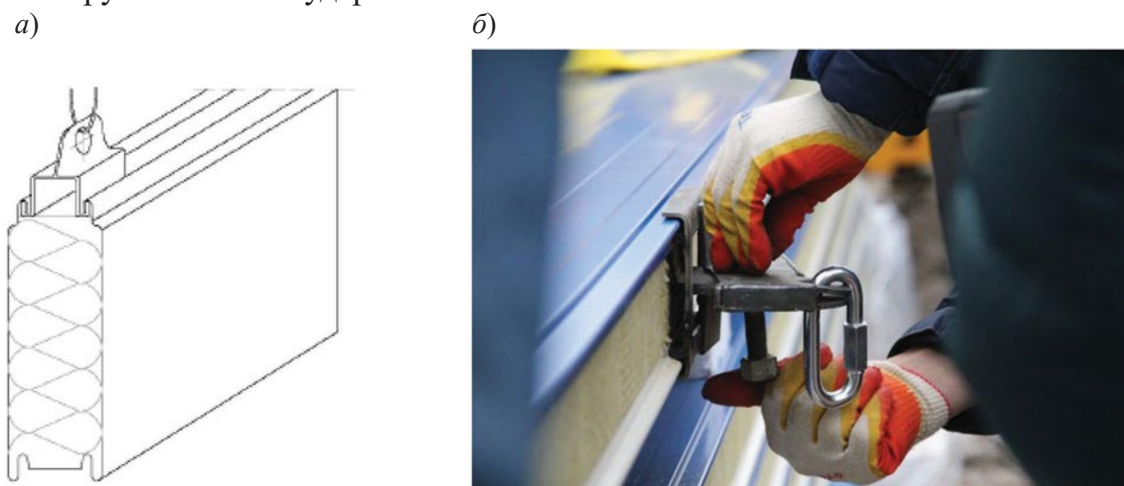


Рис. 8. Механический захват, устанавливаемый в замок панели:  
а – схема строповки; б – установка механического захвата

Смещение или неправильное расположение сэндвич-панелей приводит к деформации замков. Чтобы этого не произошло, перед началом перемещения панелей, их устанавливают строго вертикально на специальные подложки, размещенные по всей длине. При неправильном использовании захвата возможно обмятие под болтами и саморезами, деформация обшивки в торцах и по краям. Это приводит к снижению теплоизолирующей способности ограждения в процессе эксплуатации здания.

**3. Строповка панели с помощью захвата-струбцины.** Строповка панелей производится на специальной площадке, которая должна располагаться в непосредственной близости от монтажной захватки. Зажимы-струбцины к сэндвич-панели присоединяют на расстоянии  $1/4$ – $1/5$  длины от торцов (рис. 9). Центр прижимной пластины от края панели располагают не менее 150 мм. Оттяжки из троса длиной 6м присоединяют к краям панели, что требуется для стабилизации при перемещении ее к месту монтажа. Процесс поднятия происходит плавно, без рывков, вращения и раскачивания. Применяют данный способ при горизонтальной раскладке. Способ экономичен и чаще используется в строительстве частных домов, т.к. приспособления рассчитаны на подъем элементов не более 200 килограмм шириной до 20 сантиметров. Наличие рычага и оси осуществляет равномерную нагрузку по захвату. Прокладки не позволяют деформироваться поверхности панели.

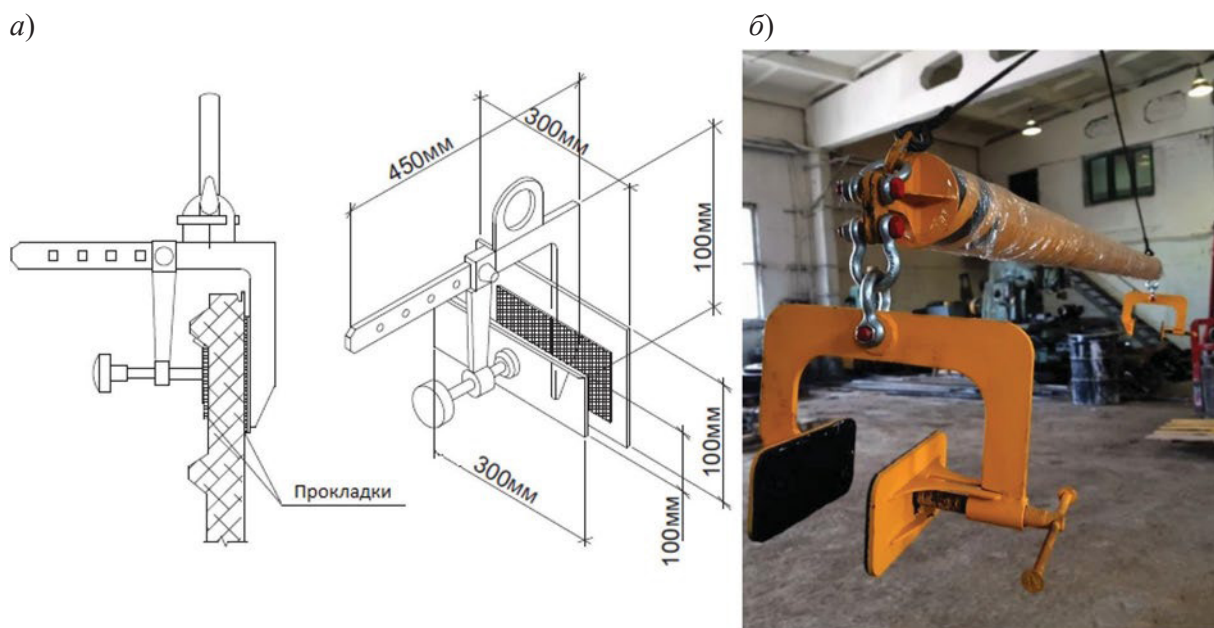


Рис. 9. Строповка сэндвич-панели захватом-струбциной:  
а – схема строповки; б – захват-струбцина

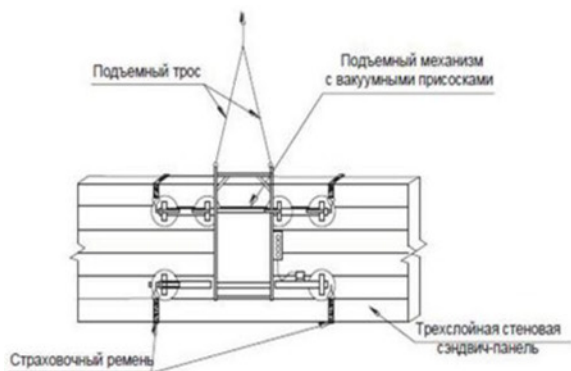
При применении захвата-струбцины усилие одностороннего прижима должно быть не менее 70 % от суммарной массы панели. Можно избежать опасность повреждения панели увеличив площадь резиновой накладки.

**4. Строповка панели двухветвевым стропом при помощи вакуумных захватов.** Строповка панели при вертикальном и горизонтальном расположении раскладки может осуществляться с помощью двухветвевых строп с использованием вакуумных захватов. Для подстраховки вакуумного механизма захват снабжают страховочным ремнем из текстильной ткани, который надевают на панель (рис. 10, 11).



В местах установки захватов с поверхности панели удаляется защитная полиэтиленовая пленка, поверхность панели очищают от пыли и грязи, а в зимний период от снега и наледи. Для равномерного распределения нагрузки по всем присоскам между ребрами жесткости (в центре транспортируемого материала) сэндвич-панели устанавливаются специализированные вакуумные присоски и направляющие. Количество установленных присосок может быть от 1 до 12, в зависимости от веса конструкции [15].

а)



б)



Рис. 10. Строповка сэндвич-панелей при горизонтальной раскладке:  
а – схема строповки; б – монтаж панели

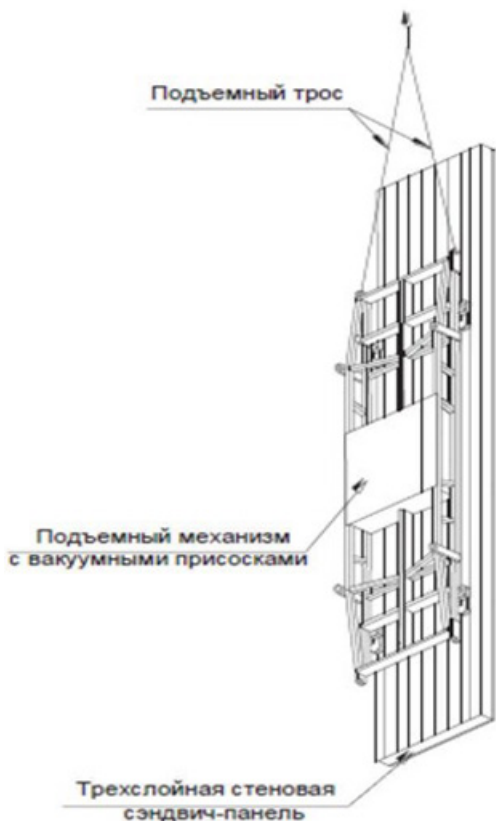


Рис. 11. Строповка сэндвич-панелей при вертикальной раскладке:  
а – схема строповки; б – монтаж панели

Механизм способен изменять ориентацию во время использования (вращение на 360 градусов). Присоски не оставляют повреждений на поверхности, обеспечивая

сохранность конструкции. В момент переноса и фиксации сэндвич-панели с уверенностью можно утверждать, что панель будет доставлена без сдвигов и колебаний. Высокая скорость монтажа дает возможность установить от 500 до 800 кв. м. в день.

Существенным минусом метода является его цена. Строповка панелей с помощью вакуумных захватов является самым дорогим способом. Высокую стоимость самого прибора дополняет требование наличия специального привода и электроэнергии для эксплуатации данного механизма.

**Сравнивая изложенные методы по критерию оптимизации безопасности и эффективности, авторами можно сделать вывод, что самый эффективный, быстрый, надежный и безопасный метод подъема стеновых сэндвич-панелей при монтаже — строповка панелей двухветвевым стропом с помощью вакуумных захватов.**

Данный способ дает уверенность в отсутствии сдвига и колебаниях панели в момент ее фиксации и переноски. Благодаря возможности перемещения панели к месту монтажа непосредственно из лотка, без предшествующей подготовки, отмечается экономия времени и места под разгрузку. Присоски обеспечивают сохранность поверхности, не оставляют повреждений и не деформируют профильные листы сэндвич-панелей в месте захвата. Но эксплуатационные затраты в период выполнения строительно-монтажных работ при применении строповки панелей двухветвевым стропом с помощью вакуумных захватов возрастают. Поэтому, для снижения эксплуатационных затрат в период выполнения строительно-монтажных работ при малоэтажном частном строительстве рекомендуется применять технологию с применением строповки панели с помощью зажима-струбцины.

Применение этого метода не допускает нарушения целостности панелей, что не приводит к нарушению теплоизолирующей способности эксплуатируемого стенового ограждения и увеличению эксплуатационных затрат в период нормальной эксплуатации здания [16–18].

### **Выводы**

1. Выявлено, что в связи с нарастающей динамикой применения легкого металлического ограждения на основе сэндвич-панелей в зданиях, есть необходимость в совершенствовании технологий их монтажа.

2. Показано, что для снижения затрат на стадии строительства и эксплуатации зданий на основе сэндвич-панелей необходимо выбрать оптимальную технологию их монтажа из 4-х основных методов. Применение не оптимальных технологий при монтаже может привести к тому, что по окончании монтажных работ сэндвич-панели утрачивают прочность, безопасность и нарушается их внешний вид.

3. Доказано, что, сравнивая изложенные методы по критерию оптимизации – безопасности и эффективности, самый эффективный, быстрый, надежный и безопасный метод подъема стеновых сэндвич-панелей при монтаже – это строповка панелей двухветвевым стропом с помощью вакуумных захватов.

4. Показано, что данный способ дает уверенность в отсутствии сдвига и колебаниях панели в момент ее фиксации и переноски. Благодаря возможности перемещения панели к месту монтажа непосредственно из стопки, без дополнительной подготовки, отмечается значительная экономия времени и места для разгрузки. Присоски обеспечивают



сохранность поверхности, не оставляют повреждений и не деформируют профильные листы панелей в месте захвата.

### Литература

1. *Адам Ф. М.* «Особенности монтажа быстровозводимых зданий». М.: 2001. 124с.
2. *Арисов Д. И., Матьков К. В., Глотова Ю. В.* Сэндвич-панели в современных строительных системах // Кровельная изоляция. 2015. № 6, С. 20-24.
3. *Афанасьев А. А., Матвеев Е. П.* Реконструкция жилых зданий. Часть I Технологии восстановления эксплуатационной надежности жилых зданий. М.: 2008. 234 с.
4. *Бадьин Г. М.* Технология возведения зданий и сооружений: учебное пособие. СПб: СПбГАСУ, 1995. 452 с.
5. *Бородин В. А.* Сэндвич-панели: новое слово в строительстве» // Строительство. М.: 2006. № 006. 5 с.
6. *Пономарева Г. П.* Влияние предварительной термообработки базальтовой ткани на показатели прочности базальтопластика // Материаловедение. 2016. № 2. С. 29–32.
7. *Гнип И. Я., Кершулис В. И., Вайткус С. И.* Доверительные интервалы прогноза деформаций ползучести пенопласта из полистирола // Строительные материалы. 2005. № 3. С. 47.
8. ГОСТ 15.902-85. Здания и сооружения мобильные (инвентарные). Система разработки и постановки продукции на производство. М.: Изд-во стандартов, 1985. 10 с.
9. ГОСТ 22853-86. Здания мобильные (инвентарные). Общие технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1986. 20 с.
10. ГОСТ 23345-84. Здания мобильные (инвентарные). Системы санитарно-технические. Общие технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1984. 6с.
11. ГОСТ 25957-83. Здания и-сооружения-мобильные-(инвентарные) Классификация, термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1984.
12. ГОСТ 4.232-84. Дома малоэтажные деревянные заводского изготовления. Номенклатура показателей. М.: Изд-во стандартов, 1984. 10 с.
13. ГОСТ 4.252-84. Строительство. Здания мобильные (инвентарные). Номенклатура показателей. М.: Изд-во стандартов, 1984. 3 с.
14. *Грановский А. В., Доттуев А. И.* К оценке сейсмостойкости соединений сэндвич-панелей со стальным каркасом с помощью самосверлящих шурупов «HARPOON» // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2012. № 5. С. 54–58.
15. *Гриневич М. П.* Производственная стоимость и конкурентоспособность предприятия: монография. Могилев: Беларус. Рос. ун-т, 2004. 208 с.
16. *Дмитриев А. Н.* Энергосберегающие ограждающие конструкции гражданских зданий с эффективными утеплителями: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.01 М.: 1999. 353 с.
17. *Жуков А. Д.* Системы изоляции строительных конструкций // Научное обозрение. 2015 № 7. С. 213–217.
18. *Жуков А. Д.* Изделия двойной плотности в изоляционной оболочке зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2013. №3. С. 21–23.
19. *Жариков И. С.* Использование потенциала промышленных территорий города (на примере г. Белгорода) / В сборнике: Проблемы и перспективы социально-экономического реформирования современного государства и общества Материалы XIII Международной научно-практической дистанционной конференции. 2013. С. 45–49.
20. *Жуков Р. Х., Бессонов И. В., Сапелин А. Н., Наумова Н. В., Якунин А. С.* Композитные стеновые материалы // Итальянский научный обзор. 2014. № 2 (И). С. 155–157.

21. *Завадскас Э.-К. К.* Комплексная оценка и выбор ресурсосберегающих решений в строительстве. Вильнюс: Москлас, 1987. 212 с.
22. Исследование INFOLine «Рынок сэндвич-панелей России» — [Электронный ресурс]. URL: [http://infoline.spb.ru/shop/issledovaniya-rynkov/page.php?ID=158326&spphrase\\_id=198914](http://infoline.spb.ru/shop/issledovaniya-rynkov/page.php?ID=158326&spphrase_id=198914)
23. *Erlan N.* Les abris de chantier: de multiples usages. – 1987. – № 198/ P. 72-75: ill.
24. *Hikosaka Y.* Temporaries and Catastrophic Environment. // Japan Architect. – 1986. – № 374. P. 60–67: ill.
25. Kompletter Montagebau innert 24 Stunden in Kusnacht Schweiser Baublatt. – 1986. – № 101. – P. 26–27.
26. Mobil-bau-Container fur Baustellen in In und Ausland. // Bumashinen- dienst. – 1980. Januar. – 40 p. [www.stroyexpert.ru](http://www.stroyexpert.ru).
27. Ausguge aus den Patentanmeldungen: 1977–1986, – 411 p.
28. Bulletin Officiel de la Propriété industrielle: 1977–1986, – 300 p.
29. *Coaldrake W.H.* Manufactured Housing – the New Japanese Vernacular. // Japan Architect. – 1986. – № 353. P. 60–65: ill

**УДК 658.005.5**

*Владислав Владимирович Веретенников,*  
магистрант 2-го курса  
*Иван Николаевич Ершов,*  
магистрант 2-го курса  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: v.veretennikov.v@gmail.com,*  
*E-mail: Ershov.i.n@mail.com*

*Vladislav Vladimirovich Veretennikov,*  
undergraduate of 2<sup>nd</sup> course  
*Ivan Nikolaevich Ershov,*  
undergraduate of 2<sup>nd</sup> course  
(Saint Petersburg State University of Architecture  
and Civil Engineering)  
*E-mail: v.veretennikov.v@gmail.com,*  
*E-mail: Ershov.i.n@mail.com*

## **ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ НУЛЕВОГО ЦИКЛА ПУТЕМ СОЗДАНИЯ 4D BIM МОДЕЛЕЙ**

### **ZERO CYCLE WORK'S ORGANIZATION BY CREATING 4D BIM MODELS**

*4D BIM* моделирование является уникальной и эффективной технологией управления в строительных проектах. Тем не менее, она не получила широкого распространения в геотехническом строительстве. В этой статье кратко изложены основные аспекты, характеризующие сущность новой технологии. Был проведен обширный обзор литературы и анализ «пилотных» проектов. Представлены основные инструменты *4D* моделирования. В результате исследования состояния текущих проектов был проведен расчет экономической эффективности от внедрения данной технологии. Применение данного метода при планировании и строительстве может повысить основные критерии оценки успешности и эффективности выполнения работ нулевого цикла.

*Ключевые слова:* *4D BIM*, строительство нулевого цикла, управление проектами, новые технологии, увеличение эффективности строительства.

*4D BIM* modeling is a unique and effective management technology in construction projects. However, it is not widely used in geotechnical construction. This article summarizes main aspects that characterize the essence of this new technology. An extensive literature review and analysis of „pilot“ projects were conducted. The main *4D* modeling tools are presented. As a result of ongoing projects study was made a calculation of the economic efficiency by implementation of this technology. The use of this method in planning and construction can increase the main criteria for assessing the success and effectiveness of zero-cycle work.

*Keywords:* *4D BIM*, zero-cycle works, project management, modern technologies, construction efficiency increase.

Большинство современных геотехнических задач требуют поиска современного решения. В геотехнике, как и в других сферах строительства, не обойтись без применения новых технологий. В подавляющем большинстве случаев проектировщики и проектные менеджеры встречаются с большим количеством факторов, затрудняющих разработку конструктивных частей сооружений и проведение работ по устройству оснований и фундаментов: неопределённость в выборе оптимального технологического решения, строительство в условиях плотной застройки, сложная геометрия зданий и сооружений, проблема коммуникации между участниками и др. Все перечисленные факторы возможно учесть при помощи внедрения в сферу геотехники новых подходов по управлению строительством, основанных на использовании информационных моделей (*BIM*).

Нулевой цикл возведения любых сооружений занимает значительную часть времени от длительности всего проекта. Работы, выполняемые в этот период, предшествуют

работам по возведению надземных конструкций и не могут вестись параллельно им. Стандартные методы строительства не дают возможность увидеть все строительные процессы, которые связаны между собой. Наглядность *4D BIM* позволяет определить все возможные организационные технологические решения, которые могут значительно сократить сроки и оптимизировать потребление ресурсов [1] при возведении сооружения. Один из примеров, наглядно демонстрирующий принятое на основе *4D* модели решение о параллельном проведении работ на захватках по устройству искусственного земельного участка и по устройству лицевой стенки морского причала, представлен на рис. 1.

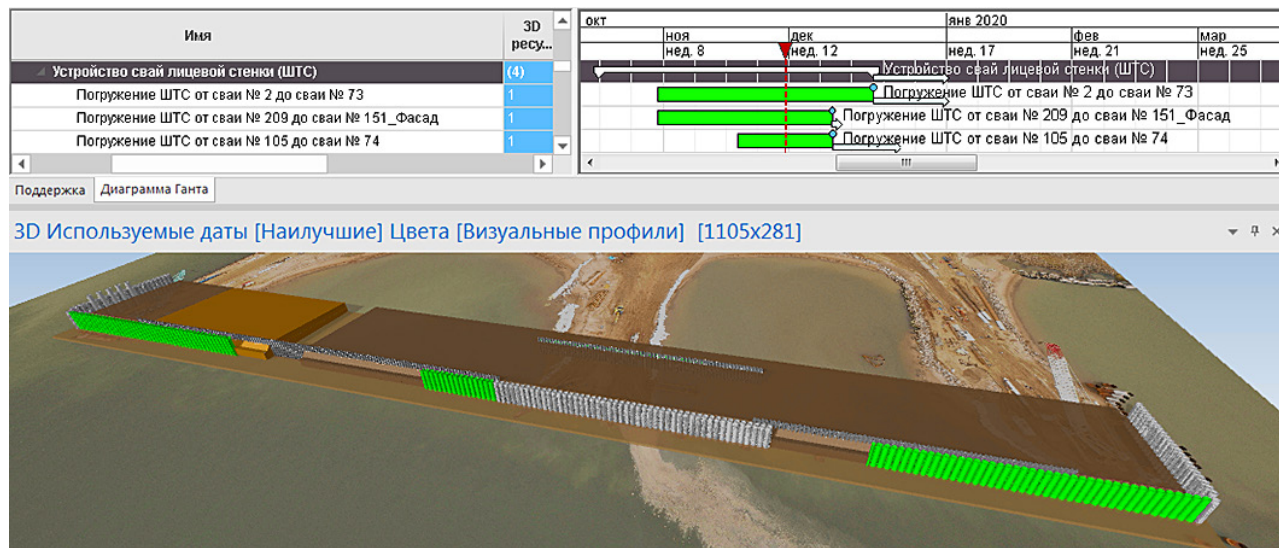


Рис. 1. *4D BIM* модель морского причала

*BIM (Building Information Modelling)* – это новый принцип в строительстве, который только начинает активно развиваться и внедряться в проектных институтах, инженеринговых компаниях, структурах заказчика, затрагивает и переосмысливает взаимоотношения сторон во всех существующих областях. Стоит отметить, что понятие *BIM* не ограничивается узкой конкретикой применения в проектировании, что обычно подразумевается, но также позволяет всем участникам из сопутствующих сфер принимать участие в ходе реализации проектов. Этот принцип может существенно улучшить геотехническое строительство. Основная цель внедрения информационных технологий в геотехническое строительство заключается в увеличении эффективности проектирования, планирования и проведения работ нулевого цикла.

На сегодняшний день общепринятой структурой деления *BIM* является модель «уровня зрелости» Бью-Ричардса [2], представленная на рис. 2, которая демонстрирует переход от классических чертежных САПР (уровень 0), к некому идеальному *iBIM*-решению, которое работает в единой среде, объединяющей мультидисциплинарную модель, управление проектом, финансовым анализом и контролем (уровень 3).

Текущее состояние *BIM* на рынке определяется стремлением достичь второго уровня [3] по классификации зрелости. Это состояние, которое определяется наличием атрибутов, несущих информацию не только о самих элементах, но и систем объектов строительства, составленных из элементов модели. Таким образом, *3D* модель наполнена информацией о физических параметрах конструкций, принадлежностью конструктивов к объектам, рабочей документацией. Пример интеллектуальной атрибутивно напол-



ненной модели строительства, связанной с работами по устройству конструкции сухо-го дока судостроительного завода, представлен на рис. 3.

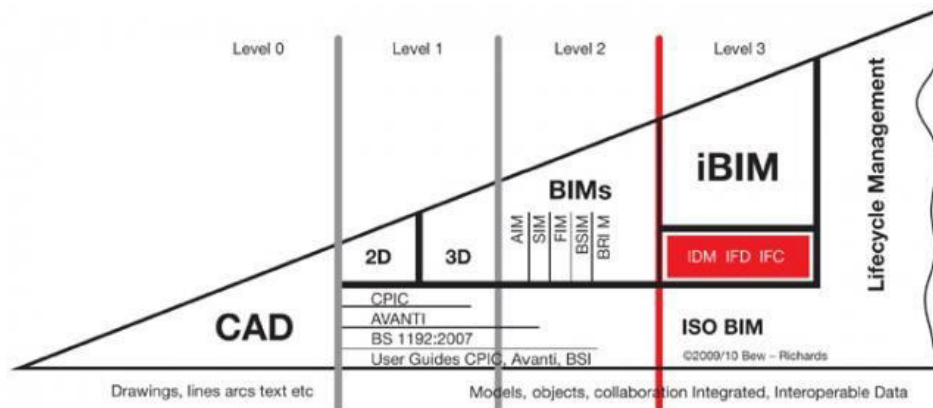


Рис. 2. Уровни зрелости информационной модели

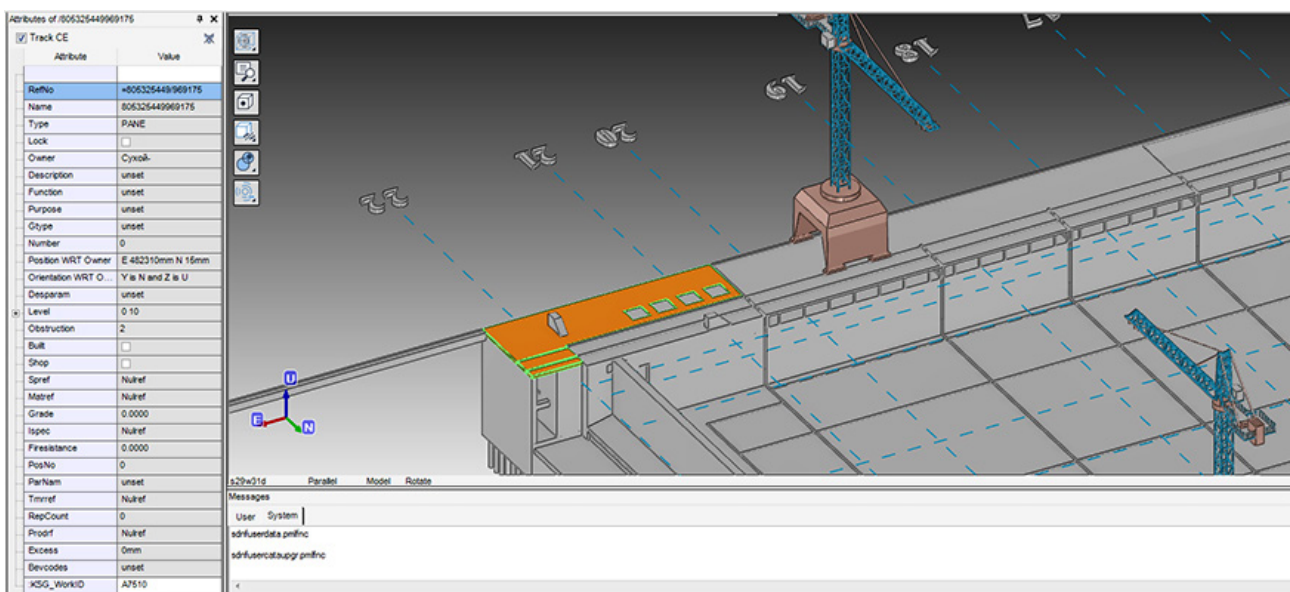


Рис. 3. Атрибутивное наполнение модели сухого дока

Одним из критериев определения модели ко второму уровню является привязка временного измерения к существующему трехмерному конструктиву. Данное явление называется четырехмерным моделированием (*4D BIM*) – связывание *3D*-моделей объектов с данными календарно-сетевых графиков с целью улучшения техник планирования строительством [4]. Негеометрическая информация может быть добавлена осмысленным образом, который затем может быть связан с данными расписания в *4D* модели [5].

*4D BIM* стала общепринятой аббревиатурой для связывания различных терминов, которые появились раньше, в том числе *4D CAD*, *4D* моделирование, *4D* планирование и составление КСГ и *4D* моделирование [6]. Этот метод был описан в начале 1990-х годов [7], а исследования, собравшие результат использования данной технологии, показали свой потенциал для улучшения передачи данных графиков в строительных проектах [8].

Правильное построение *4D BIM* требует наличия трех основных «входных» требований: *3D*-геометрической модели; Разработанного графика строительства, с наличием



информации и работах, логистических связей и временных отрезков производства работ; Инструмента моделирования *4D*, который позволяет связывать элементы *3D*-модели с элементами графика [9]. Другими словами, получаемая модель должна быть создана с учетом: визуализации временных и пространственных взаимосвязей строительной деятельности; Анализа графика строительства для оценки его реализации и правильности выбора технологий строительства; Снижения ошибок путем проверки плана строительства и улучшения связи между проектной командой. В результате заметно снижаются сроки выполнения работ и увеличивается их эффективность.

Одной из важных составляющих при работе с *4D BIM* моделью является программное ПО, т. к. от выбора программы зависит функционал модели и ее применимость в геотехническом строительстве. Наиболее продвинутое ПО в этой сфере является продукт компании *Bentley Systems* – *SYNCHRO*. Данная программа не только обладает всем необходимым функциональным перечнем, но также и рядом преимуществ [10], необходимых для успешного применения в устройстве больших геотехнических объектов. К таковым можно отнести совокупность различных платформ для управления проектированием, строительства на всех стадиях, и содержания объекта во время эксплуатационного периода. Благодаря этому, на стадии проектирования можно увидеть все строительные технологии и распознать пространственно-временные коллизии, которые могли быть выявлены непосредственно в ходе работ, что, неминуемо, привело бы к срыву целевых сроков и увеличению стоимости проекта. Также, *Synchro* имеет большой ряд решений для стадии производства работ. Помимо основной программы *Synchro PRO* для работы с *4D BIM* существует мобильное приложение *Synchro SITE*, которое позволяет производить огромную часть работ по внесению факта прямо со строительной площадки, посредством внесения изменения статуса конструкций в *4D* модель объекта и загрузки этих данных в базу проекта. Процесс внесения информации с площадки мгновенен для всех участников проекта, независимо от их принадлежности к организации и роли в проекте. Своевременно получаемая информация способствует своевременному принятию решений в офисе планирования. На рис. 4 приведен пример полученной с площадки информации о состоянии работ по устройству буронабивных свай при устройстве конструкций сухого дока судостроительного завода.

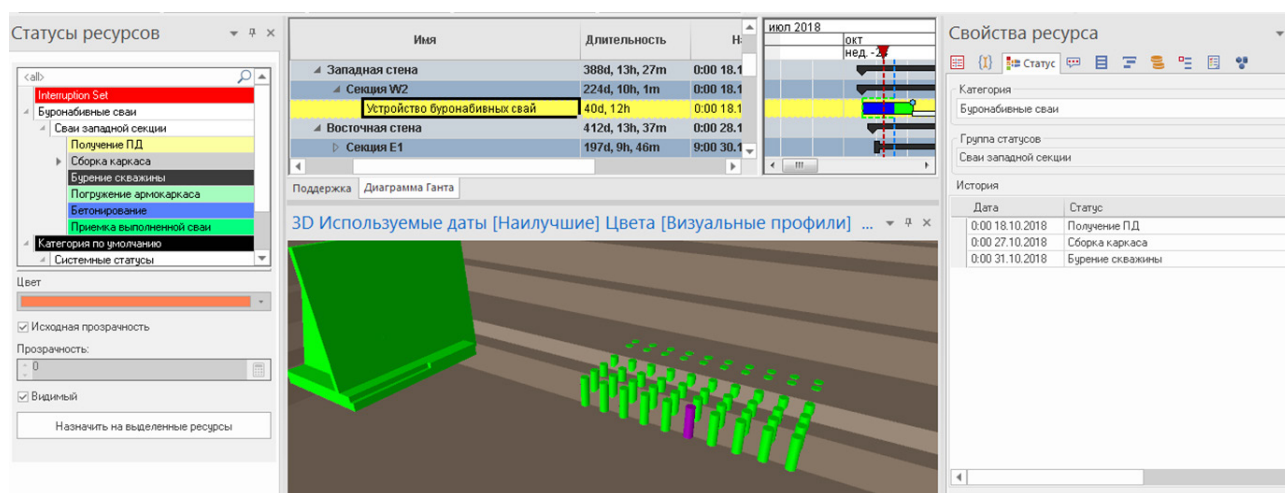


Рис. 4. Факт об устройстве буронабивных свай под западную стену сухого дока

Внедрение новых технологий и *BIM*-моделирования больше всего оправдано в строительстве промышленного сектора, т.к. все стороны заинтересованы в возможности реализовать применение новых технологий, позволяющих снизить расходы компаний, и имеют финансовые ресурсы для запуска «пилотных» проектов. В числе первых проектов было выбрано строительство сухого дока для дальневосточного судостроительного комплекса.

Большая часть конструкций сухого дока находится ниже отметки земли. Дно представляет собой массивную бетонную плиту толщиной 1.5 метра на буронабивных сваях диаметром 1020 миллиметров, стены-контрфорсы, глубиной до 14 метров. Размеры объекта в плане составляют 485 на 114 метров. Исходя из масштаба строительства этого сложного углубленного сооружения и было принято решение об опробовании *BIM* технологии управления и планирования.

На этапе разработки проектной и рабочей документации была создана *3D* модель, отвечающая уровню детализации для дальнейшей работы по управлению строительством на площадке. Излишняя детализация зачастую оказывается избыточной для управления объектом, поскольку при работе с *4D BIM* важно определение и выбор стратегии ведения строительного-монтажных работ. Также, на текущем этапе была запущена *4D* модель строительства с планированием проведения работ не ниже 3-го уровня проработки. На данном этапе основной целью стало выявление пространственных коллизий в разработанном графике и его доработка. Общая стратегия производства работ представлена на серии рис. 5–8.

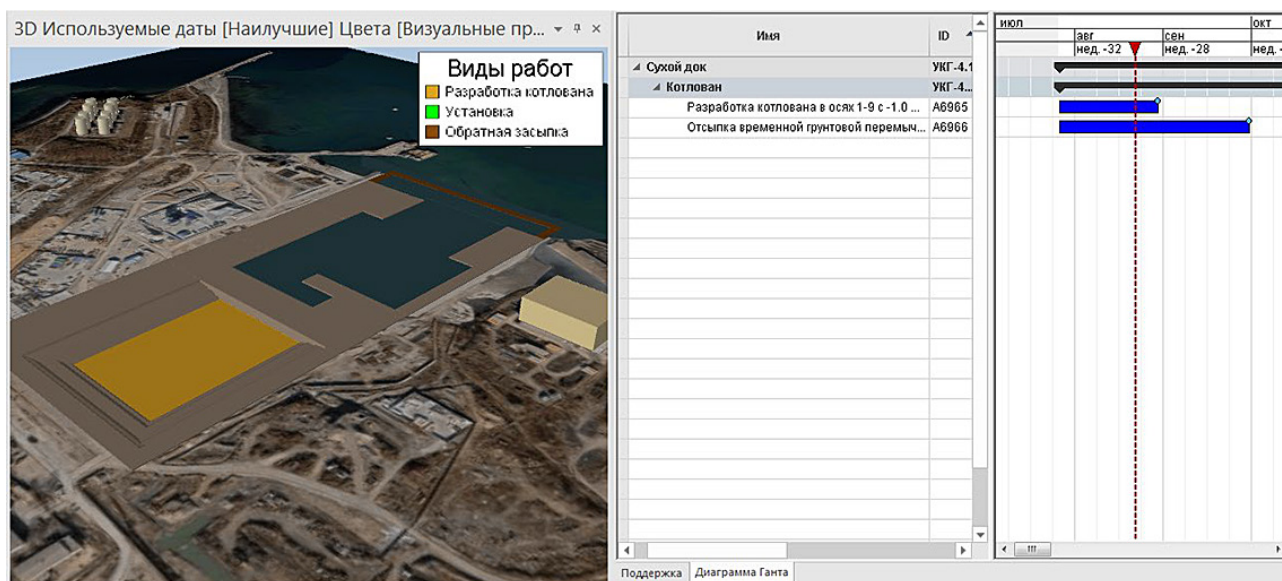


Рис. 5. Разработка котлована

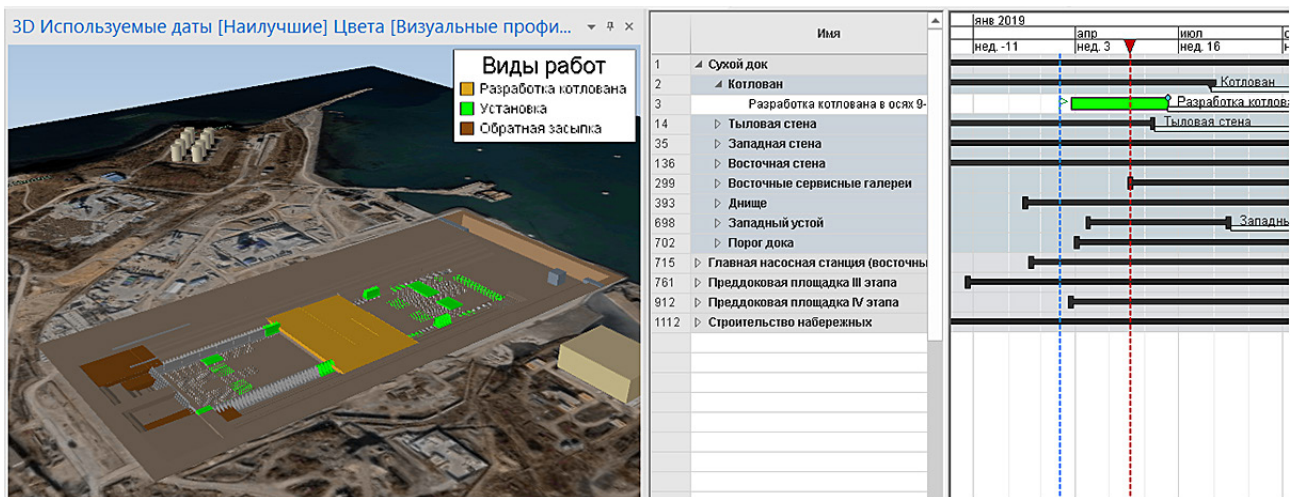


Рис. 6. Устройство свайного поля, стен дока, плиты дна дока

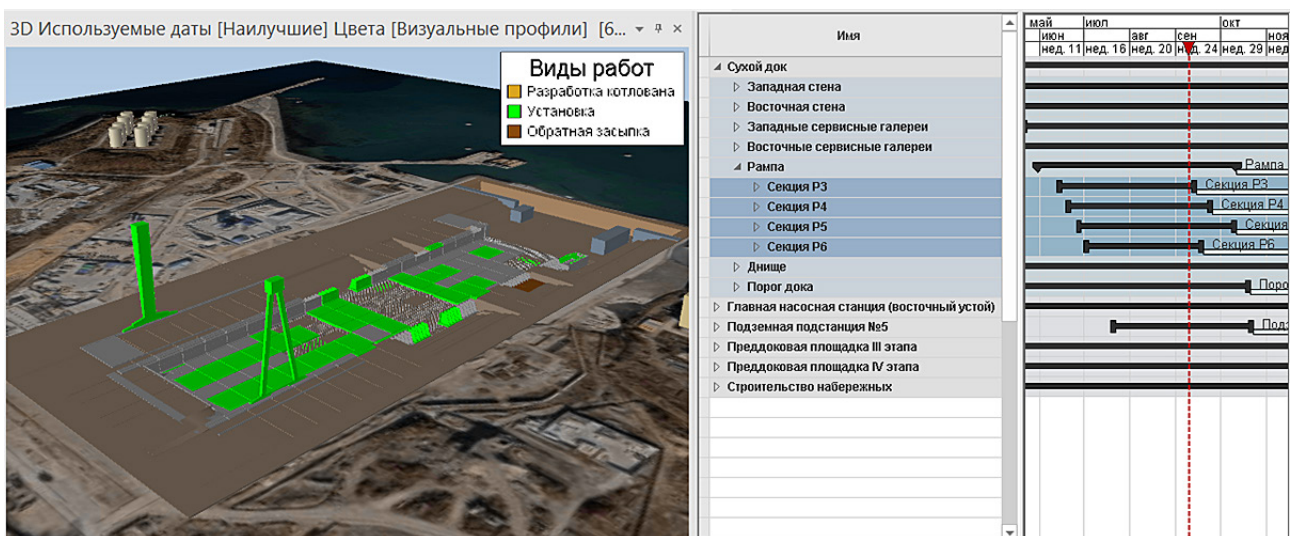


Рис. 7. Монтаж portalного крана

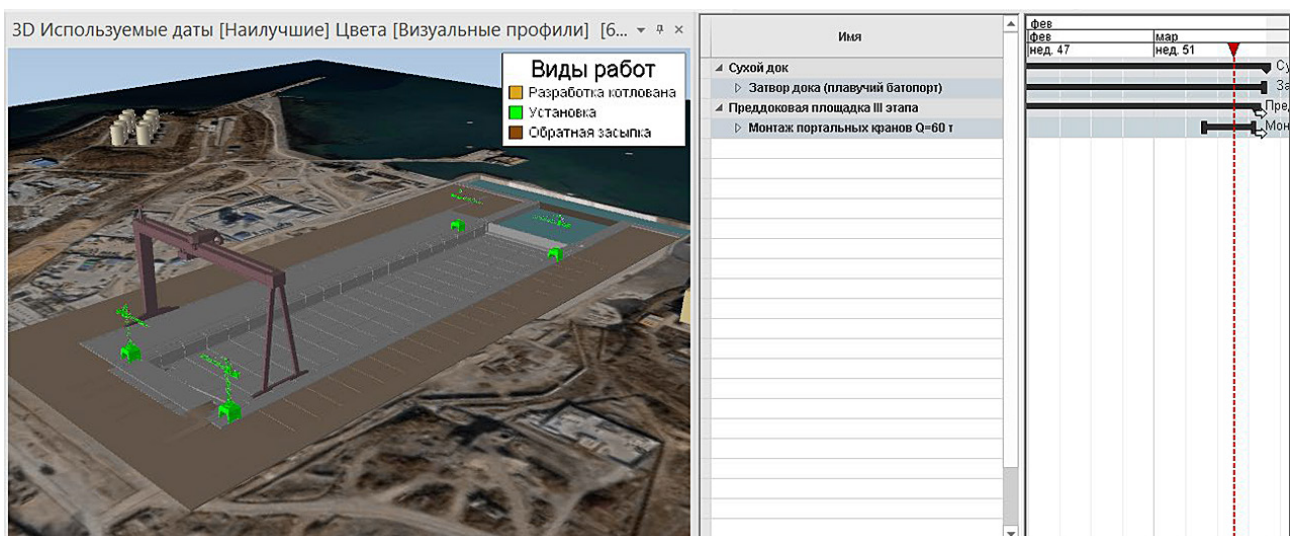
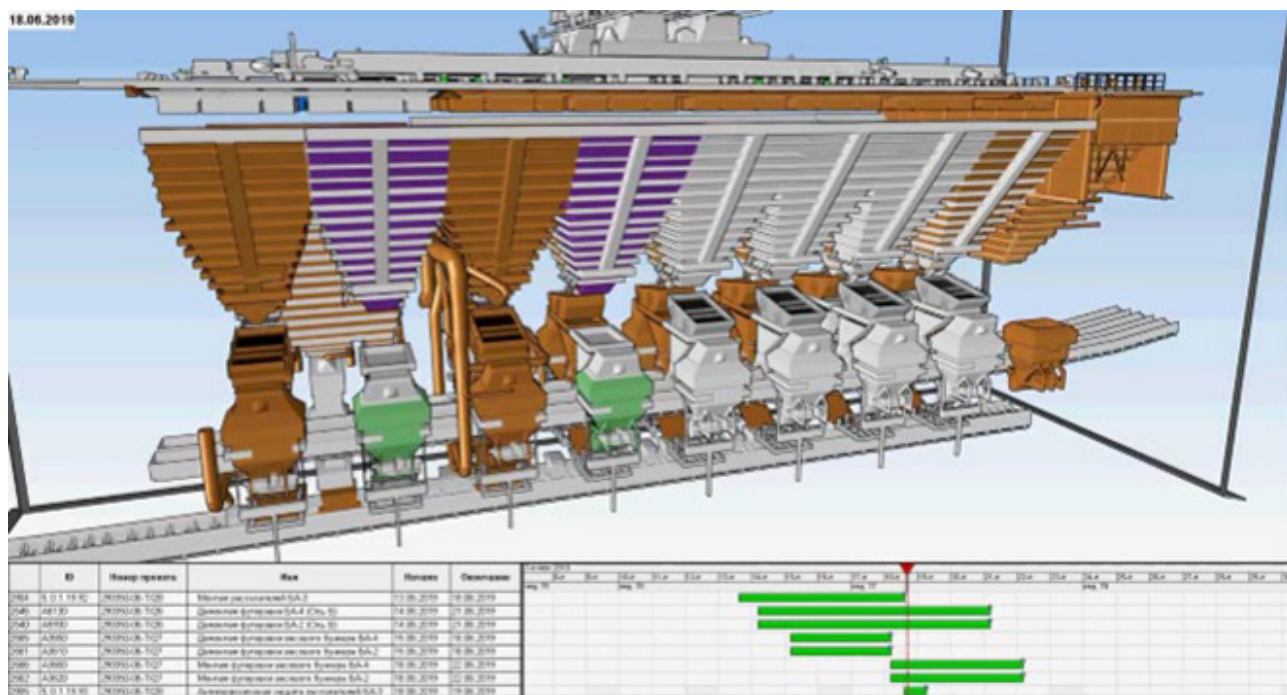


Рис. 8. Окончание строительно-монтажных работ



Проект находится в процессе проведения строительных работ. Основная работа с моделью на текущем этапе заключается в сборе фактических данных о выполнении работ непосредственно на строительной площадке, загрузке этих данных в модель и перерасчете расписания графика. Отделы производственного управления строительства получают из модели информацию о прогрессе выполнения работ, в то время как исполнители на строительной площадке получают актуальные недельно-суточные задания. Уже сейчас можно говорить о положительном влиянии применения *4D BIM*. Фактические сроки выполнения работ соответствуют плановым датам. В дальнейшем будет производиться сбор информации о ходе выполнения проекта и будут сделаны выводы о целесообразности и применимости *4D BIM* в структуре компании-заказчика.

Другим примером применения *4D BIM* стал проект по реконструкции зданий доменного цеха металлургического комбината. Поставленной задачей являлась оптимизация сроков производства строительного-монтажных работ остановочного периода путем использования *4D* моделирования. Технология была опробована на зданиях бункерной эстакады и центрально-приточной станции, изображенных на рис. 9 и 10. В ходе моделирования возможных сценариев проведения демонтажных и монтажных работ наглядность *4D BIM* модели позволила выявить пространственно-временные коллизии по монтажу футеровки бункеров и по монтажу приточных установок. Командой проекта были предложены технологические решения по одновременному выполнению монтажа футеровки бункеров, с учетом стесненных условий проведения работ рядом с бункерами. Также была изменена очередность возведения приточных установок и их укрупненная сборка.



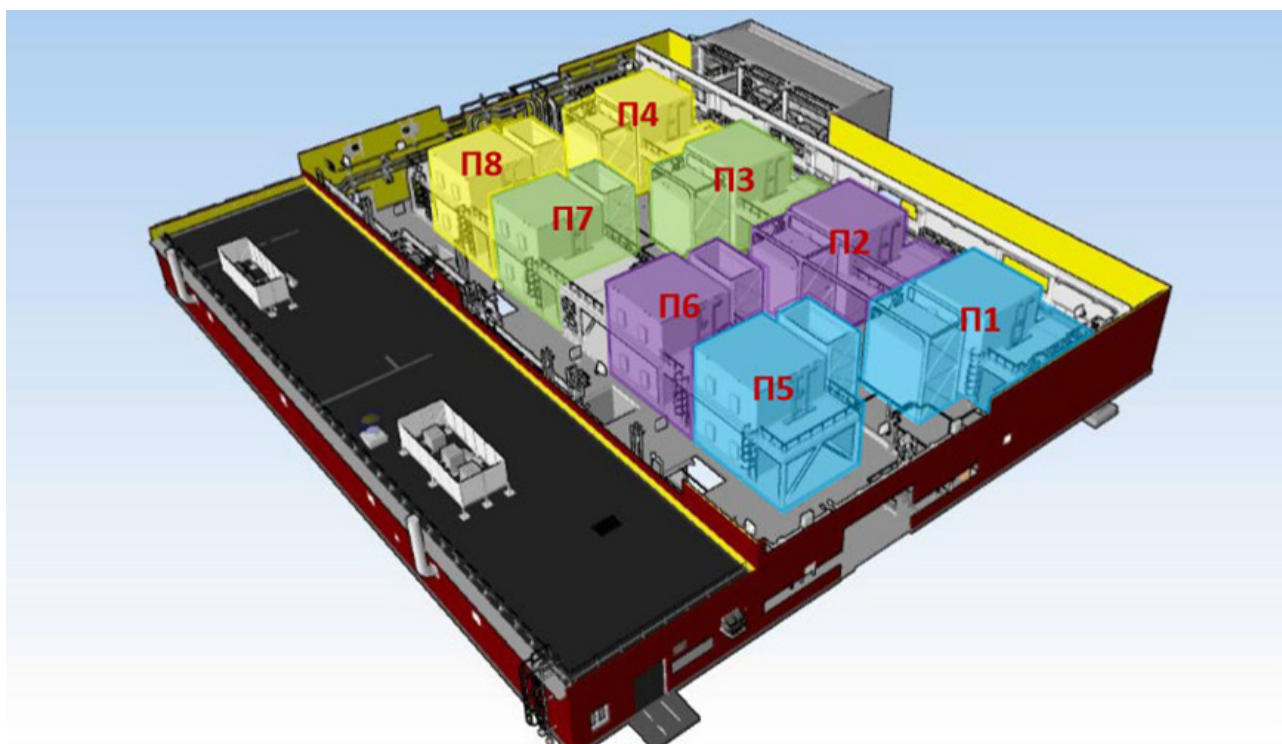


Рис. 10. Технологическая последовательность монтажа приточных установок П1-П8

Принятые меры позволили сократить срок проведения остановочных работ со 130 дней до 122 дней по зданию бункерной эстакады и со 130 дней до 116 дней по зданию центральной приточной станции.

По окончании проекта, был произведен расчет экономической эффективности от использования *4D BIM* при сокращении сроков строительно-монтажных работ. Расчет по зданию бункерной эстакады и центрально-приточной станции произведен в соответствии со Строительными нормами 509-78. Результаты расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Результат расчета экономической эффективности**

Объект реконструкции	Бункерная эстакада	ЦПС
Сметная стоимость СМР, тыс. руб	1 394 193,801	1 242 273,455
Сметная стоимость СМР с учетом НДС 2018 г., тыс. руб	1 645 148,685	1 465 882,665
Условно-постоянные накладные расходы, тыс. руб	676 793,107	603 045,362
Экономия на условно-постоянных расходах, тыс. руб	41 648,807	64 943,347
Экономия на условно-постоянных расходах с учетом НДС 2018 г., тыс. руб	49 145,592	76 633,149
Экономия на условно постоянных расходах, % от стоимости СМР	2,99	5,23



Таким образом, экономическая эффективность от использования *4D BIM* в этом проекте составила более 105 миллионов рублей.

В качестве второго «пилотного» проекта было рассмотрено строительство причала, одного из объектов морского отгрузочного терминала промышленно логистического комплекса. Это сооружение представляет из себя насыпную территорию площадью 30 тысяч квадратных метров, на которой возводится больверк – причал, состоящий из трубошпунтовой лицевой стенки из свай-труб диаметром 1420 миллиметров, шпунтовой стенки Ларсена и анкерных тяг диаметром 100 миллиметров. В данном проекте *4D BIM* используется как информационный проект организации строительства. После разработки модели был принято решение о разделении геотехнических работ на три фронта и привлечении трех подрядчиков, для выполнения условия об одновременном окончании работ по устройству лицевой стенки. На рис. 11–18 представлен перечень основных технологических операций.

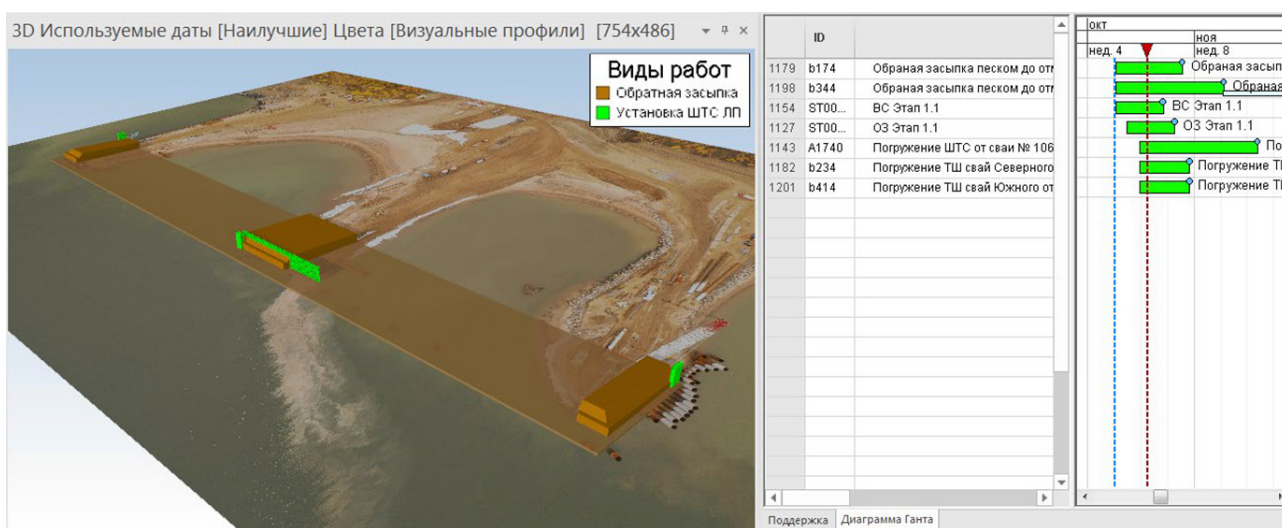


Рис. 11. Отсыпка насыпи до отм. –2,500, погружение свай лицевой стенки, погружение свай северного и южного открылков

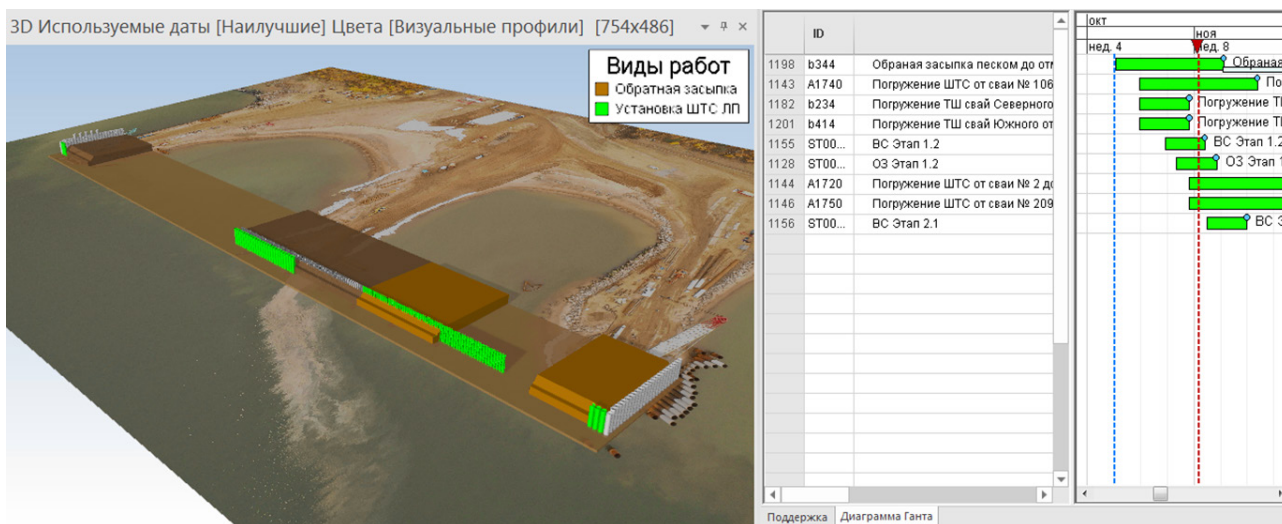


Рис. 12. Отсыпка насыпи до отм. –2,500, погружение свай лицевой стенки, погружение временной стенки из шпунта Ларсена

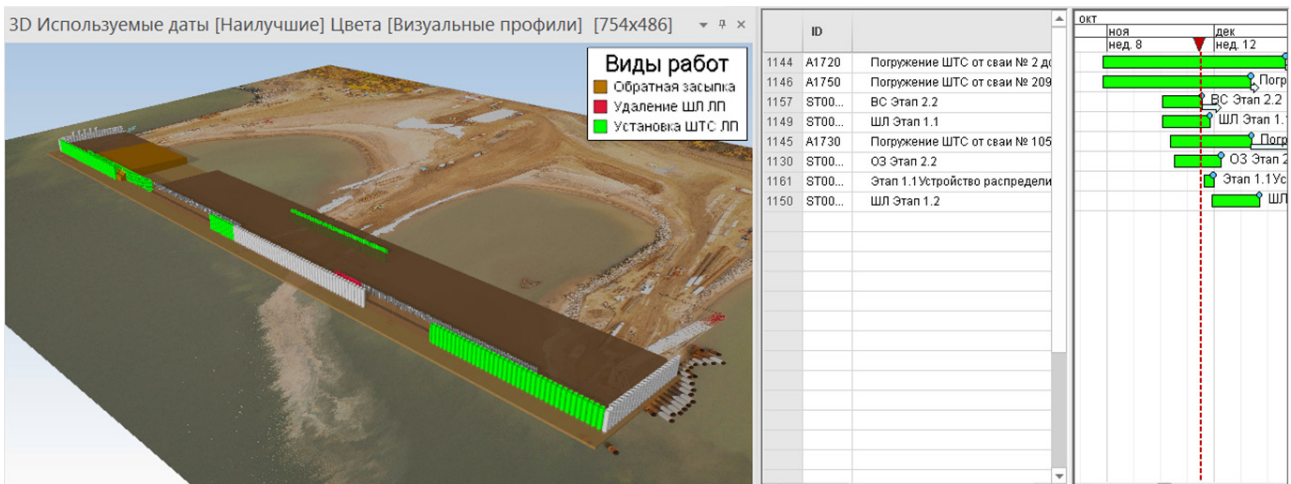


Рис. 13. Отсыпка насыпи до отм.  $-2,500$ , погружение свай лицевой стенки, демонтаж временной стенки из шпунта Ларсена, погружение шпунта Ларсена в проектное положение

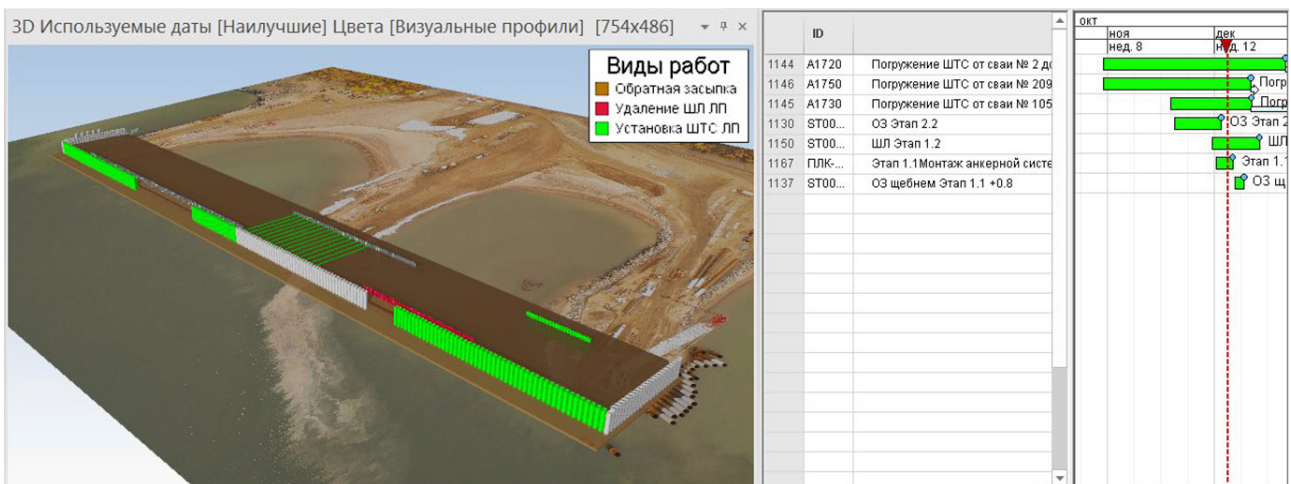


Рис. 14. Погружение свай лицевой стенки, демонтаж временной стенки из шпунта Ларсена, погружение шпунта Ларсена в проектное положение, установка и натяжение анкерных тяг

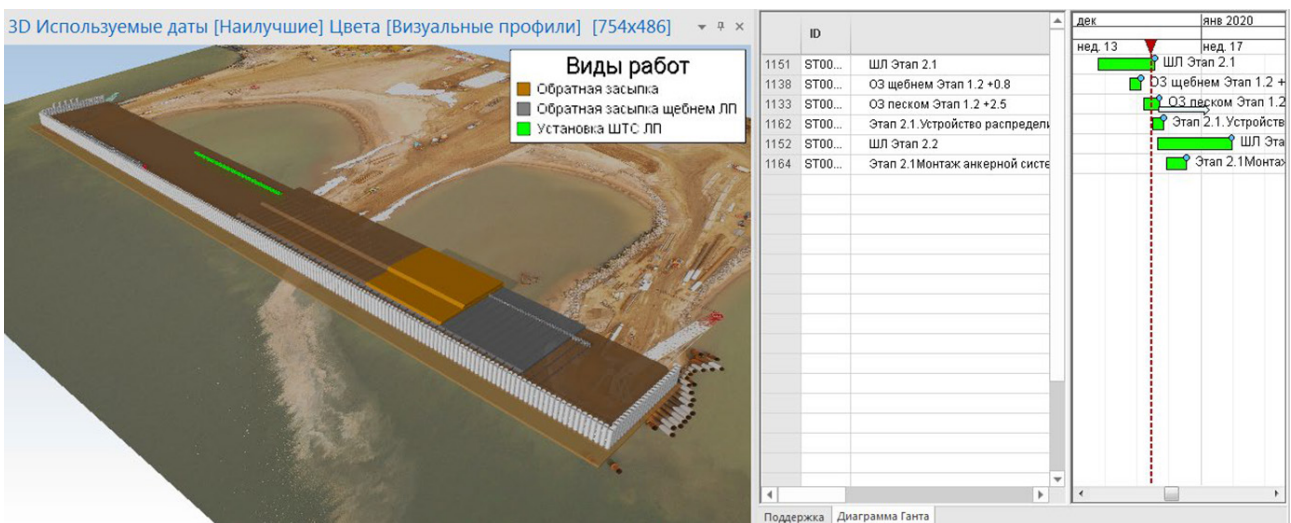


Рис. 15. Погружение шпунта Ларсена в проектное положение, установка и натяжение анкерных тяг, засыпка песком и щебнем до проектной отметки  $+0,000$



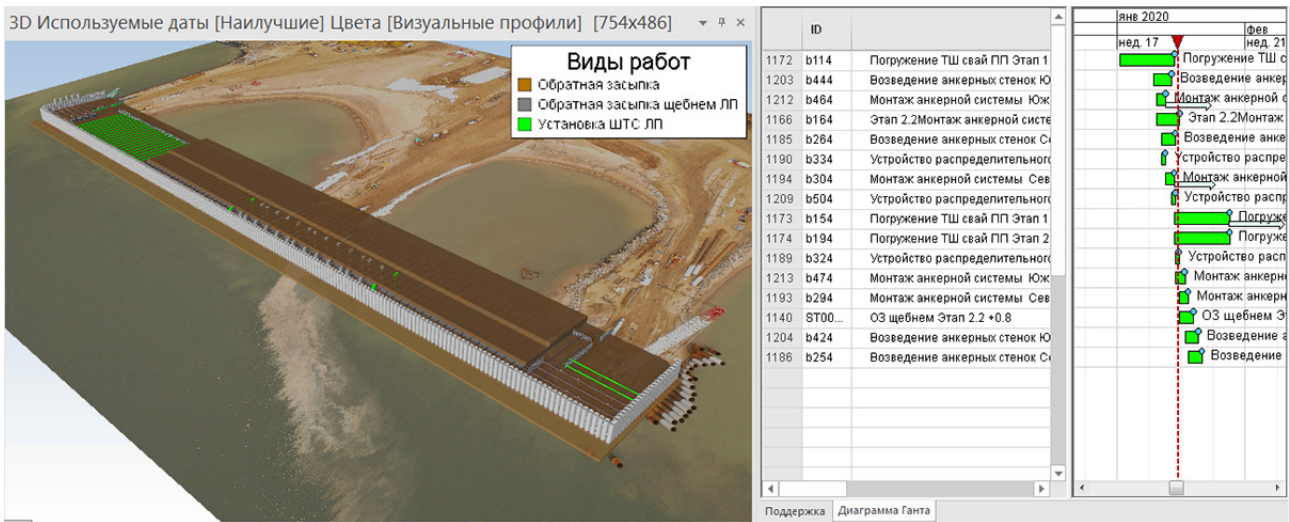


Рис. 16. Установка и натяжение анкерных тяг, устройство шпунта Ларсена и анкерных тяг северного и южного открылков

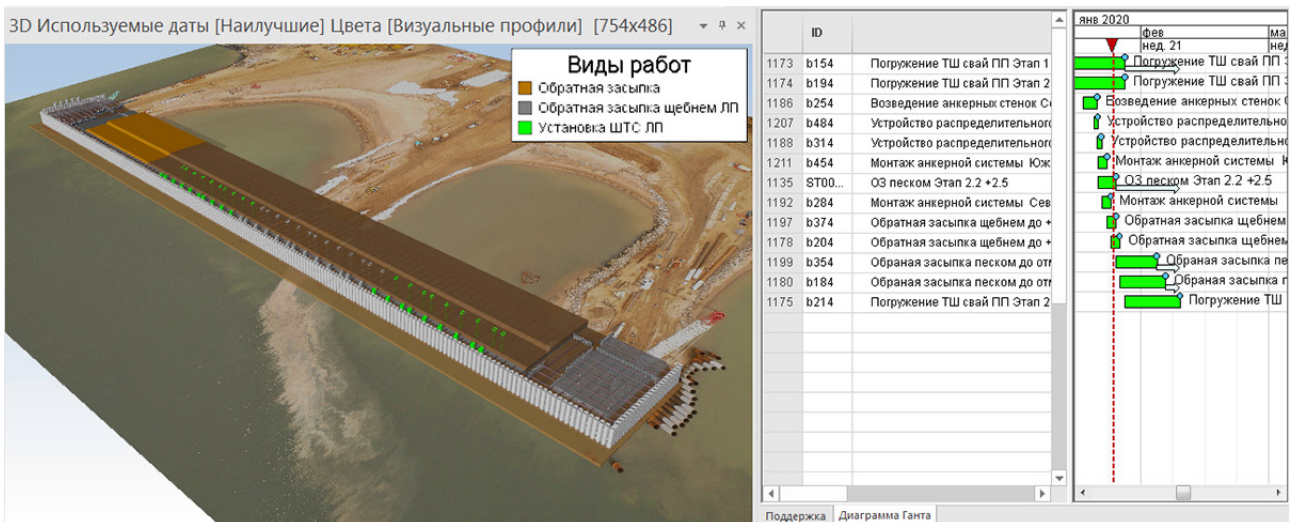


Рис. 17. Засыпка песком и щебнем до проектной отметки +0,000, погружение свай оболочек подкранового пути

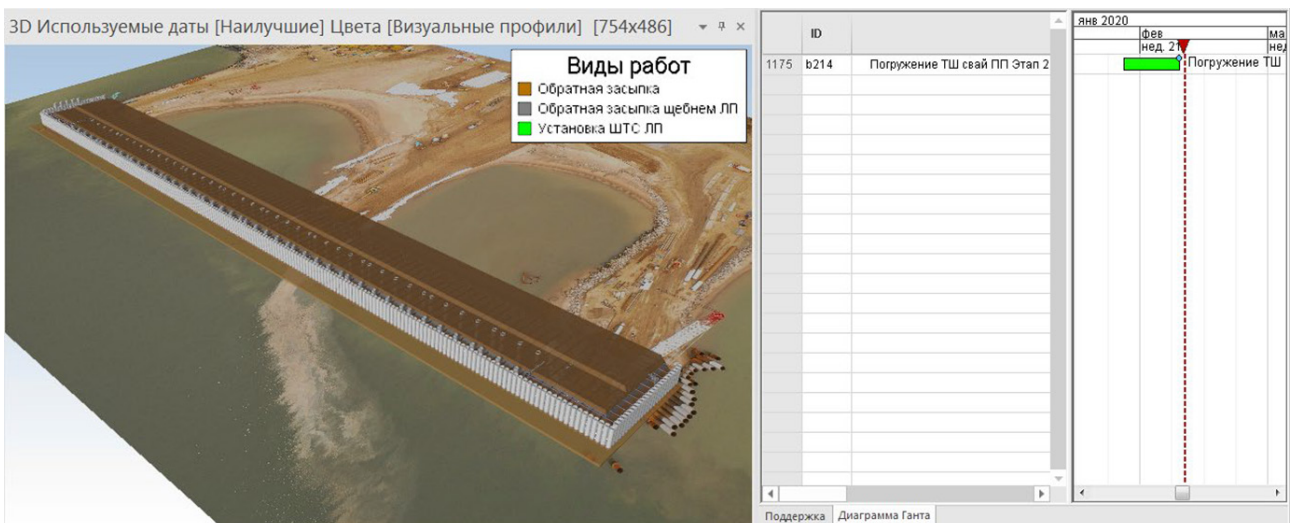


Рис. 18. Окончание работ по устройству основания причала

В текущий момент производятся работы по отсыпке территории и устройству лицевой стенки. С помощью модели выдаются недельно-суточные задания, ведется выпуск отчетности о прогрессе выполнения работ, производится сбор данных о выполняемых работах. Работы ведутся в соответствии с плановыми датами. После окончания данного проекта будет приниматься решение о внедрении *4D BIM* во все проекты строительства компании.

Практика применения нового метода управления в производстве работ нулевого цикла позволяет решать возникающие в ходе планирования и строительства проблемные ситуации, связанные с организацией строительства. Наиболее значительными преимуществами *4D*-моделирования являются визуализация строительных работ и наглядная связь между проектными группами, что ведет к повышению эффективности планирования. Кроме того, *4D*-моделирование помогает в разработке подробных и точных рабочих планов, планировании рабочей площадки, управлении логистикой на месте. С помощью наглядной визуализации и коммуникации планировщики, исполнители и заказчик могут достичь лучшего понимания масштабов и целей проекта, что может значительно усовершенствовать процесс планирования и выполнения работ нулевого цикла. Внедрение *4D*-моделирования позволяет планировщикам выявлять пространственно-временные коллизии до этапа строительства, что приводит к уменьшению объема дополнительных работ и соблюдению сроков проекта.

Цифровизация геотехнических работ имеет огромный потенциал для существенного сокращения сроков и стоимости строительства. *4D BIM* технология только начала проникать на российский рынок, в то время как эта технология активно применяется в зарубежной практике. В ближайшие годы будет получено больше информации о результатах внедрения данной технологии во все сферы строительства. На основании уже имеющихся данных можно утверждать, что применение этой технологии экономически эффективно.

### Литература

1. *Crowther J., Ajayi S. O.* Impacts of 4D BIM on construction project performance //International Journal of Construction Management. – 2019. – С. 1–14.
2. *Wim Smits, Marc van Buiten & Timo Hartmann* (2017) Yield-to-BIM: impacts of BIM maturity on project performance, *Building Research & Information*, 45:3, 336–346.
3. *Лаэров И. Ю.* и др. Стандартизация в области информационного моделирования зданий. – 2019.
4. *Gleeson B. J., Greenwood D. J.* Surveying the extent and use of 4D BIM in the UK, *ITcon*, 21 (2016): 57–71.
5. *Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules.* Sijie Zhanga, Jochen Teizera, Jin-Kook Lee, Charles M. Eastman, Manu Venugopala.
6. *Büchmann-Slorup R., Andersson N.* BIM-based scheduling of Construction – A comparative analysis of prevailing and BIM-based scheduling processes. In *Proc., 27th Int. Conf. of the CIB W78*; 2010. pp. 113–123.
7. The use of computer graphics as a scheduling tool. Arkady Retik, Abraham Warszawski, A. Banai 1990, Pages 133–142.
8. *Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges.* Ali GhaffarianHoseini, John Edward Tookey, Olia Efimova. 2017, Pages 1046–1053
9. *Dawood N., Sikka S.* Development of 4D based performance indicators in construction industry // *Engineering, Construction and Architectural Management*. – 2009.
10. *Ciribini A. L. C., Ventura S. M., Paneroni M.* Implementation of an interoperable process to optimise design and construction phases of a residential building: A BIM Pilot Project // *Automation in Construction*. – 2016. – Т. 71. – С.62–73.

**УДК 6293.542.5**

*Иван Игоревич Гасенко, студент  
Павел Леонидович Тимин, студент  
(Новосибирский государственный архитектурно-  
строительный университет (Сибстрин))  
E-mail: gasenko.ivan98@mail.ru,  
E-mail: timinpavel2.0@yandex.ru*

*Ivan Igorevich Gasenko, student  
Pavel Leonidovich Timin, student  
(Novosibirsk State University of Architecture  
and Civil Engineering (Sibstrin))  
E-mail: gasenko.ivan98@mail.ru,  
E-mail: timinpavel2.0@yandex.ru*

### **3D-ПЕЧАТЬ СТЕН ЗДАНИЙ ПОЛИСТИРОЛБЕТОНОМ**

#### **3D-PRINTING OF BUILDING WALLS WITH POLYSTYRENE CONCRETE**

Существующие на сегодняшний день строительные 3D-принтеры различных производителей могут послойно формировать несъемную опалубку, которую затем необходимо заполнять конструкционным бетоном, утеплителем и армировать. Применение технологии одностадийной печати полистиролбетоном со вспенивающимися непосредственно в рабочей головке гранулами полистирола позволяет послойно выполнять утепленную стену сразу на всю ширину ограждающей конструкции, снизив количество операций по возведению стен до одного технологического передела.

*Ключевые слова:* 3D-печать, полистиролбетон, технологии одностадийного полистиролбетона, устройство утепленных стен 3D-принтером.

The existing 3D building printers of various manufacturers can form a permanent formwork in layers, which then need to be filled with structural concrete, insulation and reinforced. The use of single-stage printing technology with polystyrene concrete with polystyrene granules foaming directly in the working head allows layer-by-layer insulation to be carried out immediately on the entire width of the enclosing structure, reducing the number of wall erection operations to one technological redistribution.

*Keywords:* 3D-printing, polystyrene concrete, technologies of single-stage polystyrene concrete, installing insulated walls with a 3D-printer.

#### **1. Введение**

Строительные технологии в двадцатом тысячелетии находятся в постоянном развитии. Каждый день появляются новые строительные машины, позволяющие сократить сроки строительства, уменьшить стоимость строительно-монтажных работ и улучшить качество выпускаемой продукции. Основной тенденцией является уменьшение человеческого труда на строительной площадке и применение автоматизированных технологий. Например, механизированная штукатурка или машины для укладки тротуарной плитки.

Одним из перспективных современных трендов является использование аддитивных технологий – послойное наращивание и синтез трёхмерных объектов путём добавления материала на основу. Первое предложение использования 3D-печати для нужд строительной отрасли зафиксировано патентом, выданным в США Бехроху Хошневису в 2004 году [1]. Он разработал систему, представляющую собой порталный принтер (рис. 1) с рабочей головкой в виде экструдера, послойно формирующего две боковые стенки из конструкционного бетона. При повторном проходе пустое пространство в нижележащем слое заполняется теплоизолирующим материалом (рис. 2).



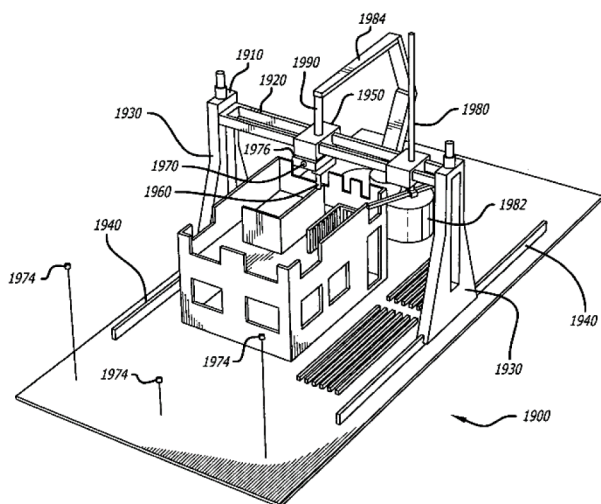


Рис. 1. Общий вид портального 3D-принтера по патенту США US7641461B2

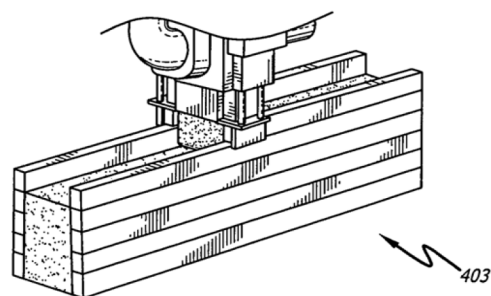


Рис. 2. Общий вид рабочей головки портального 3D-принтера по патенту США US7641461B2

На базе этого решения в последствии было создано множество разработок, совершенствующих как сам принтер, так и экструдруемые материалы [2,3,4,5,6]. В 2014 году китайская компания «WinSun» начала в опытном порядке печатать малоэтажные дома [7] на портальном принтере. Некоторые недостатки предшественников смогли обойти в американской компании «DCP», разработавшей гидравлический кран с однопальцевым манипулятором, обладающим шестью степенями свободы и набором рабочих головок, включая экструдеры для работы с бетоном, термопластиком, грунтом и пенополиуританом.

В 2016 году во Франции был разработан принтер *Batiprint3D*, печатающий несъемную опалубку из пенополиуритана (рис. 3.) [9]. Бетонирование же производится традиционным способом. В итоге получается стена с конструкционным слоем внутри и утеплителем снаружи (рис. 4). В целом такая технология позволила существенно повысить скорость возведения и стен с их одновременным утеплением, однако применение пенополиуретана требует высоких дополнительных затрат на его отделку и защиту от солнечных лучей, что сильно снижает перспективность проекта.



Рис. 3. Печать утепленной несъемной опалубки из пенополиуретана



Рис. 4. Разрез стенки, изготовленной на принтере *Batiprint3D*

Таким образом, все существующие системы 3D-печати стен работают по одной схеме: формирование каркаса стены или несъемной опалубки с последующим их заполнением утеплителем или конструкционным бетоном.

Недостатки традиционной технологии строительной 3D-печати:

1. Высокая итоговая трудоемкость возведения стен.

3D-печать позволяет полностью заменить лишь опалубочные работы и, частично, работы по утеплению конструкции.

2. Под собственным весом и весом вышележащих слоев не затвердевшая смесь расплывается, что ограничивает скорость печати из-за необходимости организации технологических перерывов.

3. Вяжущий материал должен достаточно быстро отвердевать, чтобы выдерживать нагрузку от вышележащих слоев, и при этом достаточно медленно, чтобы не схватиться в системе хранения и доставки материала.

4. Возможно совмещение печати конструкционного слоя и утеплителя, но это приводит к существенному усложнению конструкции рабочей головки принтера в связи с необходимостью подачи разных материалов.

5. Для продуктивной работы строительного 3D-принтера, использующего вяжущий материал на цементной основе требуются положительные температуры или устройство тепляка в холодный период года.

*Цель настоящей работы* – разработка 3D-принтера, который сможет преодолеть указанные недостатки и автоматизировано, с минимальным участием людей, возводить утепленные стены с минимальным количеством технологических переделов.

*Задача настоящего исследования* – изучение возможности применения в качестве экструдруемого материала одностадийного полистиролбетона.

## **2. Технология 3D-печати одностадийным полистиролбетоном**

В НГАСУ(Сибстрин) ведется разработка технологии 3D-печати одностадийным полистиролбетоном [12], которая может существенно упростить процесс создания ограждающих конструкций 3D-принтером [13].

Суть технологии заключается в том, что гранулы невспененного (бисерного) полистирола вводятся в цементно-песчаную смесь и при перемешивании равномерно распределяются по всему объему, так как все компоненты получившейся смеси имеют один порядок плотности. Готовая смесь помещается в пространство между шпателями электродами, на которые подается ток промышленной частоты, напряжением 220–380 В. В процессе электроразогрева температура смеси быстро достигает 80 °С. При полученной температуре структура гранул полистирола размягчается и под действием содержащегося в них, кипящего изопентана, полистирол расширяется.

Предлагаемая технология существенно упрощает конструкцию рабочей головки 3D-принтера в сравнении с аналогами, так как имеет только одно сопло через которое материал формируется сразу на всю толщину стены, что исключает необходимость в формировании опалубки.

За счет содержания в смеси гранул полистирола, которые в процессе электроразогрева вспениваются и проявляют теплоизоляционные свойства, становится возможным получение равномерно-утепленной ограждающей конструкции.

Для получения необходимых теплоизоляционных или конструктивных свойств материала достаточно изменения количества гранул вспенивающегося полистирола.

Полистиролбетон теряет подвижность находясь между шпателями-электродами за счет высокой температуры 80–90 °С, что позволяет через короткий срок укладывать следующий слой без деформации предыдущего.

Вышедший из формирующего пространства материал содержит в себе гранулы вспененного полистирола, обладающие низкой теплопроводностью, что обеспечивает длительное остывание материала, достаточное для набора прочности полистиролбетоном. Вследствие, необходимость в устройстве тепляков или дополнительном обогреве в холодное время года отпадает.

Технология одностадийного полистиролбетона реализуется следующим образом (рис. 5).

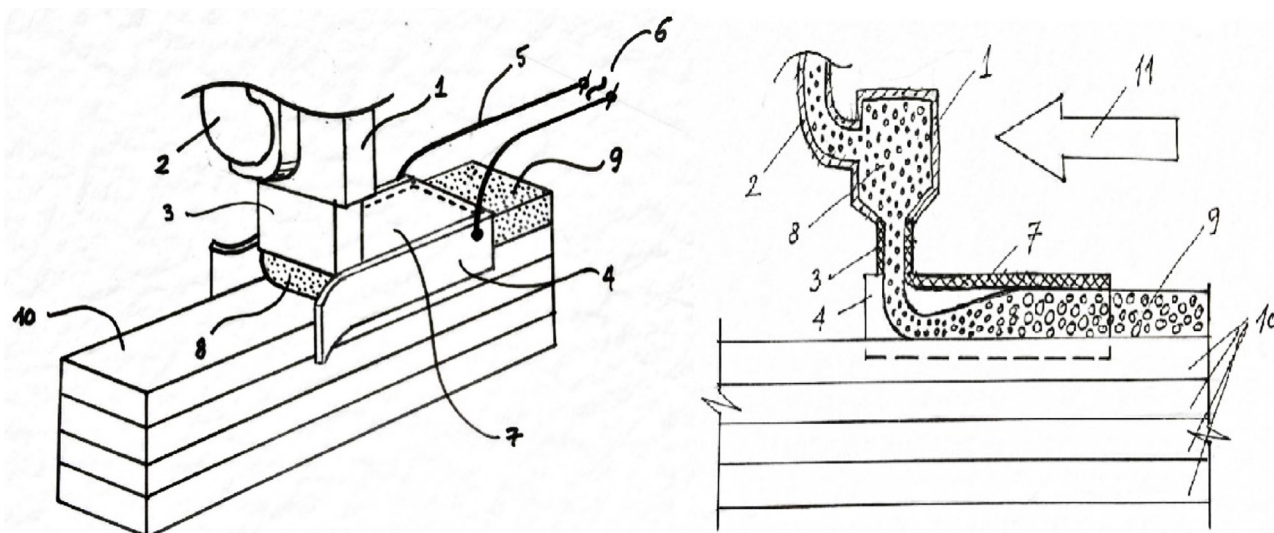


Рис. 5. Принципиальное решение рабочей головки 3D-принтера для экструдирования полистиролбетонной смеси, укладываемой по одностадийной технологии

Полистиролбетонная смесь с невспененными гранулами бисерного полистирола 8 через систему подачи вяжущего материала 2 поступает в экструдер 1. Оттуда, через выпускное отверстие (сопло) 3, смесь выдавливается на поверхность ранее отформованного и потерявшего подвижность слоя полистиролбетона 10. Сопло 3 имеет поперечный размер равный ширине возводимой стены 10. Полистиролбетонная смесь 8 заполняет пространство между шпателями-электродами 4, которые, являясь частью печатающей головки 3D принтера, медленно и непрерывно перемещаются 11 вдоль стены. Электрический ток, напряжением 220÷380 В, поступающий из электрической сети 6 через кабели 5, проходит через полистиролбетонную смесь, быстро нагревая её. По достижении температуры 80 °С гранулы полистирола размягчаются и под действием содержащегося в них, кипящего изопентана, вспениваются, многократно увеличиваясь в объёме, меняя качество смеси 9. В процессе нагрева и вспучивания гранул полистирола объём полистиролбетонной смеси 9 увеличивается и занимает всё пространство между шпателями-электродами 4, поверхностью ранее уложенного слоя 10 и прижимным шпателем 7, частично уплотняясь. Шпатели-электроды 4 и прижимной шпатель 7 формируют очередной слой стены из полистиролбетона 9, получившего в результате электротермообработки теплоизоляционные свойства. Обладая высокой температурой, полистиролбетон быстро, ещё в пространстве между шпателями-электродами, теряет подвижность и начинает интенсивно твердеть. Равномерно распределённые по объёму вспененные гранулы полисти-



рола, являющиеся утеплителем, снижают теплопотери из конструкции в окружающую среду. Увеличивается продолжительность сохранения высоких температур внутри материала, чем обеспечивается интенсивное нарастание прочности полистиролбетона.

В ходе лабораторных испытаний по подбору состава смеси основополагающими задачами было понизить электрическое сопротивление раствора для достижения максимальной скорости разогрева и предупреждение расслаиваемости смеси. Опытным путем был определен оптимальный состав полистиролбетона, соответствующий заявленным требованиям. Основными добавками являются: технический карбонат калия (поташ) в количестве 2,4 % от массы цемента, который снижает сопротивление раствора, ускоряет твердение и специальный пластификатор в количестве 0,8 % от массы цемента.

Натурные испытания рабочей головки 3D-принтера для экструдирования полистиролбетонной смеси (рис. 6), укладываемой по одностадийной технологии, показали, что рабочий слой материала, сформированный по предложенной технологии, сохраняет целостность и не проявляет признаков подвижности. Укладка на него после первого прохода 3D-принтера, через 15 минут, последующих рабочих слоёв материала на приобретённую форму и геометрические размеры первого практически не влияет.

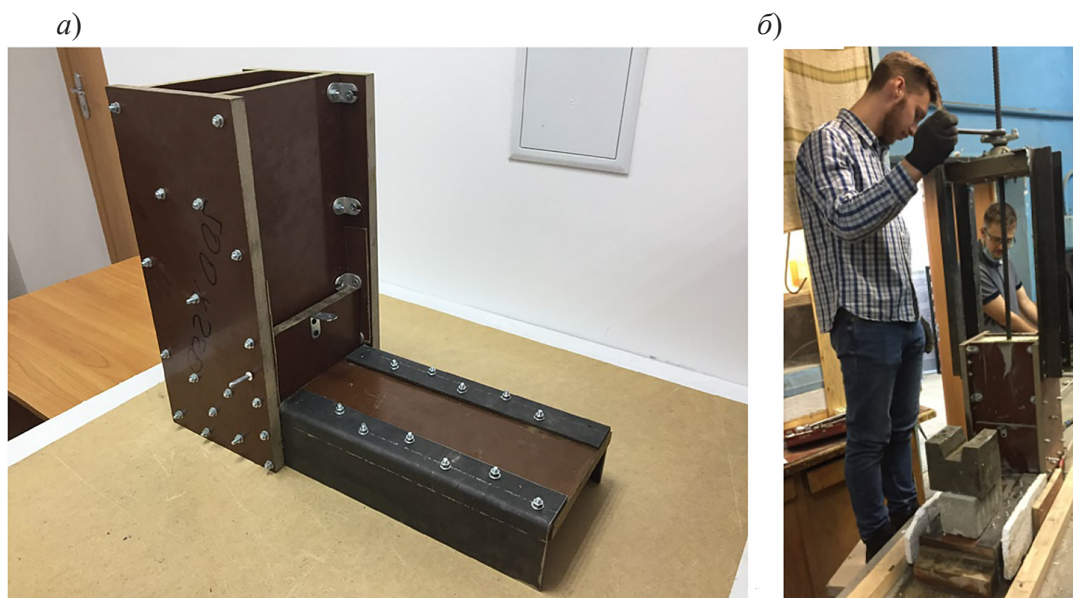


Рис. 6. Общий вид (а) и опытное испытание (б) рабочей головки 3D-принтера для печати ограждающих конструкций одностадийным полистиролбетоном

Полученные образцы полистиролбетона исследовались на прочность и равномерность распределения вспененных гранул полистирола по массе материала.

Испытания кубиковой прочности образцов осуществлялись в 3, 7, 14 и 28 суточном возрасте. Для испытаний было выпилено по 3 стандартных образца. В табл. 1 представлены средние значения испытаний. Испытания производились на лабораторном прессе ПСУ-50.

Анализируя результаты испытаний прочности полистиролбетона средней плотности  $D700$  и  $D1200$  после термообработки можно констатировать, что прочность образцов, изготовленных по одностадийной технологии выше прочности образцов естественного твердения. Структура полученного материала оказалась хорошей. Бисерный полистирол вспенился весь и по всему объёму. Средняя прочность в сравнении с полистиролбетоном стандартной технологии оказалась выше на 20 %.

## Динамика приобретения прочности полистиролбетоном

Вид твердения	3 суток, R, МПа	7 суток, R, МПа	14 суток, R, МПа	28 суток, R, МПа
Электроразогрев, $D1200 \text{ кг/м}^3$	3,83	7,71	9,38	12,73
Электроразогрев, $D700 \text{ кг/м}^3$	2,72	5,05	5,87	7,46
Стандартная технология, $D1200 \text{ кг/м}^3$	3,21	5,33	7,10	10,69

Однородность распределения гранул полистирола по массе материала определялась путём измерения теплопроводности плоских образцов, вырезанных из массива стены сечениями, перпендикулярными направлению возможного всплытия гранул.

Перед измерением теплопроводности образцы высушивались до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение суток. Потеря массы образцов составляла около 5 %. Измерялись: геометрические характеристики образца, электрическая мощность, необходимая для создания теплового потока и температура противоположных лицевых граней.

В ходе эксперимента, при помощи прибора для измерения теплопроводности ПИТ-2, определялась теплопроводность образцов выпиленных из стены, изготовленной из полистиролбетона средней плотности  $D700$  и  $D1200$ , рабочей головкой 3D-принтера по одностадийной технологии, а также образца, выполненного по стандартной технологии средней плотности  $D1200$  (табл. 2).

Таблица 2

## Послойная теплопроводность образцов полистиролбетона различной плотности

Слой	Теплопроводность (Вт/м·К)		
	Образец 1 (Электроразогрев, $1200 \text{ кг/м}^3$ )	Образец 2 (Электроразогрев, $700 \text{ кг/м}^3$ )	Образец 3 (Станд.технология, $1200 \text{ кг/м}^3$ )
1 слой	0,2007	0,1283	0,2136
2 слой	0,1961	0,1274	0,2090
3 слой	0,1944	0,1268	0,2012
4 слой	0,1933	0,1261	0,1878
Расслоение	3,68%	1,56%	12,08%

Неоднородность образца, выполненного по предложенной технологии, составляет 3,68 % против 12,08 % у образца, выполненного по стандартной технологии.

**Заключение**

Практически все аддитивные технологии, предложенные строительному рынку, предполагают использование 3D-принтера для печати несъёмной опалубки из цементно-пес-



чаного раствора песка, глины или пенополиуритана. Затем следуют стандартные (ручные) операции по армированию, бетонированию и утеплению будущей ограждающей конструкции. Известно, что в комплексе бетонирования строительных конструкций трудоёмкость опалубочных работ не превышает 40 %. Следовательно, 3D-принтер возьмёт на себя только эту часть трудоёмкости. Остальное приходится делать руками рабочих.

Применение 3D-принтера, печатающего полистиролбетоном стену на всю ширину, позволяет:

- упростив систему подачи вяжущего материала, формировать рабочий слой на всю ширину стены;
- за счёт высоких температур термообработки устранить подвижность вяжущего материала сразу по выходе его из рабочей головки и ускорить твердение;
- используя увеличение объёма гранул при их вспучивании обеспечить самоуплотнение полистиролбетона при формовании рабочего слоя;
- обеспечить равномерное распределение вспененных гранул полистирола по объёму материала стены, повысив тем самым её качественное термосопротивление;
- гарантировать заданные прочностные или теплоизоляционные характеристики материала возводимой стены.

### Литература

1. Patent US7641461B2 Robotic systems for automated construction B29C64/106/
2. Грахов В. П., Мохначев С. А., Бороздов О. В. Влияние развития 3D-технологий на экономику строительства // Фундаментальные исследования. 2014. № 11–12. С. 2673–2676.
3. Удодов С. А. 3D-печати в строительстве: новое направление в технологии бетона и сухих строительных смесей. // VI Международная научно-практическая конференция МЦНС «Наука и просвещение». Пенза: 2017. С. 58–61.
4. Лунева Д. А., Кожевникова Е. О., Калошина С. В. Применение 3D-печати в строительстве и перспективы ее развития // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2017. Т. 8, № 1. С. 90–101.
5. Рудяк К. А., Чернышев Ю. О. Возведение зданий методом послойного экструдирования // Современные концепции развития науки: материалы Междунар. науч.-практ. Конф. Казань. 2016. С. 147–151.
6. Степанова Е. Ю., Барсуков Г. В., Степанов Ю. С. Прорывные технологии нового поколения формообразования пространственно-сложных поверхностей наукоемких изделий // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Тула: 2016. № 8–2. С. 243–249.
7. Компания Winsun. 3D-проектирование домов [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.yhbm.com/index.php?a=lists&c=index&catid=67&m=content> (дата обращения: 14.12.2016).
8. Стройка 3D: Никита Чен-юн-тай первым в России напечатал дом. [Электронный ресурс]. – <https://www.rbc.ru/magazine/2017/06/592567559a7947e1bb4b7ea9>
9. Французский проект VATIPRINT по строительству дома с 3D-печатью «наизнанку» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.3dprintingindustry.com/tags/ls2n/>
10. Институт передовой архитектуры Каталонии использует естественный подход к 3D-печати на стройке [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.3dprintingindustry.com/tags/terra-performa/>
11. The Method and the Device [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.d-shape.com/what-is-it/the-process/the-concept/>
12. Молодин В. В., Васенков Е. В. Технология изготовления полистиролбетонных изделий и конструкций методом электроразогрева // Труды НГАСУ, 2019. Т. 22. № 1 (71). С. 102–114.

УДК 624.138.232.1

Валерия Игоревна Голова, магистрант  
Валерия Станиславовна Сорокина, магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: golova.lera@mail.ru,  
E-mail: nokia7310supernova@mail.ru

Valeria Igorevna Golova, undergraduate  
Valeria Stanislawowna Sorokina, undergraduate  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: golova.lera@mail.ru,  
E-mail: nokia7310supernova@mail.ru

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ *JET GROUTING* НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. ПРИМЕНЕНИЕ ДАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ В КАЧЕСТВЕ РАСПОРКИ И ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОЙ ЗАВЕСЫ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

### PRACTICAL APPLICATION OF JET GROUTING TECHNOLOGY IN THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERATION. APPLICATION OF THIS TECHNOLOGY AS A SPACER AND ANTI-FILTRATION CURTAIN IN THE CONDITIONS OF A DENSE CITY BUILDING

В данной статье приведен опыт в успешном решении сложных геотехнических задач, возникающих в ходе строительства на территории Российской Федерации методом закрепления грунтов струйной цементацией (англ. Jet Grouting), а также решение его использования при приспособлении корпусов Павловских казарм для современного использования под гостиницу в качестве распорной конструкции и противодиффузионного экрана, применение при реконструкции здания российского государственного академического Большого драматического театра имени Г. А. Товстоногова.

*Ключевые слова:* струйная цементация, усиление основания, геотехника, сваи, подземное строительство.

This article presents the experience in successfully solving complex geotechnical problems that arise during construction in the territory of the Russian Federation by the method of fixing soils with jet grouting (Eng. as a spacer structure and an anti-filter screen, the use in the reconstruction of the building of the Russian State Academic Bolshoi Drama Theater named after G. A. Tovstonogov).

*Keywords:* jet cementation, base reinforcement, geotechnics, piles, underground construction.

**Постановка проблемы:** в связи с освоением подземного пространства наиболее частым объемно-планировочным решением в современном строительстве является устройство развитого подземного паркинга. Также, активно ведется строительство тоннелей метрополитена в крупнейших городах Российской Федерации. В связи с этим для реализации таких проектов в сложных инженерно-геологических условиях прибегают к комплексу мероприятий, которые смогут обеспечить эксплуатационную надежность как уже существующих объектов, в состав которых очень часто могут входить объекты культурного наследия, так и современных комплексов, включая подземные объекты и метрополитен.

В качестве способа решения подобных проблем является применение технологии *Jet Grouting*, которой посвящена данная статья.

**Обзор источников.** В статьях [3-5] рассматриваются типовые решения геотехнических задач, где была применена струйная цементация, а именно:

- использование технологии струйной цементации при закреплении слабых грунтов (торфов) под приспособление площадки для разведки нефтяных месторождений в пойменной части р. Кама Пермской области;
- улучшение геотехнического основания под устройство подземных частей жилого комплекса в г. Пермь методом струйной цементации;
- усиление фундаментов строящегося здания сваями *Jet* в связи с изменением назначения здания и его этажности и увеличением нагрузок на данный фундамент в г. Москва.

Данная статья направлена на изучение нетрадиционных методов использования технологии *Jet* при решении проблем, возникающих в ходе строительства и демонстрацию ее вклада в современное приспособление зданий культурного наследия Санкт-Петербурга в условиях сложившейся городской застройки.

Целью данной работы является обзор практических использований технологии струйной цементации (*Jet Grouting*) в строительстве на территории Российской Федерации и изучение применения данной технологии в качестве распорной конструкции с функцией противодиффузионного экрана как наиболее оптимальной в условиях плотной городской застройки.

**Изложение основного материала исследования.** Технология *Jet Grouting* (струйная цементация) в настоящее время получила распространение в практике строительства во многих странах и зарекомендовала себя в качестве надежного метода решения ряда типовых и сложных задач в области геотехники. Наиболее распространенными задачами, с которыми справляется данная технология, являются:

- устройство свай и свайного основания, усиление фундаментов;
- устройство ограждений котлованов и несущих конструкций;
- устройство противодиффузионных завес;
- укрепление откосов;
- укрепление грунтов.

Технология и этапы закрепления грунта методом струйной цементации представлены на рис. 1.

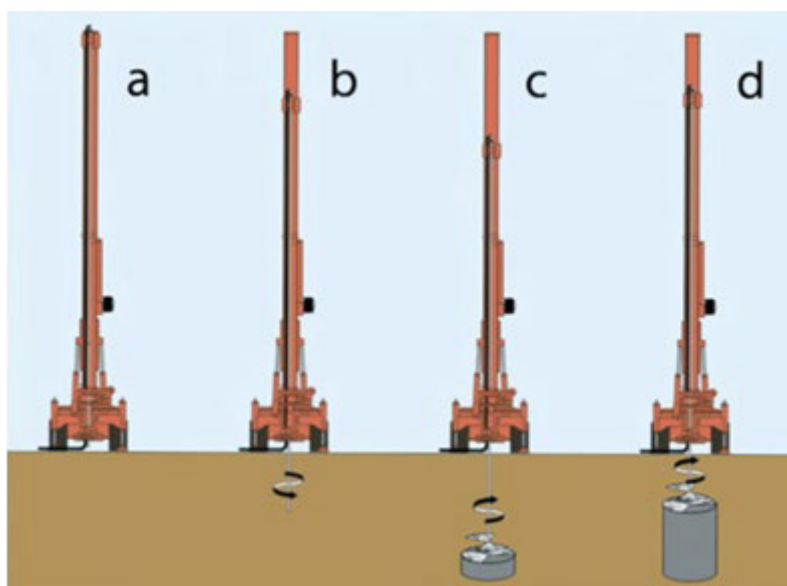


Рис. 1. Создание грунтоцементной сваи: а) закачка бетона; б) бурение до проектной отметки; в) подача бетона под давлением; д) формирование тела сваи

«*Jet Grouting*» технология основана на разрушении и перемешивании грунта высоконапорной струёй цементного раствора, подающимся под высоким давлением.

Предварительно грунты испытываются для выявления оптимально подходящей технологии цементации и состава раствора. Затем, происходит изготовление грунтоцементных свай со следующими этапами:

- 1) приготовление бетонной смеси необходимой консистенции;
- 2) тестирование образца грунтобетона на коэффициент фильтрации и соответствие проектной прочности;
- 3) закачка стабилизирующей смеси в буровое оборудование;
- 4) погружение монитора в грунт до необходимой глубины;
- 5) разрушение породы и создание грунтобетона с помощью энергии струи, подаваемой под напором;
- 6) извлечение монитора с одновременным созданием тела грунтоцементной сваи.

Существуют три системы струйной цементации грунта (рис. 2). Главным их отличием является содержание компонентов для разрушения грунта и создания свай:

- система *Jet-1* – подается бетонный раствор под напором;
- система *Jet-2* – подается бетонный раствор с воздушной струей;
- система *Jet-3* – подается бетонный раствор, воздушная и водяная струи.

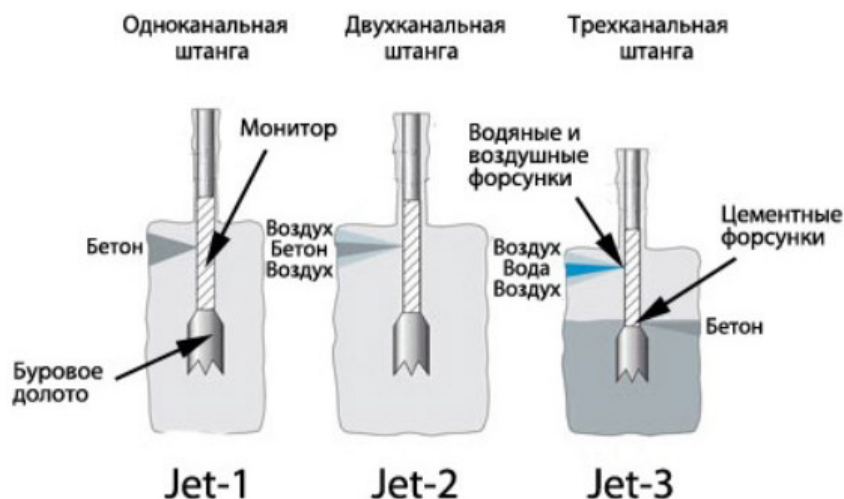


Рис. 2. Создание грунтоцемента с различными системами *Jet*

Выбор технологии цементации грунтов *Jet Grouting* производится после всестороннего анализа инженерно-геологических особенностей участка, параметров возводимого сооружения и экономической целесообразности:

- *Jet-1* является самым малозатратным и наиболее часто применяемым вариантом; буровое оборудование оснащается шнеком с каналом для подачи бетонной смеси. Подача стабилизирующего раствора происходит под давлением до 600 атм., бетонная смесь подается из форсунок в направлении, перпендикулярном ходу движения бурового шнека. В виду того, что при помощи струи бетонного раствора происходит разрушение породы, то в малопроницаемых глинистых породах размер грунтоцементной сваи уменьшается.

- *Jet-2* чаще всего применяется для усиления основания под уже существующими зданиями и сооружениями. В данном методе струю бетонной смеси усиливают с помощью подачи сжатого воздуха в том же направлении. Для проведения работ требуется специализированный воздушный насос для *Jet-2* и буровое оборудование, оснащенное



двухканальным шнеком, а так же повышенного расхода стабилизирующего раствора. Подача воздуха производится с помощью воздушных форсунок. Использование энергии сжатого воздуха увеличивает производительность и позволяет создавать сваи большего диаметра. Как и при цементации по технике *Jet-1*, двойная бетоновоздушная струя подается в боковом направлении, разрушая породу вокруг бурового шнека.

● *Jet-3* является самой дорогостоящей и сложной технологией из трёх, целесообразно использовать при масштабном строительстве и сложных грунтовых условиях. Она требует применения трехканального бурового шнека и трех разновидностей насосов, а также повышенного расхода цемента. В отличие от перечисленных выше методик, при цементации *Jet-3* порода разрушается исключительно с помощью мощной водовоздушной струи, подаваемой перпендикулярно направлению бурения через сопла. Стабилизирующий раствор подается вертикально через расположенные ниже форсунки, что позволяет исключить примеси в теле сваи и создать объемные бетонные сооружения большого диаметра. На сегодняшний день методика *Jet-3* – единственная технология цементации грунтов, с помощью которой можно произвести полное замещение породы бетоном. Система цементации *Jet-3* широко применяется при строительстве на нарушенных грунтах с включениями, карстовыми пустотами и т.д.

1. В России, начиная с 1976 года, активно ведутся исследования и разрабатывается оборудование для реализации российского варианта струйной технологии, отличающегося использованием струй пониженного давления [6].

В данной статье представлены реальные объекты, при строительстве и реконструкции которых была применена данная технология, и способствующая решению различного рода задач, показывая тем самым свою значимость в современных нуждах.

**1.1. Применение технологии *Jet Grouting* при возникновении аварийных ситуаций в ходе строительства.** Помимо перечисленных типовых задач технология *Jet* нашла успешное применение в нетрадиционных геотехнических решениях, связанных с мероприятиями, направленными на устранение аварийных ситуаций, которые могут возникать в ходе строительства из-за ошибок проектировщиков.

В источнике [1] рассматривались результаты работ по ликвидации аварии, возникшей в ходе устройства «стены в грунте», для которых была применена струйная цементация грунтов в комбинации с заполнительной цементацией грунтового массива.

На этапе разработки грунта подземной части многофункционального торгового комплекса в ЦАО г. Москвы произошла авария, связанная с нарушением производства работ по устройству ограждающей конструкции.

Проводилась пошаговая разработка котлована под защитой комбинированной конструкцией «стены в грунте» и буронабивных свай. Распорная система была представлена в виде обвязочного пояса из двутавров и раскосов из труб.

На завершающей стадии разработки в одной из секций произошел выброс обводненного грунта через полость в монолитной железобетонной конструкции «стены в грунте» на дневную поверхность. Вследствие этого были предприняты меры по ликвидации аварии, заключающиеся в обратной засыпке котлована и заполнением разуплотненных участков путем цементации грунтов в режиме гидроразрыва, разработке грунта до проектной отметки. Однако, ситуация повторилась на стадии раскопки по причине выхода водонасыщенных песков через непроиньектированные пустоты, образовавшиеся вследствие хаотично заполненной зоны разуплотнения данным методом.

Инженерно-геологические условия строительства представлены на рис. 3.

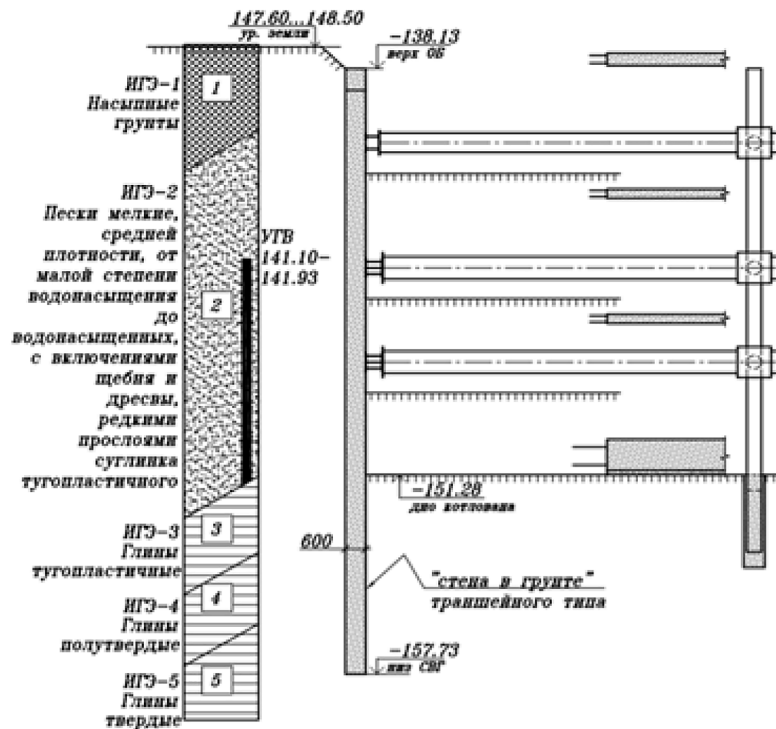


Рис. 3. Разрез системы ограждения котлована

После повторного пригруза котлована было принято решение по устройству сплошной грунтоцементной стенки по технологии *Jet-1* в последовательности «свежая по жесткой» из шести грунтоцементных элементов при высоте обрабатываемого массива 16 м (рис. 4.)

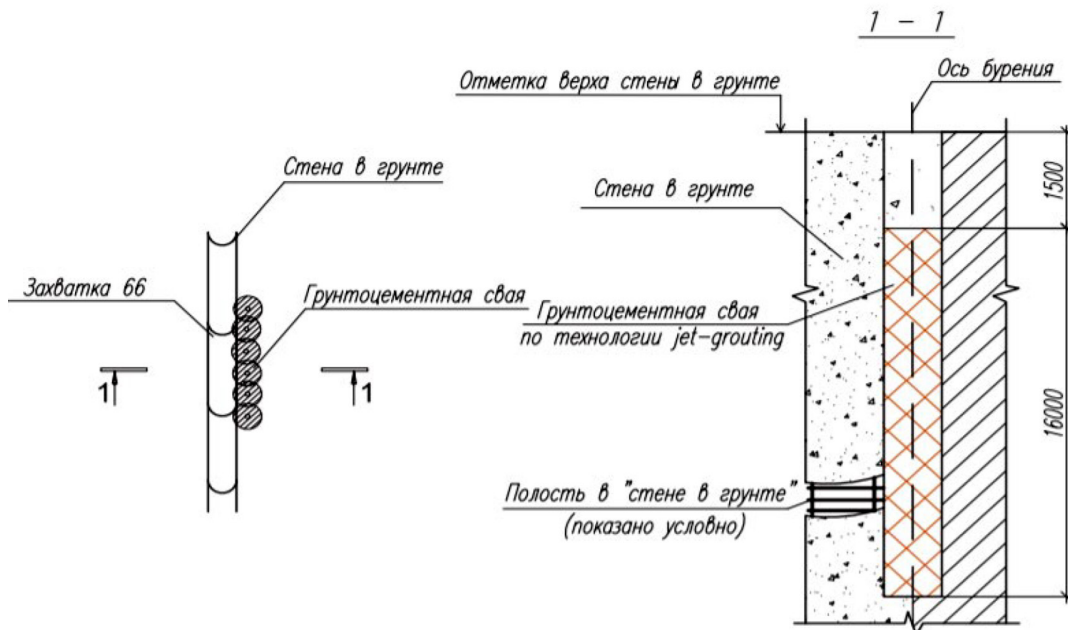


Рис. 4. Схема устройства противодиффузионной грунтоцементной стенки

Учитывая сроки схватывания грунтоцементного раствора не ранее 14 суток, было принято решение о применении пластифицирующего состава для ускорения схватывания.

В результате, проведение мероприятия по устройству противофильтрационной конструкции с применением технологии *Jet Grouting* позволили устранить аварию.

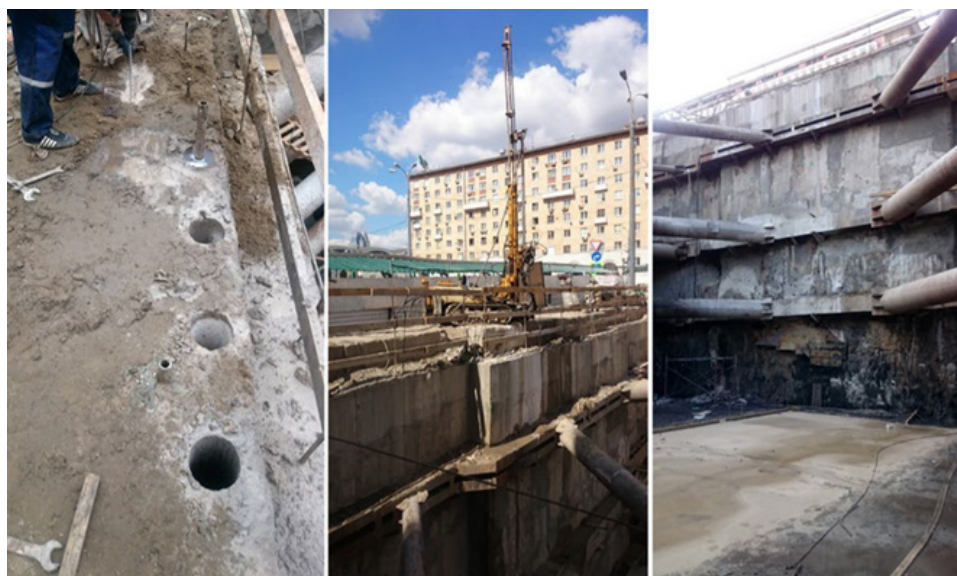


Рис. 5. Процесс производства работ по однокомпонентной струйной цементации:  
а – алмазное сверление; б – устройство противофильтрационной конструкции;  
в – разработанный до проектной отметки котлован

**1.2. *Jet Grouting* как средство снижения вредного влияния проходки эскалаторных тоннелей.** Еще одним способом задействования технологии строительной цементации является применение ее в качестве усиления породного массива при строительстве эскалаторных тоннелей. Основное влияние на величину сдвига в мульдe на земной поверхности оказывают физико-механические характеристики пород и смещения их контура выработки. В работе [2] подробно рассказывается о применении технологии *Jet Grouting* как основного способа снижения оседаний на поверхности за счёт усиления в устье тоннеля на примере станции метро «Спасская», город Санкт-Петербург (рис. 6).

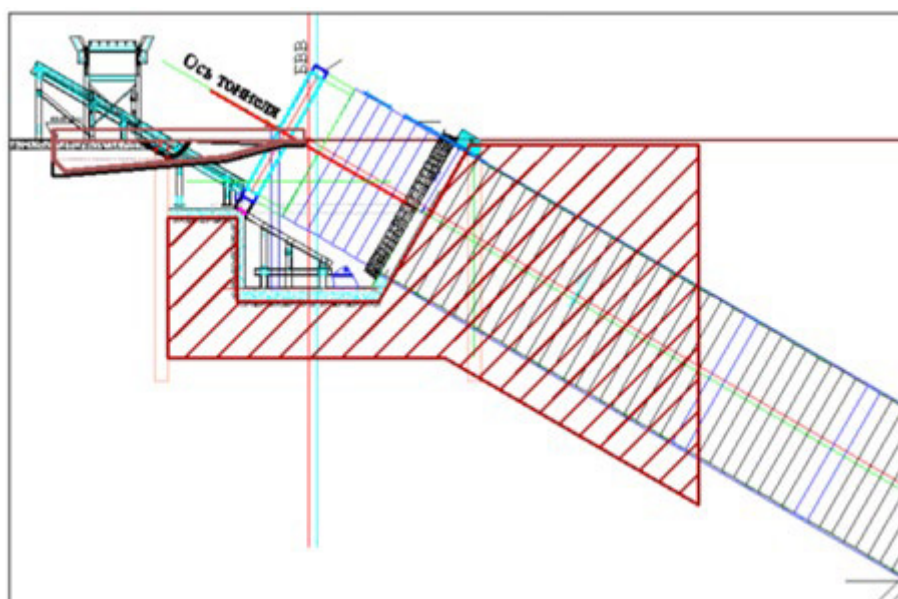


Рис. 6. Участок струйной цементации грунтов при строительстве эскалаторного тоннеля станции метро «Спасская» в разрезе по оси тоннеля

Закономерности развития сдвига и деформаций, выявленные на основании анализа данных натуральных наблюдений, позволили условно разделить трассу тоннеля в массиве на три участка согласно интенсивности развития оседаний (рис. 7):

1) зона минимальных оседаний: ТПМК (тоннелепроходческий механизированный комплекс) проходит участок струйной цементации устьевой зоны.

2) зона наибольших оседаний: ТПМК из зоны грунтозакрепления выходит в слой слабых четвертичных отложений и идет до границы с протерозойскими глинами.

3) зона затухания: ТПМК попадает в слои прочных глин с характерными высокими значениями деформационных и прочностных характеристик.

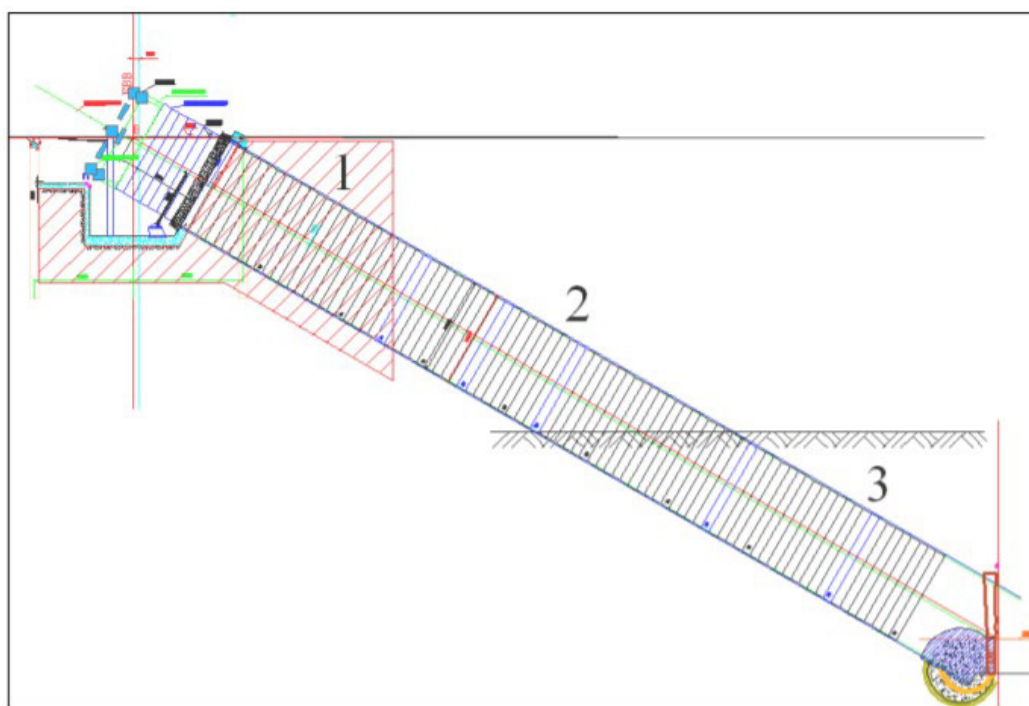


Рис. 7. Условное деление массива на участки при проходке эскалаторного тоннеля станции метро «Спасская»

В работе также предлагалось дополнительное закрепление методом струйной цементации участка 2 с целью снижения вредных процессов сдвижения мульты в слабых грунтах, эффективность данного метода была подтверждена расчетом в программном комплексе *Plaxis 2D*, где наглядно показано, как уменьшатся оседания на поверхности (примерно в 2–3 раза) (рис. 8).

Данные исследования показывают, что наибольшие сдвиги на поверхности фиксируются над верхней частью выработки тоннеля, где малая глубина заложения и имеются обводненные и неустойчивые грунты. Технология закрепления грунтов методом струйной цементации в устьевой части эскалаторного тоннеля позволяет обеспечить существенное снижение данных сдвижений и деформаций, что подтверждается данными натуральных измерений и математического моделирования. При входе в коренные породы деформационные процессы практически отсутствуют.



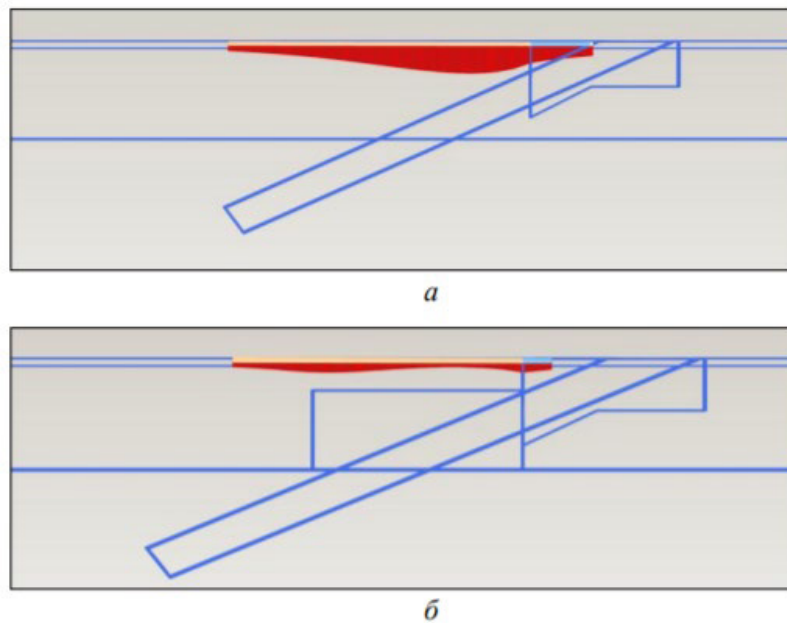


Рис. 8. Мульда сдвижения при проходке эскалаторного тоннеля станции метро «Спасская»:  
 а) без дополнительной зоны закрепления грунта;  
 б) с применением дополнительного грунтозакрепления четвертичных пород

**2. Применение технологии *Jet Grouting* в качестве распорки в условиях плотной городской застройки.** Здание, предназначенное под приспособление под гостиницу, расположенное по адресу: Санкт-Петербург, Марсово поле, д.1 литер А состоит из нескольких корпусов разных лет постройки, объединенных в единый комплекс Павловских казарм в 1816 году архитектором Стасовым.

Здание имеет трапециевидную форму в плане с тремя внутренними дворами, трехэтажное высотой около 20 м, имеется подвал и чердак, является объектом культурного наследия. Конструктивная схема здания-стеновая с продольными и поперечными несущими стенами. Стены выложены из красного глиняного полнотелого кирпича на известковом растворе, мощность кладки 560–1200 мм. Фундаменты стен здания – ленточные, на естественном основании. Под колоннами в корпусах по Аптекарскому пер. и 1-м поперечном, а также по Марсову полю в примыкании к д. 3 фундаменты столбчатые отдельно стоящие.

В целом, существующую ситуацию с фундаментами здания следует признать неблагоприятной для планируемых работ по приспособлению здания для современного использования: высокий износ фундаментов, частое отсутствие их перевязки на стыках, существенные перепады параметров и изменения конструкций и состава фундаментов, нарушения многочисленными подземными коммуникациями.

В зону влияния работ по приспособлению здания под современное использование частично попадают здания по ул. Миллионная и ул. Аптекарский пер. (рис. 9).

Согласно представленным исходным данным, во дворах проектируемого здания предполагается устройство подземной автостоянки. Для этих целей потребуется откопка котлована на глубину 3,8–4,8 м для подземной автостоянки. Риск откопки обусловлен наличием в основании на глубине до 22 м слабых суглинков и супесей, текучей и текучепластичной консистенции, с модулем деформации менее 7 МПа, а также примыканием к котловану существующих зданий и сооружений.

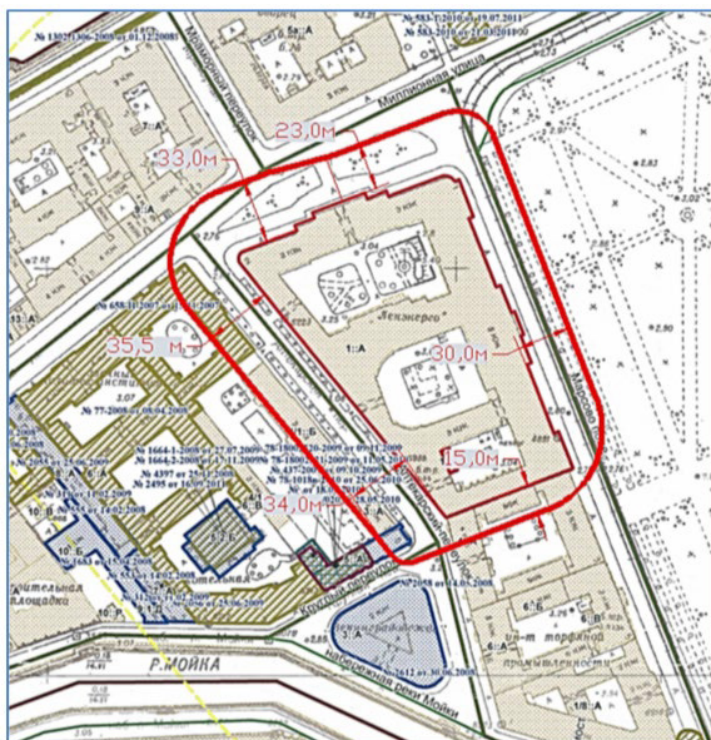


Рис. 9. Зона влияния объекта

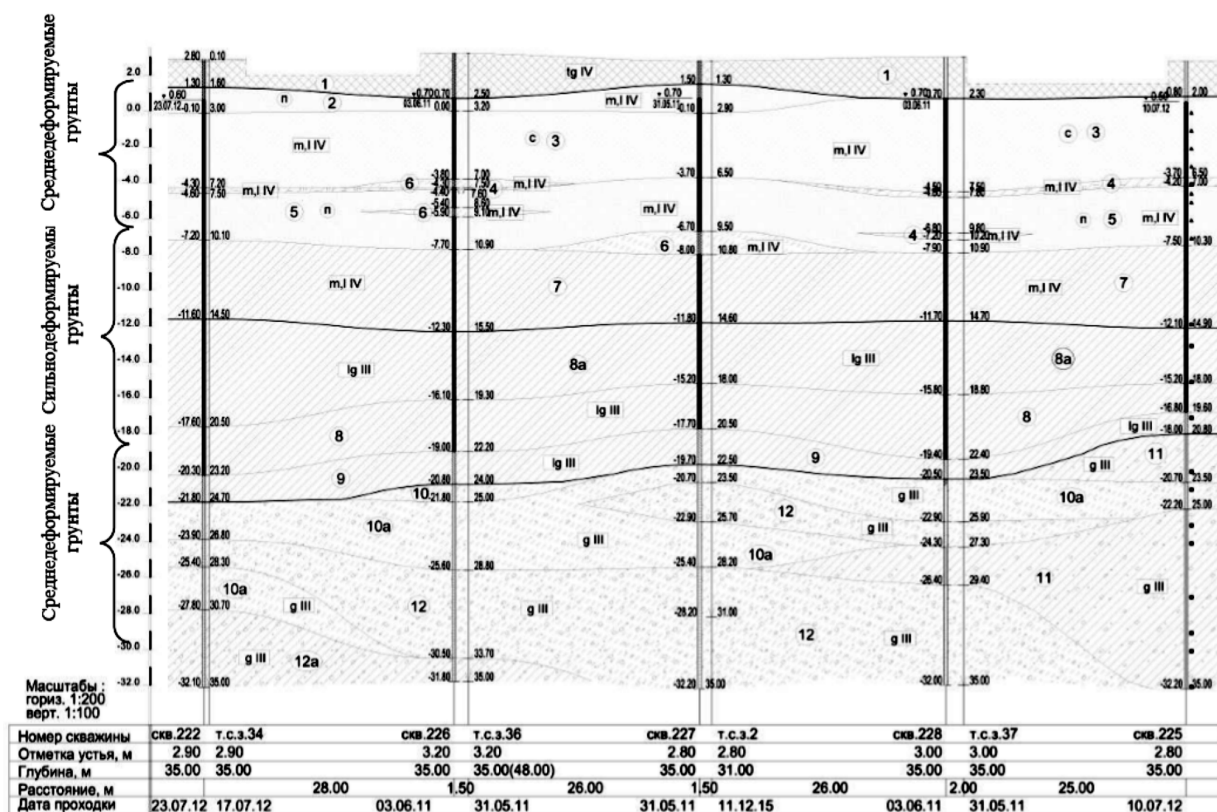


Рис. 10. Инженерно-геологический разрез

В рассматриваемых условиях длина и жесткость ограждающей конструкции зачастую определяется не их прочностью по материалу, а способностью сопротивляться вынужденным перемещениям (изгибной жесткостью), тем самым ограничивая дополни-

тельные деформации существующих зданий и сооружений из условия их дальнейшей нормальной эксплуатации.

На момент исследования проводились мероприятия по усилению фундаментов, была запроектирована модель и выполнены расчеты ограждающей конструкции в программном комплексе *Plaxis 2D*.

По результатам расчета ограждающей конструкции, для возможности устройства подземной автостоянки в приспособляемом здании, проектом предусмотрены следующие мероприятия, позволяющие ограничить дополнительную осадку существующих зданий до нормативной:

- усиление тела фундаментов цементацией;
- усиление слабых грунтов под подошвой цементацией через сваи;
- устройство силового гидроизоляционного кессона;
- выполнение жесткого ограждения котлована по технологии «стена в грунте» с устройством распорки из закрепленного грунта;
- откопку котлована производить после выполнения работ по понижению пола подвала и устройства силового гидроизоляционного кессона;
- откопку производить поэтапно, с оставлением пригрузочных берм.

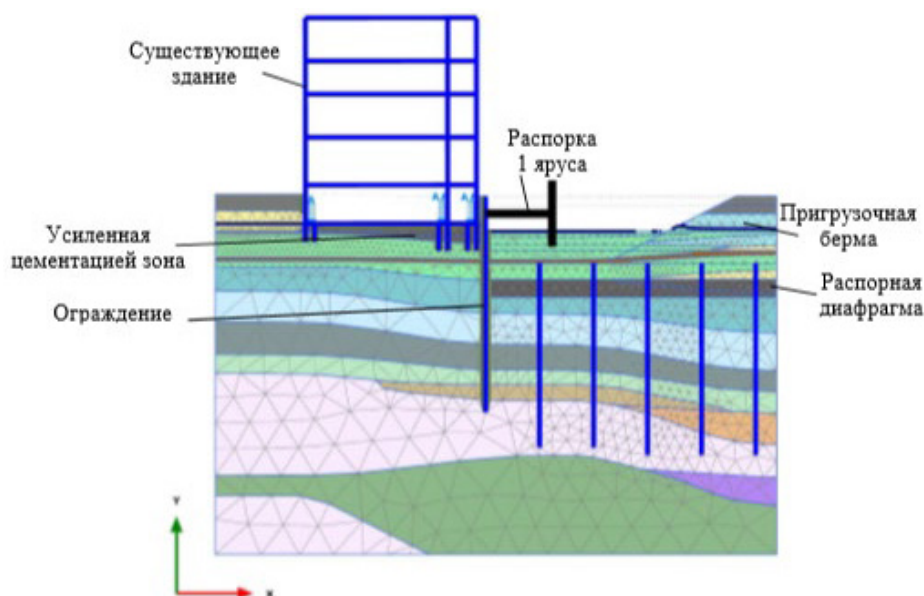


Рис. 11. Общий вид расчетной схемы. Этап откопки половины котлована на глубину 4 м с устройством верхнего яруса распорных конструкций

Для возможности выполнения котлованов предусматривается площадное закрепление грунта с использованием струйной технологии по технологии «Джет граутинг» (*Jet Grouting*).

Закрепление грунта данным методом обеспечит:

- 1) создание противодиффузионного экрана;
- 2) создание распорки из закрепленного грунта для обеспечения прочностных и деформативных свойств ограждающей конструкции.

Толщина площадного замыва – до 1500 мм. Отметка верха площадного закрепления грунта – 10,0 м в БС. Модуль деформации закрепленного грунта должен составлять не менее 200 МПа.



Предельные дополнительные деформации основания фундаментов составляют:

- максимальная осадка – 1,0 см;
- относительная разность осадок 0,0006.

По результатам расчета, при рекомендуемом варианте, максимальный изгибающий момент в ограждении составил – 334,8 кНм, значение поперечной силы – 258 кН. Максимальное значение горизонтальных перемещений ограждающей конструкции – 2,4 см. Усилие в распорной конструкции при шаге в продольном направлении 1 м – 365,4 кН (рис. 13, 14).

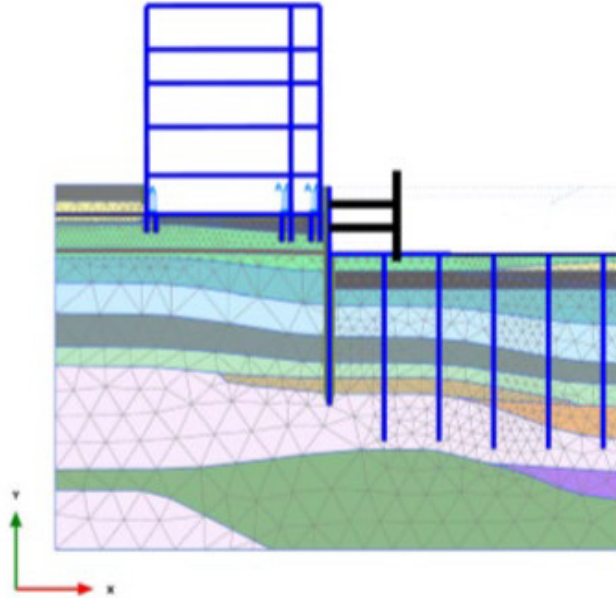


Рис. 12. Общий вид расчетной схемы. Этап полной откопки котлована

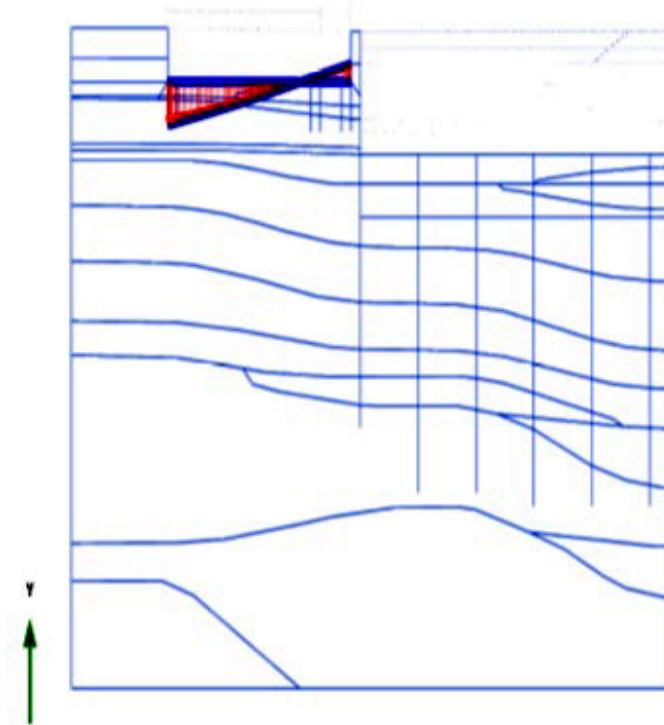


Рис. 13. Вертикальные перемещения существующего здания (максимальное значение –0,7 см)



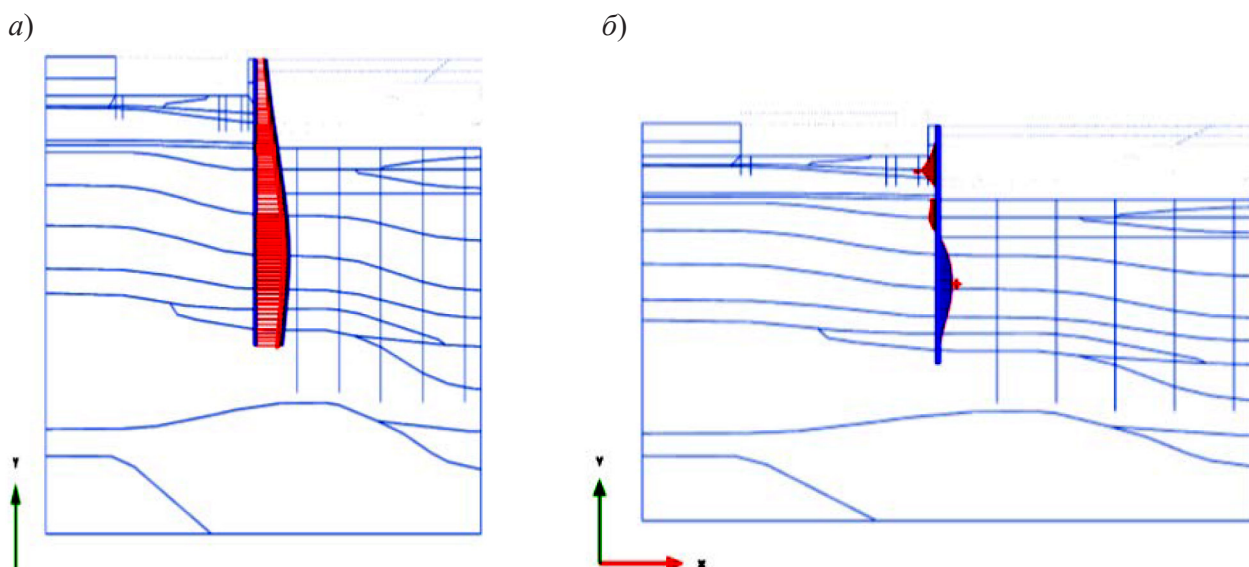


Рис. 14. Результаты расчёта в Plaxis 2D:  
 а) горизонтальное перемещение ограждающей конструкции на заключительном этапе откопки (максимальное перемещение – 2,4 см); б) эпюра изгибающих моментов в ограждающей конструкции на заключительном этапе откопки (максимальное значение – 334,8 кНм)

Поскольку работы по приспособлению здания осуществляются в сложных инженерно-геологических условиях, работы по откопке котлована будут осуществляться при условии выполнения геотехнического мониторинга. Это позволит интерпретировать расчетные значения с полученными при мониторинге, тем самым прогнозировать и своевременно реагировать на возможные негативные воздействия в процессе откопки котлована и приспособления здания.

Проект мониторинга должен включать в себя мероприятия для наблюдений за охраняемой застройкой и подземными коммуникациями, попадающими в зону влияния приспособления здания, а также мероприятия за возведенными конструкциями объекта.

В итоге, осадка приспособляемого здания, с учетом его усиления и откопки котлована не превышает предельно допустимых значений, что свидетельствует о положительном решении применения грунтоцементных распорных конструкций, выполненных по технологии *Jet Grouting*.

**3. Применение технологии *Jet Grouting* в качестве противодиффузионной завесы в условиях плотной городской застройки.** Здание российского государственного академического Большого драматического театра имени Г. А. Товстоногова (БДТ), расположенное по адресу: Санкт-Петербург, наб. реки Фонтанки, д. 65. Основанный в 1918 году, один из первых театров, созданных после Октябрьской революции.

Здание имеет трапециевидную форму в плане с тремя внутренними дворами, четырёхэтажное высотой около 25 м, имеется подвал и чердак, является объектом культурного наследия. Конструктивная схема здания-стенная с продольными и поперечными несущими стенами. Стены выложены из красного глиняного полнотелого кирпича на известковом растворе, мощность кладки 560–1200 мм. Фундаменты стен здания – ленточные, на естественном основании.

В целом, существующую ситуацию с фундаментами здания следует признать неблагоприятной для планируемых работ по реконструкции здания: высокий износ фундаментов,

частое отсутствие их перевязки на стыках, существенные перепады параметров и изменения конструкций и состава фундаментов, высокий уровень грунтовых вод.

Согласно представленным исходным данным, будет произведено усиление конструкции фундаментов. Для этих целей потребуется откопка котлована на глубину 2,8–4,2 м до отметки уровня подошвы. Риск откопки обусловлен наличием высокого уровня грунтовых вод.

В рассматриваемых условиях длина и жесткость ограждающей конструкции зачастую определяется не их прочностью по материалу, а способностью сопротивляться вынужденным перемещениям (изгибной жесткостью), тем самым ограничивая дополнительные деформации существующих зданий и сооружений из условия их дальнейшей нормальной эксплуатации, а так же противофильтрационные свойства грунтов основания. Исходя из характеристик грунтов и уровня напора подземных вод, ограждение из взаимно секущихся грунтоцементных свай устраивают про их однорядном, двухрядном или большем количестве рядов расположении.

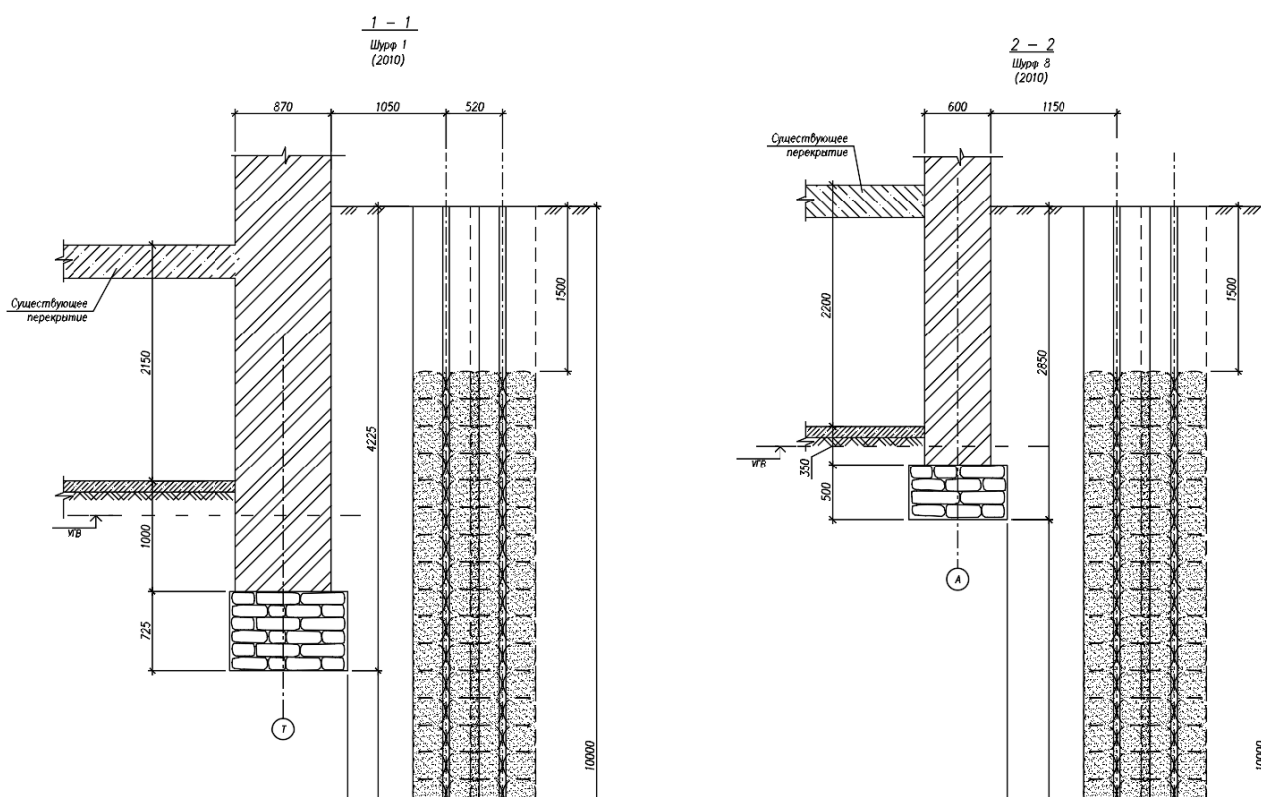


Рис. 15. Схема устройства противофильтрационных завес. Отметка нижнего конца грунтоцементной секущей сваи 10 м от уровня дневной поверхности

Было принято решение об устройстве двухрядного расположения цементногрунтовых свай вдоль трёх фасадов здания театра: вдоль набережной реки и двух примыкающих фасадов к нему (рис.15). В последствии, уровень грунтовых вод снизился до отметки глубже, чем уровень подошвы фундаментов, тем самым снизилось отрицательное влияние грунтовых вод на конструкции.

**Вывод.** Опыт проведенных работ на объектах показывает, что технология *Jet Grouting* находит обширное применение как метод в строительстве и позволяет решать ряд возможных геотехнических задач, как типовых, так и специфических, что отражено в исследовательских работах [1-5] и может быть использована для дальнейшего внедрения

в освоении подземного пространства. Также, в данной работе рассмотрено решение по использованию данной технологии для создания распорных конструкций при устройстве котлована под подземный паркинг с сохранением приспособляемых под гостиницу корпусов Павловских казарм, расположенных в г. Санкт-Петербург, являющиеся объектами культурного наследия, где оно удовлетворяет предельным показателям. Помимо этого, так же было рассмотрена технология применения *Jet Grouting* в качестве фильтрационной завесы при реконструкции здания российского государственного академического Большого драматического театра имени Г. А. Товстоногова, расположенного в г. Санкт-Петербург, являющиеся объектами культурного наследия, где оно удовлетворяет предельным показателям.

### Литература

1. Засорин М. С. Применение технологии струйной цементации грунтов при возникновении аварийных ситуаций в ходе строительства глубоких котлованов // Транспортное строительство. 2016. № 10 С. 4–10.
2. Волхов Е. М., Новоженин С. Ю. Оценка эффективности струйной цементации грунта как средства снижения вредного влияния проходки эскалаторных тоннелей // Горные науки и технологии. 2016. № 1. С. 67–73.
3. Маковецкий О. А., Серебренникова Д. К. Применение технологии струйной цементации грунта для повышения надежности основания земляных сооружений // УДК 624.138.232.1(470.53). 2013. С. 86-96.
4. Маковецкий О. А., Хусаинов И. И. Опыт применения струйной цементации для устройства подземных частей жилых комплексов // УДК 624.131. 2012. С. 171–177.
5. Маковецкий О. А., Зувев С. С. Усиление фундаментов строящегося здания сваями, выполняемыми по технологии струйной цементации грунта // Вестник ПНИУ. 2014. № 3. С. 253–259.
6. Стандарт организации «ИнжПроектСтрой» по применению свай, устраиваемых с использованием струйной технологии.

УДК 69.059.4

Анна Сергеевна Гончарова, магистрант  
(Воронежский государственный  
технический университет)  
E-mail: goncharova.a.s.2332@gmail.com

Anna Sergeevna Goncharova, undergraduate  
(Voronezh State  
Technical University)  
E-mail: goncharova.a.s.2332@gmail.com

## **ВИДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАЗРУШЕНИЕ НЕСУЩИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ, НА ПРИМЕРЕ БАЛОК ПЕРЕКРЫТИЯ И КОСОУРОВ ЛЕСТНИЧНЫХ МАРШЕЙ ЗДАНИЙ В Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ**

### **TYPES OF EXAMINATION AND FACTORS AFFECTING THE DESTRUCTION OF SENSING METAL STRUCTURES USING THE EXAMPLE OF FLOOR BEAMS AND STAIRCASES BEAMS OF A BUILDING IN ST. PETERBURG**

В данной статье рассмотрены виды обследования металлических конструкций с целью определения их технического состояния и своевременного диагностирования приближения аварийного состояния. Также рассмотрены факторы, влияющие на долговечность и эксплуатационную надежность металлических несущих конструкций.

*Ключевые слова:* конструкция, металлическая балка, аварийное состояние, деревянная конструкция, дефекты.

This article discusses the types of inspection of metal structures in order to determine their technical condition and timely diagnosis of the approaching emergency condition. The factors affecting the durability and operational reliability of metal supporting structures are also considered.

*Keywords:* construction, metal beam, emergency condition, wooden structure, defects.

В настоящее время строится огромное количество зданий и сооружений. Типы возведения этих зданий различны – с использованием металлического каркаса, монолитное строительство, железобетонное и другие. Но по-прежнему одной из главных и приоритетных задач современного строительства является сохранение существующих зданий, особенно объектов культурного наследия, которые имеют историческую, архитектурную и культурную ценность для всего мира.

По данным исследования большинство объектов культурного наследия жилищного фонда г. Санкт-Петербурга имеют жесткий каркас с несущими деревянными или металлическими балками перекрытия.

В дореволюционных зданиях несущие деревянные конструкции, как правило, изготавливались из высокого сорта древесины. Конечно, такие перекрытия более привередливы, им необходимо поддержание определённого уровня влажности, температуры и т. д., согласно [1]. Но в целом они достаточно надежны.

Промышленная революция, начавшаяся в начале XVIII века, привела к появлению металлопроизводства и металлостроительства. Сам по себе металл гораздо удобней в эксплуатации.

Но, как и у всего, у металлических и деревянных конструкций есть свой срок эксплуатации. Для деревянных конструкций, в большинстве своем, невозможно произве-



сти ремонтно-восстановительные работы, потому что аварийная зона, в основном, возникает в узлах опирания деревянных брусьев на стены, которую невозможно локально надежно устранить. Возможно усиление существующих деревянных конструкций металлическими пластинами, но этот вариант ремонта включает в себя дополнительные затраты на разгрузку конструкции перед производством работ. К тому же данный вариант не долговечен.



Рис. 1. Обрушение деревянной балки перекрытия вследствие гниения до 100% по сечению

С металлическими конструкциями ситуация состоит немного положительней. Срок службы металлического каркаса здания или его отдельных элементов существенно уменьшается, если не обеспечить правильную эксплуатацию зданий и сооружений. Чтобы этого не допустить необходимо своевременно проводить комплекс мероприятий, направленных на обследование металлических конструкций, выявление дефектов и нарушений таких конструкций, обращая внимание на всевозможные повреждения, трещины, скопления пыли, грязи и т. д.

Рассмотрим различные виды обследования.

1. Визуальное обследование, согласно [2]. При первичном визуальном обследовании происходит выявления дефектов и повреждений, являющихся следствием отступлений от требований свода правил при изготовлении, монтаже, транспортировании, хранении и неудовлетворительной эксплуатации конструкций.



Рис. 2. Визуальный прогиб балки. Обрушение надподвального перекрытия вследствие неудовлетворительной эксплуатации конструкции перекрытия в течение длительного времени

2. Инструментальное обследование. Наиболее распространённый метод инструментального обследования, согласно [3], для металлических конструкций является измерение толщины металла ультразвуковыми толщиномерами или классическим штангельциркулем ШЦ-1 по [4]. Ультразвуковые толщиномеры предназначены для измерения толщины изделий из конструкционных металлических сплавов, в том числе с корродированными поверхностями, при одностороннем доступе к ним. Ниже приведена таблица обследования металлической балки штангельциркулем ШЦ-1.

Замеры толщин металлических элементов надподвального перекрытия и перекрытия над подвесным двором здания по адресу: г. Санкт-Петербург, Басков пер., д.13-15, литера А, проводились с целью установления их реальных сечений и степени коррозионного износа, согласно [5].

Испытуемые конструкции:

- металлические прогоны и балки перекрытия над подвесным двором;
- металлические балки надподвального перекрытия здания.

Замеры производились в местах, по коррозионному состоянию наиболее характерных для элемента, и в очагах развития максимальной коррозии – по нижним полкам двутавровых элементов.

Коррозионный износ – это потери металла в результате коррозии, как в очагах коррозии, развивающихся в данное время, так и в очищенных и покрашенных очагах, процесс коррозирования металла в которых остановлен, но потери металла не восстановлены.

Дальше в статье при описании характера коррозионного износа вместо словосочетания «коррозионный износ» используется слово «коррозия».

Расчет произведен в целом для элемента, в очагах коррозии – для конкретного поперечного сечения. По результатам инструментальных измерений были определены средние и максимальные коррозионные потери металла отдельных элементов.

Средняя толщина коррозированного слоя металла в точке инструментального замера. Определяем по формуле:

$$S_{cp} = \frac{\sum(S_{nep} - S_{\phi})}{n},$$

где  $S_{np}$  – первоначальная толщина элемента, которая была замерена на участке, не поврежденном коррозией;  $S_{\phi}$  – фактическая толщина элемента, которая была замерена на участке, поврежденном коррозией;  $n$  – количество замеров.

Средние потери металла относительно проектной толщины определяются по формуле:

$$\Delta_{cp} = \frac{S_{cp}}{S_{np}} \cdot 100\%,$$

Максимальные потери относительно проектной величины определяются по формуле:

$$\Delta_{max} = \frac{S_{max}}{S_{np}} \cdot 100\%,$$

где  $S_{max}$  – максимальное значение, полученное при определении  $S_{cp}$ .

Количество замеров по каждому материалу или конструкции составляет по 6 на каждое место, что делает выборку по каждому материалу и конструкции репрезентативной. Разброс показаний измерений не превысил 20 %.

Результаты замеров толщинометрии металлических элементов представлены в табл. 1.

Таблица 1

№ обследования	Наименование элемента	Первоначальная толщина нижней полки элемента, мм	№ точки измерения	Фактическая толщина нижней полки элемента, мм	Средняя толщина корроз. слоя металла, мм	Потери металла относительно проектной толщины, %	
						средние	максимальные
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Балка перекрытия над подвесным двором Двугавр № 18	8,1	1	3,2	7,73	74,36	88,46
			2	2,5			
			3	1,2			
			4	2,7			
			5	2,9			
			6	3,5			
2	Балка перекрытия над подвесным двором Двугавр № 18	8,1	1	2,4	8,42	80,93	92,31
			2	2,8			
			3	1,8			
			4	0,9			
			5	0,8			
			6	3,2			



1	2	3	4	5	6	7	8
3	Прогон под балками перекрытия над подвесным двором Двутавр № 22	12,2	1 2 3 4 5 6	3,3 4,1 3,5 2,1 2,5 2,8	9,15	75,00	82,79
4	Балка надподвального перекрытия д. № 13 Двутавр № 26	8,5	1 2 3 4 5 6	4,5 5,1 5,6 4,8 6,2 5,7	8,78	62,29	68,09
5	Балка надподвального перекрытия д. № 13 Двутавр № 26	8,5	1 2 3 4 5 6	6,4 5,9 7,2 6,9 7,2 5,5	7,58	53,78	60,99
6	Балка надподвального перекрытия д. № 15 Двутавр № 20	8,4	1 2 3 4 5 6	7,2 6,5 6,4 5,9 7,5 6,6	4,62	40,86	47,79

3. Поверочные расчеты. Наряду с визуальным и визуально-инструментальным обследованием для установления аварийности конструкции обычно производят поверочные расчеты конструкции. При поверочных расчетах об аварийном состоянии конструкции судят по степени превышения расчетной нагрузки значения расчетной несущей способности конструкции с учетом выявленных в ней дефектов, согласно [6].

Для примера, поверочный расчет проведен для существующей конструкции надподвального перекрытия здания по адресу: г. Санкт-Петербург, пер. Баскова, д. 13–15. Перекрытие по металлическим балкам двутаврового сечения, балки соответствуют двутавру № 26 Германского сортамента [7]. Расчетный пролет балки  $L = 7060$  мм (в свету). Грузовая площадь – 1100 мм.

Сбор проектных нагрузок на  $1 \text{ м}^2$  на конструкцию перекрытия представлен в табл. 2.

Таблица 2

№ п/п	Вид нагрузки	Нормативная нагрузка, $q_n$ , кг/м <sup>2</sup>	Коэффициент надежности по нагрузке, $\gamma_f$	Расчётная нагрузка $q_p$ , кг/м <sup>2</sup>
1	Керамическая плитка, $t=10$ мм, $\rho = 2200$ кг/м <sup>3</sup>	22,0	1,3	28,6
2	Армированная цементно-песчаная стяжка, $t=60$ мм, $\rho = 2000$ кг/м <sup>3</sup>	120,0	1,1	132,0



№ п/п	Вид нагрузки	Нормативная нагрузка, $q_n$ , кг/м <sup>2</sup>	Коэффициент надежности по нагрузке, $\gamma_f$	Расчётная нагрузка $q_r$ , кг/м <sup>2</sup>
3	Тощий бетон, $t=100$ мм, $\rho = 1800$ кг/м <sup>3</sup>	180,0	1,1	198,0
4	Бетонное заполнение на кирпичном щебне, $t=160$ мм, $\rho = 2500$ кг/м <sup>3</sup>	400,0	1,1	440,0
5	<b>Суммарная постоянная нагрузка</b>	<b>722,0</b>	–	<b>798,6</b>
6	Полезная	400	1,2	480
7	От конструкций перегородок	50	1,3	65
8	<b>Итого от временных и постоянных нагрузок:</b>	<b>1172,0</b>	–	<b>1343,6</b>

Расчет на прочность (по первой группе предельных состояний):

$$q_{p.пост} = 1172,0 \text{ кг / м}^2 \cdot 1,1 \text{ м} = 1289 \text{ Т / м}$$

$$q = q_{p.пост} + q_{собст.век} = 1289,2 \text{ кг / м} + 41,9 / \text{м} = 1331,1 \text{ кг / м}$$

Максимальный изгибающий момент:

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{8} = \frac{1331,1 \text{ кг / м} \cdot (7,06 \text{ м})^2}{8} = 8293 \text{ кг} \cdot \text{м} = 829335,2 \text{ кг} \cdot \text{см}$$

Момент сопротивления:

$$W_{\text{треб}} = \frac{M_{\max}}{R_y} = \frac{829335,2 \text{ кг} \cdot \text{см}}{\frac{2100}{1,2} \text{ кг / см}^2} = 329,1 \text{ см}^3,$$

где  $R_y$  – расчетное сопротивление стали.  $R_y = 2100$  кгс/см<sup>2</sup> (210 МПа)

Согласно п. 8.4.4. [3] расчетные сопротивления  $R_y$  стали находят путем деления нормативных значений предела текучести  $R_{yn}$  на коэффициент надежности по материалу  $\gamma_m$ , который принимают для конструкций, изготовленных до 1932 г., и для сталей, у которых полученные при испытаниях значения предела текучести ниже 215 МПа, – 1,2.

$W_{\max}$  для двутавра № 26 = 442 см<sup>3</sup>

Следовательно,  $W_{\text{треб}} \leq W_{\max}$ ,

$$329,1 \text{ см}^3 \leq 442 \text{ см}^3$$

Определение прогиба (расчет по второй группе предельных состояний):

Максимальный прогиб:

$$f_{\max} = \frac{5ql^4}{384EI_z} = \frac{5 \cdot 13,31 \text{ кг / см} \cdot (706 \text{ см})^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \text{ кг / см}^2 \cdot 5740 \text{ см}^4} = 3,75 \text{ см},$$

где  $q$  - нагрузка выраженная в кг/см;  $l$  – длина пролета в см;  $E$  – модуль упругости, для стали  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа =  $2 \cdot 10^6$  кг/см<sup>2</sup>;  $I_z$  – момент инерции согласно сортаменту для выбранного швеллера,  $f_{доп.}$  (с помощью интерполяции) = 3,32 см.

Следовательно,  $f_{max} \leq f_{доп.}$

$$3,32 \text{ см} \leq 3,75 \text{ см}$$

Вывод: прочность элемента при действии изгибающего момента обеспечена ( $W_{треб} \leq W_{max}$ ,  $329,1 \text{ см}^3 \leq 442 \text{ см}^3$ ), но максимальный прогиб больше предельно допустимого ( $f_{max} \leq f_{доп.}$ ,  $3,32 \text{ см} \leq 3,75 \text{ см}$ ).

Расчет выполнен по существующим нагрузкам. Дальнейшая эксплуатация балки не возможна без проведения мероприятий по замене, согласно [6].

Далее рассмотрим главные факторы, которые влияют на эксплуатационную надежность и долговечность металлических конструкций.

Эксплуатационная надёжность – это свойство конструкции, элементов или здания в целом, при котором выполняются заданные функции, сохраняя эксплуатационные показатели на любом этапе использования.

Долговечность – способность конструкции, элементов и здания в целом, сохранять пригодность для использования на протяжении проектного срока службы при обеспечении необходимого технического обслуживания.

1. Важнее качества используемых материалов является подготовка металлической поверхности, то есть покрытие всех монтируемых металлических конструкций противокоррозионной защитой, согласно [8]. Естественно, данную процедуру следует проводить регулярно через определенный промежуток времени, чтобы металл не подвергался воздействию окружающей среды, будь она агрессивна или нет.



Рис. 3. На левом фото балки без противокоррозионной защиты.  
На правом фото балки покрыты противокоррозионной защитой

2. Влажность помещения. Она появляется в следующих случаях:

- увеличение уровня грунтовых вод, отсутствие гидроизоляции пола подвала и на обрезах фундамента ведут к затоплению подвалов и подвесных дворов. Затем химичес-

кие реакции металла с веществами окружающей среды вызывают коррозию. Данная причина появления аварийного состояния балок характерна соответственно для над-подвального перекрытия, перекрытия над техническими помещениями или над подвесными дворами.



Рис. 4. Сквозная коррозия металлического косоура, вследствие нахождения в зоне постоянной влажности (в период увеличения уровня грунтовых вод – в воде)

- у металлических балок межэтажного перекрытия аварийность в большинстве случаев возникает в «мокрых» зонах, то есть в зонах кухонь и санузлов. Это происходит из-за постоянных протечек инженерных сетей, из-за неправильной и ненормативной эксплуатации помещений, отсутствия должного вентилирования и отсутствия контроля и регулярного обследования несущих конструкций.



Рис. 5. Сквозная коррозия металлической балки межэтажного перекрытия в «мокрой» зоне, вследствие протечек инженерных сетей канализационной трубы в перекрытии



● влажность, а как следствие коррозия несущих конструкций чердачного перекрытия возникает в основном по причине протечек крыши, отсутствия герметичности швов в кровельном покрытии.



Рис. 6. Коррозия металлической балки чердачного перекрытия вследствие отсутствия гидроизоляции кровельного покрытия

Таким образом, для долговечности и эксплуатационной надежности зданий и сооружений необходимо ответственно относиться ко всем этапам существования объекта. При возведении здания или сооружения использовать качественные материалы, тщательно подготавливать, хранить и транспортировать металлические конструкции, так и после окончания строительства проводить регулярные обследования состояния несущих конструкций, для предотвращения аварийного состояния.

#### **Литература**

1. СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции.
2. ВСН 53-86(р) Правила оценки физического износа жилых зданий.
3. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
4. ГОСТ 166-89. Штангенциркули.
5. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
6. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия.
7. DIN 1025 – Стандартная спецификация для горячекатаных профилей.
8. ГОСТ 23118-2012. Конструкции стальные строительные. Общие технические условия.



**УДК 624.01**

*Владислав Вадимович Григорьев, студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: Zidanvlad@mail.ru*

*Vladislav Vadimovich Grigoriev, student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: Zidanvlad@mail.ru*

## **ВЕНТИЛИРУЕМЫЕ ФАСАДЫ**

### **VENTILATED FACADES**

В настоящее время перспективной технологией отделки зданий является устройство навесных вентилируемых фасадов. Навесные фасадные системы используются при строительстве административных, общественных и промышленных зданий. Данная технология имеет ряд преимуществ над другими, несмотря на все свои плюсы, эта технология требует очень тщательной проработки на всех этапах строительства.

В данной статье на основе двух примеров рассмотрены основные причины разрушения навесных вентилируемых фасадов, будут показаны их конструктивные решения, определено фактическое состояние конструкции, а также показаны основные рекомендации по их усилению конструкций, на основе описанных дефектов и повреждений в приведенных примерах

*Ключевые слова:* вентилируемые фасады, разрушение, обследование, причины, конструкция, повреждение.

Currently, a promising technology for finishing buildings is the device of hinged ventilated facades. Hinged facade systems are used in the construction of administrative, public and industrial buildings. This technology has a number of advantages over others, despite all its advantages, this technology requires very careful study at all stages of construction.

In this article, based on two examples, the main reasons for the destruction of hinged ventilated facades are considered, their design solutions will be shown, the actual state of the structure is determined, and the main recommendations for their strengthening of structures are shown, based on the described defects and damage in the given examples

*Keywords:* ventilated facade, destroy, examination, reason, construction, damage.

Как выяснили историки, строительство амбаров и конюшен в средневековой Норвегии велось по технологии, которая очень схожа с современными вентилируемыми фасадами. Стены обкладывали дополнительным дощатым слоем, в которой присутствовал зазор от основной несущей конструкции, также были предусмотрены вентиляционные отверстия по верхним и нижним краям для выхода лишней влаги. Основной причиной использования этой технологии являлся суровый климат Скандинавских стран.

Создание прочного и устойчивого к влаге защитного «экрана» для зданий принадлежит инженерам из Германии. С 1950-х гг. производились научные исследования, при помощи которых в дальнейшем и удалось создать конструктивные элементы вентилируемых фасадов и разработать технологию для устройства домов из кирпича и бетона. Сам термин произошел от немецкого языка *beluefteten Fassaden*, что в переводе означает «вентилируемый фасад».

Появление навесных вентилируемых фасадов в России произошло в конце 90-х годов прошлого века, многие дома в то время не соответствовали СНиП, использование навесных вентилируемых было оптимальным решением для выхода из данной ситуации, которая придавала зданию отличную теплоизоляцию при наименьших затратах.

Состав конструкции состоит из нескольких основных компонентов: слой облицовки, слой воздушного зазора, слой утеплителя, элементы крепления облицовки к каркасу, несущий каркас с соединительными частями, необходимые для надежного крепления анкера и кронштейны.

Главными функциями облицовочных материалов является защита утеплителя от климатических воздействий, например, дождь, снег, а также создание архитектурного облика здания. Основными облицовочными материалами являются: композитная панель, керамический гранит, натуральный гранит, металлические кассеты, алюминиевая панель

В качестве утеплителя допускается использование минеральной ваты. Применяется использование стекловаты в состав которой входит кварцевый песок, а также каменную вату, которая может быть изготовлена из горных пород, таких как доломит и базальт. Установка теплоизоляции осуществляется на саму стену, для предотвращения попадания на него влаги крепится пленка. Основными критериями выбора утеплителя является теплопроводность, плотность, гибкость, упругость и пожарная безопасность. Расчет необходимой толщины осуществляется по соответствующим нормам [1].

Алюминиевая система выполняет важную функцию в конструкции навесного вентилируемого фасада, она создает зазор между внешним слоем и утеплителем, которая образует специальную воздушную прослойку и обеспечивает вентиляцию.

Каркасная конструкция системы:

Крепежный блок

- Состоит из сочетания несущего и опорного узла.
- Функцией несущего узла является восприятие ветровых нагрузок, нагрузок от собственного веса элементов НФС и передает их на строительное основание, осуществляется это счет жесткого крепления с направляющей.

- Функцией опорного узла является восприятие ветровых нагрузок и передачу их на строительное основание, а также обеспечивает свободу термических деформаций направляющей.

Направляющая

- Обеспечивает передачу от нагрузок от элементов облицовки к опорному блоку.

Блок крепления облицовки

- Существуют различные типы крепежных элементов, основной причиной выбора является вид облицовочного материала и способ крепления. Например, заклепки, кляммеры, икли

Плюсы:

- Высокие теплоизоляционные и звукоизоляционные свойства.
- За счет соприкосновения уличного воздуха с более теплой поверхностью утеплителя происходит нагревание воздуха и постоянная циркуляция. Не образуется застой влаги и образование плесени внутри помещения.

- Отсутствие перегрева стен в летнее время, возможность применения облицовки в черных тонах.

- Защита от атмосферных осадков.

- Ремонтопригодность в случае частичного повреждения.

- Экономия затрат на отопление.

- Простая процедура демонтажа.

- Высокоэффективная защита от ударов молнии.

Основные недостатки:

- Требуется высокий уровень квалификации монтажников.
- Работы не требуют допуска в СРО (это приводит к большому количеству организаций, которые не имеют достаточного опыта в рассматриваемом виде работ, а также работников с низкой квалификацией.
- Несовершенство существующих конструктивных решений для обеспечения пожарной безопасности, а также отклонения от проектных решений, применение теплоизоляционных материалов, которые не прошли огневые испытания по соответствующим нормам [2].
- Расчет требуемого вентилируемого зазора.
- Пожаробезопасность

Был рассмотрен пример обследования навесного вентилируемого фасада по статье [3]. Представлена вентилируемая фасадная система «Сиал КМ». Эксплуатация данного объекта составляла 5 лет. За это время было регулярно подвергнуто атмосферным воздействиям, что привело к частичному отрыву облицовочных материалов и повреждению систем крепления.

Кронштейны крепятся к стене при помощи анкеров 10x100. На крепежных кронштейнах при помощи салазки установлены направляющие. К опорному кронштейну салазка крепится за счет двух заклепок. В пазах направляющей салазка прикреплена подвижно, предусмотрено для взаимного смещения по вертикали при температурном расширении. Направляющая крепится к несущему кронштейну при помощи 6 заклепок.

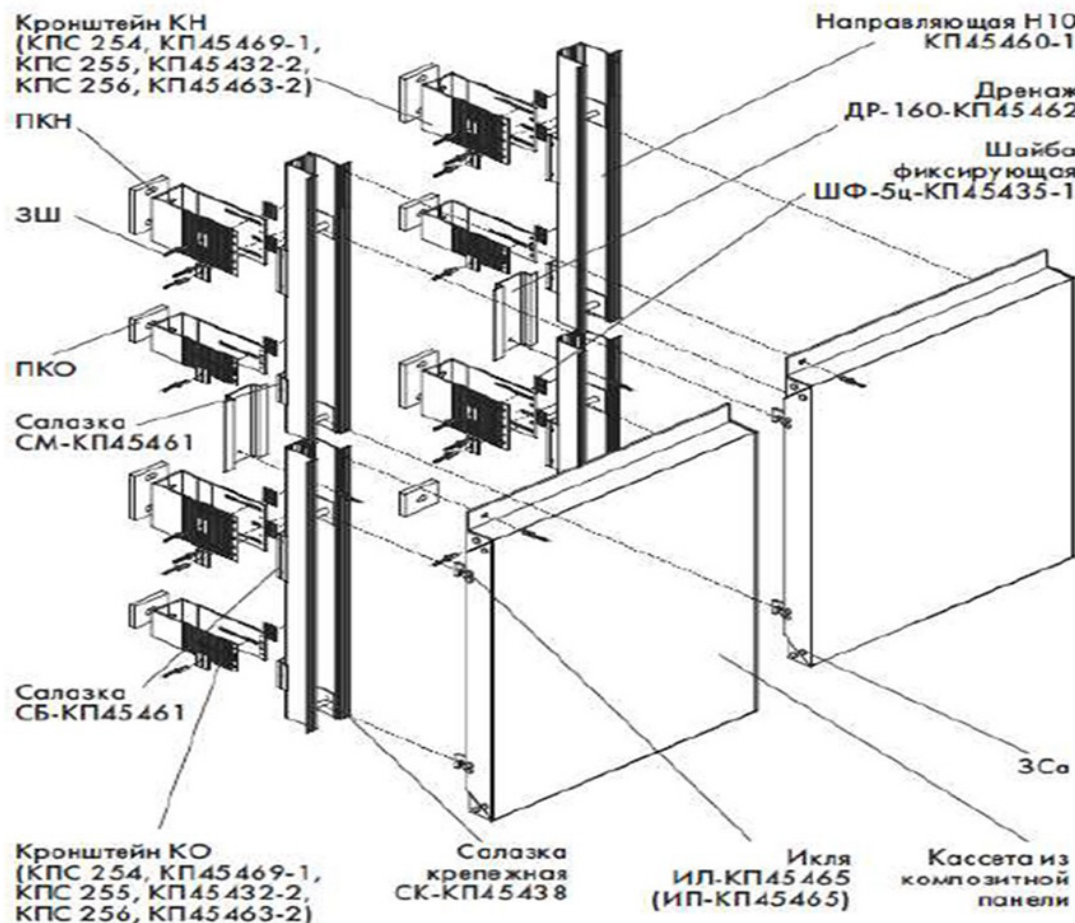


Рис. 1. Конструктивная схема

В пазы направляющей с внешней стороны устанавливается салазка со штифтом (рис. 2), в салазке со штифтом предусматривается установочный винт М5×16, основная его функция фиксация по вертикали. При помощи икли (крючок крепления) навешивается композитная панель. Икли располагаются на вертикальных ребрах композитной кассеты двумя заклепками.

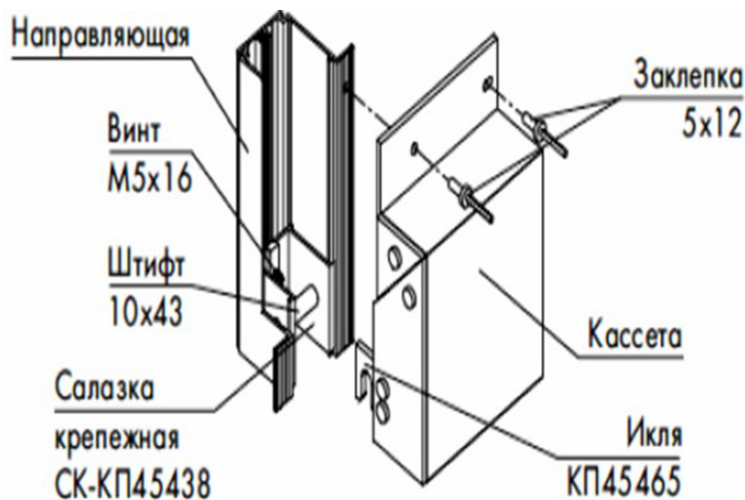


Рис. 2. Узел крепления направляющей и кассеты

Ошибки, допущенные при проектировании:

- Не было учтено отрицательное давление ветра с аэродинамическим коэффициентом  $s = -2$ , распределенное вдоль поверхностей на ширине 1,5 м.

- В расчете учтено, что на момент разработки проекта был актуален нормативный документ [4], в котором территория г. Новороссийска относилась к 5 району ветровых нагрузок, и нормативная нагрузка составляла 0,6 кН. Согласно современным требованиям данного нормативного документа г. Новороссийск относится к 6 району ветровых нагрузок, нормативная ветровая нагрузка составляет 0,73 кН.

Технологические ошибки:

- Длина и ширина композитных кассет во многих случаях не соответствует требованиям системы «Сиал КМ»

- При использовании кассеты шириной более 1000 мм. была предусмотрена специальная деталь – прищепка, которая была не установлена.

- Шаг иклей с учетом нормативных ветровых нагрузок данного района должен быть не более 500 мм., по факту расстояние между иклями составляло 800 мм.

Рекомендации по усилению конструкций вентилируемых фасадов.

- Изменение шага иклей.
- Изменение размеров облицовочных плит, в местах, где необходимо уменьшение ширины и длины кассет. В данные места следует установить дополнительные направляющие на крепежные кронштейны, согласно рекомендациям.

- Использование дополнительных прищепок, которые устанавливаются в горизонтальном стыке и не дают перемещаться кассетам.

- Дополнительные крепления саморезами

- Замена поврежденных элементов – кронштейнов и направляющих.



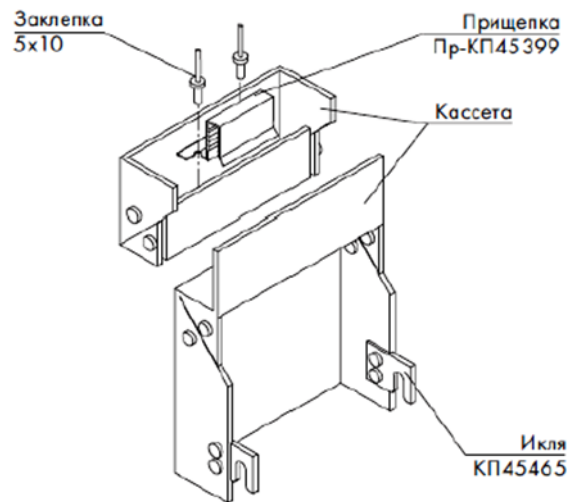


Рис. 3. Узел крепления кассеты и прищепки

Использование навесных вентилируемых является очень прогрессивным шагом в облицовке зданий, но требует очень качественного исполнения работ и на стадии проектирования, и на стадии монтажа. На примере научной статьи [5] рассматривается допущенная ошибка, совершенная при монтаже, произошло падение гранитной плиты весом 54 кг. с высоты равной 45 м. плита крепилась с помощью верхних и нижних штифтов (рис. 4) нижний кронштейн был изогнут, на верхнем были обнаружены следы клея.



Фото 5. Состояние нижнего опорного штифта.

Рис. 4. Место падения гранитной облицовочной плиты, состояние верхнего и нижнего штифта

#### Литература

1. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».
2. ГОСТ 31251-2003 «Конструкции строительные. Методы определения пожарной опасности».
3. Молотков Г. С., Подтёлков В. В. Основные причины разрушения конструктивных навесных вентилируемых фасадов «Силал КМ» и рекомендации по их устранению. 2015.
4. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия».
5. Ступаков А. А. Обследование и мониторинг вентилируемого фасада с облицовкой плитами из натурального гранита, 2005.

## УДК 693.55

Роман Владимирович Гусев, студент  
Михаил Андреевич Абрамов,  
канд. техн. наук, доцент  
(Ярославский государственный  
технический университет)  
E-mail: ro44.gus3v@yandex.ru,  
abramovma@ystu.ru

Roman Vladimirovich Gusev, student  
Mihail Andreevich Abramov,  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Yaroslavl State  
Technical University)  
E-mail: ro44.gus3v@yandex.ru,  
abramovma@ystu.ru

## УСКОРЕННОЕ ВОЗВЕДЕНИЕ МОНОЛИТНО-КАРКАСНЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

### ACCELERATED CONSTRUCTION OF A MULTI STOREY RESIDENTIAL BUILDINGS WITH MONOLITHIC FRAME

Проведен анализ литературы по данной тематике. Рассмотрены положительные стороны и ключевые проблемы данной технологии. Приведены основные направления совершенствования технологии монолитно-каркасного домостроения. Рассмотрены на конкретных примерах основные типы модифицирующих добавок для бетона с анализом их работы в нем. Проведены опытные испытания образцов из бетона, набиравшего прочность в воздушно-сухих и влажных условиях, с применением и без специальных пластифицирующих добавок-ускорителей твердения бетона. Приведены графики зависимости сопротивления бетона на сжатие от времени. По результатам испытаний бетона на сжатие и изгиб сделаны выводы относительно условий, в которых бетон набирал прочность и как модифицирующие добавки влияют на скорость набора прочности бетона.

*Ключевые слова:* монолитно-каркасная система, основные проблемы при возведении монолитно-каркасных зданий, ключевые направления оптимизации технологии, зимнее бетонирование, модифицирующие добавки, сокращение сроков набора прочности.

An analysis of the literature on this topic. The positive aspects and key problems of this technology are considered. The main directions of improving the technology of monolithic-frame housing construction are given. The main types of modifying additives for concrete with an analysis of their work in it are examined with specific examples. Experimental tests of samples made of concrete, gaining strength in air-dry and wet conditions, with and without special plasticizing additives, accelerators of concrete hardening, were carried out. The graphs of the dependence of concrete resistance to compression on time are given. Based on the results of concrete compression and bending tests, conclusions are drawn regarding the conditions under which concrete gained strength and how modifying additives affect the rate of concrete strength gain.

*Keywords:* monolithically-framework system, basic problems at erection of monolithically-framework building, key trends of optimization of technology, winter concreting, modifying additions, reduction of terms of set of durability.

### Актуальность работы

Согласно отчетам экспертов, во многих странах, в том числе в России, фиксируется увеличение количества возводимых монолитных железобетонных зданий. Таким образом монолитное строительство продолжает оставаться одним из трендов развития как гражданского, так и промышленного строительства [4].

Известно, что технология монолитного строительства была экономически обоснована еще западными инженерами, до прихода технологии в Россию. При этом учитываются не только затраты на стоимость бетона, арматуры и опалубки, но существенную часть

занимает стоимость работ и связанные затраты. Преимущество сборного и сборно-монолитного домостроения, заключающееся в скорости возведения объектов, часто сводится на нет некачественным выполнением стыков и узлов или сложностью их выполнения.

Преимуществами монолитного строительства являются:

- Возможность получения больших пространственных конструкций;
- Цельная конструкция дает равномерную минимальную усадку, а сама технология исключает образование трещин.
- Короткие сроки строительства и низкая капиталоемкость при грамотном планировании и рациональной организации работ.
- Возможность варьирования объемно-планировочных решений, создания свободных пространств и индивидуальных планировок

Возведение монолитных железобетонных конструкций – довольно трудоемкий процесс. Трудоемкость возведения 1 м<sup>3</sup> конструкции в среднем, составляет 8–12 чел-час, коэффициент зимнего удорожания в 2020 г.,  $K_{уд} = 1,15$  [5]

Таким образом, задачу совершенствования технологии возведения зданий из монолитного железобетона, стоящую перед научно-техническим комплексом, можно сформулировать как снижение трудоемкости выполнения работ при повышении интенсивности строительства объекта. При этом необходимо учитывать действующие требования к ресурсосбережению, в том числе минимизации строительных отходов, и охране окружающей среды.

Во время производства работ на открытых площадках внешние факторы – осадки, ветер, повышенные и пониженные температуры, темное время суток – повышают сложность производства работ. Особое внимание уделяется процессам зимнего бетонирования, в том числе из-за сопутствующих усложняющих факторов: образование наледи на опалубке, арматуре и средствах подмащивания, теплая одежда, стесняющая движение и ограничивающая обзор. Одним из возможных решений является применение ускорителей твердения бетона.

Производство работ в сложных условиях или при наличии одного из вышеперечисленных факторов повышает необходимость ужесточения строительного и технического надзора. В противном случае повышаются риски получения некачественной продукции с низкой прочностью, ровностью и пр.

С другой стороны, для повышения эффективности инвестиций в строительство, особенно при введении эскроу-счетов, возникает необходимость не только круглогодичного, но даже круглосуточного производства работ.

Появление современных средств операционного контроля прочности и других показателей бетона, применение эффективных средств механизации транспортных процессов (бетононасосы, автобетононасосы и автобетоносмесители), разработка удобных и оборачиваемых опалубочных систем позволяют говорить о возможностях реализации непрерывного производства монолитных работ. Также стоит отметить внедрение в практику строительства высокоподвижных и самоуплотняющихся бетонных смесей, современных методов зимнего прогрева бетона.

Обычно, средней скоростью возведения каркаса монолитного здания считается 4–5 этажей в месяц, что обуславливается длительными сроками набора бетоном марочной прочности. Однако, как показывает практика при грамотном планировании и высокой технологичности можно достичь результата в 8-9 этажей в месяц. Это позволяет

возвести монолитный каркас в летнее время, т.е. отпадает необходимость зимнего бетонирования. Достичь такой скорости не так просто, из возможных направлений, способствующих ее достижению выделяют следующие:

**1. Организационное**, которое заключается в рациональном подборе метода организации производства работ.

Так, например, поточный метод – метод, при котором разнотипные работы совмещаются во времени и в пространстве и нет параллельного выполнения однотипных работ, который подразумевает в себе специализацию бригад, позволяет:

1. Максимально механизировать труд;
2. Улучшить организацию строительства;
3. Повысить производительность труда.

Таким образом, поточное строительство – это такой способ организации производства, когда обеспечивается планомерный выпуск готовой строительной продукции на основе непрерывной и ритмичной работы бригад неизменного состава.

**2. Технологическое**, целью которого является повышение скорости производства работ.

Так, например, обеспечить быстрые сроки набора прочности возможно за счет применения бетонов высоких классов, отдельной термообработки бетона центральных и периферийных зон монолитных конструкций.

Применение современных бетононасосов значительно ускоряет процесс бетонирования.

Применение многоразовой быстроръемной опалубки и готовых, собранных на специальных стендах, арматурных каркасов, так же положительно сказывается на сроках.

**3. Материаловедческое**. Заключается в применении различного рода модифицирующих добавок.

Существующие ускорители набора прочности бетона можно разделить на три основные группы:

1) К первой группе относят модификаторы на основе **хлорида кальция**. Эти вещества имеют способность сильно ускорять процессы схватывания и твердения и обладают значительными антифризными свойствами. Технический хлорид кальция является добавкой, ускоряющей твердение бетона, при его заливке при низких температурах воздуха. Химическая формула кальциевой соли соляной кислоты выглядит так:  $CaCl_2$ . Действие данной добавки выражается в ускорении набора прочности и схватывания цемента в бетоне [6].

2) ко второй группе можно отнести модификаторы на основе натриевой соли. Так, например, применение суперпластификатора «Реламикс-М» обеспечивает увеличение прочностных характеристик бетона до 25 % и более, без увеличения расхода цемента. Благодаря его пластифицирующим свойствам увеличивается подвижность бетонных смесей без снижения прочности и долговечности бетона, что способствует сокращению времени на уплотнение бетонной смеси вибрированием, а в некоторых случаях при определенных конкретных условиях отказаться полностью от вибрирования [7].

3) к третьей группе можно отнести комплексные органические поликарбоксилатные суперпластификаторы.

Например, китайский суперпластификатор *DK-101* для приготовления бетонной смеси с высокой подвижностью, согласно литературных данных, обладает следующими преимуществами [8]:



1) высокая интенсивность водопонижения

2) Сохранение подвижности бетонной смеси: Подвижность бетона может быть увеличена от 70–90 мм до более 220 мм при неизменном содержании воды, это значительно, улучшает перекачиваемость бетонной смеси.

3) Долговечность: Благодаря низкому уровню хлора и щелочи в составе суперпластификатора риск усадки и растрескивания бетона в долгосрочной перспективе значительно снижается.

В рамках исследовательской работы нами были проведены испытания мелкозернистого бетона с В/Ц = 0,68, с применением добавки-ускорителя в количестве 1% от массы цемента и без неё. В первом опыте образцы во время набора прочности содержались в воздушно-сухих условиях, во втором – во влажных условиях.

Испытания образцов проводились на 2-е, 4-е, 8-е и 28-е сутки с момента бетонирования. Результаты испытаний приведены в табл. 1, 2 и рис. 1, 2.

Таблица 1

**Результаты испытаний бетона, твердеющего при воздушно-сухих условиях**

Время с момента затворения, сут.	Бетон без добавок		Бетон с применением добавки	
	$R_{изг}$ , МПа	$R_{сж}$ , МПа	$R_{изг}$ , МПа	$R_{сж}$ , МПа
1	2	3	4	5
2-е	2,10	2,46	2,27	2,55
4-е	2,25	5,02	2,58	4,52
8-е	2,99	5,70	3,66	8,13
28-е	4,40	6,90	5,30	9,10

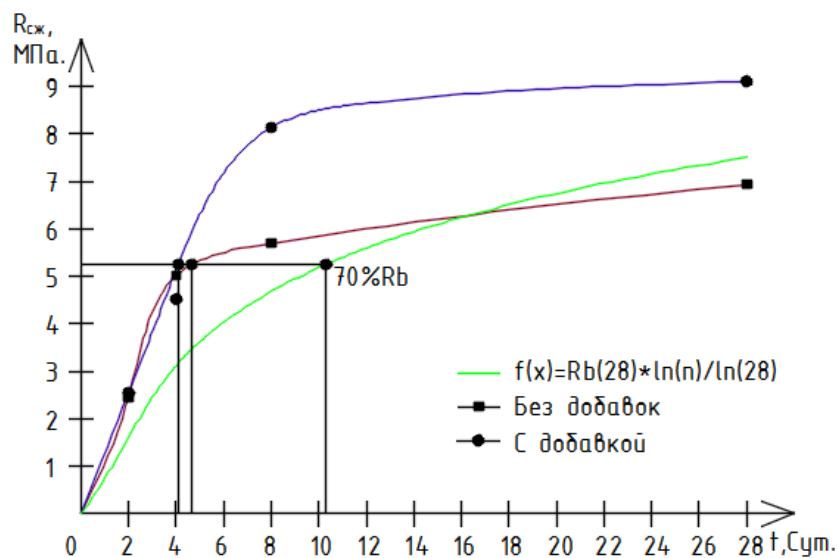


Рис. 1. Сопротивление сжатию образцов по результатам испытания

## Результаты испытаний бетона, твердеющего во влажных условиях

Время с момента затворения, сут.	Бетон без добавок		Бетон с применением добавки	
	$R_{изг}$ , МПа	$R_{сж}$ , МПа	$R_{изг}$ , МПа	$R_{сж}$ , МПа
1	2	3	4	5
2-е	4,02	3,93	2,96	6,83
4-е	3,18	7,90	4,44	11,00
8-е	4,14	8,59	4,96	15,30
28-е	4,03	11,40	5,73	15,40

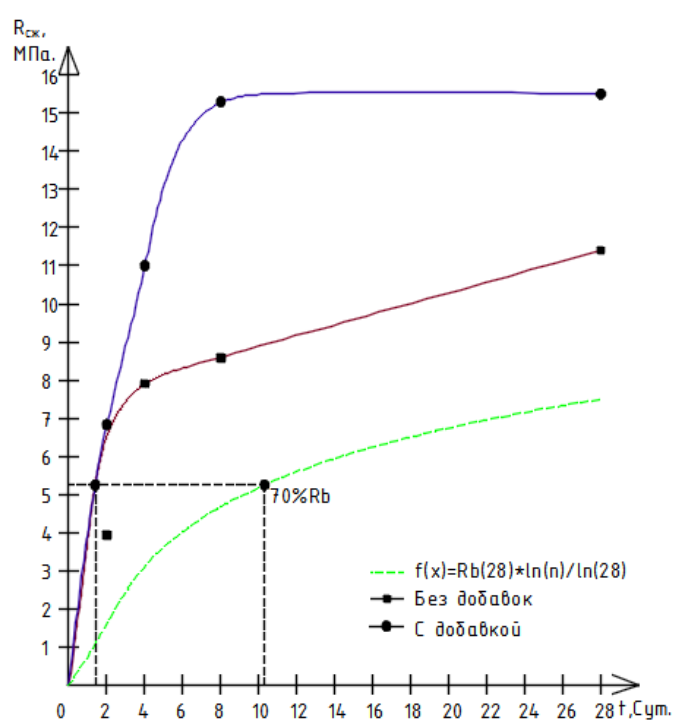


Рис. 2. Сопротивление сжатию образцов по результатам испытания

По результатам испытаний можно сделать следующие выводы:

- 1) 70 % марочной прочности бетон, находящийся во влажных условиях в отличии от бетона, содержащегося в воздушно-сухих условиях, набирает в 3 раза быстрее.
- 2) Прочностные характеристики бетона с применением добавок и бетона без добавок, содержащегося в воздушно-сухих условиях не отличаются на протяжении 4-х суток, но уже на 8-е сутки прочность увеличивается в 1,5 раза.
- 3) У бетона, набирающего прочность во влажных условиях, с добавкой сопротивление сжатию в сравнении с бетоном, содержащегося в таких же условиях, но без добавки уже на 4-е сутки превысило в 1,4 раза, а на 8-е – в 1,8 раза, далее, прочность бетона с применением добавки практически не меняется.

## Литература

1. Технология монолитного и приобъектного бетонирования / О. Е. Пантюхов, Т. В. Яшина – Гомель: БелГУТ, 2009.
2. Мазов Е. П. Технология возведения жилых домов из монолитного бетона/ Е. П. Мазов. – М.: ЦНИИПИ монолит, 1999.
3. Зиневич Л. В., Галумян А. В. Скоростное монолитное домостроение: условия достижения высоких темпов строительства и качества бетона получаемых конструкций // Бетон и железобетон. – 2009 г.
4. Мозгалёв К. М. Самоуплотняющиеся бетоны: возможности применения и свойства / К. М. Мозгалёв, С.Г. Головнев // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2011. – Вып. 4.
5. ГСН81-05-02-2007 Сборник сметных норм дополнительных затрат при производстве строительно-монтажных работ в зимнее время.
6. Информационный портал: Прогрев бетона в зимнее время [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://betonprogreiv.ru/>, свободный – (26.02.2020).
7. Главный сайт ООО Лобас [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lobas.su/>, свободный – (28.02.2020).
8. Компания МУНУ/Добавки для бетона/Суперпластификаторы на основе поликарбоксилата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://concreteadmix.ru/>, свободный – (26.02.2020).
9. СП63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.

## СУХАЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-КОНСТРУКТИВНАЯ СИСТЕМА КАРКАСНО-ПАНЕЛЬНОГО ЗДАНИЯ

### DRY SPACE-CONSTRUCTIVE SYSTEM OF FRAME-PANEL BUILDING

Существующие сухие строительные системы зданий из сборного железобетона не позволяют максимально уменьшить сроки строительства. В данной статье рассматривается разработанная «Сухая пространственно-конструктивная система каркасно-панельного здания», все элементы которой соединены между собой с помощью болтового соединения. Ввиду отсутствия сварки и бетонирования узлов при возведении наземной части уменьшается время и трудоемкость монтажа здания. Также система легко демонтируема, и все ее элементы можно использовать повторно. В статье подробно описаны все элементы рассматриваемой системы и порядок монтажа. Кроме того, определены плюсы предложенной системы и проблемы, которые необходимо решить для ее успешной реализации.

*Ключевые слова:* сухой монтаж, строительство зданий, болтовые соединения, сборное железобетонное здание, бессварочные соединения, сухие узлы сопряжения.

Existing dry building systems of precast concrete buildings do not allow to reduce the construction time as much as possible. This article discusses the developed «Dry spatial-structural system of a frame-panel building», all of whose elements are interconnected by bolts. Due to the absence of welding and concreting of nodes during the construction of the ground part, the time and labor intensity of building installation is reduced. Also, the system is easily dismantled and all its elements can be reused. The article describes in detail all the elements of the system in question and the installation procedure. In addition, the advantages of the proposed system and the problems that need to be solved for its successful implementation are identified.

*Keywords:* dry installation, construction of buildings, bolted connections, precast concrete building, non-welded connections, dry junctions.

При постоянном поиске новых решений по совершенствованию технологий в области сборного домостроения появляется все больше уникальных систем возведения зданий, позволяющих ускорить данный процесс. Часть систем основывается на уменьшении технологических процессов, а точнее на уменьшении сварки и омоноличивания в процессе монтажа. Однако в существующих системах полностью отказаться от бетонирования узлов сопряжения элементов не удастся, что не позволяет максимально сократить сроки строительства, ввиду ожидания набора прочности бетона в узлах [1–5, 10].

В данной статье предложена система, в которой при возведении наземной части здания отсутствуют сварочные работы, а мокрые процессы необходимы лишь после монтажа основной конструкции здания. Это достигается путем того, что все элементы системы соединяются с помощью болтового соединения. Система представляет собой каркасно-панельное здание с опиранием плит перекрытия на наружные панели и на стойки по внутренним рядам. Пример возможного планировочного решения данной системы изображен на рис. 1.



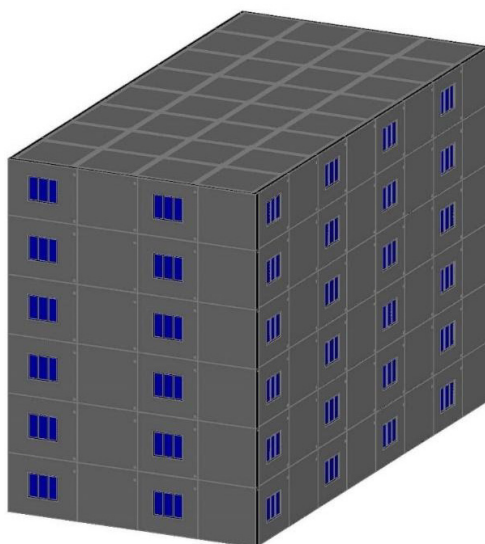


Рис. 1. Пример возможного планировочного решения пространственно-конструктивной системы каркасно-панельного здания

Все элементы системы, а именно ленточные и столбчатые фундаменты, колонны с поэтажной разрезкой, несущие стеновые панели и плиты перекрытия предложенной системы снабжены башмаками с отверстиями для присоединения элементов друг к другу посредством болтового соединения. Кроме этого колонны, фундаменты и стеновые панели имеют анкерные выпуски с резьбой для соединения с вышележащими элементами. Плиты перекрытия и стеновые панели находятся в металлической несъемной опалубке. Общий вид пространственно-конструктивной системы каркасно-панельного здания изображен на рис. 2.

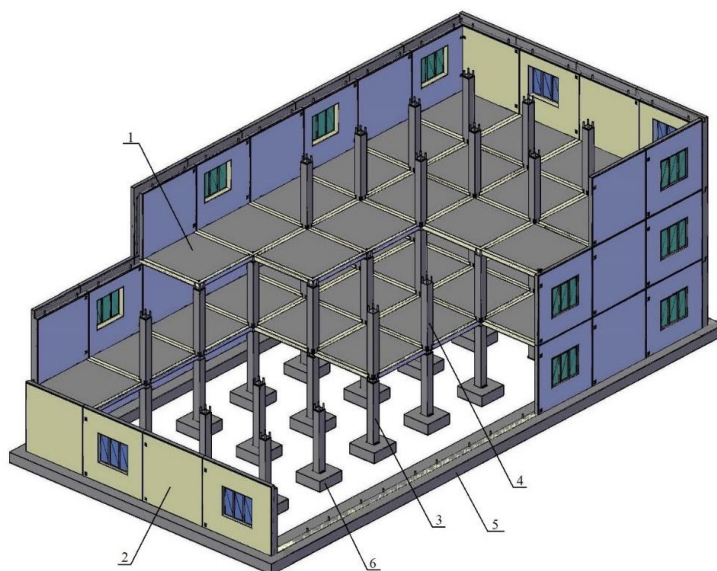


Рис. 2. Общий вид пространственно-конструктивной системы каркасно-панельного здания:  
 1 – плиты перекрытия, 2 – стеновые панели, 3 – колонны первого этажа,  
 4 – колонны вышерасположенных этажей, 5 – ленточные фундаменты под стеновые панели,  
 6 – столбчатые фундаменты под колонны

Далее элементы предложенной пространственно-конструктивной системы каркасно-панельного здания рассмотрены более подробно.

Фундамент здания выполнен в монолитном варианте. При изготовлении данного типа фундамента предложенной системы сначала устанавливается арматура и анкерные выпуски с помощью специально разработанного шаблона, затем устанавливается опалубка. Также в фундаменте необходимо предусмотреть заранее выверенную фрезерованную опорную плиту. После выверки расположения плиты в плане, под плиты подливают цементный раствор и после набора прочности бетона производят распалубку конструкции.

Несущие стеновые панели представляют собой сталежелезобетонный элемент, состоящий из металлической несъемной опалубки, залитой бетоном в заводских условиях. Рядовая стеновая панель изображена на рис. 3. Металлическая несъемная опалубка предназначена для частичного восприятия сжимающих усилий и плотного прилегания конструкций. Панели по краям имеют скосы, предназначенные для большей устойчивости панелей, восприятия ветровых нагрузок и ликвидации сквозной щели между улицей и внутренним пространством. На верхнем торце стеновой панели предусмотрены анкерные выпуски, для соединения с вышележащей стеновой панелью и плитой перекрытия. Также в стеновой панели имеются жестко соединенные с металлической несъемной опалубкой стальные башмаки под болты и анкерные выпуски. Имеется два вида стеновых башмаков. Башмаки первого вида находятся у нижнего торца стеновой панели и предназначены для вертикального соединения панелей и плиты перекрытия и присоединения стеновых панелей первого этажа к фундаменту. Данный вид башмаков имеет отверстия и ниши под концы анкерных выпусков нижерасположенной панели. Центральная ось башмаков данного вида должна находиться по центру тяжести панели, для предотвращения подъема части стеновой панели при затягивании болтов. Стеновые башмаки второго вида расположены в двух боковых скосах и предназначены для горизонтального соединения панелей между собой болтами. Башмаки представляют собой канал и выемку, которая предназначена для размещения концов болтов и накрученных на них гаек. Башмаки препятствуют смятию бетона, обеспечивают плотность соединения и воспринимают возникающие усилия.

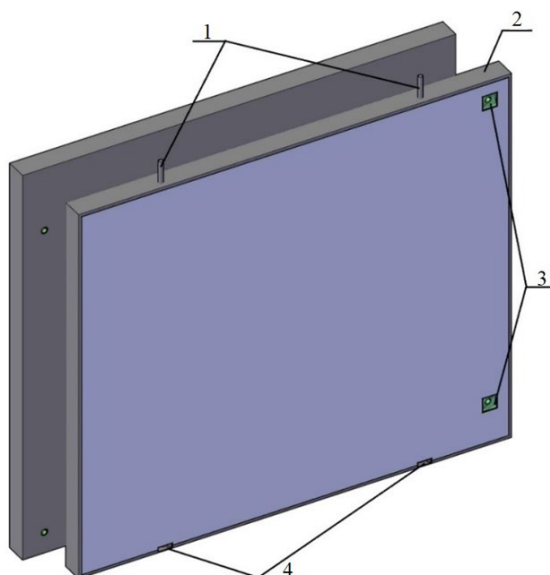


Рис. 3. Несущая рядовая стеновая панель:  
1 – анкерные выпуски, 2 – металлическая несъемная опалубка,  
3 – башмаки для горизонтального сопряжения,  
4 – башмаки для вертикального сопряжения

Арматура внутри стеновой панели приварена концами к стенкам опалубки. В данном варианте системы предусмотрено 15 видов стеновых панелей. В зависимости от их расположения в каркасе будущего здания, панели имеют разные размер и форму. Панели нижнего яруса не имеют нижнего скоса для обеспечения присоединения стеновой панели к фундаменту, панель последнего этажа, соответственно, не имеет верхнего скоса, а у угловых панелей отсутствует один из боковых скосов для горизонтального соединения между собой.

Изготовление панелей осуществляется с помощью стандартного поворотного стола. Ввиду использования несъемной металлической опалубки, бортоснастка при изготовлении панели не требуется.

Колонны пространственно-конструктивной системы подразделяются на два вида: колонны первого этажа (рис. 2.3(*b*)) и колонны вышерасположенных этажей (рис. 2.3(*a*)). Оба вида колонн имеют металлические башмаки у нижнего торца колонны и анкерные выпуски на верхнем торце, на котором предусмотрена опорная стальная пластина. Колонны, расположенные выше первого этажа, имеют кроме верхней опорной пластины нижнюю пластину с отверстиями под анкерные выпуски. К нижнему опорному фланцу сверху приварены башмаки с нишами, предназначенными для размещения концов анкерных выпусков. Колонны первого этажа отличаются тем, что башмак в нижней части колонны вынесен за сечение ствола колонны и представляет собой жестко закрепленную стальную пластину с отверстиями под анкерные выпуски и прикрепленную к этой пластине траверсу. Вынос башмака сделан для того, чтобы не уменьшать рабочее сечение у низа обреза самой нагруженной колонны. Предложенные башмаки колонн способны передавать высокое растягивающее усилие и изгибающий момент [6–9, 11]. При установке вышеописанных колонн дополнительная поддерживающая оснастка не требуется [7].

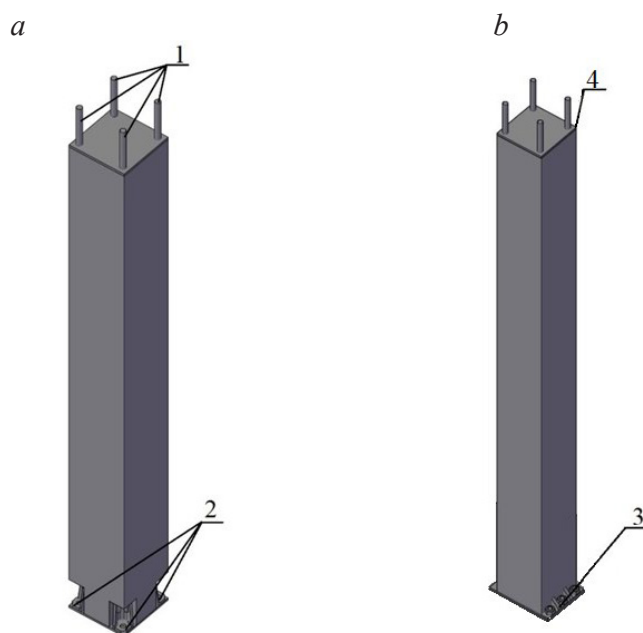


Рис. 4. Несущие железобетонные колонны квадратного сечения:

*a* – рядовая колонна, *b* – колонна нижнего этажа, 1 – анкерные выпуски, 2 – башмаки под анкерные выпуски, 3 – башмак под анкерные выпуски фундамента, 4 – металлическая пластина

Изображенные на рис. 5 плиты перекрытия и покрытия так же, как и стеновые панели, изготавливаются путем заливки в металлическую несъемную опалубку бетона и установки армированного каркаса. Плиты имеют отверстия для пропуска выпусков

колонн и стеновых панелей. Каждое отверстие представляет собой канал с заложенной стальной трубкой, препятствующей смятию бетона от болта. Ввиду различного положения плит в пространственно-конструктивной системе, отверстия в них расположены в разных местах, тем самым подразделяя плиты перекрытия и покрытия по виду расположения. Арматура так же, как и в стеновой панели, приварена концами к несъемной опалубке. Изготовление данной плиты перекрытия производится на столе для заливки.

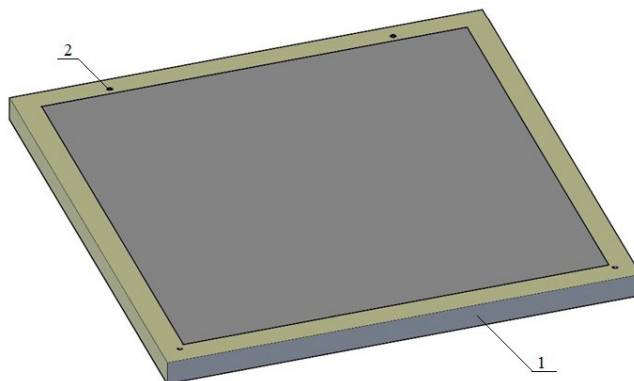


Рис. 5. Рядовая сталежелезобетонная плита перекрытия:

1 – металлическая несъемная опалубка плиты перекрытия, 2 – отверстия под анкерные выпуски

Монтаж данной системы начинается с установки колонн нижнего яруса на монолитные столбчатые фундаменты таким образом, чтобы в отверстия в башмаках колонн входили анкерные выпуски фундамента. После затяжки гаек на всех колоннах приступают к монтажу стеновых панелей первого этажа аналогичным образом. Далее монтируют лестничную клетку и плиты перекрытия. Плиты перекрытия укладываются таким образом, чтобы анкерные выпуски стеновых панелей и колонн проходили через отверстия в плитах. После того как уложены плиты перекрытия, приступают к монтажу колонн и стеновых панелей второго этажа таким образом, что анкерные выпуски в колоннах и стеновых панелей первого этажа входят в отверстия башмаков колонн и стеновых панелей соответственно. Узел соединения плит перекрытия с колоннами изображен на рис. 6. Узел сопряжения плиты перекрытия и стеновых панелей изображен на рис. 7.

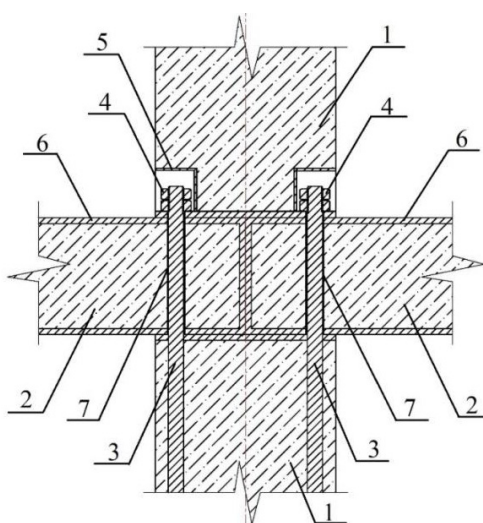


Рис. 6. Узел сопряжения плит перекрытия и колонн:

1 – колонна, 2 – плита перекрытия, 3 – анкерный выпуск колонны, 4 – гайка, 5 – башмак колонны, 6 – несъемная металлическая опалубка плиты перекрытия, 7 – башмак плиты перекрытия



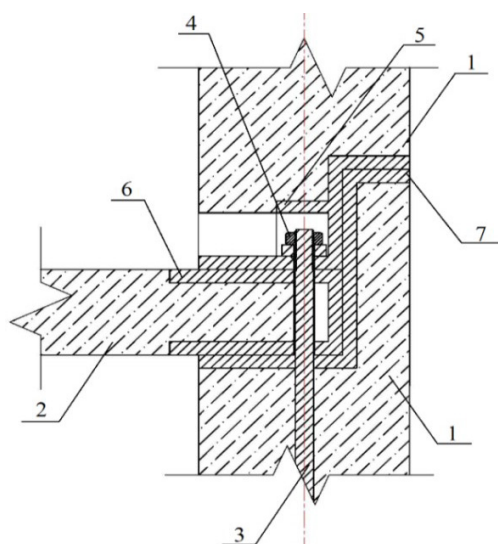


Рис. 7. Узел сопряжения стеновых панелей и плиты перекрытия:

1 – стеновая сталежелезобетонная панель, 2 – плита перекрытия, 3 – анкерный выпуск стеновой панели, 4 – гайка, 5 – стеновой башмак, 6 – несъемная металлическая опалубка плиты перекрытия, 7 – несъемная металлическая опалубка стеновой панели

После того как гайки на анкерных выпусках колонны или стеновой панели закручены с необходимым усилием, можно приступить к монтажу следующей колонны или стеновой панели. Процесс возведения вышерасположенных этажей производится по аналогичной технологии, приведенной выше.

По результатам анализа предложенной системы было выявлено, что трудозатраты, потраченные на возведения наземной части здания площадью 1500 м<sup>2</sup> при использовании «Сухой пространственно-конструктивной системы» уменьшились на 24 %, а продолжительность – вдвое по сравнению с использованием традиционного метода монтажа. Также был выявлен ряд преимуществ и недостатков предложенной технологии. Результат анализа сведен в таблице.

#### Преимущества и недостатки «Сухой пространственно-конструктивной системы каркасно-панельного здания»

Преимущества	Недостатки
Увеличение скорости возведения здания, уменьшении трудоемкости и затрат при строительстве	Увеличение трудоемкости на изготовление сборных элементов
Уменьшение брака за счет отсутствия человеческого фактора при проведении сварочных и монолитных работ на строительной площадке	Отсутствие руководящих принципов проектирования для предлагаемой устойчивой разборной системы сборного каркаса
Отсутствует необходимость в устройстве рабочего места бетонщика и сварщика	Отсутствие возможности свободной планировки
Упрощение осуществления реконструкции здания, ввиду легкости замены болтового элемента конструкции	Увеличение металлоемкости конструкции
Возможность повторного применения элементов конструкции	

Можно сделать вывод, что предлагаемая «Сухая пространственно-конструктивная система каркасно-панельного здания» имеет множество преимуществ по сравнению с существующими технологиями, однако имеется ряд недостатков, которые необходимо устранить для успешного внедрения и реализации данной системы в существующих реалиях строительной отрасли. После устранения недостатков данная система может быть реализована в малоэтажных и средних жилых, промышленных, общественных и коммерческих зданиях. Кроме того, предложенная система идеально подходит для временных сооружений, поскольку её легко демонтировать.

### Литература

1. Демичев Я. С. Классификация типов сухого сопряжения. Преимущества и недостатки технологии сухого монтажа // Колоквиум-журнал, № 2 (25), 2020. 250 с.
2. Зотеева Е. Э. Сборно-монолитные системы гражданских зданий: обобщение опыта строительства на примере г. Екатеринбурга // Молодой ученый № 32(166), 2017. с. 15–17
3. Зотеева Е. Э. Системы сборно-монолитных зданий: зарубежный опыт строительства // Аллея науки, 2017. с. 286–291
4. Мурзаков Н. В., Тасмурзин М. М., Уханов В. С. Сравнительный анализ основных сборно-монолитных каркасных систем // материалы Всероссийской научно-методической конференции. Оренбургский государственный университет, 2017. 857–861 с.
5. Небус З., Вяслев А. Ш. Обзор каркасных конструктивных систем // Избранные доклады 65-й Юбилейной университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых, 2019. 1119 с.
6. Aninthaneni P. K., Dhakal R. P. Conceptual development: low loss precast concrete frame buildings with steel connection // Auckland, New Zealand: New Zealand Society for Earthquake Engineering, 22 March 2014. Aninthaneni P.K., Dhakal R.P. Demountable Precast RC Frame Building System for Seismic Regions // Journal of Architectural Engineering 23(4), 2017.
7. Aninthaneni P. K., Dhakal R. P., Marshall J., Bothara J. Seismic performance of sub-assembly of a demountable precast concrete frame building // Sydney, Australia: Tenth Pacific Conference on Earthquake Engineering Building an Earthquake-Resilient Pacific, 6–9 November 2015
8. Fib (2003b): Seismic design of precast concrete building structures. State-of-the-art report, federation internationale de béton, Bulletin 27, 2003. 262 с.
9. Fib (2008b): Structural connections for precast concrete buildings. State-of-the-art report, federation internationale de béton, Bulletin 43, 2008. 370 с.
10. Koen van Dijk, Boedianto P., Kowalczyk A. State of the art deconstruction in the Netherlands // Overview of Deconstruction in Selected Countries, 2000. с. 95–143.
11. Selim Pul, Mehmet Şentürk. A bolted moment connection model for precast column-beam joint // Proceedings of the 2nd World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering, 2017. 129 с.

**УДК 699.865**

*Виктор Николаевич Денисов,*  
канд. техн. наук, доцент  
*Назар Юрьевич Шатков,* курсант  
(Военный институт (инженерно-технический)  
Военной академии материально-технического  
обеспечения имени генерала армии  
А. В. Хрулева)  
*E-mail: dvn.007@ mail.ru,*  
*tilsp@inbox.ru*

*Victor Nikolaevich Denisov,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
*Nazar Yurievich Shatkov,* cadet  
(Military Institute (Engineering)  
of the Military Academy of Material  
and Technical Support named after Army General  
A.V. Khrulev)  
*E-mail: dvn.007@ mail.ru,*  
*tilsp@inbox.ru*

## **УСТРОЙСТВО ТОНКИХ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НАРУЖНЫХ СТЕН ПРИ ТЕКУЩЕМ РЕМОНТЕ**

### **DEVICE OF THIN HEAT PROTECTIVE COATINGS EXTERIOR WALLS IN CURRENT REPAIR**

В статье рассмотрена технология текущего ремонта наружных стен зданий и сооружений военной инфраструктуры с нанесением тонких теплозащитных покрытий с применением наполнителей из микросфер или аэрогелей, позволяющих значительно повысить тепловую защиту наружных стен и снизить теплопотери в окружающую среду.

*Ключевые слова:* энергоэффективность, теплозащита наружных стен, тонкослойные (окрасочные) теплозащитные покрытия, микросферы, аэрогель, капитальный ремонт, текущий ремонт.

The article discusses the technology of the current repair of the external walls of buildings and structures of the military infrastructure with the application of thin heat-protective coatings using fillers from microspheres or airgels, which can significantly increase the thermal protection of the external walls and reduce heat loss to the environment.

*Keywords:* energy efficiency, thermal protection of external walls, thin-layer (paint) heat-protective coatings, microspheres, airgel, overhaul, current repair.

Экономное расходование энергетических ресурсов при эксплуатации существующих зданий и сооружений является актуальной задачей. Действующими нормативными документами предусмотрено значительное снижение потребления энергоносителей [1].

Здания и сооружения военной инфраструктуры не в полной мере соответствуют требованиям энергоэффективности. Большинство отапливаемых зданий, построенных до 2000 года, имеют теплопотери через ограждающие конструкции выше нормативных. Это связано не только с физическим износом, но и с фактором морального старения из-за несоответствия реализованных ранее проектных решений современным требованиям по энергоэффективности и энергосбережению [2].

Одним из наиболее простых и рациональных путей экономии тепловой энергии, необходимой для компенсации теплопередачи через ограждающие конструкции в наружную окружающую среду и нагревания поступающего в помещения наружного воздуха является их теплоизоляция. Теплоизоляцию наружных стен помимо основных конструктивных материалов обеспечивают применяемые теплоизоляционные материалы. Наиболее распространенными среди них являются минеральная и каменная вата – 77 %; пенополистирол – 21 %; пенополиуретан и другие материалы – 2 %.

Теплоизоляция может выполняться как снаружи, так и изнутри наружных стен зданий и сооружений. Утепление снаружи здания более эффективно, так как защищает стены от атмосферных воздействий, сдвигает точку росы во внешний теплоизоляционный слой и исключает отсыревание внутренней части стены, не уменьшает полезную площадь помещений, позволяет выполнять работы без прекращения эксплуатации помещений.

Утепление наружной поверхности стен выполняют с устройством «вентилируемого фасада» или «мокрого фасада» [3]. При устройстве «мокрого фасада» теплоизоляция из минераловатных полужестких плит прикрепляется к стене дюбелями с последующим ее декоративным тонкослойным оштукатуриванием по полимерной сетке (рис. 1, а).

Недостатками этого способа являются наличие мокрых процессов и опасность появления трещин в штукатурке при деформациях стены и увлажнение утеплителя с потерей изоляционных свойств, переувлажнение минераловатной теплоизоляции с значительным ухудшением теплозащитных свойств (ее теплопроводность возрастает на порядок и более). От влажной минеральной ваты влага проникает и в другие конструкционные материалы (бетон, кирпич), которые также теряют свои теплозащитные качества. Гарантийный срок эксплуатации минераловатной теплоизоляции не превышает 15 лет, что значительно меньше нормируемого срока эксплуатации без капитального ремонта.

Устройство «вентилируемого фасада» предусматривает крепление сборной теплоизоляции с помощью дюбелей к стене, а затем установку на некотором расстоянии от нее на кронштейнах каркаса, к которому крепят декоративные панели или плиты облицовки. Наличие вентиляруемого пространства обеспечивает удаление влаги из утеплителя, улучшение звукоизоляции (рис. 1, б).

Недостатками вентиляруемых фасадов является большая по сравнению с «мокрым фасадом» стоимость, нарушения пожаростойкости и вентиляции стен, намокание минераловатных плит при некачественном выполнении работ.

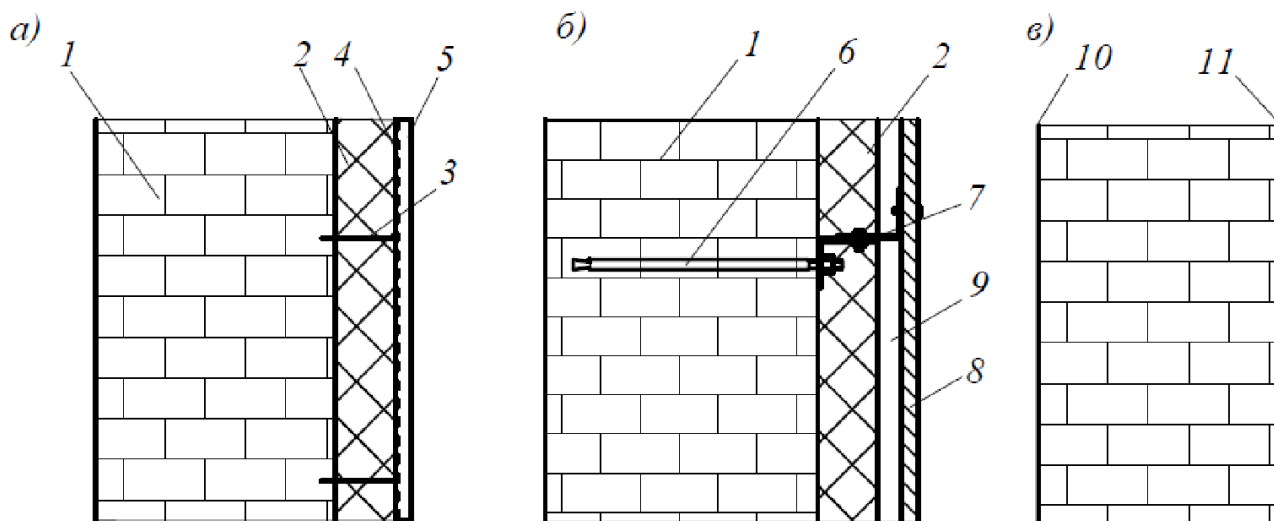


Рис. 1. Способы утепления стен зданий:

- а – «мокрым» способом; б – с устройством вентиляруемого фасада; в – с нанесением тонких теплоэффективных покрытий; 1 – стена; 2 – плитный утеплитель; 3 – тарельчатый дюбель; 4 – армирующая стеклосетка; 5 – декоративная штукатурка; 6 – анкер; 7 – кронштейн; 8 – облицовка; 9 – воздушный зазор; 10 – тонкослойное наружное покрытие; 11 – тонкослойное внутреннее покрытие



Оба способа утепления обеспечивают полное соответствие требованиям энергоэффективности, но реализуются только при капитальном ремонте или реконструкции фасадов зданий и сооружений после длительного периода эксплуатации. Современные технологии устройства тонких теплозащитных покрытий позволяют повысить энергоэффективность зданий и сооружений без капитального ремонта в ходе планового текущего ремонта.

Для этого используют теплозащитные окрасочные составы, инновационно отличающиеся по своим структуре, свойствам и принципу действия. Они представляют собой акриловое связующее и наполнитель из полых микросфер (стеклянных, керамических, силикатных) диаметром 10...80 мкм с концентрацией 30...60 % по объему. Микросферы могут быть газонаполненные (с воздухом), вакуумированные или с ячеистой микроструктурой, содержащей воздушные полости. В отличие от существующих теплоизоляционных материалов, препятствующих только конвективной теплопередаче с наружной поверхности стены в окружающее пространство, такие покрытия также эффективно отражают и инфракрасное излучение стены в атмосферу и на земную поверхность.

Эффективность снижения процесса теплопередачи такими покрытиями определяется не только их способностью отражать инфракрасное излучение, но и препятствовать теплопередаче из-за высокого термического сопротивления. Расчеты показывают, что с учетом этих факторов эффективность теплозащиты ограждающих конструкций может возрасти на 20 % и более [4]. Паропроницаемость у таких составов обеспечивает естественную вентиляцию стен. Покрытие бесшовное.

Другим перспективным направлением повышения теплозащиты стен является применение тонкослойных покрытий на основе аэрогелевых компонентов. Аэрогель представляет собой гель, в котором отсутствует жидкая фаза. По внешнему виду он похож на высохшую мыльную пену. Структура аэрогеля представляет собой каркас из объединенных в кластеры частиц (глинозёмов, диоксида кремния, оксидов хрома и олова) размером 2...5 нанометров и воздушных пор размерами до 80 нанометров. Плотность аэрогеля, состоящего из твердых частиц всего на 0,02 % по объему, всего в полтора раза больше плотности воздуха. Несмотря на это он обладает достаточной прочностью и низкой теплопроводностью.

Тонкие теплозащитные покрытия, обладая уникальными свойствами дополнительной теплозащиты, высокой адгезией с другими материалами одновременно являются и отделочным покрытием. Технология нанесения теплозащитных окрасочных составов включает подготовку поверхностей и послойное нанесение теплозащитных окрасочных составов.

Подготовка поверхности предусматривает ее очистку, огрунтовку, заполнение трещин и раковин, шпатлевку, шлифовку и обеспыливание поверхности. Очистку фасадов производят сверху вниз веерной струей воды под давлением 4...20 МПа, а при значительных загрязнениях – с применением специализированных очищающих средств. Для механизированной очистки и промывки поверхностей применяют гидроструйные аппараты высокого давления, обеспечивающие подмешивание в струю воды моющих средств при концентрации рабочего раствора 0,2...0,3 %. После очистки фасада вся поверхность обрабатывается гидрофобизатором, который наносится в 2...3 слоя с промежуточной естественной сушкой. Шпатлевку наносят за один раз толщиной не более 1...2 мм с помощью шпатлевочных агрегатов с выравниванием шпателями и гладилками. После

окончательного твердения неровности на поверхности шлифуют с помощью с помощью электрошлифовальных машинок и очищают от пыли промышленным пылесосом.

Нанесение теплозащитных окрасочных составов выполняют механизированно с помощью агрегатов безвоздушного распыления. В труднодоступных местах и на участках площадью до 100 м<sup>2</sup> состав наносят вручную с помощью валиков и кистей. При механизированном нанесении толщина слоя теплозащитного покрытия составляет 0,5...1 мм, при ручном нанесении 1...2 мм. Нанесение последующего слоя выполняют после высыхания предыдущего. Срок сушки не менее 24 часов. Количество слоев определяют в зависимости от проектируемой степени теплозащиты, но не менее двух.

Теплозащитными могут быть не только окрасочные, но и штукатурные и шпатлевочные составы. Применение нового поколения теплозащитных материалов и устройство с их помощью тонких теплозащитных покрытий значительно расширяет возможности повышения энергоэффективности эксплуатации существующих зданий и сооружений военной инфраструктуры.

### **Литература**

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М.: ФАУ ФСЦ, 2013. 100 с.

2. Юдина А. Ф., Евтюков С. А., Тилинин Ю. И. Развитие технологий жилищного строительства в Санкт-Петербурге/ Вестник гражданских инженеров. – 2019 – № 1 (72). – С. 110–119 СПб.: СПбГАСУ, 2019.

3. Бирюков А. Н., Шварц М. С., Денисов В. Н. Роль тепловой инерции в защите ограждающих конструкций от промерзания в сибирских регионах. Ежемесячный научно-технический и производственный журнал / г. Москва ООО «СДМ-Пресс», «Строительные и дорожные машины», 2016. № 10. С. 42-45.

4. Денисов В. Н., Бирюков А. Н., Добрышкин Е. О., Бирюков Ю. А., Гончаров Н. О., Шатков Н. Ю., Сябрук К. В., Кузнецов С. Н., Бгатов Р. С. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019665038 18.11.2019. Заявка № 2019663863 от 05.11.2019.

**УДК 69.059.25**

*Виктор Николаевич Денисов,*

канд. техн. наук, доцент

*Владимир Андреевич Александров,* курсант

Военный институт (инженерно-технический)

Военной академии материально-технического  
обеспечения имени А. В. Хрулева

*E-mail: dvn.007@mail.ru,*

*tilsp@inbox.ru*

*Victor Nikolaevich Denisov,*

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

*Vladimir Andreevich Aleksandrov,* cadet

(Military Institute (Engineering) of the Military

Academy of Material and Technical Support named  
after Army General A. V. Khrulev)

*E-mail: dvn.007@mail.ru,*

*tilsp@inbox.ru*

## **ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА РУЛОННЫХ КРОВЕЛЬ**

### **TECHNOLOGY OF CURRENT REPAIR OF ROLLED ROOFS**

Рассмотрены способы непредвиденного и планового текущего ремонта рулонных кровель, позволяющих обеспечить бесперебойную эксплуатацию зданий и сооружений без постановки их на капитальный ремонт.

*Ключевые слова:* рулонная кровля, малозначительные и значительные дефекты, текущий непредвиденный ремонт, текущий плановый ремонт.

The article discusses methods of unforeseen and planned maintenance of rolled roofs, which ensure uninterrupted operation of buildings and structures without setting them up for major repairs.

*Keywords:* roll roofing, minor and significant defects, current unforeseen repairs, current scheduled repairs.

Рулонные кровельные покрытия зданий и сооружений должны быть долговечными, водонепроницаемыми, морозостойкими, ветроустойчивыми, пожаробезопасными, надежными в эксплуатации и ремонтпригодными. В процессе эксплуатации из-за физического износа материала кровель под воздействием природно-климатических факторов, несовершенства конструктивных решений, нарушения нормативных требований при проектировании, устройстве и эксплуатации возникают малозначительные и значительные дефекты. Не дожидаясь их последующего развития, необходимо устранять их в ходе текущего ремонта – непредвиденного и планового.

Непредвиденный ремонт по устранению малозначительных повреждений можно выполнить силами штатных специалистов силами эксплуатационной службы. При этом устраняют повреждения защитного слоя, разрывы, трещины, вздутия, расслоения между полотнищами и основанием.

Плановый текущий ремонт рулонной кровли по устранению значительных дефектов могут эффективно выполнить только специализированные организации в заранее запланированные сроки. Способы такого ремонта можно разделить на следующие виды: восстановление существующего покрытия; устройство дополнительного слоя поверх существующего покрытия (рис. 1).

При ремонте рулонных кровель на практике применяется несколько десятков различных способов. Эффективность применяемых способов ремонта рулонных кровель можно оценить по параметрам экономичности, надежности, безопасности и экологичности. От их правильного выбора напрямую зависят последующие эксплуатационные расходы на поддержание кровли в исправном состоянии [1].

Способы ремонта рулонных кровель	
<i>Непредвиденный текущий ремонт</i>	<i>Плановый текущий ремонт</i>
Восстановление защитного слоя кровли	Восстановление существующего покрытия
Установка заплат	Устройство дополнительного рулонного слоя
Герметизация швов и трещин	Устройство дополнительного слоя мастики
Ремонт мест примыканий и установки водоприемных воронок	Устройство слоя ТПО или ПВХ мембраны

Рис. 1. Способы текущего ремонта рулонных кровель

Восстановление защитного слоя кровли выполняют нанесением слоя горячей битумной, холодной полимербитумной мастики или битумной эмульсии с посыпкой сухим крупнозернистым песком или мелким гравием. Предварительно поверхность очищают от мусора и пыли. Нанесение мастики осуществляют механизированным способом с помощью распылителя, а на площади менее 200 м<sup>2</sup> вручную щетками и валиками.

Установку заплат выполняют в случае отслоения рулонного ковра, образования воздушных и водяных пузырей, пробоин и разрывов. Ремонт традиционным способом выполняют в следующем порядке: очистка участка отслоения кровельного покрытия от посыпки, грязи и пыли; крестообразный разрез вздутия; отворот разрезанных участков на четыре стороны; очистка и сушка основания, нанесение мастики и приклейка нижней заплаты по размеру участка расслоения с прижатием к основанию; нанесение мастики и приклейка разрезанных участков; наклейка верхней заплаты на 100 мм превышающей размеры дефектного участка с прижатием к основанию. Для наклейки используют горячую или холодную битумную мастику.

Герметизацию швов и трещин, ремонт мест примыканий и установки водоприемных воронок выполняют после расчистки и высушивания основания с помощью холодной полимербитумной мастики или битумной эмульсии.

Плановый текущий ремонт кровель с физическим износом до 50 % выполняют специализированные организации, имеющие необходимое оборудование и специалистов. Выполняется регенерация существующего слоя или устройство дополнительного слоя кровельного покрытия.

Наиболее экономичным способом ремонта является регенерация существующего покрытия путем его разогрева с помощью гибких поверхностных электронагревателей или специальных конвективных камер с инфракрасными излучателями [2]. При разогреве существующего покрытия выше 160 °С битум между слоями кровли расплавляется и заполняет имеющиеся внутренние пустоты и трещины, впитывается в основной материал. При этом кровельное покрытие регенерируется и снова становится сплошным и водонепроницаемым. Для улучшения адгезии между слоями покрытие уплотняют ручным катком (рис. 2).

Вздутие участков покрытий устраняют методом регенерации без его разрезки и постановки заплат. Для этого специальным шприцем протыкают покрытие в месте вздутия



и откачивают воду, затем заполняют влажное место вздутия холодной битумной эмульсией, выполняют разогрев до температуры 160 °С и уплотнение ручным катком.

Применение метода регенерации позволяет восстановить водонепроницаемость существующего покрытия, уменьшить затраты труда на ремонт кровель в среднем в три раза, уменьшить или даже исключить потребность в новых материалах.

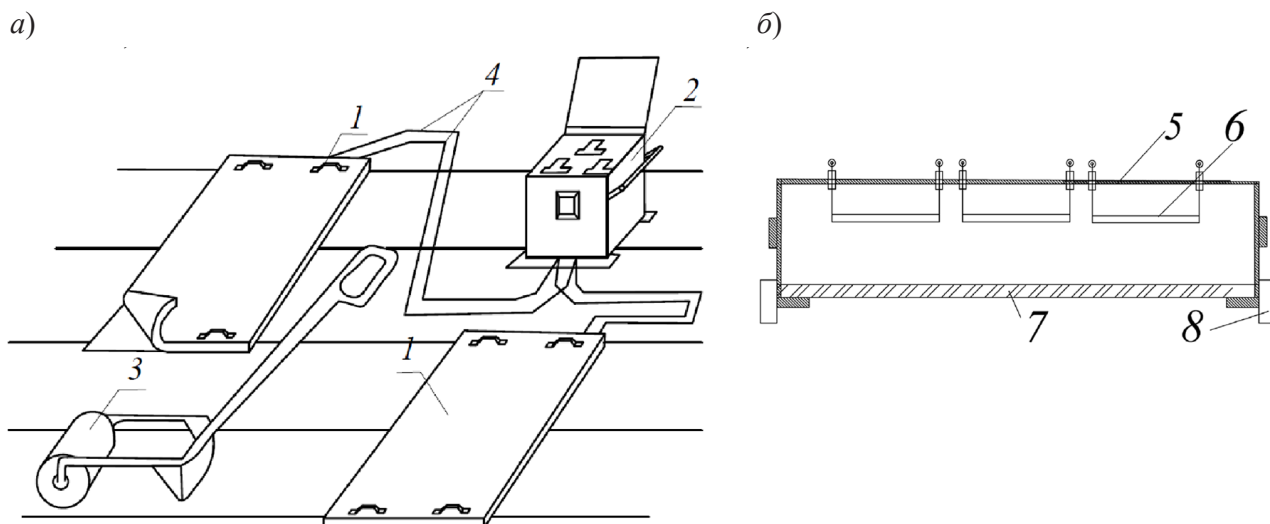


Рис. 2. Общий вид оборудования для регенерации рулонной кровли:

- а* – комплект с термоактивными матами; *б* – конвективная камера;
- 1 – гибкий поверхностный электронагреватель;
- 2 – трансформатор понижающий (разделительный);
- 3 – прикаточное устройство; 4 – электропровода соединительные;
- 5 – корпус; 6 – инфракрасные излучатели; 7 – термостойкое стекло; 8 – колеса

Устройство дополнительного слоя, поверх существующего выполняют в случае образования большого количества мелких пузырей, дефектов и повреждений. Используют наплавляемые рулонные материалы, мастику, мембранные рулонные материалы.

Рулонный материал с наплавленным битумным слоем наклеивают на предварительно оштукатуренное основание путем расплавления с помощью газовой горелки. Битумный слой расплавляют до температуры 160 °С одновременно с раскаткой рулона, добиваясь образования равномерного по всей ширине рулона валика. После приклейки производится прижатие полотна к основанию гребком или прикатка полотна катком. Материалы верхнего слоя с наплавленным слоем мастики приклеивают путем ее расплавления.

Текущий ремонт рулонной кровли мастичными материалами выполняют с применением холодных битумных, полимербитумных и полимерных составов, в том числе: полимербитумных мастик на летучих растворителях, битумно-латексного материала (жидкой резины); битумной водорастворимой эмульсии; полиуретановых, полиакриловых, хлорсульфополиэтиленовых полимеров, полимочевины.

Современные технологии придают кровельным мастикам новые свойства. Доказало свою эффективность применение холодной битумной эмульсии, которая состоит из взвеси мелких частиц битума и минеральных наполнителей в воде. Такая смесь легко наносится даже на влажную поверхность. После испарения воды формируется бесшовный водонепроницаемый слой.

Нанесение битумной эмульсии выполняют после обеспыливания поверхности, влажность которой может составлять до 15 %. Нанесение эмульсии выполняют механизированно растворомасосом, а на участках до 5 м<sup>2</sup> вручную шпателями. Ремонт выполняют в следующем порядке: подготавливают поверхность; наносят грунтовочный слой из разбавленной водой в соотношении 1:1 холодной битумной эмульсии; наносят первый слой эмульсии (1 мм) кистью или распылителем; укладывают стеклосетку с ячейкой 3...4 мм по всей площади с втапливанием в слой мастики; наносят второй слой эмульсии кистью или распылителем; наносят кровельную посыпку.

Преимуществами такого способа ремонта является отсутствие огневых работ, возможность выполнения работ по влажной поверхности, простота и невысокая трудоемкость механизированного или ручного нанесения. Долговечность такого покрытия составляет 10 лет. Этого достаточно до планового капитального ремонта. Расход мастики составляет 4,0...8,0 кг/м<sup>2</sup>.

Еще одним направлением текущего ремонта рулонных кровельных покрытий является укладка полимерной мембраны на существующее рулонное покрытие. Полимерные мембраны отличаются высокой эластичностью, стойкостью к атмосферным и климатическим воздействиям в широком диапазоне температур, высоким сопротивлением к проколам.

В отличие от наплавляемых рулонных материалов кровельные мембраны укрывают значительно большие площади и имеют гораздо меньше швов. Ширина полотнищ составляет 2...5 м, а длина 20...40 м. Кровельные мембраны изготавливают на основе этиленпропиленового каучука, поливинилхлоридов и термопластичных полиолефинов [3]. Наибольшее распространение имеют поливинилхлоридные мембраны.

Перед укладкой мембраны выполняют сушку подкровельного пространства горячим воздухом с помощью тепловентиляторов или ранее рассмотренным способом регенерации. Перед укладкой мембран на основе этиленпропиленового каучука и поливинилхлоридов на основание расстилают промежуточный слой из геотекстиля. Укладку таких мембран на пенополистирольный утеплитель выполняется с устройством разделительного слоя из стеклохолста. Разделительные слои препятствуют взаимодействию материала мембран с битумом, что может существенно ухудшить эластичность и повысить хрупкость покрытия при длительной эксплуатации.

Полимерные мембраны закрепляют к основанию дюбелями, приклеивают или прижимают сверху балластным слоем. Швы между полотнищами сваривают горячим воздухом с помощью сварочных устройств. Трудоемкость укладки мембранного покрытия на 50 % меньше, чем наплавление слоя полимербитумного рулонного материала.

Эффективные способы текущего ремонта рулонных кровель позволяют обеспечить их бесперебойную эксплуатацию без постановки на капитальный ремонт.

#### **Литература**

1. Юдина А. Ф., Тилинин Ю. И. Выбор критериев сравнительной оценки технологий жилищного домостроения // «Architecture and Engineering» (ISSN: 2500-0055) – 2019 – № 1 – С. 47–52, СПб.: СПбГАСУ, 2019.
2. Пат. № 174737, Устройство для ремонта кровель / Шварц М. С., Денисов В. Н., Бирюков Ю. А., Щемелинин А. С., Бирюков Д. В., Сачук Н. А. – №2017119933; Заявл. 06.06.2017; опубл. 31.10.2017, Бюл № 31 – 11 с.: ил.
3. СП 71.13330.2017. Изоляционные и отделочные покрытия. Актуализированная редакция СНиП 3.04.0-87 М.: ФГУП Стандартинформ, 2016. 85 с.

УДК 624.05

Ютта Леонидовна Дик, магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: yutta.dyck@gmail.com

Dyck Yutta Leonidovna, undergraduate  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: yutta.dyck@gmail.com

## ВОЗМОЖНОСТИ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

### BIM TECHNOLOGY OPPORTUNITIES IN METHOD STATEMENT DEVELOPMENT

В статье обобщены теоретические знания и практический опыт применения *BIM* (Building Information Modelling – информационное моделирование зданий) технологий в процессе организации строительного производства.

В частности, рассмотрено применение *4D BIM*-технологий при разработке проекта производства работ с целью облегчить процесс его разработки, повысить качество, сократить сроки, а также обеспечить раннее выявление конфликтных ситуаций, уменьшить риски и минимизировать проектные изменения в процессе строительства.

Обозначены преимущества применения *BIM*-технологий по сравнению с использованием существующей методики разработки проекта производства работ. Вместе с тем перечислены ограничения в применении *BIM* технологий.

*Ключевые слова:* *BIM* технологии, ППР, *4D*-моделирование, организация строительства, автоматизация проектирования, уменьшение рисков.

The article summarizes the theoretical knowledge and practical experience of applying *BIM* (Building Information Modeling) in the process of construction planning.

In particular, the article considers the application of *4D BIM* technologies in method statement development with the aim of facilitating its development process, improving quality, shortening preparation time, as well as ensuring early detection of conflict situations, minimizing design changes in the construction process and reducing risks

Also, there are indicated the advantages of *BIM* technologies using in comparison with the existing methodology of method statement development. At the same time the article lists restrictions in *BIM* technologies using.

*Keywords:* *BIM* technologies, method statement, *4D* modelling, construction planning, design automation, risk reduction.

Разработка проекта производства работ (далее – ППР) – процесс трудоемкий, выполняется специалистами высокой квалификации.

ППР в строительстве – это регламент, по которому координируется процесс выполнения строительно-монтажных работ. Документ составляется согласно своду правил СП 48.13330.2011. Определенные в нем методы проведения работ должны соответствовать технологическим нормам, требованиям к качеству, стандартам экологической и трудовой безопасности.

Грамотно составленный проект производства работ помогает избежать неоправданных финансовых затрат и несчастных случаев на объекте. Однако существующая методика разработки ППР предполагает наличие следующих возможных недочетов [1]:

- возможность отобразить ограниченное количество примечаний и указаний: указания собраны в одном месте, что дает с одной стороны избыток, с другой стороны неполноту информации;

- нормы времени не поспевают за технологиями производства работ, что усложняет календарное планирование и распределение средств;
- сложность внесения изменений в ППР, требуется пересмотр и индексация всей документации;
- отсутствует вариантность проектирования;
- отсутствие возможности разработки ППР до получения проектно-сметная документация в полном объеме;
- применение шаблонов, не соответствующих реальному проекту;
- наличие неисправленных коллизий;
- отсутствие возможности вести оперативный журнал проекта, сложности с подсчетами выполненных работ;
- человеческий фактор при формировании логистики;
- погрешности в расчетах трудоемкости;
- неучтенные препятствия при подборе крана;
- не производится достаточная оценка и анализ рисков;
- хаотичность подачи материала;
- несоответствие нормативным документам или использование недействующих стандартов;

Облегчить разработку ППР, повысить его качество и сократить сроки разработки можно путем применения информационного моделирования – *ВМ* технологий. Так как главная задача строительства – возведение объекта, то есть последовательное наращивание его объема, основным назначением технологии информационного моделирования является организация и планирование этого процесса.

На данный момент внедрение технологий информационного моделирования предлагается как вспомогательный элемент проекта производства работ, но в перспективе, учитывая программу правительства РФ о внедрении информационного моделирования, прогнозируется обязательная разработка информационной модели подрядчиком для моделирования организационно-технологических решений.

Однако для наибольшей эффективности разработка ППР должна быть полностью интегрирована в информационную модель, т.к. автоматизация разработки ППР является частью общей задачи управления инвестиционно-строительным проектом в целом и частью задачи автоматизации разработки документации.

Во многих странах мира (США, Великобритания и др.) в строительной отрасли успешно внедрены технологии информационного моделирования. Масштаб внедрения *ВМ*-технологий в первую очередь объясняется выгодой от применения данной технологии на различных этапах и уровнях реализации проекта, как на уровне отдельного предприятия, отрасли, так и государства в целом, что не исключает необходимость исследования и освоения опыта зарубежных стран в этой области [2].

Технология информационного моделирования подразумевает наличие единой информационной модели объекта, которая состоит из интеллектуальных объектов и параметрических взаимосвязей, включает в себя информацию о всех его параметрах. Это информация об объемно-планировочных и конструктивных решениях, о работах и материалах, о ресурсах и т. д. Проектная документация в традиционном виде (чертежи на бумажных носителях, табличная и текстовая документация) формируется только на конечной стадии проектирования. *ВМ* предполагает наличие единого или группы взмо-



увязанных программных продуктов, позволяющих одновременно выполнять работу над всеми разделами, задавая необходимый уровень детализации на разных этапах проектирования.

Основа подхода *BIM* — это процессы, способы совместной работы с информацией об объекте строительства.

В рамках разработки ППР по существующей методике для составления календарно-сетевых графиков планирования можно пользоваться такими программными комплексами как *Microsoft Project*, *Primavera*. Такие программы используют классические инструменты организации строительства: построение диаграммы Ганта, метод критического пути, постановка задач, отслеживание эффективности выполнения и др. Однако они имеют существенный недостаток: высокая вероятность возникновения пространственно-временных коллизий ввиду отсутствия визуализации процесса выполнения работ и полученного результата.

Для решения этой проблемы формируется *4D BIM* модель: при этом объединяется *3D*-модель объекта и его календарный план строительства, таким образом, обозначая существование тех или иных элементов в определенном отрезке времени. Так формируется визуально подкрепленный календарный график работ, который можно сделать максимально подробным или наоборот укрупненным. Кроме того, использование технологий информационного моделирования дает возможность не только сократить количество и критичность ошибок, в том числе устранить пространственно-временные коллизии за счет построения динамической визуализации и автоматического выявления пересечений, но и повышает производительность проектировщиков, значительно улучшает качество конечного продукта.

В *4D* модель вносятся данные не только по календарному плану строительства, касающиеся различных элементов здания, но и объекты, принимающие участие в строительстве и оказывающие значительное влияние на этот процесс. Расположение крана и площадь его действия, количество и размер машин, способных проехать через стройплощадку за сутки, размещение и размеры строительного городка, вывоз строительного мусора и другие нюансы, которые необходимо учитывать при планировании строительства [3]. В свою очередь наглядная и подробная визуализация календарного плана позволяет не только исключить различные ошибки, но и оптимизировать процесс непосредственно до начала строительства.

Нельзя не отметить финансовую составляющую. Обнаружение пространственно-временных коллизий при традиционном проектировании происходит в основном на стадии строительства, когда цена ошибки наиболее высока [3]. В свою очередь информационное моделирование позволяет выявлять все ошибки в проекте на ранних стадиях, значительно повышая качество документации. В процессе проектирования специалисты имеют возможность смоделировать наиболее удачную последовательность выполнения строительных работ, выявить коллизии, найти возможности для улучшения календарных планов строительства, отслеживать поставку материалов, управлять цепочкой поставок и многое другое. Тем самым затраты на исправление ошибок минимизируются.

Таким образом информационная модель становится поставщиком данных и эффективным инструментом при разработке проекта производства работ, включая календарное планирование, разработку графиков поставки стройматериалов, графика, учитывающего потребность в привлечении конкретного состава рабочих [4] и т. д.

В качестве программного обеспечения можно использовать следующее [5]:

*ProjectWise Schedule Simulation* – часть программы *Bentley Navigator*. Используя импортированную информацию и привязывая объект к графикам работ, разработанным в *Microsoft Project*, *Primavera*, программа даёт возможность детально проработать критические моменты проекта. Позволяет визуально сравнить альтернативные решения, найти наиболее выгодные и безопасные варианты выполнения строительных работ.

*Naviswork Timeliner*. Программа добавляет 4D-симуляцию графиков к *Autodesk Navisworks Manage*. Она импортирует графики из различных источников, позволяет соединять различные объекты в самой модели с заданиями из графика и симулирует график, отражая эффекты на самой модели, включая сравнение запланированных и фактических порядков выполнения строительных работ.

*Innovaya Visual Simulation* интегрирует BIM с графиком производства работ для того, чтобы представить планирование 4D-конструкций и анализ технологичности строительства.

Подводя итоги, можно выделить следующие преимущества и возможности использования 4D моделирования при разработке ППР:

- более тесное сотрудничество между заинтересованными сторонами с помощью визуализации и глубокое понимание проектных предложений;
- оптимизация порядка выполнения строительных работ, сокращение продолжительности строительства;
- уменьшение трудоемкости работ;
- улучшенная интеграция и контроль бюджета/оценка затрат;
- раннее выявление конфликтных ситуаций;
- анализ рисков;
- минимизация проектных изменений в процессе строительства;

Кроме того, использование 4D модели может способствовать повышению безопасности на строительной площадке: такая модель может быть синхронизирована с правилами безопасности для автоматического обнаружения рисков при работе на высоте, а также указать необходимые меры безопасности с точки зрения выполняемых работ и нормативных документов [5].

В процессе внедрения 4D моделирования имеется ряд ограничений, которые требуют дополнительной проработки:

- отсутствие возможности предоставить визуализацию всей информации о планах строительства, не все строительные работы могут иметь визуальное отображение;
- необходимость разработки и применения библиотечных параметрических элементов для информационной модели;
- отсутствие возможности легко представить взаимозависимость работ, поэтому диаграмма Ганта по-прежнему остаётся востребованной [5];
- отсутствие возможности автоматически оптимизировать план проекта [5];
- проблемы с автоматическим распознаванием облака точек [1];
- привязка сметной документации к модели, введение взаимосвязи между расценками на производство работ с процессами в календарном плане;
- автоматизация механизма анализа и оценки рисков;
- отладка взаимной работы со средствами автоматизированного производства конструкций и материалов [1];

- отладка автоматизированного применения вариантности решения организационно-технологических вопросов [1];
- совершенствование ПО и разработка нового;
- Несмотря на ряд сложностей, связанных с внедрением информационного моделирования в процесс проектирования, очевидно, что BIM-технологии способны значительно помочь на отдельных этапах проектирования, в том числе и в совершенствовании процесса разработки ППР, что не исключает необходимость исследования и освоения опыта зарубежных стран в этой области.

### Литература

1. Вайсман С. М. Совершенствование методики разработки ППР при помощи BIM-технологий. Магистерская диссертация. Челябинск, 2016. 87 с.
2. Алексеевская Я. А. Разработка концепции ресурсно-информационной bim модели и ее взаимодействие системой ценообразования и сметного нормирования // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб. 2018.
3. BIM+график работ (4D) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://genpro.ru/bim-grafik-rabot-4d>
4. СП 48.13330.2011. Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004 (с Изменением N 1). М.: Минрегион России, 2010. 38 с.
5. 4D-моделирование. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dmstr.ru/articles/4d-modelirovanie/>

## УДК 69.003

*Андрей Олегович Жакевич,*  
эксперт по градостроительству,  
Заслуженный строитель Российской Федерации  
*Анна Алексеевна Царенко,*  
ассистент кафедры, аспирант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: lgss1@mail.ru,*  
*Annatsarenko1@yandex.ru*

*Andrey Olegovich Zhakevich,*  
Urban development expert,  
Honored builder of Russian Federation  
*Anna Alekseevna Tsarenko,*  
teaching assistant, post-graduate student  
(Saint-Petersburg State University of Architecture  
and Civil Engineering)  
*E-mail: lgss1@mail.ru,*  
*Annatsarenko1@yandex.ru*

## ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УСПЕШНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

### FACTORS IMPACTING THE SUCCESS OF CONSTRUCTION MANAGEMENT

Рассмотрены существующие внешние и внутренние факторы, влияющие на успешность организации строительства. Выявлено, что известные методы достижения успешной организации строительства в подавляющем большинстве случаев нацелены на внутриорганизационные преобразования. Проанализированы Федеральные законы и нормативная документация с определением наилучшего варианта организационного устройства структуры технического заказчика. Предложен пример строительства объекта, организованного инвестором без участия техзаказчика, с определением недостатков в ходе выполнения всех этапов строительства. Показано, как деятельность компетентного и опытного технического заказчика в его взаимоотношениях с инвестором может предотвратить возникновение непредвиденных финансовых и имиджевых потерь, возникающих при некачественном проектировании и несвоевременном решении о вводе объекта в эксплуатацию поэтапно.

*Ключевые слова:* инвестор, технический заказчик, инвестиционный замысел, этап строительства, проектирование, внешние факторы.

The existing external and internal factors impacting the success of construction management are analyzed in the research. It was determined that well-known methods of achieving a successful construction management are aimed at in-house transformations in the vast majority of cases. The federal laws and regulatory documents are analyzed, the best organizational structure type of the technical authority is determined. The example of construction organized by an investor without the participation of a technical authority is suggested, taking into account identification of shortcomings during the implementation of all construction stages. The way how the activities of a competent and experienced technical authority regarding the relations with an investor can prevent the occurrence of unforeseen financial and image losses is exposed. Such losses are commonly caused by poor-quality design and untimely decision of putting the project into operation in stages.

*Keywords:* investor, technical authority, investment plan, construction stage, design, external factors.

Факторы, влияющие на успешность организации строительства, общеизвестны. Обычно рассматриваются факторы, характеризующие непосредственно строительство, то есть, без учета реалий предстроительной стадии развития строительных проектов. Иными словами, без учета подготовки к осуществлению инвестиционно-строительных проектов (ИСП). Напомним, что согласно действующему законодательству [1] «Инвестиционная деятельность – вложение инвестиций и осуществление практических действий в целях получения прибыли и (или) достижения иного полезного эффекта». Субъектами инвестиционной деятельности являются, в том числе, инвесторы. Помимо этого, отмечено, что: «Инвесторами могут быть физические и юридические лица... го-



сударственные органы, органы местного самоуправления...». Инвесторы осуществляют капиталовложения с использованием собственных и (или) привлеченных средств. При этом законодательство определяет правовые и экономические основы инвестиционной деятельности субъектов инвестиционной деятельности независимо от форм собственности. Таким образом, любое лицо, частное или обладающее государственным статусом, иными словами – «государственный заказчик», должно быть озабочено получением прибыли в денежной форме и (или) в форме иного полезного эффекта. Государственный заказчик – это «государственный инвестор», которому органом власти поручено организовать и финансировать инвестиционно-строительный проект из средств бюджетной системы Российской Федерации. При этом не имеет значения это федеральный, региональный или местный бюджет. Исходя из этого положения, можно утверждать, что и успешность организации строительства должна выражаться, в том числе, в достижении прибыли в денежной форме и (или) иного полезного эффекта.

Возникновение прибыли зависит от многих составляющих ИСП. В первую очередь, ожидаемый уровень прибыли зависит от выбора, который сделает инвестор – какой объект капитального строительства он задумал и готов построить, ввести в эксплуатацию, а, возможно, и эксплуатировать. Какие цели инвестор преследует, краткосрочные или долгосрочные. Каким этот объект создается его воображением, насколько всесторонне и детально продуманным – для того, чтобы потом очертания объекта, основные требования, ключевые параметры легли на бумагу в виде концепции объекта, инвестиционного замысла. Дальнейшее развитие проекта также зависит от работы инвестора, которая заключается в формировании квалифицированной команды управления проектом (как правило, это «технический заказчик»), затем, с помощью специалистов техзаказчика, желательно, уже имевших опыт реализации успешных ИСП, следует подбор проектировщика, изыскателя и подрядчика.

Данный подбор является весьма существенным фактором успеха всего проекта. Собственно, в основном, именно от этих «действующих лиц» ИСП: техзаказчика, изыскателя, проектировщика и строителя зависит в конечном счете успех всего проекта. И важнейшую роль здесь, как и в любой сфере человеческой деятельности, играют люди, работающие в этих организациях. У них должно быть высшее строительное образование или они должны обладать знаниями, полученными в системе образовательных учреждений повышения квалификации и(или) дополнительного профессионального образования. Обязателен опыт работы «на линии» не менее 5–7 лет:

- в строительной организации – прорабом, инженером ПТО или строительного контроля, начальником участка, руководителем строительства объекта;
- в проектно- изыскательской среде – инженером-проектировщиком, ГИПом или ГАПом, инженером-изыскателем;
- в структуре заказчика или застройщика – сотрудником, руководителем отдела или одним из руководителей управления (дирекции) технического заказчика.

Безусловно, имеет большое значение формирование организационных структур «действующих лиц» ИСП. Например, многие инвесторы создают для продвижения своих проектов «управляющие компании», «департаменты по управлению строительством», и иные структуры с неопределенными функциями и без конкретной ответственности, что выясняется, к сожалению, позднее. Смысл создания данных структур непонятен, так как в Градостроительном кодексе [2] четко сформулирован термин «технический заказ-

чик» и перечислены все его основные функции. При этом важно отметить, что законодательством [3] для строительной деятельности также предусмотрены термины «договор подряда», «договор строительного подряда». Именно технический заказчик уполномочен застройщиком и от его имени заключает такие договоры подряда о выполнении инженерных изысканий, о подготовке проектной документации, о строительстве, реконструкции, капитальном ремонте, сносе объектов капитального строительства.

Федеральное законодательство о градостроительной деятельности не предусматривает наличие в этой области никаких других структур. Существует ГОСТ Р 57363-2016 «Управление проектом в строительстве. Деятельность управляющего проектом (технического заказчика)», введенный в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию, в котором много терминов, образованных из иностранных слов: «проектный менеджмент», «координатор по планированию», «мониторинг». Но данный ГОСТ не входит в перечень обязательных национальных стандартов и сводов правил по Постановлению Правительства РФ от 26.12.2014г № 1521. В то же время Градостроительный кодекс Российской Федерации, федеральный закон [2], принятый Госдумой РФ и подписанный Президентом Российской Федерации, по своему статусу значительно выше, и всем участникам строительства следует выполнять его требования. Кроме того, существует и успешно действует в РФ эффективная и простая организационная структура технического заказчика, прочно доказавшая свою необходимость в тысячах строительных проектах самого разного назначения и разной сложности.

В структуре технического заказчика предусмотрена лидирующая роль двух главных служб:

- служба, осуществляющая подготовку, согласование и экспертизу проектной документации и любых других технических документов этого направления;
- производственная служба, осуществляющая руководство строительством, нормативно-техническое обеспечение и обеспечение материально-техническими ресурсами и оборудованием всех типов строящегося объекта.

Помимо этого, существуют планово-финансовая и сметно-договорная службы, в которые входят юристы, в том случае, если не ведется централизованное юридическое обеспечение инвестором/застройщиком/государственным заказчиком. Обязателен отдел технологии объекта. Если этот объект металлургический завод, то в отдел входят специалисты по производству стали, если это поликлиника – то медицинские работники, если стадион – то специалисты по спортивным сооружениям, и т.д. Понятно, что если часть перечисленных функций в конкретном проекте закреплена за генподрядчиком, то соответствующая служба техзаказчика просто организует и контролирует эту деятельность генподрядчика, а не сама исполняет эти функции. Важно, что руководитель всей структуры техзаказчика должен являться заместителем генерального директора инвестиционной компании, то есть прямым начальником всего кадрового состава, что позволяет ему оперативно решать любые вопросы, связанные с осуществлением идеи инвестора о строительстве объекта, а также привлекать иных специалистов организации-застройщика/инвестора/госзаказчика, в том числе, иметь право давать указания и стимулировать сотрудииков (рис. 1).

Могут возникнуть вопросы: почему много внимания уделено не строительной компании, а другим участникам строительного процесса, мало влияющим, на первый взгляд, на надлежащее решение проблем организации и технологии строительства? Почему

так подробно рассматривается возможная деятельность и организационное устройство структуры техзаказчика и обращается пристальное внимание на профессиональную подготовку и опыт сотрудников этой структуры? Какое отношение эти детали имеют к повышению эффективности и улучшению организации строительства? Но, как показывает практика, данные факторы имеют существенное влияние на успешность организации строительства.



Рис. 1. Пример традиционной организационной структуры технического заказчика

Было отмечено, что Градкодексом во всех 9 главах и 63 статьях используется только два термина, обозначающих непосредственных участников градостроительной деятельности: **застройщик** (ч.16) ст.1) и **технический заказчик** (ч.22) ст.1). Это означает, что только две эти «производственные единицы» на деле осуществляют все положенные градостроительные мероприятия, несомненно, под контролем госстройнадзора и исполнительных органов власти, которые, в свою очередь, образуют органы экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий. Отмечаем, что априори подразумевается их всестороннее, своевременное и эффективное взаимодействие, а также взаимное влияние друг на друга, из чего следует, что от степени и полноты этого взаимодействия будет зависеть успех градостроительного проекта.

Часто застройщик является инвестором и наоборот. Иными словами, застройщик и техзаказчик не только вовлечены в градостроительный процесс (в реализацию инвестиционно-строительного проекта), но также обязаны исполнять всё необходимое таким образом, чтобы добиваться успеха проекта, другими словами – прибыли. Как было отмечено, по Градкодексу законно осуществлять градостроительные процедуры допустимо только застройщику и техзаказчику. Иных участников, таких, как «инвестор», «заказчик», «управляющий» и «девелопер» в Градкодексе не предусмотрено. Роль технического заказчика особенно важна в строительстве по причине того, что застройщики часто принимают решения на реализацию больших и сложных объектов, не обладая достаточным опытом осуществления таких объектов. Здесь речь идет и о частных инвесторах, и о госзаказчиках – реализаторах бюджетных ассигнований [3, ст. 764]. Поэтому

именно сотрудники техзаказчика, обладая профессиональными знаниями о том, как необходимо создавать инвестиционный проект, могут научить инвестора/госзаказчика оптимальным действиям с тем, чтобы не потерять ни времени, ни материальных ресурсов при его осуществлении.

Инвесторы и госзаказчики, как правило, не имеют достаточных знаний в строительной сфере и не знают градостроительного законодательства. Существует также множество особенностей, правил, требований и алгоритмов работы различных градостроительных, согласующих, контролирующих и надзирающих инстанций и организаций. Есть особые требования, официально закрепленные во внутриорганизационных нормативно-правовых актах городских учреждений, касающиеся работы по приемке, проверке комплектности, соответствию определенным нормам, рассмотрению и согласованию проектных и технических материалов. Данные требования известны только опытным сотрудникам технического заказчика, построившим не один объект и обладающим знаниями порядка, условий и особенностей создания инвестиционно-строительного проекта. Если технический заказчик имеет профессиональные знания и опыт в формировании концепции проекта, инвестиционного замысла, подготовки исходно-разрешительной документации, проектирования, осмечивания, получения положительного заключения экспертизы и разрешительной документации – тогда и строительная компания-подрядчик на объекте может уверенно рассчитывать на успешную организацию своих производственных процессов. Иными словами, успешная организация строительства доступна лишь при грамотном техническом заказчике. В обратном случае строительной компании невозможно добиться успешной организации строительства и достичь цели ИСП – получения прибыли.

Рассмотрим пример: инвестор поставил цель возвести медицинский центр с оказанием части услуг на платной основе. В составе учреждения должна быть встроенная поликлиника с аптекой, которые можно открыть для посетителей в кратчайшие сроки. Инвестор (или госзаказчик, если объект бюджетный) с целью сокращения затрат материальных средств решил не образовывать структуру техзаказчика и не нанимать стороннего техзаказчика, а готовить все решения с помощью имеющихся сотрудников.

После получения положительного заключения экспертизы и разрешения на строительство наступает период возведения объекта. В нашем примере медцентр строит некая условная строительная компания, об успешности организации строительства, которой мы ведем речь в данной статье. В момент, допустим, 40-50%-ной готовности объекта инвестор принимает решение ввести в действие поликлинику, для ускорения получения прибыли. Но, непредвиденным оказывается то, что в данном случае нельзя ввести поликлинику в эксплуатацию раньше остальных частей объекта, как первую очередь медцентра, пока медцентр не будет целиком построен и введен в эксплуатацию. Это невозможно в силу того, что не существует понятия «очередей, пусковых комплексов» в градостроительном законодательстве. Существует только понятие этап: «...под этапом строительства понимается строительство одного из объектов капитального строительства, строительство которого планируется осуществить на одном земельном участке, если такой объект может быть введен в эксплуатацию и эксплуатироваться автономно, то есть независимо от строительства иных объектов капитального строительства на этом земельном участке, а также строительство части объекта капитального строительства, которая может быть введена в эксплуатацию и эксплуатироваться автономно, то есть независи-



мо от строительства иных частей этого объекта капитального строительства.» (абзац 4 п. 8 «Положения о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», утв. Постановлением Правительства РФ от 16.02.2008г № 87).

Необходимость разработки проектной документации объекта капитального строительства применительно к отдельным этапам строительства устанавливается заказчиком и указывается в задании на проектирование. Для того, чтобы организовать всю подготовку ИСП поэтапно с расчетом проектирования, строительства и ввода в эксплуатацию объекта этапами, поочередно сдавая этап за этапом, инвестору было необходимо задолго до начала проектирования, ещё на первой, предварительной, стадии формирования инвестиционного замысла определиться с концепцией своего объекта. В случае поэтапного строительства проектная, рабочая и сметная документация может разрабатываться на каждый этап. И экспертиза проектной документации тоже будет проводится отдельно по каждому этапу. В Постановлении Правительства РФ от 05.03.2007г № 145 (ред. от 31.12.2019г) «О порядке организации и проведении государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий» имеется схожая формулировка понятия «этап»:»...этап строительства» – строительство или реконструкция объекта капитального строительства из числа объектов капитального строительства, планируемых к строительству, реконструкции на одном земельном участке, если такой объект может быть введен в эксплуатацию и эксплуатироваться автономно (независимо от строительства или реконструкции иных объектов капитального строительства на земельном участке), а также строительство или реконструкция части объекта капитального строительства, которая может быть введена в эксплуатацию и эксплуатироваться автономно (то есть независимо от строительства или реконструкции иных частей этого объекта капитального строительства).

В таком случае строительство будет проходить планомерно по каждому этапу, с совмещением технологии по другим этапам, в это время участники инвестиционно-строительного проекта будут осуществлять порученные инвестором виды работ (изыскания, проектирование, строительство) по согласованным между собой графикам. В данном случае можно рассчитывать, что организация строительства в строительной компании-подрядчике будет успешной.

В рассматриваемом примере часть здания с поликлиникой автономно (независимо) эксплуатироваться не может, по причине того, что все объемно-планировочные, конструктивные, архитектурные, технологические, инженерные решения проектировщики в соответствии с нормами проектирования приняли для всего здания в целом. В здании – единые ИТП (тепловой пункт) и водомерный узел, общие на все здание вводы электрокабелей, теплосети, водопровода, системы хозяйственно-бытовой и ливневой канализации, единые системы пожаротушения, контроля и управления доступом людей в здание. Все противопожарные системы, пожарные отсеки, пути эвакуации при пожаре, системы антитеррористической защищенности спроектированы на целое здание. Немаловажный фактор – организация эксплуатации, текущих и капитальных ремонтов запроектирована тоже общей на всё здание, без деления его на автономно эксплуатируемые части на всем жизненном цикле здания, то есть, с учетом времени сноса здания (Федеральный закон от 30.12.2009г № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»). Также стоит отметить, что орган государственного надзора не имеет право выдавать разрешение на ввод объекта целиком, чтобы

эксплуатировать отдельно его какую-то часть, если все остальные части объекта числятся стройкой.

В рассматриваемом примере инвестор принимает решение переделать проект, выделив первый и последующие этапы. Проектировщики в течение нескольких месяцев за дополнительную плату откорректировали проектную и рабочую документацию. При корректировке изменились некоторые показатели объекта, появились иные проектные решения. Повторная экспертиза заняла еще месяц.

Условная строительная компания приступила переделывать уже выполненные работы, возводить вновь несущие конструкции и сносить часть стен, перегородок, пробивать перекрытия для устройства новых лестниц, ставить новые ограждающие конструкции, приспособливать дополнительные помещения для новых электрощитовых, индивидуальных тепловых пунктов и водомерных узлов. Потребовались новые технические условия на присоединение к сетям инженерно-технического обеспечения, а также стало необходимым сооружать новые наружные инженерные сети, так как каждый этап должен эксплуатироваться автономно.

На внесение изменений в объект потребовалось полгода, руководству строительной компании пришлось направлять на объект дополнительные трудовые и материальные ресурсы, потребовалось вернуть на стройку машины и механизмы, ранее переведенные на другие объекты. Помимо этого, снизилось качество строительно-монтажных работ по причине переделки уже выполненных работ.

В данном случае невозможно говорить об успешной организации строительства.

Необходимо отметить еще один фактор, влияющий на успешность организации строительства. Инвесторы часто нанимают проектировщиков и изыскателей ориентируясь на стоимость их услуг ниже рыночной. Однако, практика свидетельствует, что такие проектировщики выпускают проектно-сметную документацию низкого качества, не всегда и не во всём соответствующую нормативам проектирования, часто некомплектную. Как правило, такие проектные бюро не имеют в своем составе высокооплачиваемых инженеров-проектировщиков, способных разработать качественную документацию. Результат сказывается как при экспертизе, так и несколько позже – при выполнении СМР. При экспертизе такую проектную документацию не принимают (из-за некомплектности, ошибок в оформлении, несовпадении электронной версии и бумажных носителей, и т. п.), а после приемки в экспертизе проектировщикам низкой квалификации сложно отстаивать свои проектные решения. В данном случае документация получает отрицательное заключение органа экспертизы, что приводит инвестора к дополнительным затратам и времени, и денег. Во время выполнения СМР по некачественной документации возникает большое количество вопросов у мастеров, прорабов, бригадиров и рабочих. Как правило, в такой документации графические материалы не подтверждаются текстовыми, спецификации материалов и оборудования не соответствуют описательной части смет, сводный сметный расчет не соответствует действительности, так как не содержит в себе информацию, указанную в сводных и (или) объектных и локальных сметах. Перечень замечаний экспертизы по подобной документации может занимать несколько десятков страниц.

В рассматриваемом примере на перепроектирование, экспертизу и внесение изменений уже начатого объекта инвестор затратил более года. В действительности этот срок выглядит весьма оптимистично.

Подводя итоги, стоит отметить, что только два момента в деятельности инвестора – отсутствие досконально продуманной концепции объекта и стремление сэкономить на техзаказчике и проектировщиках – могут серьезно осложнить жизнь всех участников ИСП. Конечно, для того чтобы этого избежать, можно создавать объединения и союзы инвесторов, предназначенные для общения и обмена мнениями, что позволит сделать процесс принятия ими решений более осмысленным. Или проводить форумы инвесторов с целью получения инвесторами профессиональной подготовки. Такие подходы существуют, но они опираются на долгосрочную политику и данный процесс может быть довольно длительным. Кроме того, надо учитывать, что инвесторы – это разные люди, из разных отраслей экономики, с разными взглядами на жизнь, с разными подходами к оценке инвестиций.

Более целесообразным будет иной подход, который основан на ориентировании инвестора на быстрый результат при формировании компетентной команды управления проектом [4]. При настроенности инвестора не на сиюминутную экономию средств (или бюджетных инвестиций, если речь идет о государственном заказе), а на обоснованные затраты при создании профессионально подготовленной структуры технического заказчика, положительный результат («положительная экономика процесса») не заставит себя ждать.

Таким образом, на успешность организации строительства могут влиять внешние, для строительной компании, факторы, к которым относятся отсутствие у некоторых инвесторов и государственных заказчиков знаний, и практики при планировании объекта, а также их желание сэкономить на создании команды технического заказчика. Успешность строительства объекта во многом определяется наличием у инвестора полноценной структуры профессионального технического заказчика с самого первого шага формирования инвестиционно-строительного проекта.

### **Литература**

1. Федеральный закон от 25.02.1999 № 39-ФЗ «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений»
2. Федеральный закон от 29.12.2004 № 190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации» (ред. от 27.12.2019)
3. Федеральный закон от 26.01.1996 № 14-ФЗ (ред. от 18.03.2019, с изм. от 03.07.2019) «Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая)».
4. *Шаффер Р., Томсон Х.* Успех начинается с результатов. «Классика Harvard Business Review». Управление изменениями. Перевод с английского. Второе издание. Альпина Бизнес Букс. М.2009
5. *Ионас Б. Я., Старостина Г. Г.* Экономика строительства. М.: Стройиздат, 1981.

## УДК 693

*Жасарал Шахмарданович Жетруов,*  
магистрант, 2-й курс  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: jas0996@mail.ru*

*Zhassaral Shakhmardanovich Zhetruov,*  
undergraduate, 2<sup>nd</sup> year  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: jas0996@mail.ru*

### ОБЛИЦОВКА ДОМА ИЗ ГАЗОБЕТОНА КИРПИЧОМ

#### LINING OF HOUSE MADE OF GAS CONCRETE WITH BRICK

Получения более эффективных и экономически выгодных материалов является важным свойством научно-технического развития строительного производства. С ростом требований к теплозащитным свойствам ограждающих конструкций в жилых и общественных зданиях, стали использовать стены из газобетонных блоков с кирпичной облицовкой. Даже несмотря на трудоемкость данного процесса, и в малоэтажном строительстве активно применяют данный метод устройства внешних стен. В статье рассматривается процесс устройства наружной стены из газобетона с кирпичной облицовкой и с воздушной прослойкой, а также проблемах и способах их решения.

*Ключевые слова:* облицовка, газобетон, кирпич, качество, прочность, долговечность.

Obtaining more efficient and cost-effective materials is an important property of the scientific and technological development of construction production. With the growing requirements for the heat-shielding properties of enclosing structures in residential and public buildings, they began to use walls made of aerated concrete blocks with brick lining. Even despite the complexity of this process, and in low-rise construction, this method of installing external walls is actively used. The article discusses the process of installing an external wall of aerated concrete with brick cladding and with an air gap, as well as problems and methods for solving them.

*Keywords:* facing, aerated concrete, brick, quality, strength, durability.

Автоклавный газобетон – это искусственный камень с пористой структурой. Для ее образования к основе из цемента, извести и песка добавляется алюминиевая пудра, провоцирующая при намокании активное газообразование. После застывания и сушки в автоклаве получаются легкие и прочные блоки с высокими теплоизоляционными характеристиками [1].

Дома из газобетона обладают множеством положительных качеств:

- паропроницаемость и естественный воздухообмен на уровне дерева;
- низкие потери тепла;
- малый вес конструкции стен – при определенных грунтах позволяет сэкономить на устройстве фундамента;
- стоимость возведения стен из газобетона ниже, чем из кирпича или пиломатериала;
- большие габариты и точные геометрические размеры блока ускоряют кладку.

Ячеистые блоки с открытыми порами обладают высокой гигроскопичностью. Чтобы сохранить это уникальное свойство необходимо использовать специальную грунтовку и штукатурку, рассчитанную на работы по газобетону. Теплоизоляционные свойства материала могут быть существенно снижены нарушением технологии кладки, когда специальный клей для тонкошовной кладки газобетона заменяется цементно-песчаным раствором, образующим «мостики холода» из-за большой толщины кладочного шва. Для увеличения срока службы здания производители блоков рекомендуют использовать внеш-



ную отделку стен из газобетона. Она выполняется различными способами и материалами. Важным фактором при выборе облицовки является ее паропроницаемость, которая по правилам должна быть выше, чем у несущих конструкций. [2].

Не ожидая окончания строительства, владельцы должны решить, чем отделывать стены из газобетона.

Среди способов внешней отделки дома из искусственного камня самым доступным является штукатурка. Используется не обычный цементно-песчаный раствор, а специальные сухие смеси с минеральными наполнителями. Основная особенность состава – высокая адгезия и паропроницаемость. Прочность штукатурки обеспечивает армирование стекловолоконной сеткой. Приступать к декорированию фасада здания штукатуркой следует после окончания внутренней отделки (рис. 1).



Рис. 1. Варианты отделки стен из газобетона

К популярным способам наружной отделки стен относятся: штукатурка; навесной фасад из сайдинга; декоративные панели; облицовка газобетона кирпичом.

Облицовка домов кирпичом – классический вариант отделки фасада в России. Ассортимент материала предлагает широкий выбор цветов и фактур. Лучшими эксплуатационными характеристиками обладают клинкерные кирпичи. Они отличаются низким водопоглощением и высокой морозостойкостью. Дом из газобетона и кирпича отличается респектабельным внешним видом и отличными теплоизоляционными свойствами. Облицовка кирпичом стен из газобетона увеличивает долговечность здания только при условии обеспечения вентилируемого зазора.

Использование кирпича для наружной отделки позволяет на долгий срок забыть о ремонте фасада. Здание получает привлекательный вид и защиту от воздействия внешних факторов. Керамический и клинкерный кирпич имеют не только отличные характеристики, но и высокую стоимость. С целью удешевления, облицовка стен из газобетона также может выполняться силикатным пустотелым кирпичом, который стоит значительно дешевле керамического, но уступает по ряду важных характеристик и не рекомендован для использования во влажных климатических зонах. Допускается использование одинарного ( $250 \times 120 \times 65$ ), полуторного ( $250 \times 120 \times 88$ ) и двойного кирпича ( $250 \times 120 \times 138$ ) [3]. Производители ячеистых блоков считают, что облицовка кирпичом – вполне приемлемый вариант декорирования фасада. Процесс выполняется несколькими способами:

- кладка без зазора;

- устройство невентилируемого зазора;
- устройство вентилируемого зазора.

По каждому варианту отделки есть рекомендации и правила. Кроме того, необходимо учитывать возможные негативные последствия своего выбора.

Устройство кладки без зазора – приемлемый вариант для зданий, неотапливаемых в зимний период. В остальных случаях придется столкнуться с такой проблемой, как перемещение точки росы на внешнюю сторону стены. Это означает намокание и промерзание наружной стены на 1/3. Со временем процессы замерзания-оттаивания разрушат газобетон.

Почему происходит намокание стены? Причина в несоблюдение строительного правила СП 23-101-2004, требующего размещать материалы многослойных конструкций с увеличением паропроницаемости изнутри наружу. В данном случае газобетон имеет более высокий показатель проницаемости пара по сравнению с кирпичом. Это приводит к нарушению нормального влажностного состояния ограждающей конструкции.

Влажный пар, который концентрируется внутри дома, легко проходит газобетон, но сталкивается с низкой проницаемостью кирпича, поэтому конденсируется на поверхности стены. Задерживаясь в месте разделения слоев, влага приводит к следующим последствиям:

- повышается теплопроводность конструкции;
- замерзающая вода постепенно ослабляет и разрывает газобетон.

Согласно проведенным исследованиям облицовка газоблоков без зазора приводит к сокращению срока эксплуатации ограждающих конструкций на 60%.

Устройство зазора без вентиляции. Один из способов, которым выполняется облицовка газобетона, это ведение кладки с промежутком в 40 мм, без отверстий для вентиляции. Такой метод рекомендован исключительно для зданий без отопления. В домах с круглогодичным проживанием водяной пар из помещения будет выходить в зазор многослойной конструкции, но из-за отсутствия вентиляции будет стекать вниз. Повысится влажность ячеистых блоков, они начнут сильнее пропускать тепло. Поэтому использование многослойной конструкции с невентилируемым зазором оправдано для зданий, не требующих отопления.

Такой способ можно считать правильным и целесообразным. Ширина промежутка между слоями конструкции составляет примерно 40 мм. Система вентиляции обеспечивается созданием специальных отверстий – продухов в толщине облицовки. Их формируют, оставляя зазор без раствора в 10–12 мм между торцами кирпичей, либо используют специальные вентиляционные коробочки для швов.

Чтобы создать циркуляцию воздуха, отверстия выполняются в первом и предпоследнем ряду отделки. Их площадь должна соответствовать параметрам, заложенным в пункте 8.14 СП 23-101-2004: 75 кв. см отверстий на 20 кв. м стены. Продухи в нижней части облицовки выполняются под наклоном, позволяющим отводить конденсирующуюся влагу.

Здания высотой более трех этажей требуют устройства рассекателей воздушного потока. В качестве них используются перфорированные перегородки в количестве 1 штука на 3 этажа.

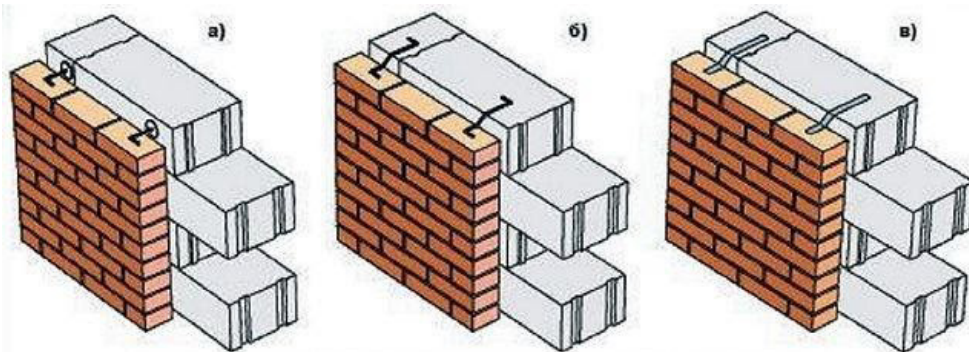
Технология облицовки стен из газобетона кирпичом. Кладка с вентилируемым зазором и без него выполняется с некоторыми отличиями. Поэтому рассмотрим особенности одного и другого способов.

Особенности ведения кладки без зазора. Для дома из газобетона, облицованного кирпичом, необходимо заложить широкий фундамент. По внутреннему периметру укладываются ячеистые блоки, а по внешнему – облицовка. Ведение кладки происходит без «перевязки» кирпича и газобетона. Материалы имеют различные показатели расширения, поэтому при жесткой фиксации произойдут разрывы и трещины.

Но и без соединения двух массивных слоев обойтись нельзя. Чтобы грамотно выполнить облицовку, на этапе возведения несущих стен между блоками закладываются металлические гибкие связи, выступающие из ряда на 10-12 см. Выступающие концы этих связей будут замурованы в швы наружной кирпичной кладки. Если их своевременная закладка не была произведена, то в стену после первого ряда облицовки монтируются анкеры из нержавеющей стали длиной 10-15 см сразу на уровне кирпичного шва с последующей фиксацией в нем [5].

Размещение соединений двух стен выполняется по схеме: через каждые 5 рядов, с шагом 60–100 см (или 4–5 штук на 1 квадратный метр стены).

Нюансы монтажа конструкций с вентиляционным зазором (рис. 2). Планируя устройство отделки ограждающих конструкций кирпичом с вентиляционным зазором, необходимо строить фундамент с выпуском на 16 см: кладка в ½ кирпича 1НФ + воздушный зазор (в случае использования дополнительного утепления прибавить толщину утеплителя).



**Способы крепления облицовки к стене из газобетонных блоков:**

- а) простым анкером;
- б) Z- анкером;
- в) полосным анкером.

Рис. 2. Способы крепления облицовки к стене из газобетонных блоков:

- а) простым анкером; б) Z- анкером; в) полосным анкером

Чтобы упростить выполнение соединения основной стены и отделки, используются гибкие связи. Среди распространенных вариантов крепежа облицовки:

- Перфорированные оцинкованные металлические ленты толщиной 2 мм – прибиваются к блоку во время возведения стен, а затем заводятся под кирпич.
- Базальтопластиковая арматура – укладывается в кладку на глубину до 80 мм, расход составляет 4–5 шт. на кв. м.
- Спиральные гвозди.
- Закладные элементы из арматуры сечением 4-6 мм, размещаются в каждом ряду ячеистых блоков.
- Гвозди из нержавеющей стали, забиваемые парами под углом 45 градусов друг к другу.

• Т-образные или стержневые анкера из нержавеющей стали толщиной до 4 мм. Количество крепежа составляет 5–6 штуки на 1 кв. м кладки, участки на углах, под оконными и дверными проемами требуют установки 3–4 анкеров на погонный метр.

Облицовка начинается с установки боковых порядовок, выполняемых по отвесу. Между ними натягивают шнур, позволяющий контролировать горизонтальность ряда. При ведении кладки уделяется внимание заполнению швов раствором, которые влияют на положение кирпича. Толщина горизонтальных швов должна быть 12 мм, в местах захода монтажных связей, при необходимости, она увеличивается до 16 мм. Через 2–3 ряда кладку проверяют нивелиром [8].

Каждый 5-й ряд облицовки рекомендуется армировать сеткой или перфорированной оцинкованной полосой.

Облицовка стен из газобетона кирпичом защитит дом от климатического воздействия и позволит не задумываться о ремонте долгие годы. Главное, необходимо соблюдать правила устройства вентилируемого зазора. Трудоемкость процесса облицовки кирпичом компенсируется оригинальностью архитектурного облика дома [4].

Таким образом, технология облицовка стен из газобетона кирпичом набирает все большую популярность при строительстве домов и в процессе систем контроля производства нуждается в совершенствовании по рассмотренным направлениям.

#### Литература

1. Строительное производство: основные термины и определения: Учебное пособие / Г. М. Бадьин, В. В. Верстов, В. Д. Лихачев, А. Ф. Юдина. – СПб.: Изд-во АСВ; СПбГАСУ, 2006. – 297 с.
2. ГОСТ Р ИСО 9000-2008. Система менеджмента качества. Основные положения и словарь.
3. Контроль качества работ в жилищном строительстве [Текст] / Л. Н. Попов. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: Стройиздат, 1976. – 288 с.
4. *Панов С. Н., Цимберов Д. М., Ворона-Сливинская Л. Г.* Охрана труда в строительстве в новых правовых условиях. В сборнике: Актуальные проблемы охраны труда. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2018. С. 65-70.
5. СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции.
6. Федеральный закон № 384-ФЗ «Технологический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009.
7. Регулирование технической деятельности участников строительства: учеб. пособие / В. В. Верстов, Г. М. Бадьин, С. В. Фёдоров, С. А. Сычёв; СПбГАСУ. – СПб., 2012. – 124 с.
8. Современные строительные технологии: монография / Под ред. С.Г. Головнева. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2010. – 268 с.
9. Управление качеством: учеб. пособие / В. М. Челнокова, Н. В. Балберова; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 135 с.
10. Градостроительный кодекс РФ. ФЗ № 191 от 29.12.2004 по состоянию на 01.01.2009. – М. – 190 с.
11. ГОСТ Р 53778–2010 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».



**УДК 624.016**

*Дмитрий Андреевич Животов,*

канд. техн. наук

*Валерий Валерьевич Латута,*

канд. техн. наук

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: d.zhivotov@mail.ru,*

*E-mail: latuta@mail.ru*

*Dmitry Andreevich Zhivotov,*

PhD in Sci. Tech.

*Valery Valeryevich Latuta,*

PhD in Sci. Tech.

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: d.zhivotov@mail.ru,*

*E-mail: latuta@mail.ru*

## **ИЗУЧЕНИЕ ОПЫТА ВОЗВЕДЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КУПОЛОВ**

### **STUDYING THE EXPERIENCE OF CONSTRUCTING GEODESIC DOMES**

При возведении пространственных конструкций в форме геодезических куполов широко применяются металлические, деревянные элементы и элементы на основе различных стеклопластиков. На сегодняшний день для изготовления узловых соединителей этих строительных конструкций применяются металлические детали.

При использовании таких узловых соединителей в химически агрессивных средах возникает необходимость в их дополнительной обработке или укрытии специальными материалами. Что влечет за собой увеличение трудозатрат и стоимости изделия. В данной статье авторами проводятся запатентованные узловых соединители, отмечаются некоторые конструктивно-технологические особенности.

*Ключевые слова:* пространственная конструкция, геодезический купол, агрессивная среда, металл, бетон, дерево, стеклопластик.

In the construction of spatial structures in the form of geodesic domes are widely used metal, wooden elements and elements based on various fiberglass. Today, for the manufacture of corner connectors, these building structures are used metal parts.

When using such angular connectors in chemically aggressive environments there is a need for their additional processing or covering with special materials. That entails an increase in labor costs and the cost of the product. In this article, the authors conducted a study of patented nodal connectors, noted some technological and design features.

*Keywords:* spatial structure, geodesic dome, aggressive environment, metal, concrete, wood, fiberglass.

Геодезический купол – архитектурное сооружение в форме сферы, образованное соединением стержней в треугольники по сотовому принципу. Принцип построения каркаса купольного вида разработан американским архитектором Ричардом Фуллером на основе геометрической формы Земли в 1950-х годах.

Первым человеком, который представил общественности конструкцию купола был инженер Ричард Фуллер. Сооружение представляло из себя купол диаметром 30 метров из алюминиевых труб. Стоит отметить интересный факт, что сборка происходила, в виде конструктора – все элементы были отмечены цветовыми маркерами. Поэтому монтажники, которые никогда не собирали подобных конструкций справились с этой задачей блестяще [1].

Сферический купол нашёл применение в зданиях, где с минимальным весом нужно получить максимальный объём помещения на основе геодезического купола. Данная технология может применяться при строительстве стадионов, общественно-культурных пространств, промышленных зданий, складских и логистических комплексов, научных лабораторий.

Пример подобной технологии показан на рис. 1.



Рис. 1. Вид геодезического купола

Геодезический купол создает максимальное пространство здания с минимальным значением материалоемкости.

В реальных условиях купол состоит из стержней (деревянного бруса, металлических прутьев, пластмассовых трубок), имеющих различную длину и соединенных под определенными углами.

Авторы статьи отмечают основные преимущества конструкций геодезических куполов.

1. Купола обладают большой несущей способностью, причем чем больше размеры купола, тем она выше (за счёт распределения нагрузки на большее количество элементов конструкции) [2].

2. Элементарные элементы сборки. Простые сооружения создаются очень быстро из достаточно лёгких элементов силами комплексной бригады, когда структуры до 50 метров собираются без строительного крана.

3. Легкость элементов позволяет существенно экономить средства на работах нулевого цикла.

4. Конструктивно-технологическими особенностями является монтаж элементов каркаса купола из промаркированных стержней и узлов, что сокращает сроки строительства.

5. Купола обладают идеальной аэродинамической формой, высокой устойчивостью, благодаря чему их можно возводить в сейсмических, ветреных и ураганных районах крайнего Севера и арктической зоне Российской Федерации.

Безусловным недостатком данных конструкций можно отметить:

1. Форма треугольника панелей покрытия, в то время как массовые современные строительные материалы имеют прямоугольную форму (листы фанеры, стекла, рулоны утеплителя и гидроизоляции, листовой прокат), следствием чего являются многочисленные обрезки.

2. Увеличение стоимости материалов за счет отходов;

3. Трудоемкость изготовления конечного продукта по причине высоких трудозатрат.

В отечественной практике пространственные деревянные конструкции применяются недостаточно, что во многом объясняется не всегда удачным опытом возведения

строений, недостаточной обоснованностью расчетно-проектных решений и нормативной базы [2].

Основным элементом конструкции геодезического купола являются коннекторы, элементы связывающие треугольные конструкции между собой. Именно на конструктивно-технологических особенностях узловых соединений пространственных конструкций геодезических куполов возможно получить инновационный и конкурентный продукт в виде готового здания в целом.

Соединяющие элементы, вне зависимости от материала стержней, в основном стальные. На рис. 2 приведены некоторые запатентованные узловые соединения.

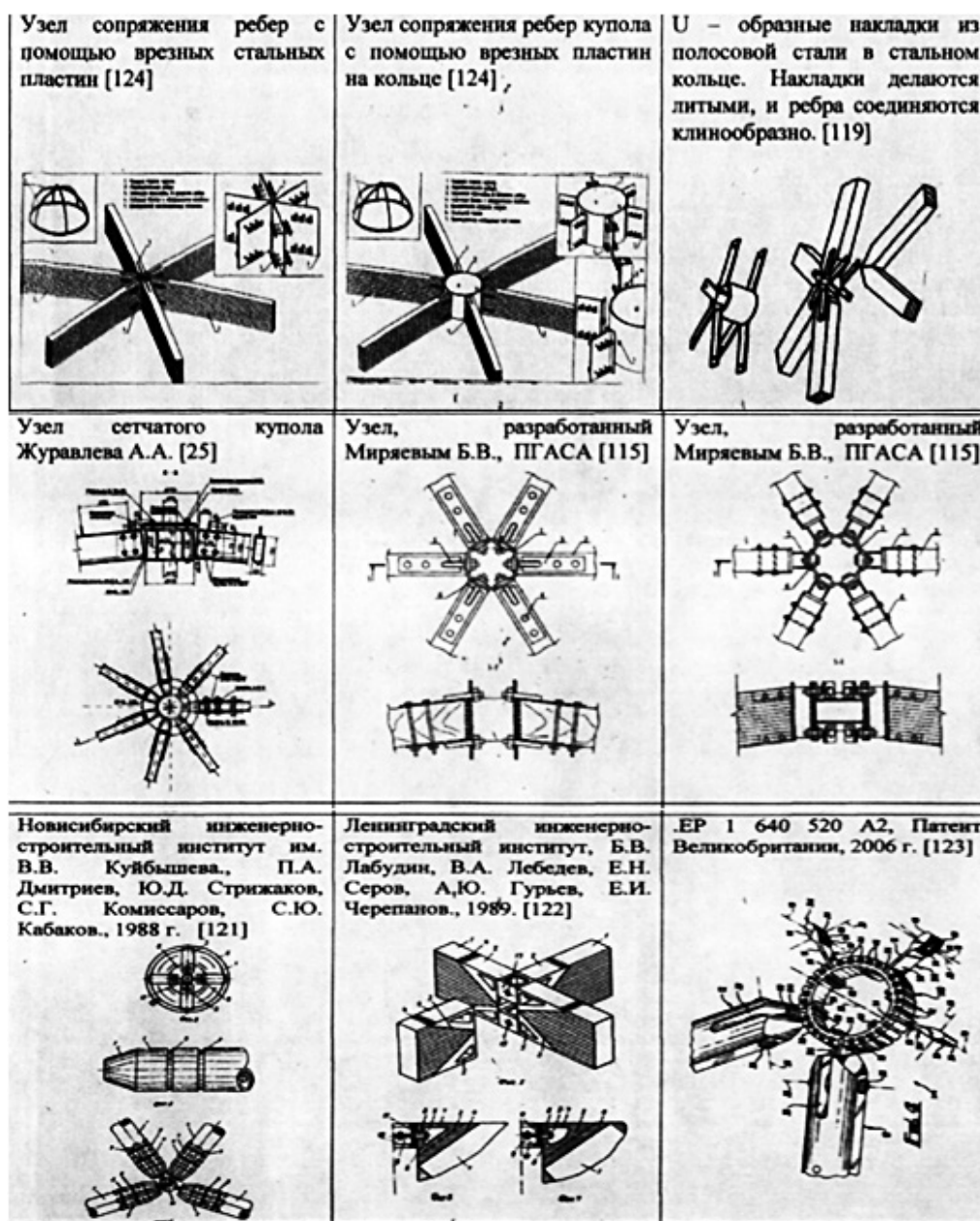


Рис. 2. Существующие узловые элементы пространственных стержневых систем

Представленные схемы подтверждают утверждение о сложности узловых коннекторов, их низкой технологичности монтажа, высокой трудоемкости и высокой материалоемкости изделий. В случае использования геодезического купола в химически агрессивных средах необходимо предусматривать специальную обработку металлических



элементов, с целью недопущения появления коррозии и продления сроков эксплуатационной жизни конструкций здания. Одним из частых запатентованных решений является бетонирование узла, что безусловно влечет увеличение веса конструкции, трудоемкости и, как следствие, стоимости здания в целом.

Конструктивной особенностью геодезических куполов является их сетчатая треугольная структура, грани которой располагаются на геодезических линиях (кратчайшие линии, соединяющие две точки на криволинейной поверхности). Такое разбитие позволяет добиться оптимального заполнения пространства и наиболее полного использования структурной прочности материалов.

*Первый способ монтажа.* Технология возведения заключается в поярусном возведении стержневых треугольных ячеек различных типоразмеров снизу-вверх. Треугольные элементы сходятся от основания к вершине купола, что влечет за собой изменение в каждом ряду размеров стержней, их углов наклона относительно узловых соединений, различным количеством крепежа.

*Второй способ монтажа.* Технология монтажа «навесным способом» включает:

Использование ПО позволяет рассматривать монтаж строительных конструкций пространственных купольных зданий и сооружений, с учётом возможных изменений закрепления элементов между собой.

Методы возведения геодезических куполов определяют конструктивные решения, которые, в свою очередь, зависят от принципиальной схемы монтажа. Наиболее рациональной схемой монтажа большепролетных сетчатых куполов является навесная поярусная сборка от фундаментов к вершине без использования каких-либо вспомогательных опор. Но при использовании этого метода происходит деформирование стержней на промежуточных стадиях монтажа, и выполнять купол требуется с учётом строительного подъема [3]. Кроме этого, узел должен обеспечивать неизменность расчетной схемы в процессе эксплуатации конструкции [4].

*Третий способ монтажа.* Технология монтажа пространственных купольных конструкций методом «подрачивания» заключается в этапном поднятии пространственных купольных конструкций на проектную отметку [5].

Авторами статьи выполняется исследование конструктивно-технологических особенностей нового узлового соединения с применением древесины в виде стержней и высокопрочных стеклопластиков в узловых соединениях. Получен патент на полезную модель узла соединения несущих стержней для геодезических куполов и других пространственных сооружений № 170483. Предполагается получить ощутимый экономический, конструктивный и технологический эффект после выполнения теоретических и экспериментальных исследований в рассматриваемой области.

## Литература

1. Аня Искржицкая. Деконструкция геодезического купола Проект летнего павильона Peoples Meeting. <http://www.abitant.com/posts/dekonstruktsiya-geodezicheskogo-kupola>.

2. Лабудин Б. В. Совершенствование деревянных клееных конструкций с пространственно-регулярной структурой: дис. доктор технических наук: 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения. Архангельск. 2006. 310 с.

3. Осипова А. В. Работа сетчатого купола при монтаже навесным способом // Молодой ученый. 2018. № 20. С. 162–164.

4. Ружанский И. Л. Стальной сетчатый купол диаметром 46 м со светопрускающим покрытием // Монтажные и специальные работы в строительстве. 2003. № 10.

5. Савельев В. А. Сетчатый сферический купол испытательного зала. Сборник статей ЦНИИПСК. «Легкие металлические конструкции промышленных зданий». М.: Стройиздат., 1975. С. 110–113.



*Александр Александрович Завальнюк,*  
магистрант  
*Ксения Сергеевна Попова,*  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: sasha.zavalnyuk@yandex.ru,*  
*kropovaksenia@mail.ru*

*Alexander Alexandrovich Zavalnyuk,*  
undergraduate  
*Ksenia Sergeevna Popova,*  
undergraduate  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: sasha.zavalnyuk@yandex.ru,*  
*kropovaksenia@mail.ru*

## **УСТРОЙСТВО СКВАЖИН ГРУНТОВЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ**

### **CONSTRUCTION OF WELL HEAT PUMP WELLS**

На сегодняшний день человечество начинает осознавать проблему нарастающего дефицита невозобновляемых природных энергоресурсов. Цены на них неудержимо растут и будут расти в дальнейшем, а внедрение энергосберегающих технологий генерации тепла и использование нетрадиционных и возобновляемых энергоисточников становится не только популярным, но и жизненно необходимым. В данной статье рассмотрен основной принцип работы тепловых насосов. Также в статье рассмотрены два типа геотермальных зондов, рассмотрены три типа скважин и описаны технологии их устройства. Проведен сравнительный анализ разных типов и оценка экономической эффективности использования теплонасосных установок.

*Ключевые слова:* тепловой насос, скважина, зонд, коаксиальный зонд, кластерное бурение.

Today, humanity is becoming aware of the problem of an increasing shortage of non-renewable natural energy resources. Their prices are growing uncontrollably and will continue to grow, and the introduction of energy-saving technologies for heat generation and the use of non-traditional and renewable energy sources is becoming not only popular, but also vital. This article discusses the basic principle of operation of heat pumps. Also, the article considers two types of geothermal probes, considers three types of wells, and describes the technology of their construction. A comparative analysis of different types and an assessment of the economic efficiency of the use of heat pump units.

*Keywords:* heat pump, well, probe, coaxial probe, cluster drilling.

В последнее время, в связи с уменьшением запасов традиционного топлива и постоянным ростом цен на энергоносители, становится все более актуальным использование альтернативных источников тепла. Во всем мире энергоносители постоянно дорожают. Как снизить расходы на отопление и одновременно поднять его эффективность? Задачу поможет решить геотермальное бурение скважин для теплового насоса. Применяв современные технологии, уже сегодня можно эффективно использовать неисчерпаемое и доступное тепло Земли для обогрева загородного дома. Для установки такого оборудования выполняется бурение скважины, глубина которой может составлять десятки метров. Сегодня стоимость теплового насоса вместе с монтажом вполне по карману большинству граждан России.

Тепловой насос – это устройство для переноса и преобразования тепловой энергии из низко потенциального источника тепла в более высокую. Принцип работы теплового насоса для отопления аналогичен холодильным установкам и основан на извлечении тепла из любого внешнего источника, причем наиболее подходящим является температурное поле Земли за счет постоянства и неисчерпаемости.

Установки на основе теплового насоса производят в 3–7 раз больше тепловой энергии, чем потребляют электрической – это гораздо эффективнее любых традиционных котлов, сжигающих топливо [1].

Для России геотермальное отопление с помощью тепловых насосов – тема сравнительно новая. Использование окружающего нас тепла можно отнести к альтернативным способам отопления, но неисчерпаемость природного тепла и высокая эффективность теплового насоса однозначно дает этому способу огромные перспективы в будущем. Во многих европейских странах уже сегодня системы на тепловых насосах конкурируют с газовыми, дизельными и прочими традиционными видами отопления.

В основе работы скважины под тепловой насос лежит тот факт, что на глубине температура грунта не зависит от времени года на поверхности и остается постоянной, от +5 до +16 °С, в зависимости от географического положения. Это тепло используется для нагрева теплоносителя, циркулирующего в системе геотермального отопления.

### Виды геозондов для теплового насоса

Геозонд для теплового насоса может быть двух типов: коаксиальным или U-образным.

**1. Коаксиальный зонд.** Коаксиальный геозонд – это современный компактный теплоотборник. Конструктивно зонд состоит из двух видов высокопрочных полимерных труб разного диаметра и теплопроводности, располагаемых по принципу «труба в трубе» с термоформованием концевого основания монолитной внешней «оболочки» зонда (при этом геозонд выполнен без сварных муфт, в отличие от двухтрубного U-образного зонда с паяным наконечником), рабочее давление в геотермальном контуре 1,5–1,8 бар. Теперь о запасе прочности: лабораторные испытания зонда на разрушение показывают, что разрыв внешней оболочки происходит при давлении более 24 бар.

Внешняя «оболочка» зонда изготовлена из полиэтиленовой трубы ГОСТ (18599–2001) PE 100.50.2,4. Внутренний сердечник высокопрочный «утепленный» полимер с низкой теплопроводностью из твердого материала не боится пластического «сжатия» давлением. Геозонды изготавливаются фиксированной длины 33,3 м или 50 м. Этот зонд (рис. 1) позволяет равномерно использовать тепло грунта и предупредить его вымораживание.

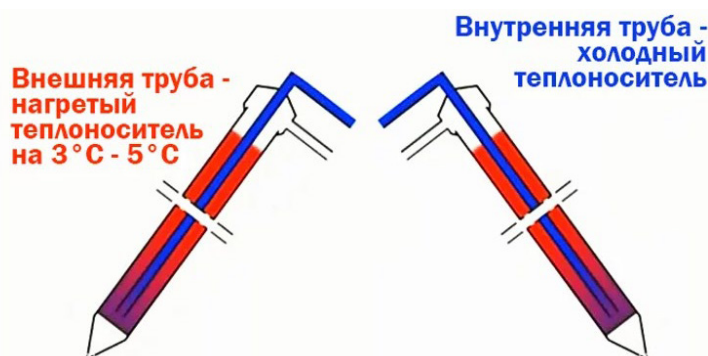


Рис. 1. Схема коаксиального геозонда

**2. U-образный геозонд.** Представляет собой две параллельные трубы, изготовленные из полиэтилена низкого давления (ПНД) (диаметром 32 или 40 мм), внизу соединенные U-образным наконечником, который создает замкнутую систему (рис. 2). Недостаток этого зонда – паразитный теплообмен между трубами, достигающий 30 %.



Рис. 2. Схема U-образного геозонда

### **Устройство и принцип работы скважины теплонасоса**

Система отопления дома посредством теплового насоса состоит из двух контуров.

Первичный контур – это зонд, расположенный под землей на глубине от 1,5 м или на дне водоема. Благодаря зонду осуществляется отбор тепла из грунта и его последующая передача в теплообменник насоса. По мере продвижения пропиленгликоля (рассола) по трубам, жидкость нагревается до 6–8 °С, что достаточно для обеспечения теплонасоса необходимым количеством низко потенциальной тепловой энергией.

Второй контур располагается в геотермальном насосе. Фреон, циркулируя по трубам, а также посредством преобразования из жидкости в газ, отбирает тепло у первичного контура.

Производительность грунтового теплового насоса скважинного типа напрямую зависит от грамотно выбранной схемы разводки первичного контура [2].

### **Виды скважин**

Для монтажа первичного контура теплового насоса существует три типа решений:

1. Горизонтальное бурение.
2. Вертикальное бурение.
3. Наклонное (кластерное) бурение.

Способы бурения скважин рассчитывают исходя из нескольких параметров:

1. Общей придомовой площади.
2. Типа грунта.
3. Способа укладки трубопровода.

### **Технология выполнения скважин**

**1. Горизонтальное направленное бурение.** Для укладки горизонтального трубопровода теплового насоса понадобится не менее 200 м<sup>2</sup> площади придомовой территории. Перед выполнением направленного бурения снимают верхнюю часть грунта ниже точки промерзания на 30–50 см. Глубина, как показывает практика, в зависимости от региона составит от 1,3 до 2 м. Существует еще вариант горизонтальной укладки геотермального зонда (рис. 3). Контур укладывается в горизонтальной плоскости на глубине ниже уровня промерзания грунта. Этот вариант требует проведения обширных земля-

ных работ. Площадь, на которой располагаются зонды, нельзя использовать для посадки деревьев с глубокой корневой системой [3].

Данный способ монтажа является наиболее простым, но трудоемким процессом. В качестве минусов можно выделить относительно низкую теплоэффективность решения.

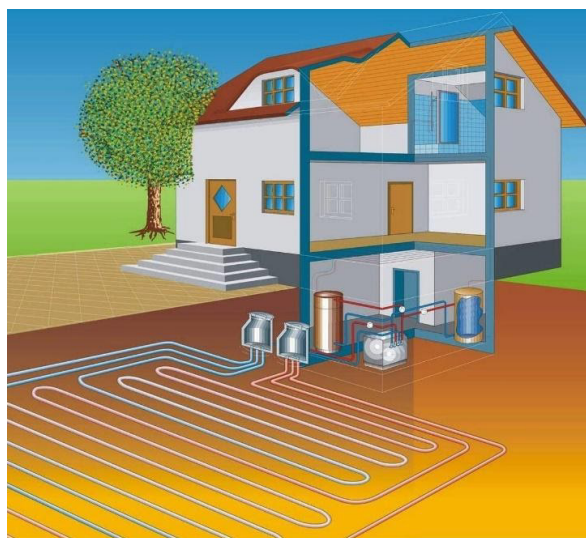


Рис. 3. Схема горизонтальной укладки геозонда

**2. Вертикальное бурение.** Такие скважины бурятся вертикально вниз, на расстоянии не менее 4 м друг от друга, а затем соединяются траншеями глубиной ниже уровня промерзания грунта (рис. 4). Недостаток данного варианта в значительном воздействии на ландшафт при бурении, так что можно относительно безболезненно выполнить только на этапе строительства.

Ниже, приблизительно 20 метров над уровнем грунта температура увеличивается до 10–18 °С, в зависимости от региона. Бурение вертикальной скважины под тепловой насос позволяет добраться до грунтовых слоев с лучшими показателями теплоотдачи, и, следовательно, увеличить эффективность обогрева дома.

Как правило, процедура бурения вертикальных систем должна быть согласована с органами государственной администрации. Отсутствие разрешений ведет к штрафным санкциям.

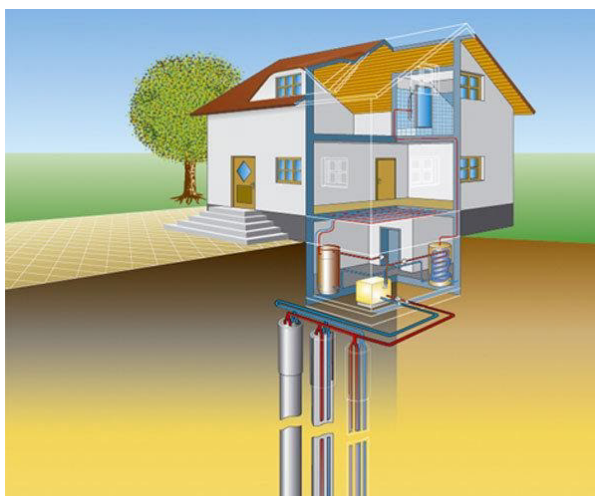


Рис. 4. Схема монтажа вертикального геозонда



Бурение скважин для тепловых насосов (за исключением кластерной разводки) допускается на расстоянии от здания не менее 3 м. Максимальное расстояние до дома не должно превышать 100 м. Проект выполняют исходя из этих норм [4].

После получения всех необходимых документов начинаются монтажные работы, согласно следующему порядку:

1. Определяются точки бурения и расположения зондов на участке. Необходимо выдерживать минимальный разрыв между колодцами и домом не менее 3 м.
2. Завозится оборудование для бурения (буровой и отбойный молоток). Также для сверления грунта применяются буровые установки с веерным контуром.
3. В полученные скважины укладывают зонды
4. Зазоры заполняются специальными растворами.



Рис. 5. Установка для бурения вертикальной скважины

Выбор материалов для заполнения скважин зачастую полностью ложится на самих хозяев. Подрядная организация может советовать обратить внимание на тип трубы и рекомендовать состав для заполнения скважины, но окончательное решение придется принимать самостоятельно.

Тампонирующее скважины является обязательным правилом к выполнению. Если не заполнить пространство между трубой и грунтом, со временем происходит усадка, способная повредить целостность контура. Зазоры заполняют любым строительным материалом с хорошей теплопроводностью и эластичностью, типа Бетонит.

Заполнение скважины для теплонасоса не должно препятствовать нормальной циркуляции тепла от грунта к коллектору. Работы выполняют медленно, чтобы не оставить пустот.

**3. Наклонное кластерное бурение.** Данный вид монтажа применяется в случаях ограниченной площади участка. Бурение скважин под углом осуществляется следующим образом. Сначала выкапывается один общий колодец. Колодец углубляется до 4 м, в нем устанавливается специальное оборудование. Далее выполняется бурение скважин под углом или «кустом». Работы выполняются с помощью специальной техники.

Технология бурения для наружного контура «кустом» была разработана в Европе, где пользуется огромной популярностью. В нашей стране данная методика только начинает внедряться, поэтому еще не нашла широкого применения.

Для производства работ без разрушений ландшафта участка Земли используется специальное оборудование наклонного бурения УНБ-3 (рис. 6).



Рис. 6. Установка для кластерного бурения УНБ-3

На объект заказчика доставляется 1,5 м или 2 м бетонное кольцо с бетонной крышкой, полимерным люком и материалы для монтажа геотермального коллектора.

В выбранном месте в грунт закапывают бетонное кольцо, ниже нулевого уровня Земли, с бетонированием пола и приямка.

На бетонное кольцо устанавливают буровую установку наклонного бурения УНБ-3 с катушкой коаксиального геозонда.

Мобильная гидравлическая станция может располагаться удаленно, в любом удобном месте на расстоянии до 15 метров от места проведения бурильных работ.

Бурение геотермальных скважин проводят внутри круга бетонного кольца с углом наклона 45 градусов, с перемещением установки по азимуту до 360 град.

Подготовленный и опрессованный коаксиальный геозонд опускают в грунтовую скважину внутри защитной колонны из обсадных труб, с обратным обрушением ствола (тампонаж наклонной скважины).

После установки проектного количества коаксиальных геозондов, приступают к монтажу двухуровневого распределительного геотермального коллектора (рис. 7).



Рис. 7. Двухуровневый распределительный геотермальный коллектор

Далее проводится трассировка утепленной теплотрассы с вводом в дом, где будет установлен тепловой насос (рис. 8). Все работы проводятся с контрольной опрессовкой и под давлением не менее 4 атмосфер.

Остается заполнить геотермальный контур теплоносителем – рассолом (изопропиловый спирт или пропеленглюколь) с дополнительной опрессовкой всей системы холодного контура.

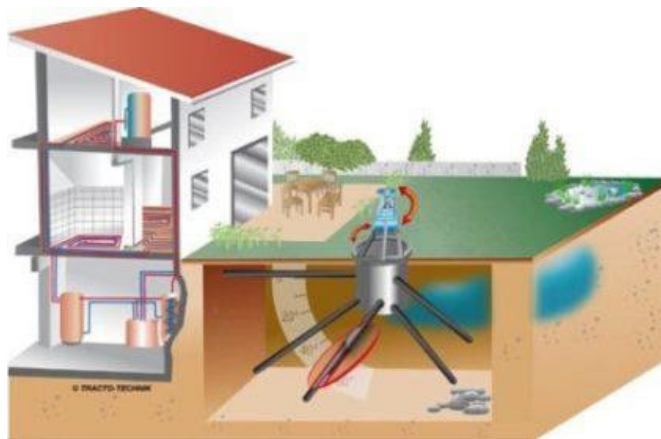


Рис. 8. Трассировка утепленной теплотрассы с вводом в дом

В случае вертикального или наклонного бурения нет необходимости делать одну глубокую скважину, поскольку это очень трудоемкий процесс. Проще, удобнее и дешевле сделать несколько скважин, суммарная глубина которых позволит разместить теплообменник необходимой длины, указанной в проекте.

Для геотермального бурения могут быть использованы мощные буровые установки для бурения скважин на воду, однако их эксплуатация обходится очень дорого. Целесообразно производить бурение при помощи малогабаритных установок, а для кластерного бурения применяется специальный агрегат, позволяющий бурить скважины под углом 30–90° из одной точки [5].

### **Вывод**

Производя расчет стоимости бурения, необходимо учитывать, что минимальное время эксплуатации геотермального первичного зонда составляет не менее 50 лет. Этот срок зависит напрямую от того, из какого материала изготовлены коллекторы.

Срок эксплуатации нержавеющей металла приблизительно составляет 70 лет, полимера 50–60 лет. В первый год возможны просадки коллектура, требующие корректировок, однако в остальное время первичный контур должен работать с полной теплоотдачей и эффективностью.

Длительный сроку эксплуатации как самого насоса, так и геотермального контура, позволяет сделать вывод о том, пугающие первоначальные затраты полностью окупятся и со временем помогут сэкономить.

### **Литература**

1. Поляков В. В., Скворцов Л. С. Насосы и вентиляторы: учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1990.
2. Мартыновский В. С. Тепловые насосы. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1955 г.
3. Грунтовые тепловые насосы. URL: <http://altagroup.ru/informatsiya/gruntovyj-teplovoy-nasos>.
4. Янтовский Е. И. Промышленные тепловые насосы. // Энергоатомиздат, 1989 г.
5. Васильев Г. П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев земли. М.: Граница, 2006 г.

**УДК 69:658.5**

*Елена Витальевна Занина, студент  
Владимир Вячеславович Сокольников,  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: lenazanina85@gmail.com,  
E-mail: sokolnikov.v.v@lan.spbgasu.ru*

*Elena Vitalievna Zanina, student  
Vladimir Vyacheslavovich Sokolnikov,  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: lenazanina85@gmail.com,  
E-mail: sokolnikov.v.v@lan.spbgasu.ru*

## **СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

### **METHODS OF IMPROVING ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF CONSTRUCTION**

В настоящее время актуальным вопросом строительной отрасли является повышение организационно-технологической надежности (ОТН) строительного производства. Рассматривается связь между своевременным вводом объекта в эксплуатацию и повышением ОТН. Приведены данные о причинах нарушения сроков строительства объектов на основе анализа отказов частных потоков. Описаны, в качестве основных средств повышения ОТН, метод временного резервирования и метод ускорения производства, что позволяет решить проблему срывов сроков строительства объекта. Дается описание моделирования технологических процессов и его основные этапы. Рассматривается вероятностная модель, позволяющая оценить надежность, основываясь на последовательности выполнения строительного-монтажных работ.

*Ключевые слова:* организационно-технологическая надежность строительства, календарное планирование, сроки строительства, отказ частных потоков, моделирование технологических процессов.

Nowadays, the actual issue of the construction industry is the increase of organizational and technological reliability (OTR) of construction production. The link between timely commissioning of an object and increasing OTR is considered. The data about the reasons of the object construction terms violation on the basis of private flows failures analysis is given. The method of temporary reservation and the method of production acceleration are described as the main means of OTR increase, which allows to solve the problem of object construction time disruption. The modeling of technological processes and its main stages are described. A probabilistic model is considered, which allows to estimate reliability based on the sequence of construction and installation works.

*Keywords:* organizational and technological reliability of construction, calendar planning, construction terms, failure of private flows, process modelling.

Вопрос повышения организационно-технологической надежности (ОТН) строительного производства в настоящее время является достаточно актуальным в строительной отрасли. Многие исследования российских и зарубежных авторов посвящены этому вопросу. Основы теории ОТН были созданы Гусаковым А. А., согласно его определению: «Надежность организационно-технологическая (ОТН) – способность организационных, технологических, управленческих экономических решений обеспечивать достижение заданного результата строительного производства в условиях случайных возмущений, присущих строительству как сложной вероятностной системе» [1].

Однако исследование [2] указывает на отсутствие конкретики определения Гусакова А. А., описывающего строительство как вероятностную систему решений и заданного результата, функционирующую в условиях случайных возмущений, что указывает на поиск методов моделирования ОТН путем вероятностных оценок эффективности



принятых решений или предполагаемых к принятию решений. Также отмечается неясность круга понятий, с которыми можно употребить определение ОТН, из-за низкого уровня конкретики определения. Согласно [2] определение А. А. Гусакова синонимично понятию «устойчивость системы к случайным воздействиям», а устойчивость системы можно вычислить начально-конечными и граничными условиями и соответствующими им динамическими характеристиками элементов системы по контролируемым параметрам, что соответствует теории: запас по количеству и качеству и по времени. В такой трактовке определение [1] доказывает применение детерминированного подхода к исследованию ОТН в виде математической функции, которая отвечает заданным начальным условиям, граничным условиям и конечным условиям для следующих параметров: подготовки строительства, допустимых отклонений выполнения техпроцессов, текущей потребности/порядку расходования ресурсов и текущего результата строительства. Исходя из этого, был сделан вывод, что при помощи детерминированной модели ОТН дается обоснование зависимости параметров результата строительства от начальных и граничных условий параметров его подготовки, соблюдения технологической дисциплины и ресурсного обеспечения технологических процессов.

Одним из основных направлений исследования организации строительства и его ОТН является совершенствование методов календарного планирования [3]. Большие временные потери в строительстве, которые в настоящее время составляют около 30 % от общей продолжительности строительства, приводят к задержке сроков ввода объекта в эксплуатацию. Согласно [3] отказы частных потоков – основная причина задержки сроков ввода объекта в эксплуатацию, также они зависят от уровня ОТН участников строительства [1,4-5]. Именно поэтому брать за основу детерминированные параметры, которые устанавливаются в нормативах, при календарном планировании строительства нельзя, так как в результате влияния многих производственных факторов, природа которых является случайной, происходит срыв выполнения запланированного объема работ и сроков ввода объектов в эксплуатацию.

Отказ частных потоков всегда имеет последствия, которые, в свою очередь, приводят к: срыву сроков строительства объекта, отсутствию фронта работ для последующих частных потоков, нарушению графиков поставки материально-технических ресурсов и нерациональному использованию денежных средств. Однако повышение ОТН дает возможность уменьшить последствия отказов частных потоков.

Одним из простых и действенных способов повышения ОТН является метод временного резервирования. Сущность метода заключается в наличии запаса времени между работами на разных захватках, при этом задержки выполнения частных потоков не ведут к срыву сроков строительства объекта. Также можно применить метод ускорения производства работ, который предусматривает привлечение дополнительных ресурсов и изменение организации работ или технологии работ. Данный метод позволяет нивелировать отклонения от графика, возникающие в процессе производства, и простои, а также снизить риски нарушения сроков строительства объектов [3].

Исследования организации строительства и его ОТН также ведутся по направлению моделирования технологических процессов [6]. Основной целью данного направления является определение таких оптимальных параметров, которые будут объединять в целостную систему численный состав бригады, число технологических звеньев, степень совмещения процессов, а также насыщения фронтов работы. Результатом данного моделирования является определение такого делегирования технологических процессов, при котором качественные показатели работы определенной бригады близки к прием-

лемым. При этом качественные показатели обуславливаются составом, объемом и трудоемкостью работ, которые возложены на бригаду, степени сопряжения технологически связанных процессов на фронтах работ, габаритов фронтов работ на объекте, степени насыщения фронтов работ трудовыми ресурсами с учетом численного состава каждого звена рекомендуемой ЕНиР или картами трудовых процессов.

При выполнении моделирования технологических процессов сначала сформировывают комплексы технологических процессов, выполняемые специализированными бригадами с учетом выбранного варианта конструктивных решений, согласно сметной документации на объект. После этого по каждому процессу, который входит в состав комплекса технологических процессов, составляется исходная информация: его трудоемкость, возможный численный минимальный и максимальный состав звена, продолжительность их работ и запланированное выполнение норм, степень совмещения работ звеньев. Далее, используя разработанное программное обеспечение, совершается моделирование, в процессе которого меняют численный состав бригад и звеньев таким образом, чтобы минимизировать внутрибригадные непроизводственные затраты времени [7]. Заключительным этапом моделирования является классификация итоговых результатов.

Также стоит обратить внимание на исследование [8], в котором рассматривается обеспечение ОТН при помощи классических методов теории вероятностей, которые предполагают наиболее вероятные наблюдения исхода, а также если такие измерения невозможны (или трудны) для применения методов численного эксперимента.

Согласно [8] различия надежности функционирования технических систем и организационно-технологических решений обращают внимание на особенности последовательности выполнения строительно-монтажных работ. По степени вовлеченности технических систем в процессы строительства были выделены три группы:

- первая группа включает в себя механизированные работы;
- вторая группа включает процессы, связанные с взаимодействием людей и ведущих машин, в которых невозможно выполнять работы при отсутствии хотя бы одной из частей;
- третья группа включает работы, выполняемые без непосредственного участия мастера, то есть вручную, в том числе с использованием ручного электроинструмента.

Организационно-технологическая надежность строительных работ, выполняемых вручную, в большинстве случаев исключает расчет технической надежности средств механизации, используемых в качестве основного процесса. Однако дестабилизирующие факторы делают технологию строительства строительных конструкций в стохастических процессах. Эти методы оценивают надежность, как правило, очень трудоемкую, и их практическое использование требует специальной подготовки в области теории вероятностей и математической статистики. По мнению автора [8], упростить оценку вероятности выполнения работ в срок возможно при условии соблюдения процедур расчета по отношению к массиву значений, который описывает показатель производительности за определенный период времени.

Накопление информации о выполнении работ, описание строительных процессов, выполняемых вручную, может занять от нескольких дней до нескольких месяцев. Если первоначальная информация будет учитывать изменение производительности, может потребоваться до 4 месяцев. Важно подчеркнуть, что с точки зрения производительности по времени в смену необходимо ввести поправочные коэффициенты, которые учитывают неравномерность интенсивности работы за одну смену.

Практическое применение показателя ОТН предполагает решение задач, сгруппированных в две группы. Первая группа – задача поиска достоверности (обоснованности) количественных значений показателей, описывающих процесс функционирования технологического процесса в строительстве (как правило, производительность или интенсивность производственных работ). Вторая группа включает в себя задачи, которые основываются на инверсии, то есть для заданного уровня достоверности (надёжности) должно быть определено количественное значение показателя.

Таким образом, основываясь на исследовании [8], можно сделать вывод, что при определении ОТН и ее оценки, необходимо учитывать особенности процессов возведения зданий и сооружений: полностью механизированная совместная работа машин и людей или выполняемая полностью вручную.

Для полностью механизированных процессов оценка организационной и технологической надежности выгодно осуществлять путем применения стандартных (в соответствии с ГОСТ РФ) методов оценки технической надежности.

Для процессов, осуществляемых вручную, следует выполнять путём деления набора значений, полученных в результате наблюдений, на две группы: соответствующее и несоответствующее проектному значению.

На основании вышеизложенного, можно сказать, что исследования в области повышения ОТН строительство ведутся в различных направлениях, среди которых были рассмотрены моделирование технологических процессов и совершенствование методов календарного планирования. Можно сделать следующие выводы: следует выделить детерминированные или вероятностные модели, которые можно использовать для повышения ОТН в строительстве. При использовании детерминированной модели не учитывается влияние случайных факторов, например, влияние частных потоков, которые могут являться причиной задержки сроков ввода объекта в эксплуатацию. В данной модели используют строго заданную зависимость, например, зависимость ОТН от устойчивости выполнения технологических процессов. Такая модель основывается на аналитическом представлении. При использовании вероятностной модели, учитывается влияние случайных факторов и позволяет оценить возможность их появления. Такая модель основывается на статистике.

## Литература

1. Организационно-технологическая надежность строительного производства. М.: SVR-Аргус, 1994. 472 с.
2. Сокольников В. В. Моделирование организационно-технологической надежности строительства // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 4 (69). С. 92–97.
3. Никоноров С. В. Повышение организационно-технологической надежности строительства в современных условиях / С.В. Никоноров, А.А. Мельник // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2019. Т. 19, № 3. С. 19–23. DOI: 10.14529/build190303.
4. Седых Ю. И., Лазебник В. М. Организационно-технологическая надежность жилищно-гражданского строительства. М.: Стройиздат, 1989. 396 с.
5. Томаев Б. М. Надежность строительного потока / Б. М. Томаев. М.: Стройиздат., 1983. 128 с.
6. Побегайлов О. А., Шемчук А. В. Моделирование технологических процессов при организации строительного производства // Наукоедение. 2012. № 4. 4с. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-tehnologicheskikh-protsessov-pri-organizatsii-stroitel'nogo-proizvodstva>.
7. Абрамов И. Л. Моделирование технологических процессов в малоэтажном строительстве. Автореферат. М.: 2007.
8. Kabanov V. N. Organizational and technological reliability of the construction process // Magazine of Civil Engineering. 2018. № 1. Pp. 59–67.

**УДК 69.003.13**

*Альбина Викторовна Иконникова,*  
канд. экон. наук, доцент  
*Татьяна Эдуардовна Сенокopenко,*  
магистрант

(Новосибирский государственный архитектурно-  
строительный университет (Сибстрин))

*E-mail: 13foxx@mail.ru,*  
*tanjscha803907@yandex.ru*

*Albina Viktorovna Ikonnikova,*  
PhD in Sci. Ec., Associate Professor  
*Tatyana Eduardovna Senokopenko,*  
undergraduate

(Novosibirsk State University  
of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin))

*E-mail: 13foxx@mail.ru,*  
*tanjscha803907@yandex.ru*

## **РЕШЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ СОВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ПРИМЕРЕ ПАРАДОКСА БРАЕСА**

### **SOLUTION OF MULTI-CRITERIA OBJECTIVES OF OPTIMIZATION OF MODERN CONSTRUCTION ON THE EXAMPLE OF BRAESS'S PARADOX**

В данной статье с помощью теории игр описано теоретическое поведение простой системы строительного рынка. При добавлении в рабочую сеть дополнительного критерия при несогласованности участников происходит снижение производительности строительных организаций, и как следствие, недополучение выгоды в полном возможном объеме – в виду неэффективного равновесия Неша происходит парадокс Браеса. Если учесть, что современное строительство включает в себя достаточно большое количество обязательных к выполнению требований (критериев) от всех партнеров – достижение оптимального результата при решении многокритериальной задачи достаточно трудновыполнимо.

*Ключевые слова:* строительство, оптимизация, парадокс Браеса, равновесие Неша, критерий строительства.

This article describes the theoretical behavior of a simple building market system. As a result, there were problems associated with a decrease in the productivity of construction organizations, and, as a result, a complete misunderstanding – in the context of the ineffective Nash equilibrium, the Braes paradox occurs. If everyone has a sufficient number of mandatory requirements (criteria) from all partners, achieving the optimal result when solving a multicriteria problem is quite difficult.

*Keywords:* optimization, Braess's paradox, Nash equilibrium, construction optimization criterion.

Современный строительный рынок требует от его участников производства качественной продукции, отвечающей требованиям спроса для охвата наибольшей доли рынка. Поэтому многие организации стараются максимально оптимизировать свои ресурсы, чтобы предложить потребителю качественный товар по выгодной для него цене при условии наибольшей прибыли для самой строительной организации, то есть найти оптимум в своей деятельности.

Современный строительный рынок в большинстве своем ориентирован на заказчика, будь то инвестор, вкладывающий деньги в строительство, или же будущий покупатель квартиры в строящемся доме. Соответственно, требования диктует тот, кто вкладывает деньги. Разработка проектной документации для будущего проекта напрямую зависит от того, какой цели отдается предпочтение: увеличение денежных средств за короткий срок, быстрое обеспечение большого количества людей жильем эконом-класса или же масштабное строительство атомной электростанции. В этих целях пересека-



ются три основных критерия, образующих «железный треугольник»: время, стоимость и объем ресурсов. Закон менеджмента гласит: определенный уровень качества рассчитан на среднюю стоимость, среднюю продолжительность и средний объем ресурсов. Малейший сдвиг в сторону любой из вершин приведет к ухудшению других критериев (оптимум Парето).

С позиции инвестора, который не хочет вникать во все тонкости строительного дела, главным критерием выступает количество вложенных финансов. Однако нельзя не учитывать и время окупаемости – совершенно не выгодно получать возврат своих средств в течение 25 лет. Поэтому со стороны инвестора могут быть внешние ограничения – количество вложенных средств, а также срок их возвращения. Помимо внешних ограничений существуют еще и внутренние – ограниченное количество рабочей техники и трудовых человеко-ресурсов.

В качестве основных параметров, которые могут быть и как критериями, и как ограничениями, могут выступать следующие критерии: стоимость; технологические; функциональные; ресурсные; социальные; экологические; эстетические; критерий безопасности.

Количество учитываемых критериев напрямую зависит от (финансовых и ресурсных) возможностей участников строительного процесса. Однако иногда возникает трудность в сопоставимости критериев, альтернативности, так как некоторые из них несовместимы друг с другом, а выделение одного конкретного критерия может негативно отразиться на учете других. Поэтому закономерно возникает вопрос нахождения оптимума для всех участников инвестиционного процесса.

В качестве объекта рассматривается 20-ти этажная одноподъездная секция в жилом комплексе «Нарымский квартал» в городе Новосибирске. В строительстве и отделке жилого дома применяются новые современные технологии и экологически безопасные строительные материалы. Дом строится по каркасно-кирпичной технологии, сдача секций производится поэтапно. Для рассматриваемого объекта были выбраны критерии, которые диктует инвестор: срок возведения объекта и его объем вложенных инвестиций. В качестве ограничений задан определенный уровень качества, определяемый стандартом. Получаем задачу для оптимизации: построить в быстрые сроки, с максимально минимальной суммой денежных средств и при этом с заданным уровнем качества. К сожалению, простого и существующего решения у поставленной задачи нет, как не существует аналогов подобной застройки.

На сегодняшний день отсутствует единый метод решения подобных задач касательно возведения объектов в виду их индивидуальности, что существенно осложняет процесс оптимизации. Для каждой конкретной задачи необходим свой подход, и, возможно, корректировка применяемых методов для достижения наилучшего, оптимального результата.

В самом общем случае, решить оптимизационную задачу это значит найти наилучшее решение среди возможных вариантов решения. Решение любой оптимизационной задачи основано на построении математической модели исследуемого объекта и проведении вычислительного эксперимента. Проведение вычислительного (компьютерного) эксперимента не с самим объектом, а с его моделью дает возможность эффективно исследовать его свойства в любых ситуациях [4, с. 4]. Чрезвычайно широкий и крайне важный с практической точки зрения класс задач выбора составляют многокритериальные задачи, в которых качество принимаемого решения оценивается по нескольким кри-

териям одновременно. Успешное решение многокритериальных задач невозможно без использования различного рода сведений о предпочтениях лица, принимающего решение. При этом одним из самых главных источников таких сведений является информация об относительной важности критериев [5, с. 8].

Анализ первоисточников показал, что порой одного метода недостаточно, необходим комплексный подход.

Приведенные теоретические исследования позволили выдвинуть рабочую гипотезу: из-за оптимизации только по одному альтернативному критерию, без учета других критериев (не менее важных), которые впоследствии влияют на конечный результат, может возникнуть несбалансированная модель организации строительного производства. Учет нескольких независимых критериев, срока и стоимости, с заданными ограничениями по уровню качества, позволят не только разработать оптимальную модель организации работ, но и добиться максимально благоприятного исхода для всех участников строительства, и в частности, для инвестора.

Поиск оптимального решения при учете нескольких критериев, как показывает практика, зачастую труден и практически невозможен. Чем больше размер компании, тем сложнее выбрать путь оптимизации, так как в каждом конкретном случае необходим подход, учитывающий абсолютно все сильные и слабые стороны, а также результат, который необходимо получить в итоге деятельности данной организации.

Под парадоксом Браеса понимается ситуация, в которой при добавлении в «налаженную» сеть оптимизации дополнительного критерия, при условии, что ранее участники на рынке сами выбирали критерий для оптимизации, может снизиться общую производительность. С помощью теории игр можно теоретически наиболее наглядно рассмотреть действие этого парадокса относительно строительной отрасли.

Рассмотрим ситуацию 1. На строительном рынке можно выбрать один из путей оптимизации – по стоимости или по сроку строительства. Участники рынка сами решают, будут ли они строить быстро, но дорого, или будут возводить объекты по минимальной цене, но дольше, чем другие организации. Рассмотрим ситуацию с двумя участниками строительного рынка – участник А, оптимизирующий по стоимости, и участник Б, оптимизирующий по времени. При данном распределении оба участника заняли позиции с оптимальными условиями – удовлетворяются потребности граждан, которые хотят приобрести жилье эконом-класса, а также потребители, которых интересует сроки строительства. Оба участника имеют стабильный доход.

Рассмотрим ситуацию 2. На рынке появились новые строительные материалы. Появился дополнительный путь для оптимизации своей деятельности – критерий индустриальности. Используя новый строительный материал, участники рынка – застройщики смогут завершить строительство еще быстрее, не нарушая технологию строительного процесса и не ухудшая качество строительной продукции. Появление дополнительного пути оптимизации своей деятельности позволит каждому участнику рынка рассматривать вариант предложения потребителю товара более привлекательного, чем его конкурент. Самостоятельно они не смогут договориться, так как каждый будет преследовать свои собственные интересы в условиях олигополии на строительном рынке это вряд ли возможно. Полагая, что каждый участник будет стараться найти оптимальный путь именно для себя, они придут к равновесию Неша, что для таких систем не всегда является оптимальным.

Равновесие Нэша — это такой профиль стратегий, что ни один отдельно взятый игрок не захочет изменить свою стратегию, если стратегии оставшихся игроков останутся неизменными [1, с. 21].

В таблице 1 представлена структура действия двух участников, А и Б. Для каждого участника есть два варианта действия – продолжать строить по «старому пути», оптимизируя свою деятельность только по одному критерию, или же пойти по «новому пути» и внедрить в своем производстве использование современных материалов.

В данный момент оба участника находятся на «старом пути» – оптимизируют свою деятельность в зависимости от одного ранее выбранного критерия. В таком случае доход каждого из участников не изменится (0), то есть останется такой, какой и был ранее. Идя по «новому пути», оба участника, при вкладывании большего количества инвестиций, получают наибольшую выгоду в сложившейся ситуации – так как у потребителя нет выбора, и он будет вынужден выбирать между новыми предложениями от участников, в таком случае прибыль каждой конкурирующей стороны составит 1 условную единицу. Однако, если участник А выберет «новый путь» оптимизации, а участник Б останется на «старом пути», то первый участник окажется в невыгодном положении – потребители предпочтут продукцию второго участника, так как она дешевле, чем у первого (участник А потратил больше инвестиций на строительство по новой оптимизации, за счет чего увеличилась конечная стоимость готовой продукции).

Таблица 1

**Структура действия участников рынка**

		Участник Б	
		Новый путь	Старый путь
Участник А	Новый путь	А: +1 Б: +1	А: -1 Б: +2
	Старый путь	А: +2 Б: -1	А: 0 Б: 0

Тогда доход участника Б будем максимальный – прибыль увеличится на 2 условные единицы, в то время как участник А окажется в минусе, его решение внедрить новые технологии не найдет отклика на рынке и строительство своевременно не окупится. Так же будет работать схема и при условии, что участник Б будет вводить в производство современные материалы, а участник А продолжит строить дешевое жилье. Разумеется, путь при многокритериальной оптимизации наиболее предпочтителен для обоих участников, однако, участники не будут оптимизировать по «новому пути», опасаясь остаться в убытке, из-за того, что конкурент продолжит выпускать свою продукцию, не меняя стратегии. Поэтому в данном случае самый оптимальный пусть для обоих участников – не меняя стратегии, оптимизировать по «старому пути». При этом они достигают равновесие Нэша. В данном случае на рынке присутствуют два игрока, стремящиеся мыслить рационально для достижения максимальной выгоды, но не имеющие возможности договориться – и, несмотря на то, что существует вариант наиболее благоприятного исхода, оба, выбрав «старый путь», останутся в относительном проигрыше.

В данном случае была рассмотрена простая система с одним дополнительным критерием и минимальным четным количеством игроков, однако строительство как много-

компонентная отрасль априори не может быть такой системой на практике. Так же системе, простую или сложную, из строя может вывести и менее значительный критерий, например, в черте города построили новый бетонный завод, чтобы разгрузить аналогичный завод, существующий на противоположной стороне города. При одинаковом качестве цемента отличается только стоимость и время доставки – новый завод предлагает цену ниже, но транспортировка осуществляется меньшим количеством машин. В таком случае, участникам опять придется принимать рациональное решение, но без возможности обсудить этот вопрос с конкурентом.

При решении такой многокритериальной задачи, где критериев строго больше 1, для наиболее успешного баланса, необходимо достигнуть оптимума по Парето – однако на примере двух участников видно, что баланс – не значит оптимум. Оптимальным решением такой задачи для одного участника будет либо договоренность с конкурентом использовать новые материалы, либо рискнуть и попытаться выйти на рынок, ожидая, что второй участник поступит так же. В первом случае невыполнимым является общая договоренность участников, так как строительный рынок в масштабах государства – это рынок свободной конкуренции – в сферу строительной деятельности входят новые организации и выходят неконкурентоспособные участники.

Стоит учесть еще тот факт, что не все могут поддержать идею внедрения новых материалов по разным причинам (недостаточно инвестиций для освоения нового материала, устаревшая материальная база, малые объемы строительных заказов, где не нужны современные строительные материалы и.т.д.). При втором варианте стоит учитывать, что строительство – процесс, постоянно сопровождающийся рисками – добавление еще одного неоправданного риска может отрицательно сказаться на жизнедеятельности организации.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что парадокс Браеса так же присущ и решению оптимального нахождения баланса при решении многокритериальной задачи, что делает нахождение оптимума более трудным. На примере парадокса можно теоретически увидеть, к чему приводит эгоистичное поведение участников любой отрасли. Для достижения оптимального распределения общего блага все участники должны действовать согласовано (2-й принцип Вардрона), что в условиях сложной системы строительного рынка трудновыполнимо.

### **Литература**

1. *Захаров А. В.* Теория игр в общественных науках [Текст] : учебник для вузов / А. В. Захаров ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. :Изд. дом Высшей школы экономики, 2015. – (Учебники Высшей школы экономики). – 304 с.
2. *Гасников А., Дорн Ю., Нурминский Е., Шамрай Н.* Автомобильные пробки: когда рациональность ведет к коллапсу //«Квант». – 2013. – № 1. – с. 13-16.
3. *Крылатов А. Ю.* Распределение потока в сети как задача поиска неподвижной точки // Дискретный анализ и исследование операций. – 2016. – Том 23, № 2. – с. 63–87.
4. *Кочегурова Е. А.* Теория и методы оптимизации: учеб. пособие для академического бакалавриата / Е. А. Кочегурова. – М.: Издательство Юрайт, 2012. –133 с.
5. *Ногин В. Д.* Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 144 с.



УДК 332.8

Элина Валерьевна Ишкильдина,  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: Elina-6-8-96@yandex.ru

Ishkildina Elina Valerevna,  
undergraduate  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: Elina-6-8-96@yandex.ru

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В СССР НА ЖИЛИЩНОЕ ДОМОСТРОЕНИЕ

### IMPACT OF TECHNICAL AND ECONOMIC SITUATION IN THE USSR FOR HOUSING CONSTRUCTION

Строительство является крупной и значимой отраслью народного хозяйства. Жилищное строительство имеет довольно большую и неоднозначную историю. На разных этапах имелись как положительные динамики, так и падения. В данной статье рассматривается влияние технико-экономического положения СССР на жилищное домостроение. Задачей данной работы является изучение различных этапов в строительстве жилого фонда. Будет дана краткая характеристика этапов с приведением ключевых и значимых событий, происходивших в каждый период. Так же в статье будет рассмотрена зависимость темпа строительства от состояния промышленного комплекса и ВВП страны, как в довоенные, так и в военные и послевоенные годы.

*Ключевые слова:* жилищное строительство; экономика; ВВП страны; панельный дом; производственная база; СССР.

Construction is a large and significant sector of the national economy. Housing construction has a rather large and mixed history. At different stages there were both positive dynamics and falls. This article considers the impact of the technical and economic situation of the USSR on housing construction. The task of this work is to study the various stages in the construction of housing. A brief description of the stages will be given with a summary of key and significant events that occurred in each period. The article will also consider the dependence of the pace of construction on the state of the industrial complex and the country's GDP, both in the pre-war and in the war and post-war years.

*Keywords:* housing construction; economy; country's GDP; panel house; industrial base; USSR.

Вопрос обеспечения людей жильем всегда был актуален, ведь потребность в крыше над головой – одна из основных жизненных потребностей человека. История массового жилищного домостроения в нашей стране достаточно богатая, со своими положительными и отрицательными динамиками.

Для того чтобы разобраться в вопросе, в данной работе проведем анализ различных этапов в строительстве жилого фонда в СССР. Рассмотрение влияния технико-экономического положения СССР с 1918 по 1980 гг. на жилищное домостроение поможет понять те или иные тенденции, которые складывались в каждый из периодов.

В царской России, как показал В. И. Ленин, жилищный вопрос для подавляющего большинства народа стоял так же остро, как и во всех других капиталистических странах. «Растут богатые города, строятся роскошные магазины и дома», – писал В. И. Ленин. Вместе с тем безработные, которых становится все больше, «ютятся, как звери, в землянках городских предместий или в таких ужасных трущобах и подвалах, как на Хитровом рынке в Москве».

Решение жилищного вопроса в нашей стране стало возможным только после Великой Октябрьской социалистической революции. С установлением Советской власти жилищ-

ный вопрос в его прежнем, классовом смысле перестал существовать [1]. Но, несмотря на произошедшие события, нехватка квартир была такой же острой в силу ряда исторических причин. Таким образом, одной из важнейших задач государства после смены власти стало улучшение жилищных условий своего народа.

Рассмотрим первый этап с 1918 по 1928 гг. Для него характерно нахождение в сильном упадке производственной базы строительства. Такое положение досталось как наследство советским трудящимся от тяжелого прошлого страны. Так же добавляла проблем техническая отсталость промышленности.

Для возрождения строительства жилищного фонда Советскому государству было необходимо масштабно развернуть создание новой производственной базы. Однако, этот процесс усложняло несколько причин. Во-первых, из-за трудных времен для рабочего класса царил разруха народного хозяйства. Во-вторых, у страны по причине смены власти, было плачевное экономическое положение. Кроме того, господствовал кризис, имело место отсутствие средств для проживания и производства. Одним словом, страна переживала огромные трудности долгого и тяжелого восстановительного периода.

Время было сложное по многим причинам, но люди нуждались в жилье, поэтому требовалось принятие срочных и эффективных мер. На тот момент на строительных площадках использовался преимущественно ручной труд. Рабочие выполняли большинство операций примитивными строительными орудиями такими, как: лопата, носилки, тачка, молоток и топор. Даже такие физически сложные операции, как перемешивание бетона в бадье, затем ее подача, земляные работы, подъем кирпича на технологический ярус, производились вручную.

На данном этапе отечественное машиностроение только зарождалось. Первые строительные машины – простейшие подъемники, растворо- и бетономешалки, лебедки и другие – появились лишь в 1924–1925 годах [1]. Все это определило характерную черту строительства жилья на этом этапе – преобладание ручного труда над механизированным.

Строительство шло, а значит, требовались и строительные материалы. Производство материалов не только не прекращалось, но оно еще и возрастало. С 1918 по 1928 г. производство цемента увеличилось с 0,96 млн. т до 1,85 млн. т, извести – с 200 тыс. т до 526 тыс. т, кирпича – с 0,7 млрд. штук до 2,79 млрд. штук [1]. Хоть выпуск строительных материалов и оставался еще весьма ограниченным и в целом не удовлетворял растущих потребностей, но заводы не прекращали снабжать своей продукцией стройки по всей стране.

С 1923 по 1927 года в СССР было построено более 12,5 миллионов квадратных метров жилой площади, а в последующие пять лет 1927-1931 годов – еще 28,85 миллиона квадратных метров [4].

Далее рассмотрим второй этап – этап в период второй пятилетки 1933–1941 гг. Площадь жилой площади, построенной одним государством и сданной в аренду, составила 27,34 млн. кв. В годы пятилетки были сделаны существенные шаги в развитии строительства жилых домов. Этому не могла не поспособствовать экономическая обстановка в государстве. Большую роль сыграли установление новой социалистической экономики и победа социализма. К тому же была завершена техническая реконструкция народного хозяйства. На помощь ручному труду пришли механизированные процессы. В этот период в Советском Союзе формировывались профессиональные кадры, кото-

рые образовывали своеобразную постоянную армию строителей. Окрепшая производственная база позволяла набирать объемы строящегося жилья.

Строительство домов в СССР не прекращалось и во время Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. Эвакуация промышленности на Восток и восстановление промышленных предприятий на новых местах требовали большого количества рабочих, а, следовательно, и жилищ для них [1]. Строительство жилья в больших масштабах так же велось в освобожденных от оккупации врагом районах. В военные годы ориентация промышленности естественно была направлена больше на военный сектор, но за четыре с половиной военных года в стране было как восстановлено, так и построено порядка 50 млн. кв. м жилой площади.

Одной из главных особенностей данного этапа является то, что советскому народу, ослабленному войной, по существу, заново пришлось создавать материально-техническую базу для строительства, которая почти полностью была уничтожена во время Великой Отечественной войны. В результате войны по производству основных видов строительных материалов страна была отброшена на уровень 1927–1928 годов.

В следующий период, послевоенный, с 1950 по 1965 годы, как восстановление жилых зданий, так и новое жилищное строительство развертывалось параллельно с восстановлением материально-технической базы строительства. Тут же назревал конфликт между потребностями страны и ее населения. Народ-победитель в Великой Отечественной войне, в полной мере начавший сознавать свою силу и возможности, теперь ждал улучшения материального быта [2].

Социальные требования к жилью росли с большой скоростью. Советского человека, ютившегося в коммунальных квартирах, аварийных зданиях, подвалах, не устраивало его положение. Жилище теперь не соответствовало достигнутому уровню социально-экономического развития страны.

Перед архитекторами и строителями встал острый вопрос об индустриализации и типизации в крупнопанельном строительстве. Для того чтобы возратить миллионам советских граждан их кров, требовалось строить дома поточным методом. Возведение должно было быть быстрым, упрощенным, дешевым и в больших количествах. Курс на типизацию и индустриальное домостроение позволил развернуть массовое жилищное строительство и подойти к решению важнейшей социальной задачи – обеспечение людей благоустроенным жилищем [2]. Шла глобальная перестройка архитектурно-строительного дела, что привело к созданию мощного промышленного сектора и нового жилищного фонда, который превосходил все, что было построено за прошлые сто лет.

Таким образом, за счет строительства зданий из крупных панелей заводского производства, жилой фонд увеличился на 40 %. В дальнейшем СССР обогнал своих мировых конкурентов в производстве стали, железобетонных изделий и т. д. К середине 1960-х годов экономика и промышленность СССР твёрдо закрепились на втором месте в мире после США.

Далее рассмотрим период с 1965 по 1970 гг. После прихода к власти нового руководства во главе с Л. И. Брежневым были предприняты попытки придать советской экономике новое дыхание. Быстрые темпы экономического роста, характерные для 30-х – 50-х годов, сменились периодом постепенного замедления прироста производительности по мере того, как сокращался разрыв уровня жизни с развитыми капитальными странами [1].

Ускорению развития мешали гипертрофированный ВПК (военные расходы) и малоэффективный АПК. На потенциале для роста проявляла отрицательное воздействие и невысокая степень открытости отечественной экономики, хотя внешнеторговый оборот прирастал высокими темпами.

Объём ВВП, национального дохода, продукции промышленности и строительства продолжали достаточно быстро расти, однако среднегодовые темпы роста производительности труда постепенно снижались: в 8-ой пятилетке (1966–1970) они составляли 6,8 %, в 9-й – 4,6, 10-й (1976–1980) – 3,4, однако оставались более высокими, чем в большинстве развитых капстран. В целом же за 1970–1990 объём национального дохода увеличился в 2 раза, на душу населения – в 1,7 раза [4].

Таким образом, тенденция роста продукции в строительстве имела, но уже не такая большая, как в предыдущий период.

До конца существования СССР советская экономика и промышленность по валовым показателям занимала второе место в мире, уступая только США.

Строительство жилья в период 80-х годов шло под влиянием таких факторов, как социальный и научно-технический прогресс (НТП). НТП осуществлялся в прямой зависимости от социального развития общества и в то же время, в свою очередь, оказывал на него возрастающее воздействие [2]. С развитием технического прогресса так же увеличивались потребность в новом техническом оснащении квартир.

В то же время замечалось существенное влияние НТП на процессы строительного производства. Происходил постоянный процесс модернизации орудий труда, технологий и организации строительства. Так же росла продуктивность труда, появлялись более производительные механизмы и машины, применялись новые строительные материалы. Автоматизация присутствовала как на строительной площадке, так и на заводах, фабриках. НТП превратил производство работ в единый непрерывный технологический процесс.

Объёмы строительства жилого сектора по-прежнему только увеличивались. Данному процессу содействовало формирование масштабной индустриальной базы крупнопанельного домостроения. Государство принимало большинство решений относительно обеспечения своего народа жильем. В итоге, в стране преобладала государственная форма собственности на жилье.

Одновременно происходила монополизация подрядной деятельности. Все чаще производство и распределение строительной продукции принадлежало крупной компании, которая имела большую часть власти и влияния на рынке строительства. По причине появления крупных домостроительных комбинатов, по всей стране строились одинаковые крупнопанельные здания. Это все приводило к полной монополизации крупнопанельного домостроения, что не могло не сказываться на темпах и качестве возведения зданий [3].

На рис. 1 можем наглядно увидеть динамику жилищного строительства в СССР и РСФСР за 1918–1990 гг.

Можно прийти к выводу, что в разные периоды, несмотря на нестабильную экономику и тяжелое положение промышленного сектора в СССР, возведение жилого сектора не только не остановилось, но и во многом преуспело, продемонстрировав выдающиеся показатели. Больше всего поражает своей стойкостью народ в военные и послевоенные годы. С особым упорством и трудолюбием было восстановлено и заново возведено огромное количество зданий. Более того, страна создала большую индустриальную базу



для крупнопанельного домостроения, таким образом, колоссально преуспела в строительстве зданий из элементов различной степени заводской готовности, что также говорит о росте технологичности предприятий. То есть, можно с уверенностью сказать, что массовое индустриальное домостроение – действительно огромное неоспоримое социальное достижение страны.

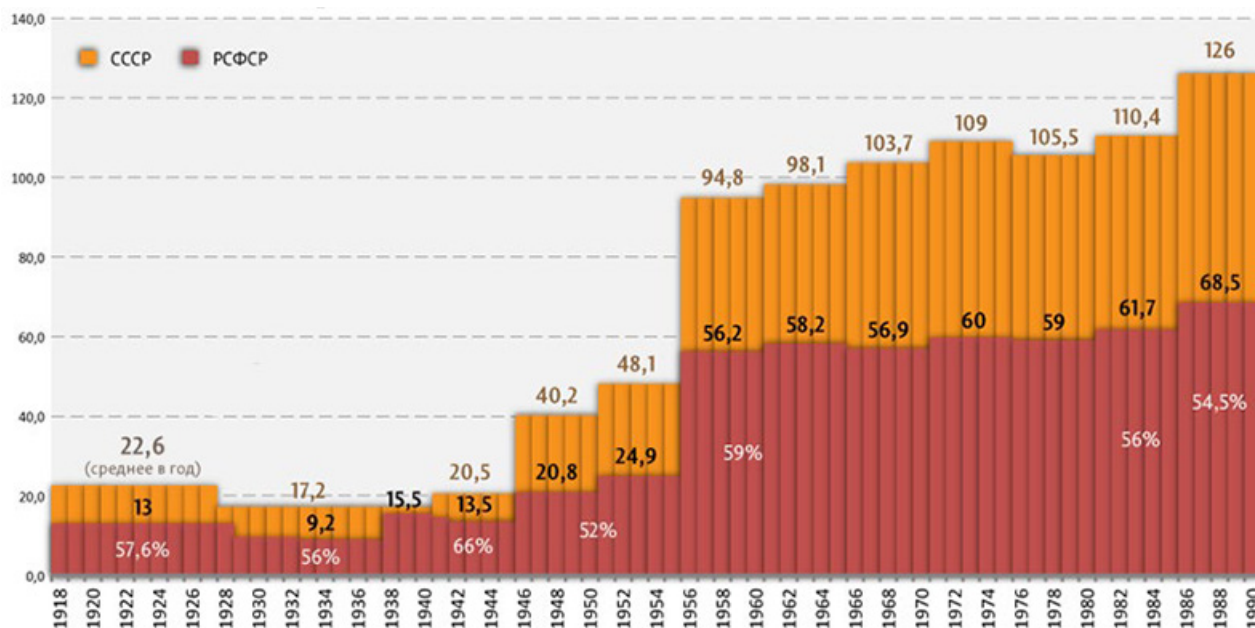


Рис. 1. Диаграмма жилищного строительства в СССР и РСФСР за 1918-1990гг (млн. кв. м)

### Литература

1. Харитонов А. Е. Основные этапы жилищного строительства в СССР / Вопросы истории. 1965. № 5, Май.
2. Горлов В. Н. Жилищное строительство в СССР [Электронный ресурс]: Международный теоретический и общественно– политический журнал «Марксизм и современность». – Режим доступа: <https://prometej.info/zhilishnoe-stroitelstvo-v-sssr/> (дата обращения: 18.03.2020).
3. Стратегическое планирование социально-экономического развития отраслей промышленности / Л. Г. Ворона-Сливинская. Журнал правовых и экономических исследований. 2008. № 1. С. 70–74.
4. Экономика СССР [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Экономика\\_СССР](https://ru.wikipedia.org/wiki/Экономика_СССР) (дата обращения: 18.03.2020).
5. Presentation made to the Stalin Society by Katt Cremer. [Электронный ресурс]: To Stalin Society. – Режим доступа: <https://stalinsocietygb.wordpress.com/2017/01/13/housing-in-the-ussr/> (дата обращения: 18.03.2020).

УДК 624.05

*Юрий Николаевич Казаков,*  
д-р техн. наук, профессор  
*Олег Александрович Тимошук,*  
канд. техн. наук, доцент  
*Антон Славикович Антаносян,* студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: anton.antanosyan@gmail.com*

*Juri Nikolaevich Kazakov,*  
Dr. Sci. Tech, Professor  
*Oleg Alexandrovich Timoschyk,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
*Anton Slavikovich Antanosian,* student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: anton.antanosyan@gmail.com*

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

### ANALYSIS OF EXISTING CONSTRUCTIVE SOLUTIONS OF LARGE-PANEL BUILDINGS

Анализ существующих конструктивных решений крупнопанельных зданий основывается на ныне существующих технологических схемах крупнопанельных зданий, будут рассмотрены основные характеристики каждой схемы, выделены достоинства и недостатки, трудоёмкости. Рассмотрено снижение трудоёмкости. Изучение технологических схем существующих крупнопанельных зданий, выявление недостатков при монтаже конструкций. Выполнен анализ решений для снижения трудоёмкости и времени монтажа конструкций. Приведен перечень элементов и их характеристик, способствующих снижению трудоемкости при монтаже конструкций. Составлен вывод о проделанной работе, приведены наиболее важные и ключевые элементы, выявленные в процессе анализа.

*Ключевые слова:* панельное домостроение, трудоёмкость, монолитное домостроение, кирпичное домостроение.

The analysis of existing structural solutions of large-panel buildings is based on the current technological schemes of large-panel buildings, the main characteristics of each scheme will be considered, the advantages and disadvantages, and the labor intensity, will be highlighted. Considered a decrease in labor intensity. The study of technological schemes of existing large-panel buildings, identifying deficiencies in the installation of structures. The analysis of solutions to reduce the complexity and time of installation of structures. The list of elements and their characteristics that contribute to reducing the complexity during the installation of structures is given. A conclusion is drawn on the work done, the most important and key elements identified during the analysis are given.

*Keywords:* panel house building, labor input, monolithic house building, brick house building

Крупнопанельные здания возводятся из заранее изготовленных на заводе крупноразмерных плоскостных элементов стен, перекрытий, покрытий и других конструкций, называемых панелями. Строительство таких зданий позволяет заметно повысить степень индустриальности строительных процессов и производительность труда, а также снизить стоимость строительства и сократить сроки возведения зданий [1].

Несмотря на то, что возводить крупнопанельные дома в СССР начали в конце 30-х годов, данная система строительства продолжает быть рентабельной в России в настоящее время. Происходит это благодаря наличию развитой строительной базы заводского домостроения; возможности производства строительных работ при любых погодных условиях, богатому опыту научных исследований и проектных разработок.

Крупнопанельные здания имеют различные конструктивные схемы. Они бывают бескаркасными и с внутренним каркасом [2]. В данной работе более подробно мною были рассмотрены бескаркасные здания.

Бескаркасные здания имеют преимущества по отношению к панельным зданиям с внутренним каркасом. Они состоят из меньшего количества сборных элементов, более просты в монтаже, позволяют сократить расход металла и избежать выступающих элементов (колонн и ригелей) в интерьере. По этим же причинам они имеют большее распространение в массовом жилищном строительстве.

Бескаркасные крупнопанельные здания представляют собой совокупность неизменных пространственных ячеек (помещений), образованных панелями стен и перекрытий. Для бескаркасных крупнопанельных зданий характерны следующие конструктивные схемы:

- с малым шагом несущих поперечных стен,
- с большим шагом несущих поперечных стен,
- со смешанным шагом несущих поперечных стен с продольными несущими стенами [3].

В зданиях шагом несущих поперечных стен, 2700–3600 мм, поперечные и продольные стены являются несущими. Панели наружных стен однослойные, трехслойные, внутренних стен – железобетонные 120–160 мм толщиной. Плиты перекрытия из железобетона без пустот.

В зданиях с шагом несущих поперечных стен от 3600 до 7200 мм, несущие поперечные стены изготавливаются из плоских железобетонных панелей 160 мм толщиной [4].

Наружные продольные стены – самонесущие однорядной или поясной разрезки, изготовленные из легких или ячеистых бетонов. Межкомнатные перегородки – гипсобе-тонные 80 мм толщиной. Плиты перекрытия – пустотные 220 мм толщиной или сплошные железобетонные 160 мм толщиной.

Наружные стены в зданиях выполнены со смешанным шагом несущих поперечных стен – самонесущие однорядной разрезки из керамзитобетонных панелей. Плиты перекрытия сплошные 160 мм толщиной, которые опираются в узких ячейках по контуру, а в широких ячейках – на две стороны.

В зданиях с продольными несущими стенами наружные продольные стены – несущие из керамзитобетонных панелей 400 мм толщиной. Внутренняя продольная стена – несущая из плоских железобетонных панелей 160–200 мм толщиной. Плиты перекрытия – железобетонные сплошные 160 мм толщиной [5].

### **Технология возведения крупнопанельных зданий**

Наиболее распространенный метод монтажа крупнопанельных зданий – поэтажный, он обеспечивает равномерную осадку фундамента. Так же для оптимизированной работы здание разделяют на захватки и делянки. Элементы здания доставляют на строительную площадку, складывают в монтажной зоне крана, затем после всех подготовительных процессов начинают монтаж элементов. Их подают краном к проектному положению, осуществляют геодезический контроль и выверку. После установки конструкции в проектное положение производят сварку, швы зачищают и обрабатывают антикоррозийным составом. Процесс монтажа одной конструкции трудоёмок и занимает достаточно длительное время. Но так как элементы крупнопанельных зданий спроектированы размерами на комнату, в целом сборка этажа осуществляется быстрее, чем в кирпичных и монолитных домах.

Однако данный способ монтажа так же и является недостатком этого метода, поскольку для монтажа одного элемента используется кран, соответственно совместить монтаж другого элемента другим краном рядом с уже монтируемым элементом не представляется возможным из-за неминуемых столкновений стрел кранов, что привлечет к неминуемой катастрофе.

В некоторых сферах строительства, где сборка осуществляется поэлементно, снижение трудоемкости и времени монтажа достигается различными путями. Рассмотрим модульные, основное назначение которого – временные помещения, которые сооружаются на строительных площадках для размещения сотрудников ИТР, рабочих и пр. (рис. 1). В начале своей истории эти здания возводились из отдельных элементов, поэтажно. Затем создали новую технологию, которая позволила решить проблему поэлементного монтажа, снизив трудоёмкость и время монтажа модульных зданий. Новая технология заключается в том, модуль собирается полностью еще на заводе и складывается внутрь модуля, благодаря шарнирам, интегрированным в стены. Такая технология позволяет перевозить большое количество модулей из-за малой высоты конструкции в сложенном виде. Трудоемкость монтажа при помощи этой технологии снижается на 25 %.



Рис. 1. Раскладной модуль

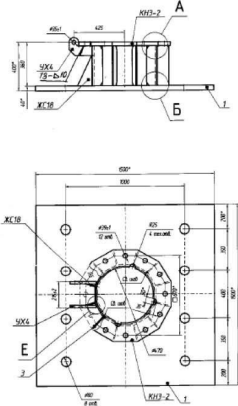

Подвижность конструкции достигается установками шарнирных элементов в конструкцию. По характеристикам и применению шарниры очень сильно отличаются друг от друга, в табл. 1 приведен анализ некоторых шарнирных изделий, так или иначе использующихся в строительной сфере [6-12].

Таблица 1

#### Характеристики шарнирных изделий

Маркировка изделия	Размеры изделия, мм	Масса изделия, кг	Графическое изображение изделия	Область применения
П110-7	605 × 600 × 510	47		Предназначен для подъёма типовых и унифицированных стальных свободстоящих опор и опор на оттяжках ВЛ 35-330 кВ методом поворота



Маркировка изделия	Размеры изделия, мм	Масса изделия, кг	Графическое изображение изделия	Область применения
П220-1	605 × 600 × 510	48		Предназначен для подъёма типовых и унифицированных стальных свободстоящих опор и опор на оттяжках ВЛ 35-330 кВ методом поворота
ПБ-1 – ПБ-5	605 × 600 × 480	45		Предназначен для подъёма типовых и унифицированных стальных свободстоящих опор и опор на оттяжках ВЛ 35-330 кВ методом поворота
ПУБ2; ПУБ5; ПУБ20	605 × 600 × 520	46		Предназначен для подъёма типовых и унифицированных стальных свободстоящих опор и опор на оттяжках ВЛ 35-330 кВ методом поворота
ПБ4Г, ПБ3СА; ПБ4СА	570 × 540 × 725	102		Предназначен для подъёма типовых и унифицированных стальных свободстоящих опор и опор на оттяжках ВЛ 35
ПМГ500	513 × 140	27	 <p>Эскиз шарнира</p>  <p>Шарнир в сборе</p>	Предназначен для монтажа стальной многогранной опоры

Маркировка изделия	Размеры изделия, мм	Масса изделия, кг	Графическое изображение изделия	Область применения
Ш-1-1	500 × 430 × 220	40		Предназначен для подъёма типовых и унифицированных стальных свободстоящих опор и опор на оттяжках ВЛ 35-330 кВ методом поворота
Ш-3	500 × 430 × 220	40		Предназначен для установки (демонтажа) металлических опор на оттяжках ВЛ 500 кВ типа ПП-500 методом поворота.
СЕТОР RP101P	78 × 81 × 50	0,4	Соответствует СЕТОР RP101P 	Применяется для монтажа цилиндров
Шарнир мачт	30 × 43 × 10	0,2		Применяется для монтажа мачт
Петли воротные приварные усиленные В 34П/Л	50 × 300			Предназначен для металлических складских ворот

## Выводы

1. Составлен анализ конструктивных решений крупнопанельных зданий, изучена технология возведения, выделены достоинства и недостатки данной технологии.

2. Рассмотрен вариант снижения трудоемкости и времени строительства крупнопанельных зданий за счет применения шарнирных изделий.

3. Для снижения трудоемкости и времени строительства используются элементы с высокой степенью строительной готовности и упрощенной схемой монтажа.

Технологичность модернизации и реконструкции – улучшение и изменения технических свойств здания: объемно-планировочные изменения, введение новых технологий, новых механизмов и оборудования так, чтобы объект удовлетворял современным требованиям научно-технического прогресса и технического уровня строительного производства.

## Литература

1. Массовое жилье за 100 лет [Электронный ресурс]: 2012-2020 URL:<https://www.normacs.info/articles/820>

2. Сравнение технологий: кирпич, панель, монолит [Электронный ресурс]: 2020 URL:<https://ingraficon.ru/usefulinformation/article/%E2%80%8Bsravnenie-tehnologii-kirpich--panel--monolit-ili-metallokonstrukcii>

3. Выбираем антикризисную технологию строительства жилья [Электронный ресурс]: 2012–2020 URL:<http://proftula.ru/articles/183/36153/>

4. ЕНиР. Сборник Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Вып. 1. Здания и промышленные сооружения/Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1987. 130 с.

5. ЕНиР. Сборник Е3. Каменные работы. Утверждены постановлением Государственного строительного комитета СССР, от 5 декабря 1986 г. № 43/512/29-50 для обязательного применения на строительных, монтажных и ремонтно-строительных работах

6. Бадьин Г. М., Сычёв С. А., Макаридзе Г. Д. Технологии строительства и реконструкции энергоэффективных зданий. СПб.: БХВ-Петербург, 2017. 464 с.

7. Бадьин Г. М., Сычёв С. А. Современные технологии строительства и реконструкции зданий. СПб.: БХВ-Петербург, 2013. 288 с.

8. Сычёв С. А. Многофункциональная оптимизация в технологии высокоскоростного модульного строительства // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 4 (57). С. 99–104.

9. Сычёв С. А., Юдина А. Ф. Рассмотрение модернизации технологий полносборного строительства в магистерской диссертации по теме «Технологии и организация строительства» // Строительство: наука и образование. 2016. № 4, статья 4.

10. Сычёв С. А. Перспективные высокотехнологичные строительные системы быстровозводимых трансформируемых многоэтажных зданий / С. А. Сычев // Жилищное строительство. – 2018. – № 4. – С. 36–40.

11. Сычёв С. А. Высокотехнологичные, энергоэффективные и адаптивные (роботизированные) системы строительства в сложных условиях строительства / С. А. Сычев // Жилищное строительство. – 2019. – № 8. – С. 42–48.

12. ГОСТ 11024-2012 Панели стеновые наружные бетонные и железобетонные для жилых и общественных зданий. Общие технические условия. Введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. № 1977-ст в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2014 г. 45 с.

**УДК 624.05**

*Юрий Николаевич Казаков, д-р техн. наук,  
профессор  
Антон Славикович Антаносян, студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: anton.antanosyan@gmail.com*

*Juri Nikolaevich Kazakov,  
Dr. Sci. Tech., Professor  
Anton Slavikovich Antanosian, student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: anton.antanosyan@gmail.com*

## **МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ**

### **MULTIFUNCTIONAL ANALYSIS OF CONSTRUCTIVE-TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF BUILDING CONSTRUCTION**

Многофункциональный анализ конструктивно – технологических систем возведения зданий основывается на ныне существующих технологиях домостроения, будут рассмотрены основные характеристики каждой системы достоинства и недостатки, расчет и сравнение трудоёмкости. Проведен анализ наиболее популярных технологий возведения зданий, описана история возникновения и технологические особенности каждой системы. Выполнена структура предложения в крупнейших городах по типу домостроения и сравнительный анализ механизации работ при возведении рассматриваемых систем возведения зданий. Написан вывод, свидетельствующий о проделанной работе, главных отличиях и наиболее важных результатах, выявленных в сравнительном анализе.

*Ключевые слова:* панельное домостроение, трудоёмкость, монолитное домостроение, кирпичное домостроение.

A multifunctional analysis of the structural and technological systems of building construction is based on the existing technologies of housing construction, the main characteristics of each system will be considered advantages and disadvantages, calculation and comparison of labor intensity. The analysis of the most popular technologies for the construction of buildings is carried out, the history of occurrence and technological features of each system are described. The structure of the proposal in the largest cities according to the type of housing construction and a comparative analysis of the mechanization of work during the construction of the considered systems of building construction has been completed. A conclusion is written testifying to the work done, the main differences and the most important results identified in the comparative analysis.

*Keywords:* panel house building, labor input, monolithic house building, brick house building.

Возведение зданий и сооружений из изготовленных на специализированном заводе железобетонных плит возникло в Западной Европе после Первой мировой войны. В СССР массовое возведение зданий из крупных панелей увидело свет лишь в 50-х годах 20 столетия. Данная технология возведения зданий была реализована почти во всех городах Советской республики.

Панельное домостроение – разновидность способов сборного домостроения. Родоначальник современного крупнопанельного и каркасно-панельного домостроения. Все элементы, необходимые для возведения панельного здания изготовлены в заводских условиях, под строгим контролем качества выпускаемой продукции в рамках того времени. К положительным качествам панельного домостроения можно отнести высокую скорость возведения зданий, качество выпускаемых промышленным способом



конструкций и сборных элементов значительно выше, чем у конструкций, изготавливаемых в условиях строительных площадок. Максимальная этажность определяется расчетом конструкций жилого дома, и может составлять 25 этажей и более [1]. Качество производства и монтажа железобетонных панелей в СССР оставляло желать лучшего. Одними из главных недостатков панельного дома являются высокие потери тепла через монтажные швы ограждающих панелей и плохая звукоизоляция. Конструктивные схемы зданий и сооружений, возводимые из сборных элементов, бывают каркасными и бескаркасными. Каркасные здания подразделяются на две схемы: с полным и внутренним каркасом. Бескаркасные здания возводят из крупных панелей, они относятся к типу крупнопанельных зданий.

В крупнопанельной системе различают три вида конструктивных схем: здания с несущими наружными и внутренними поперечными и продольными перегородками, здания с самонесущими наружными стенами и несущими поперечными перегородками, здания с несущими наружными и внутренними продольными стенами.

Данный тип домов просуществовал достаточно длительное время, был очень распространен на всей территории СССР, но его типичные планировки, скудная архитектура, проблемы с тепло – и звукоизоляцией привели к распространению кирпичного домостроения. Теплопроводность железобетона по сравнению с кирпичом в два раза выше, а значит – здания, возведенные из кирпичной кладки, смогли решить проблему низкой аккумуляции тепла, существовавшей в крупнопанельных зданиях того времени. Однако стоимость возведения домов из кирпичной кладки по сравнению с панельными домами гораздо выше и строительная готовность много ниже, нежели в панельном домостроении. Так же срок возведения кирпичного дома больше, чем панельного, соответственно, эта разница в сроках выход в крупную сумму, что существенно увеличивает стоимость жилья в целом.

Выполним сравнительный анализ вышеописанных конструктивно-технологических схем строительства домов с относительно новой технологией монолитного домостроения. В отличие от кирпичного и панельного домов, в которых все элементы конструкции производятся на заводе, доставляются на строительную площадку, где осуществляют монтаж, монолитный дом выполнен из железобетонного каркаса, который полностью производится на строительной площадке [2]. Для возведения данного дома используется специализированная опалубка, в которую укладывается бетонная смесь, после застывания которой, форма приобретает нужный вид. Преимущества данной технологии в ее дешевизне, скорости возведения и размерах самой строительной площадки, так как не требуется обустраивать временные сооружения для складирования элементов. К недостаткам можно отнести повышенную трудоёмкость – вязка арматурного каркаса, установка опалубки, укладка и вибрирование бетона выполняется вручную, снижение качества бетонированных конструкций, так как укладка и выдержка бетона осуществляется в уличных условиях в различное время года так же недостатком является звукоизоляция. За счет монолитности конструкции ударный шум распространяется в большем диапазоне.

На основе анализа вышеописанных технологий домостроения составим сравнительную таблицу основных характеристик данных технологий [6-12].

## Основные характеристики технологий возведения зданий

Основные показатели	Монолит	Панель	Кирпич
Скорость строительства	4 этажа в месяц	4–5 этажей в месяц	2–2,5 этажа в месяц
Ограничения по высоте	Только противопожарные	25 этажей	18 этажей
Ограждающие конструкции	Газобетон (либо монолит) + утеплитель + облицовочный материал (кирпич, штукатурка или керамогранит); толщина 480–500 мм	Железобетонная панель + утеплитель + штукатурка; толщина 240–280 мм	Кирпич + утеплитель + облицовочный материал (чаще кирпич); от 500 мм
Срок эксплуатации здания	100 лет	100 лет	100 лет
Свободная планировка	Возможны с некоторыми ограничениями	Невозможны	Возможны с существенными ограничениями
Высота потолков	Может быть любой (привязана только к высоте применяемой опалубки и распоров)	Ограничена габаритами панели (2,5 м или 2,7 м)	Варьируется от 2,4 до 4,5 м

Монолитные здания с течением времени занимают большую долю среди готовых зданий (рис. 1, 2). За последнее десятилетие их доля увеличилась на 15 процентов. Панельные и кирпичные корпуса «потеряли» 13 процентов и 7 процентов соответственно [3].

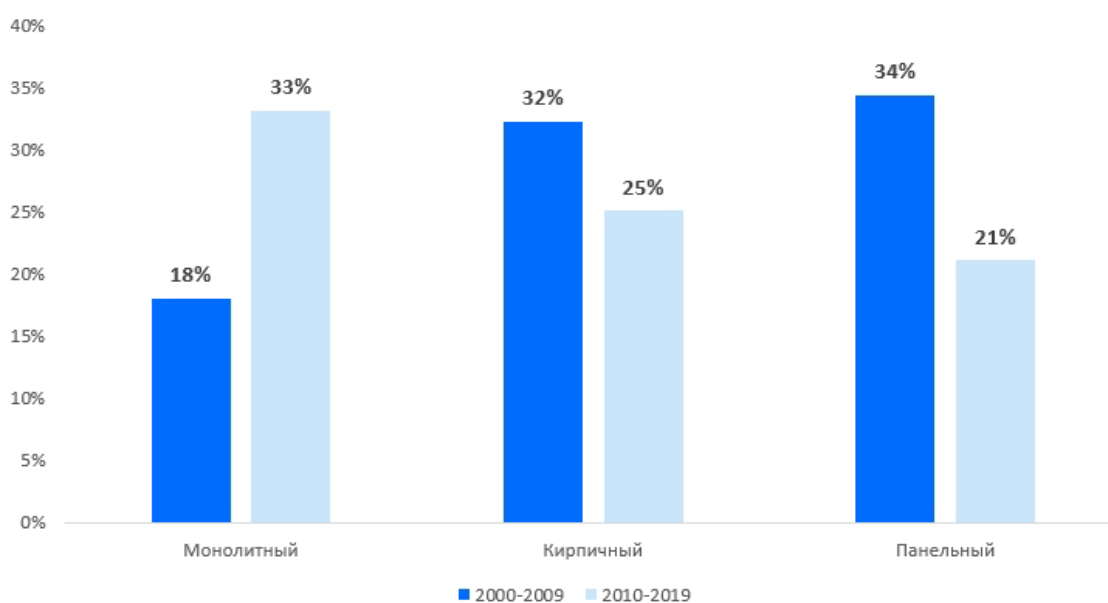


Рис. 1. Структура предложения в крупнейших городах по типу домостроения

Далее рассмотрим показатели трудоёмкости при возведении коробки 20-этажного здания. Технологии строительства домов кардинально отличаются друг от друга, соответственно, виды работ будут разные. При расчете трудозатрат пользуемся формулой:

$$T = NV,$$

где  $T$  – трудозатраты, выраженные в чел.-ч;  $N$  – норма времени для выполнения конкретного типа работы;  $V$  – объём работы.

Все данные по нормам времени, составу бригады, взяты из ЕНиР, ЕЗ,Е4.[4-5] В табл. 2, сведены сравнительные результаты трудозатрат на возведение коробки 12 этажного здания с площадью застройки 600 м<sup>2</sup>.

Таблица 2

Сравнительные результаты трудозатрат на строительство

Вид здания	Монолитный	Крупнопанельный	Кирпичный
Трудозатраты, чел.-ч	29518	1239	27156



Рис. 2. Диаграмма трудоёмкости возведения многоэтажного дома



Рис. 3. Диаграмма механизации при возведении многоэтажного дома

## Выводы

1. Подводя итог, можно сказать, что в нынешнее время технология монолитного домостроения пользуется большим успехом среди застройщиков. Из домов, сданных в 2010–2019 годы в крупнейших городах, 33 % – монолитные, 25 % – кирпичные, 21 % –

панельные. Но трудозатраты при возведении монолитных зданий в сравнении с крупнопанельными превышают на 90 %.

2. Современное крупнопанельное домостроение выигрывает с точки зрения трудоёмкости, скорости возведения, стоимости жилья и качества исполнения. При использовании технологии «мокрого» фасада, швы между фасадными панелями не продуваются, что обеспечивает комфортное проживание, меньший вес и толщину панелей.

### Литература

1. Массовое жилье за 100 лет [Электронный ресурс]: 2012-2020 URL:<https://www.normacs.info/articles/820>

2. Сравнение технологий: кирпич, панель, монолит [Электронный ресурс]: 2020 URL:<https://in-graficon.ru/usefulinformation/article/%E2%80%8Bsravnenie-tehnologii-kirpich--panel--monolit-ili-metal-lokonstrukcii>

3. Выбираем антикризисную технологию строительства жилья [Электронный ресурс]: 2012-2020 URL:<http://proftula.ru/articles/183/36153/>

4. ЕНиР. Сборник Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Вып. 1. Здания и промышленные сооружения / Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1987. 130 с.

5. ЕНиР. Сборник Е3. Каменные работы. Утверждены постановлением Государственного строительного комитета СССР, от 5 декабря 1986 г. № 43/512/29-50 для обязательного применения на строительных, монтажных и ремонтно-строительных работах

6. *Бадьин Г. М., Сычёв С. А., Макаридзе Г. Д.* Технологии строительства и реконструкции энергоэффективных зданий. СПб.: БХВ-Петербург, 2017. 464 с.

7. *Бадьин Г. М., Сычёв С. А.* Современные технологии строительства и реконструкции зданий. СПб.: БХВ-Петербург, 2013. 288 с.

8. *Сычёв С. А.* Многофункциональная оптимизация в технологии высокоскоростного модульного строительства // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 4 (57). С. 99–104.

9. *Сычёв С. А., Юдина А. Ф.* Рассмотрение модернизации технологий полносборного строительства в магистерской диссертации по теме «Технологии и организация строительства» // Строительство: наука и образование. 2016. № 4, статья 4.

10. *Сычёв С. А.* Перспективные высокотехнологичные строительные системы быстровозводимых трансформируемых многоэтажных зданий // Жилищное строительство. 2018. № 4. С. 36–40.

11. *Сычёв С. А.* Высокотехнологичные, энергоэффективные и адаптивные (роботизированные) системы строительства в сложных условиях строительства // Жилищное строительство. 2019. № 8. С. 42–48

12. ГОСТ 11024-2012 Панели стеновые наружные бетонные и железобетонные для жилых и общественных зданий. Общие технические условия. Введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. № 1977-ст в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2014 г. 45 с.



**УДК 624.05**

*Юрий Николаевич Казаков,*

д-р техн. наук, профессор

*Наталья Юрьевна Груша,*

магистр

*Олег Александрович Тимощук,*

канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: nataliagrushaa@mail.ru*

*Juri Nikolaevich Kazakov,*

Dr. Sci. Tech., Professor

*Natalya Yurievna Grusha,*

master student

*Oleg Alexandrovich Timoschyk,*

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: nataliagrushaa@mail.ru*

## **СПОСОБ МОНТАЖА СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КУПОЛОВ НАД ДВОРАМИ ЗДАНИЙ**

### **METHOD FOR MOUNTING TRANSPARENT DOME OVER BUILDING YARDS**

На основе анализа типологии городской жилой застройки г. Санкт -Петербург предлагается архитектурно-функциональные решения. Рассматриваются связи между морфологией городских пространств и поведением, состоянием человека в условиях плотной застройки исторического центра города. Формируются выводы о развитии архитектурных городских пространств при условии использования технологии монтажа светопрозрачных покрытий.

*Ключевые слова:* архитектура Санкт-Петербурга, городские пространства, светопрозрачные покрытия.

Based on the analysis of the typology of urban residential development in St. Petersburg, architectural and functional solutions are proposed. The relationships between the morphology of urban spaces and the behavior and condition of a person in a dense building of the historical city center are considered. Conclusions are drawn on the development of architectural urban spaces, provided that the technology for installing translucent coatings is used.

*Keywords:* St. Petersburg architecture, urban spaces, translucent coatings.

В архитектурно-градостроительной практике смешение разнообразных «публичных» пространств становится основой полноценной современной городской жизни. Эти общественные зоны – улицы и площади, парки и скверы, набережные и молы – формируют облик города. От их внешнего облика и состояния, соизмеримость с человеком, от качества архитектуры и наполненности различными предметами социального взаимодействия зависит образ города в целом. Наличие пространства общественного функционирования на городских территориях во многом определяет привлекательность, уровень и качество жизни конкретного города, района и, в целом, всей страны.

#### **1. Формирование типологии городской жилой застройки г. Санкт-Петербург**

Сейчас кажется утопией -возможность застройки северных болот, в окружении враждебного народа, но тем не менее, это является основой мифа о появлении г. Санкт-Петербург. Это тонко передает архитектура петровского времени и все петербургское зодчество XVII столетия в целом. Прямые улицы-лучи, мосты, ведущие в центр города, всегда подчеркивали имперское единство Санкт – Петербурга, а его дворцы и ансамбли составляли естественную основу городской среды [7,10].

В архитектуре Петербурга выделяют три периода строительства зданий: деревянный, мазанковый и каменный [10].

В первые года жизни города при возведении жилых кварталов использовали древесину. С 1711 года к деревянным постройкам добавились мазанковые – деревянный каркас, заполненный глиной, в которому позднее добавляли кирпич [7,10].

Первыми в России необычными типами дворов, появившимися в Северной столице, стали парадные дворы. Во второй половине XVII века во Франции появился -курдонер. Кроме самого дворца парадный двор ограничивали два флигеля, которые располагались справа и слева от главного здания и, в большинстве случаев, решетка ограды, проходила по красной линии или связывала торцевые фасады флигелей. Как правило двор – курдонер находился перед главным фасадом здания, но мог быть устроен и с обратной стороны. В условиях городской среды парадный двор чаще размещали перед домом.

В период застройки Петербурга местные зодчие работали над проектирование целых кварталов, которые были застроены типовыми дворами. При правлении Петра I горожане были обязаны строить фасады домов точно по красной линии улицы, поэтому в то время курдонер устраивали перед загородными усадьбами. После смерти Петра I стали возводить дома с парадными дворами в самом Санкт – Петербурге [7].

Формирование городских улиц, по той «сетке», которую мы видим сегодня в центре Петербурга, произошло в 1740 – 1750 -х годах.

В середине XIX в Санкт – Петербурге начинается массовая застройка доходными домами центральных городских территорий, в ходе которой появляется новый вид рекреационной городской зоны – двор, замкнутый с четырех сторон зданиями. Такой двор получил название двора – колодца, а при наличии проходного двора в соседний двор или на другую улицу – проходного двора. Вход выполняли в виде арочных проездов, а сами дворы служили местами складирования и утилизация горожан– здесь устраивали выгребные ямы домовых канализаций, складывали мусор, хранили дрова для отопления квартир, размещали подсобные помещения [10].

В условиях современного мира городская среда теряет понятие старого петербургского парадного двора. Новая советская архитектура требовала строить не двор – колодец, а двор – сад, что и попытались сделать архитекторы А.С. Никольский, А. И. Гегелло, Н. Ф. Демков и Г. А. Симонов в 1925 – 1927 годах. Здесь дома выстраивались вдоль улиц, а открытые дворы засаживались деревьями и кустарниками. Со временем впервые на Трактирной улице начинает теряться понятие частной закрытой дворовой территории – в советское время никакое уединение было невозможно. В царское России появление дворов-колодцев было оправдано экономическими причинами – высокой стоимостью земли и рациональным ее использованием, а в Советском Союзе данные принципы меняются, перед архитекторами стояла другая задача.

С течением времени в СССР появляется проблема наличие малых фондом жилой застройки, так как большее предпочтение отдавалось общественным зданиям, поэтому вновь появляются внутренние дворы -закрытые от посторонних глаз пространства. [7].

Новая петербургская архитектура последнего десятилетия прошлого столетия и постройки 2000-х годов, становятся более разнообразными – вновь архитекторы возобновляют актуальность постройки парадных дворов, снова появляются закрытые дворики, расположенные в центре жилых комплексов в центральных районах города.

Проанализировав историю развития архитектуры и дворов Санкт-Петербурга формируется вывод, что в нынешних условиях нехватки городских территорий появляется совершенно новый подход в благоустройстве центральных районов города. Он заклю-

чается в повышении эффективности использования открытых пространств дворов – колодцев путем монтажа над ними кровли с достаточным естественным освещением – светопропускающие покрытия [10].

## 2. Основные понятия и сущность конструкции светопропускающих покрытий

Быстрый рост населения планеты приводит к появлению новых потребностей в комфортной среде обитания. А с появлением большого количества экологических проблем в XXI веке возрастает спрос на чистые, «зеленые» пространства, где человек может без отвлекающих факторов вести свою деятельность [2].

При анализе факторов воздействия окружающего мира на человека архитекторы многих стран работают над проектами, которые могли бы обеспечить защиту своих городов большими светопрозрачными куполами от: нежелательных явлений погоды, негативных особенностей местного климата, излишнего уровня солнечного излучения, быстрого и непредсказуемого изменения климата, загрязнения окружающей среды, возрастающей угрозы экстремизма, высокой энергозатратности жизнедеятельности своих городов.

Обращаясь к исследованиям [11] взаимосвязи морфологии городского пространства и состояния и поведением горожан, выделяем следующие качества фокусных пространств: доступность, безопасность, оборудованность, возможность наблюдения действий, мультифункциональность. Конструкциями, объединяющими в себе все вышеперечисленные качества, являются светопропускающие покрытия монтируемые в кровле здания.

На примере Санкт-Петербурга рассмотрим покрывающие конструкции – светопропускающие покрытия, позволяющие благоустроить исторический центр города и защитить граждан от внешних вредных и отвлекающих воздействий.

Опираясь на нормативную базу [3] **светопрозрачное покрытие (светопрозрачная крыша)** – пропускающая свет, верхняя, ограждающая конструкция, предназначенная для естественного освещения помещений, обеспечивающая их защиту от внешних климатических факторов и воздействий.

Светопрозрачные покрытия классифицируются по форме: одно – и двухскатные, вальмовые, пирамидальные, арочные, купола, сложной формы<sup>1</sup>.

В ходе проведения исследования форм дворов-колодцев части исторического центра Санкт-Петербурга, а именно: адмиралтейского, центрального, василеостровского районов выявилось, что преобладающая часть зданий города имеет симметричный квадратный или прямоугольный внутренний двор, что позволяет накрыть дворы светопропускающими конструкциями -зенитными фонарями пирамидальной формы.

Согласно исследованиям авторов [1, 6–9, 12] форма купола определяется не только конструктивными, но и эстетическими параметрами здания.

Основными элементами зенитного фонаря являются: опорный контур и светопропускающее заполнение (рис. 1).

Для изготовления опорных контуров зенитных фонарей применяют тонколистовую сталь или стальные холодногнутые профили.

Несущие конструкции – ребра и обрешетка могут выполняться из алюминиевых или стальных профилей, что говорит о малом весе фонарей.

---

<sup>1</sup> СП 363.1325800.2017 Покрытия светопрозрачные и фонари зданий и сооружений. Правила проектирования. URL: <http://docs.cntd.ru/document/550566989> (дата обращения: 05.02.2020).

Остекление выполняется из листового стекла, стеклопакета, ЭТФЭ –мембраны.

Конструктивное решение фонарей и их расположение в покрытии здания и сооружения должно обеспечивать:

1. нормируемое значение коэффициента естественного освещения внутреннего пространства;
2. поддержания в комплексе с системой вентиляции и отопления воздуха в рабочей зоне и воздухообмена;
3. надежность эксплуатации;
4. ремонтнопригодность;
5. удобство эксплуатации.

В 2018 году авторами патента [13] была разработана совершенно новая конструкция купола. Он представляет собой пирамиду, состоящую из сваренных между собой ребер из труб квадратного сечения, тонких металлических прутьев, заполняющих грани пирамиды, полотна из прозрачной пленки с вшитым по периметру тросом, намотанного на бобины, находящиеся в металлических коробах, расположенных между нижними вершинами конструкции, металлического полого наконечника в верхней части пирамиды, помещенных внутрь моторов для вытягивания за тросы полотна на грани пирамиды, моторов для сматывания полотна на бобины, магнитных замков в прорезях, расположенных на восходящих ребрах пирамиды, а также металлических кубов, венчающих вершины в основании пирамиды [13]. Описанная конструкция имеет малый вес и трудоемкость.

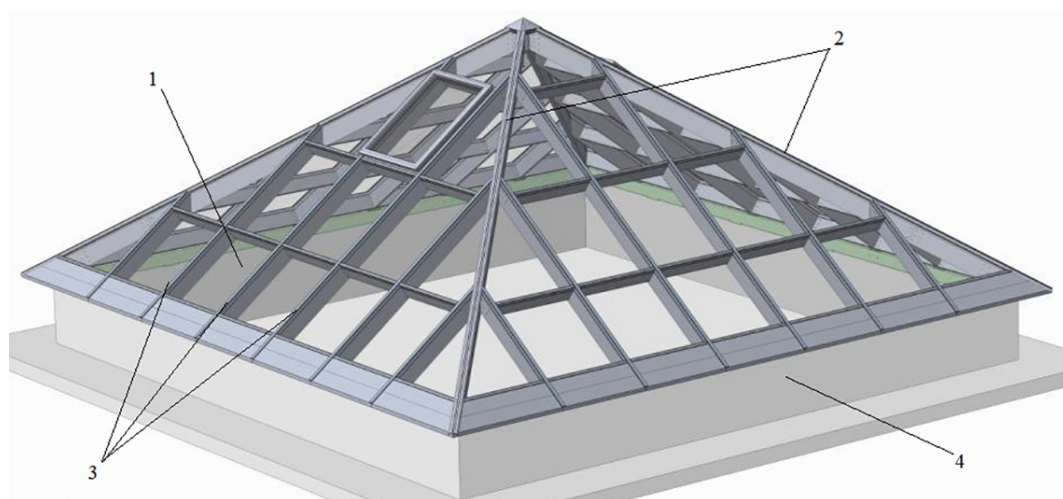


Рис. 1. Пирамидальная конструкция зенитного фонаря

1 – светопропускающее заполнение; 2 – ребра фонаря; 3 – обрешетка; 4 – опорный контур

Изучая литературу [12], где описывается технология монтажа большепролетных покрытий ребристых куполов и отечественный опыт монтажа светопропускающих покрытий можно выделить типовую схему монтажа конструкций. Она основана на выполнении работ с использованием большого количества средств механизации и технологической оснастки. В условиях плотной застройки городских территорий, устройство покрытий дворов становится сложной задачей для инженеров и проработки четких организационно-технологических решений для каждого объекта.

Ребра купола выполняли в виде клепальных решетчатых ферм, каждое ребро изготавливалось из трех частей, укрупненных на строительной площадке при помощи высокопрочных болтов.



Опорное кольцо производили из двутавровых балок с широкими полками. Затем они соединялись угловыми накладками с шестандцатью опорными стойками. Соединение осуществлялось высокопрочными болтами.

Таким образом, все четыре элемента были соединены друг с другом чтобы обеспечить их совместную работу.

Для монтажа сооружалась в центре купола временная вертикальная башня, на которую укладывалось верхнее сжатое кольцо. Башня имела квадратное сечение со стороной 3,66 м и высоту 23,5 м (рис. 2).



Рис. 2. Монтаж большепролетного покрытия ребристого купола  
а – монтаж решетчатых ферм ребер купола автокраном;  
б – завершающий этап монтажа ребер купола

Одновременно на 16 стойках монтировалось нижнее опорное кольцо; оно было размещено на специальном приспособлении, позволяющем установить его в проектное положение. Затем краном грузоподъемностью 25 т были смонтированы решетчатые ребра, которые после их установки в проектное положение присоединялись к верхнему и нижнему кольцам высокопрочными болтами. После закрепления всех болтов монтажная башня опускалась и на этом заканчивался монтаж основных несущих конструкций покрытия [12].

Рассматривая вопрос монтажа, результатами исследования является новая разработанная технологии возведения светопропускающей конструкции.

Примем внутренний периметр двора – колодца – симметричный квадрат размерами 10 × 10 м. Въезд во двор – прямоугольная арка высотой 3,6 м. Перед началом работ освобождают внутренний двор от загромождающих элементов, отчищают территорию.

Во дворе располагают малогабаритный автокран с грузоподъемностью до 10 т, который «с колес» производит установку секций монтажной башни на высоту превышающую самую верхнюю проектную отметку купола. Башня монтируется под будущим центром купола. Предварительно, на нижние и верхние секции на уровне земли с двух сторон привариваются ролики для последующей протяжки усиленного каната барабанной электролебедки. Затем протягивают средней толщины стальной каната лебедки через ролики, надевая на конце крюк.

Одновременно с установкой монтажной башни, производят работы по сборке каркаса купола на уровне земли. А также начинают монтировать жесткий опорный контур под углом, так, чтобы он являлся продолжением ребер пирамиды после установки.

За монтажные петли по четырем углам фонаря и за пик пирамиды стропуют и начинают подъем конструкции до уровня проектной отметки. После чего окончательно соединяют опорный контур с пирамидой. Монтажную башню разбирают.

Разработанная технология позволяет не использовать крупногабаритные краны вне контура двора с нарушением движения потока пешеходов и городского транспорта, а также преобладающее количество трудоемких работ выполняются на уровне земли, что удешевляет стоимость проекта.

### **3. Проблемы и перспективы монтажа светопропускающих конструкций в г. Санкт-Петербург**

По данным Росстата по общим итогам миграции населения за 2017 и 2018 годы в Санкт – Петербург прибыло 264,790 и 250,742 тыс. чел. соответственно, прирост по годам составил 64,546 и 27,776 тыс. чел. [5].

Несмотря на снижение притока населения, потребность в благоустроенном комфортабельном жилье с каждым годом возрастает.

По данным Федеральной службы государственной статистики за последние десять лет стоимость кв.м жилья на все типы квартир в Санкт-Петербурга повысилась на 50 %.

Последствия роста населения могут создать следующие проблемы в развитии архитектурного облика города:

- необходимость принятия мгновенных решений благоустройства и адаптации городских территорий, проработка организационно – технологических решений под каждый объект в короткие сроки;
- неравномерное распределение социальных функций и населения в городе, за счет отсутствия пространств, которые обладают качествами, перечисленными выше.

В процессе изучения научной литературы и после проведенного исследования сделаем следующие выводы:

1. разработан новый способ монтажа светопропускающих конструкций в условиях плотной городской застройки;
2. предложена область применения купольных конструкций в г. Санкт-Петербург;
3. Проведена оценка эффективности использования городских территорий в центральных районах города.

В современной архитектурно-градостроительной практике смешение различных типов общественных пространств становится основой нормального функционирования полноценной городской жизни, где каждая отдельная зона представляет собой только часть сложного социального организма города и региона. Проектирование городских территорий, создание региональных центров на основе моделей «интерфейсов» пространств, вписанных в схему стратегического развития города и региона.

#### **Литература**

1. *Олодо М.* Формирование городской жилой застройки в условиях Бенина с учетом задач устойчивого развития // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 5. С. 18-26.
2. *Алексеев С.* Solar Green City. Архитектура для XXI века. Большепролетные светопрозрачные здания и сооружения // Деловой Петербург. 2013. Июнь.
3. Руководство по проектированию и устройству зенитных фонарей для естественного освещения производственных зданий предприятий, ЦНИИПромзданий. М., 1976.
4. Федеральная служба государственной статистики: [Электронный ресурс] – <https://www.gks.ru/dbscripts/cbsd/dbinet.cgi?pl=1905001> (Дата обращения: 03.02.2020).

5. *Секу Р. В., Барышева М. А.* Комплексное благоустройство дворовых территорий на примере г. Москва // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral НИУ МГСУ. 2019. № 1.
6. *Юхнева Е. Д.* Петербургские доходные дома. Очерки из истории быта. М.: Цетрополиграф, 2008.
7. *Кириков Б. М.* Архитектура петербургского модерна. Особняки и доходные дома. СПб.: Изд. дом «Коло», ММХIV. 2014.
8. *Коретко О. В.* Конструкции зенитных фонарей и стеклянных крыш, М.: Мархи, 2003.
9. *Гусаров А.* Петербургские дворы. Необычные дворы, курдонеры, дворы – колодцы, проходные дворы. СПб.: Изд. Цетрополиграф. 2015.
10. *Пучков М. В.* Город и горожане: общественные пространства как модератор поведения людей, Журнал Архитектон: известия вузов. 2014. № 45. Март. С. 34–44.
11. *Семенцов С. В.* Планировочно-конструктивные особенности исторической жилой застройки Санкт-Петербурга XVII -начала XX веков // Вестник гражданских инженеров. 2016, № 6 (59). С. 71-77.
12. *Липницкий М. Е.* Купола (расчет и проектирование), СПб.: Изд. Ленинград, 1973.
13. *Казаков Ю. Н., Шахназаров С. С.* Купол над внутренними дворами с выдвижным полотном. Патент № RU 186423 U11/ Заявка №2018118858, 2018.05.22.

## АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

### ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY OF VARIOUS STRUCTURAL SYSTEMS IN THE CONSTRUCTION OF MULTI-STOREY BUILDINGS

Основными потребителями энергии на строительной площадке являются машины и механизмы, на которые приходится почти половина энергии, а это значит, что в первую очередь нужно контролировать и правильно распределять именно механизмы. Плюс ко всему благодаря современным строительным системам есть возможность также уменьшить и трудозатраты рабочих. Все эти мероприятия позволят снизить и сроки, и стоимость строительства, а если речь идет о многоэтажных зданиях, эти мероприятия будут особенно эффективны. Ниже будут рассмотрены и проанализированы текущие популярные и современные строительные системы, и эффективные системы для выявления достоинств и недостатков.

*Ключевые слова:* энергоэффективное строительство, энергозатраты, конструктивные системы, затраты машин и механизмов, многоэтажные здания, сравнительный анализ.

The main consumers of energy on the construction site are machines and mechanisms, which account for almost half of the energy, which means that the first thing you need to control and correctly distribute the mechanisms. In addition, thanks to modern construction systems, it is also possible to reduce the labor costs of workers. All these measures will reduce both the time and cost of construction, and if we are talking about multi-storey buildings, these measures will be especially effective. The current popular and modern building systems and effective systems for identifying advantages and disadvantages will be reviewed and analyzed below.

*Keywords:* energy-efficient construction, energy consumption, structural systems, costs of machines and mechanisms, multi-storey buildings, comparative analysis.

Анализ отечественной домостроительной базы крупнопанельных жилых домов показывает, что в настоящее время основная индустриальная база (заводы сборного железобетона) находится в тяжелом состоянии. Из-за спада производства в 1990–2000 гг., отсутствия средств на техническое переоснащение практически была ликвидирована машиностроительная промышленность, поставляющая оборудование и оснастку. Это задержало замену морально и физически устаревшего оборудования. Степень износа основных фондов в отрасли достигает 60–80 %, а технический уровень большинства российских предприятий значительно отстает от современных требований [1].

Государство строит серьезные планы по решению жилищной проблемы в России. Это возможно сделать лишь при внедрении новых видов индустриального домостроения наряду с совершенствованием уже имеющихся технологий строительства, а также путем создания мощной материально-технической базы, способной обеспечивать строительство всеми необходимыми ресурсами.



На данный момент отчетливо прослеживаются тенденции к возвращению индустриальному строительству былой славы [2].

Наиболее многообещающей строительной системой сегодня является сборно-монолитный каркас и объемно-блочная система. В случае со сборно-монолитным каркасом сначала возводится несущий каркас здания из сборных элементов высокой степени готовности: колонн, ригелей, плит перекрытия, связей, лестничных маршей, шахт лифтов и вентиляции. Вторым этапом строительства выступает устройство ограждающих конструкций из штучных материалов. Подавляющее большинство элементов каркаса производится на заводе, что повышает качество не только их изготовления, но и совокупное качество строительства. А в случае с объемно-блочной системой блоки устанавливаются через определенные интервалы, перекрываемые элементами перекрытий и стен благодаря чему, обеспечивается возможность получения разнообразных пластически развитых фасадов с эркерами, лоджиями, балконами, внутренними двориками. Элементы так же высокой степени готовности, что позволяет избежать ошибок при изготовлении на стройплощадке и увеличить скорость монтажа здания [3].

На данный момент наиболее распространенными строительными системами являются:

- каркасная из мелкоразмерных элементов;
- каркасно-панельная;
- крупнопанельная;
- объемно-блочная;
- безригельный каркас «КУБ 2.5» («КУБ 3V»);
- опорно-стержневая система «МОСС» [4].

Анализ конструктивных и технологических параметров строительных систем, приведен в табл. 1.

Для большей наглядности представлены графики по некоторым показателям энергоэффективности (рис. 1–3).

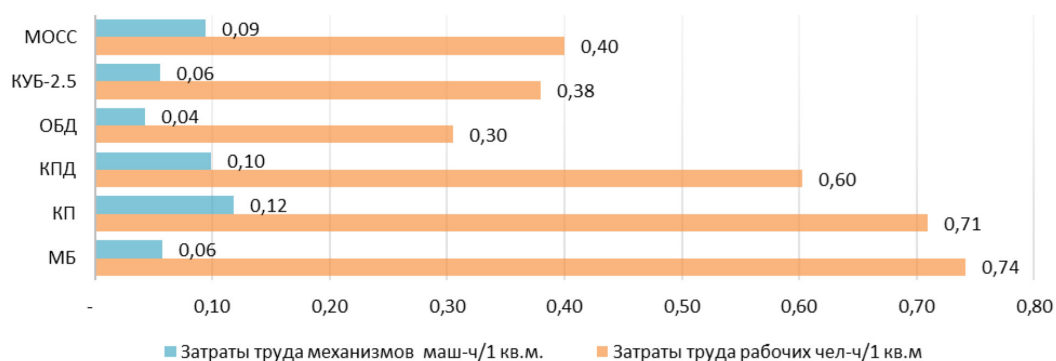


Рис. 1. Сравнение затрат труда

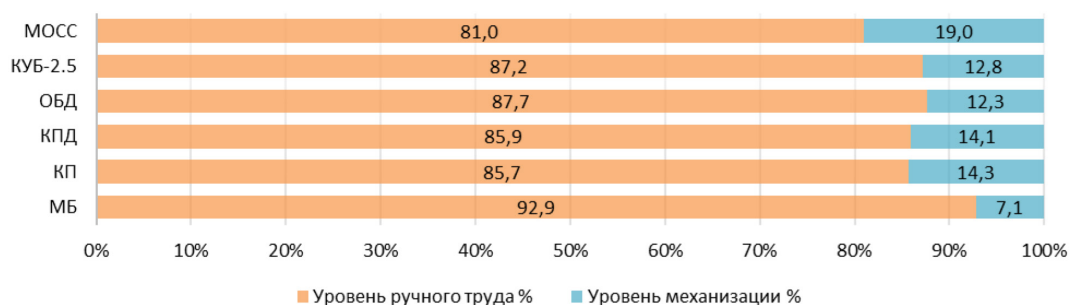


Рис. 2. Распределение трудовых затрат

## Конструктивные и технологические параметры строительных систем

Показатель	Мелко-блочная (МБ)	Каркасно-панельная (КП)	Крупно-панельная (КПД)	Объемно-блочная (ОБД)	Сборно-монолитные системы	
					КУБ 2.5	МОСС
Тип каркаса	каркасная		с внутренним каркасом	бескаркасная	рамно-связевый	
Обеспечение свободных планировочных решений	обеспечивается		нет		обеспечивается	
Максимальная этажность	20	25	30	16	25	
Расход железобетона (в т. ч. монолитного), куб. м/кв. м общей площади	0,12 (0,10)	0,14 (0,01)	0,3 (0,01)	0,27 (0,01)	0,18 (0,02)	0,25 (0,06)
Расход стали (в перекрытии / в каркасе), кг/кв. м	6,4	11,1	28,5	14,5-34	12,4 / 16,3	26 / 13,3
Расход материалов на ограждающие конструкции куб. м	0,72	0,05	0,05	0,05	0,3	0,3
Удельный вес строительной системы, т/кв. м	0,58	0,51	0,72	0,42	0,53	0,38
Максимальный вес элемента, т	5	8,5	9	10	6	6
Затраты труда рабочих, чел-ч/1 кв. м	0,74	0,71	0,60	0,30	0,38	0,40
Затраты труда механизмов, маш-ч/1 кв. м	0,06	0,12	0,10	0,04	0,06	0,09
Наиболее затратная ручная работа, %	49	23	18	56	16	37
Наиболее затратная механизированная работа, %	55	35	28	79	25	39
Уровень ручного труда, %	92,9	85,7	85,9	87,7	87,2	81,0
Уровень механизации, %	7,1	14,3	14,1	12,3	12,8	19,0
Продолжительность строительства, %	89	91	100	36	47	80
Общий расход энергии, кВт/1 кв.м	5,1	11,0	9,7	4,1	5,7	8,7

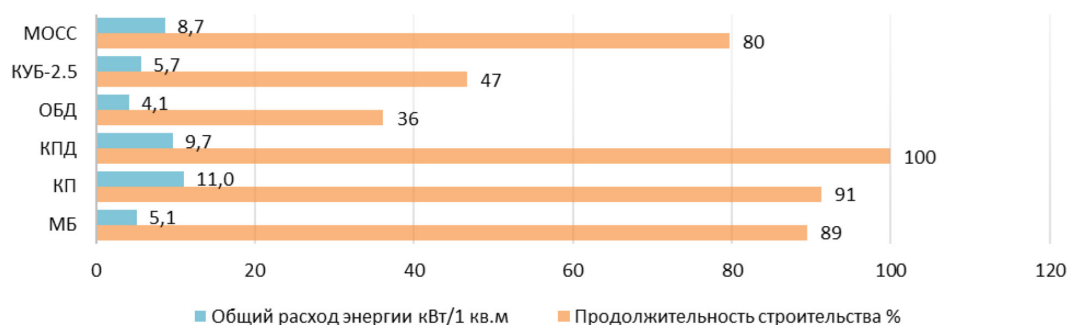


Рис. 3. Расход энергии и продолжительность строительства

Приведенные данные указывают на эффективность сборно-монолитных каркасных строительных систем. Здания стоят дешевле и имеют меньший вес. Данные системы позволяют организовывать открытые пространства для вариативности планировочных решений и комфортного жилья, что соответственно повысит качество предлагаемого жилья [4].

В связи с этим можно выделить ряд недостатков и достоинств, свойственных выбранным каркасным строительным системам (табл. 2).

Таблица 2

**Достоинства и недостатки сборно-монолитных каркасных строительных систем**

		Мелко-блочная (МБ)	Каркасно-панельная (КП)	Крупно-панельная (КПД)	Объемно-блочная (ОБД)	КУБ 2.5	МОСС
Недостатки	Наличие сварочных работ при монтаже основных элементов каркаса	+	+	+	+	+	+
	Наличие «мокрых» процессов при устройстве стыков	+	+	+	-	+	+
	Малый диапазон шага колонн	-	+	+	+	+	-
	Потребность в специальном оборудовании для изготовления элементов каркаса	-	-	-	-	-	+
	Потребность в высокой квалификации рабочих и постоянном техническом контроле производства работ	-	-	-	+	-	+
	Необходимость в дополнительных мероприятиях при производстве работ в зимнее время (при производстве бетонных работ) – использование противоморозных добавок, греющей опалубки и т. п.	+	-	-	-	+	+

		Мелко- блочная (МБ)	Каркасно- панельная (КП)	Крупно- панельная (КПД)	Объемно- блочная (ОБД)	КУБ 2.5	МОСС
Достоинства	Высокая степень готовности элементов каркаса	–	–	–	+	+	+
	Простота монтажа элементов конструкций	–	–	+	+	+	+
	Снижение трудоемкости работ	–	–	–	+	+	+
	Снижение сроков строительства	–	–	–	+	+	–
	Свобода планировочных решений	+	–	–	–	+	+
	Минимальное количество монтажной оснастки, машин и механизмов при производстве работ	–	–	–	–	+	+
	Снижение удельного веса конструкций	–	–	–	–	+	+

Также следует заметить, что каркас не накладывает ограничений ни на фасадные, ни на планировочные решения. Необходимость в прогреве бетона или применении в нем противоморозных добавок минимальна. И, кроме того, отсутствуют и проблемы, связанные с выдерживанием плоскостности и линейности конструкций [5, 6].

Основными потребителями энергии при возведении здания являются машины и механизмы, такие затраты гораздо выше при строительстве дома и выбор правильной конструктивной схемы поможет их уменьшить, а при равномерном и эффективном использовании, которое обеспечивают современные строительные системы становится возможным свести эти затраты к минимуму. Это особенно необходимо при строительстве объектов в районах, где затруднительно подключиться к общей электросети.

Необходимо помнить, что чем меньше энергии мы затратим на производство и строительство, тем быстрее окупятся наши затраты.

### Литература

1. Могильникова Н. В. Панельные перспективы / Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн: сборник статей / СГАСУ. Самара. 2016. С. 150–154.
2. Шембаков В. А. Сборно-монолитное каркасное домостроение. Руководство к принятию решения. Чебоксары.: Чебоксарская типография, №1. 2005. 119 с.
3. Муцын Ю. Л. Высокотехнологичная каркасная система полносборных зданий // Молодой ученый. 2019. №24. С. 4–9.
4. Унифицированная система сборно-монолитного каркаса КУБ 2.5. Выпуск 1-1. Основные положения по расчету, монтажу и компоновке зданий. Р. П. // ЦНИИПИ «Монолит». М., 1990. 49 с.
5. Гребенник Р. А., Мачабели Ш. Л., Привин В. И. Прогрессивные методы монтажа промышленных зданий с унифицированными параметрами. М.: Стройиздат. 1985. 224 с.
6. Dubynin N. V. From large-panel housing construction of the xx century to system of panel-frame housing construction of the xxi century // Жилищное строительство. 2015. № 10. С. 12–20.
7. Шмелев С. Е. Мифы и правда о монолитном и сборном домостроении // Жилищное строительство. 2016. № 3. С. 40–42.



## УДК 624.131

*Владимир Викторович Конюшков,*  
канд. техн. наук, доцент  
*Николай Николаевич Олейник,* магистрант  
*Сабина Наилевна Сулейманова,* бакалавр  
*Илья Сергеевич Колюкаев,* бакалавр  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: v.konyushkov@yandex.ru,*  
*oleyniknn@gmail.com,*  
*sabina.syl@mail.ru,*  
*ilja.xd@yandex.ru*

*Vladimir Victorovich Konyushkov,*  
PhD in Sci. Tech, Associate Professor  
*Nikolay Nikolaevich Oleynik,* undergraduate  
*Sabina Nailevna Suleymanova,* bachelor  
*Ilya Sergeevich Kolyukayev,* bachelor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: v.konyushkov@yandex.ru,*  
*oleyniknn@gmail.com,*  
*sabina.syl@mail.ru,*  
*ilja.xd@yandex.ru*

## СРАВНЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ ОСАДКИ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЯ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ДЛИТЕЛЬНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

### COMPARISON OF THE CALCULATED DEFORMATION OF BUILDING FOUNDATIONS WITH THE RESULTS OF LONG-TERM GEODETIC MONITORING

В данной статье приведены результаты расчетов конечной нелинейной осадки фундамента во времени различными методами, и произведено сравнение с фактическими деформациями по результатам длительного мониторинга за осадками известного в Санкт-Петербурге здания [1-8].

*Ключевые слова:* аналитические методы расчетов осадок фундаментов, конечная нелинейная осадка, прогноз развития осадки во времени

This article presents the results of calculations of the final nonlinear precipitation of the Foundation over time by various methods, and compares with the actual deformations based on the results of long-term monitoring of precipitation of a well-known building in Saint Petersburg [1-8].

*Keywords:* analytical methods for calculating foundation deformations, finite nonlinear deformation, forecast of deformations development over time

#### Краткие сведения о здании

Рассматриваемое здание было построено в 1962 году в Ленинграде. В плане здание представляет собой сложный многоугольник в виде центрального основного десятиэтажного корпуса и четырех двухэтажных пристроек, расположенных по его углам. Здание имеет подвал и технический этаж глубиной до 4 м. Фундаментная плита под основной корпус выполнена размерами в плане  $110 \times 19,5$  м, толщиной 0,75 м. Глубина заложения плиты составляет 4,5 м от планировочной отметки рельефа. Фундаментная плита выполнена на естественном основании. В процессе строительства здания произошло резкое развитие деформаций фундаментов. По завершению строительства четыре пристройки пришли в аварийное состояние. Позднее они были демонтированы и восстановлены. Эксплуатация основного корпуса здания продолжается до настоящего времени.

#### Методы определения конечной нелинейной осадки

Конечную нелинейную осадку основания  $S_p$  при давлении под подошвой фундамента  $P_{II}$ , превышающем расчетное сопротивление грунта основания  $R$ , можно рассчитать по указаниям СП 23.13330.2018 по формуле:

$$S_p = S \cdot K_p \quad (1)$$

где  $S$  – осадка, рассчитанная стандартными методами, мм;  $K_p$  – коэффициент нелинейности, принимаемый по графику на рис. 1.

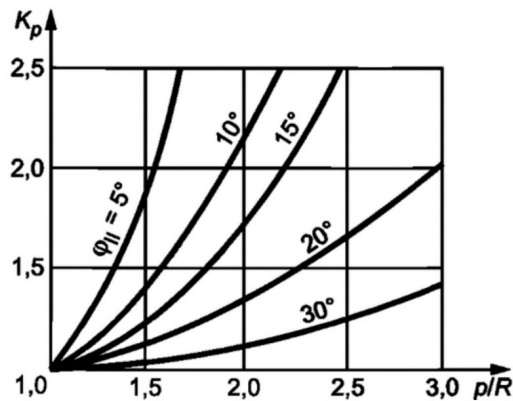


Рис. 1. График для определения коэффициента нелинейности осадки по указаниям СП 23.13330.2018

Конечную нелинейную осадку основания  $S_p$  можно также определить по формуле из Пособия по проектированию оснований зданий и сооружений или по рекомендациям из монографии [9, 10]:

$$S_p = S \left[ 1 + \frac{(P_{\text{пр}} - R) \cdot (P_{\text{II}} - R)}{(R - \sigma_{z_{g0}}) \cdot (P_{\text{пр}} - P_{\text{II}})} \right], \quad (2)$$

где  $S$  – линейная осадка основания, вычисляемая стандартными методами, мм;  $P_{\text{пр}}$  – предельное сопротивление грунта основания, определяемое как отношение силы предельного сопротивления основания к приведенной площади подошвы фундамента  $N_u/b'l$ , кПа;  $R$  – расчетное сопротивление грунта в основании фундамента, кПа;  $P_{\text{II}}$  – среднее давление под подошвой фундамента, превышающее  $R$ , кПа;  $\sigma_{z_{g0}}$  – природное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы фундамента, кПа.

В табл. 1 приведены результаты расчета конечной нелинейной осадки по двум геологическим разрезам (I-I и II-II) и двум методам (в качестве конечных линейных осадок приняты максимальные значения, полученные по двум геологическим разрезам).

Таблица 1

**Результаты расчетов конечной нелинейной осадки по методу СП 23.13330.2018 и по методу из Пособия по проектированию оснований зданий и сооружений**

Геологический разрез	Значение конечной нелинейной осадки по методу СП 23.13330.2018, мм	Значение конечной нелинейной осадки по методу из Пособия, мм
I	456	510
II	364	370

На рис. 2 приведен график развития осадки от времени. Кривые 1,2 построены по результатам геодезического мониторинга за осадками фундамента на период с 1963 г. по 2019 г. Кривые 3,4 построены по результатам выполненных расчетов. На рис. 3 при-

ведена схема здания с эпюрами развития осадок во времени по результатам геодезического мониторинга на период с 1963 г. по 2019 г., мм.

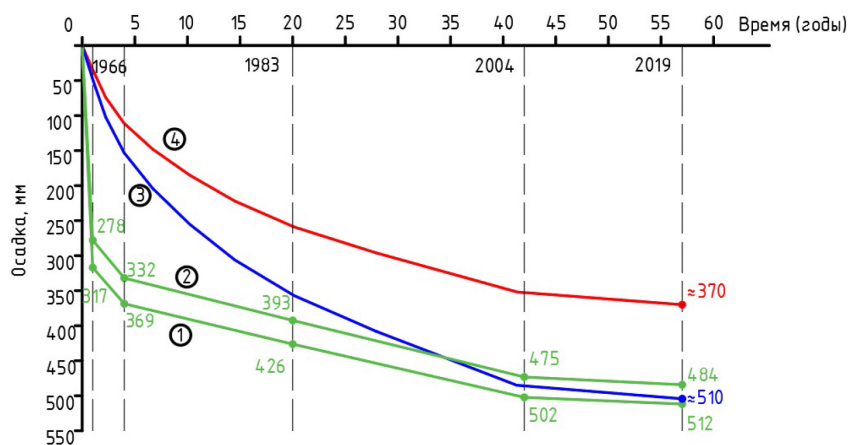


Рис. 2. График развития осадки во времени: 1, 2 – осадки крайних точек напротив центра тяжести фундаментной плиты основного корпуса по результатам мониторинга; 3 – расчетная аналитическая кривая развития осадки во времени по геологическому разрезу I-I; 4 – расчетная аналитическая кривая развития осадки во времени по геологическому разрезу II-II

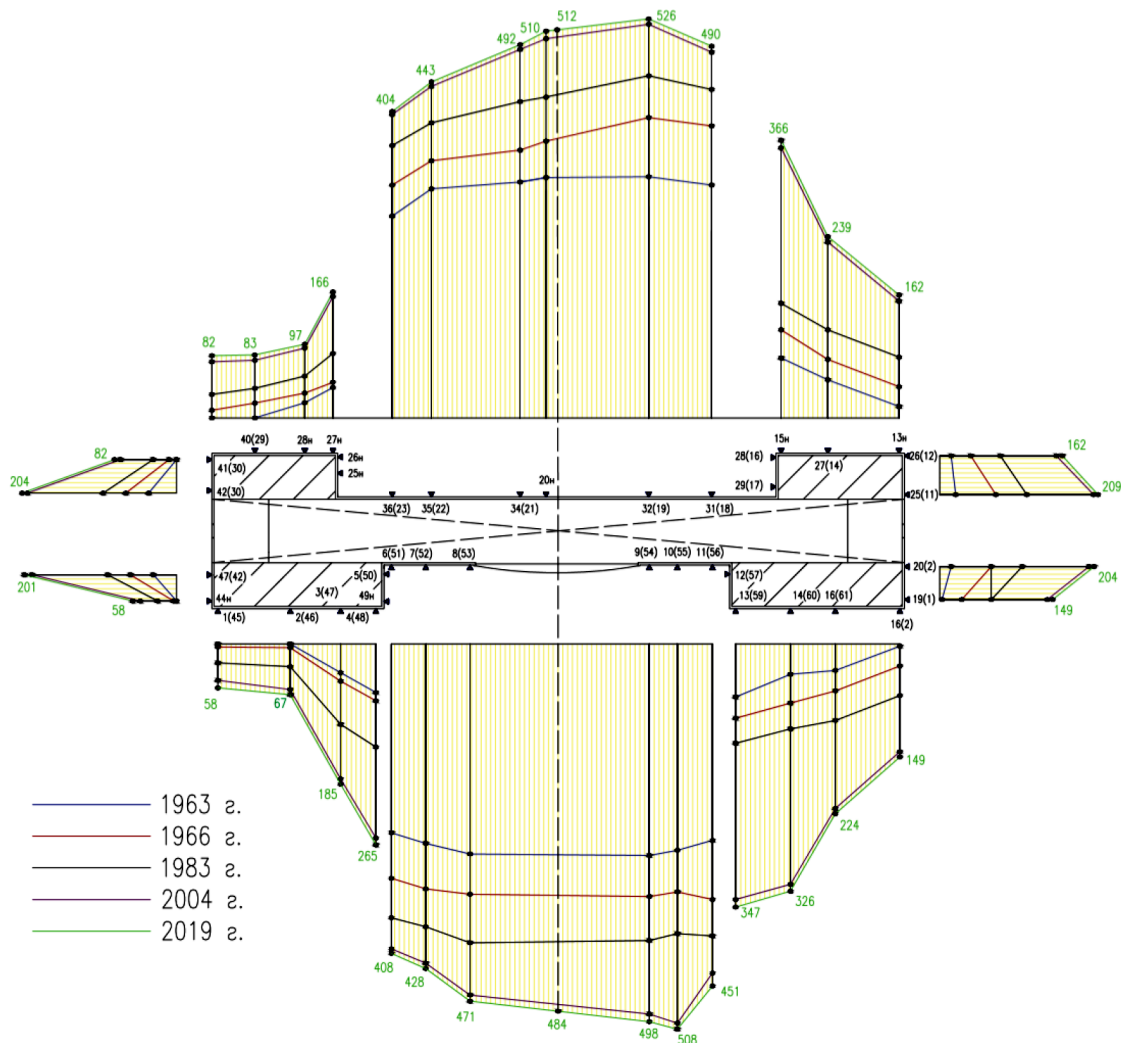


Рис. 3. Схема здания с эпюрами развития осадок во времени по результатам геодезического мониторинга с 1963 г. по 2019 г., мм

## Заключение

Исходя из рассмотренного примера здания с длительным развитием деформаций во времени, проектировщикам, разрабатывающим конструктивные решения фундаментов для нового строительства, можно дать следующую рекомендацию:

- не принимать конструктивные решения фундаментов, при которых расчетная осадка пусть и незначительно, но превышает нормативное значение.

Превышение нормативного значения осадки может вызвать следующие риски:

- ошибки в расчетах в сторону перегрузки основания фундаментов;
- значительные превышения относительных неравномерностей осадок и кренов;
- длительное незатухающее развитие осадки во времени.

## Литература

1. Мангушев Р. А., Осокин А. И., Сотников С. Н. Геотехника Санкт-Петербурга. Опыт строительства на слабых грунтах. М.: Издательство АСВ., 2018 г. 386 с.

2. Лушников В. В., Ярдяков А. С. Анализ расчетов осадок в нелинейной стадии работы грунта // Вестник ПНИПУ. Строительство и Архитектура № 2. Пермь. 2014 г. С. 44–55.

3. Лушников В. В., Кириллов В. М., Конюшков В. В. Адаптивное управление параметров фундаментов и оснований // Вестник гражданских инженеров. № 5 (76) СПб., 2019 г. С. 119–124.

4. Шашкин А. Г. Проектирование зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга. М.: Издательство Академическая наука-Геомаркетинг. 2014 г. 352 с.

5. Конюшков В. В., Веселов А. А., Белый А. А. Инженерное основание и благоустройство территории для расширения контейнерного терминала Морского порта в Санкт-Петербурге // Вестник гражданских инженеров. № 3 (62) СПб. 2019 г. С. 70–76.

6. Мангушев Р. А., Конюшков В. В., Сапин Д. А. Инженерно-геотехнические изыскания при реконструкции и новом строительстве в условиях плотной городской застройки // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 5. С. 76–83.

7. Мангушев Р. А., Сахаров И. И., Конюшков В. В., Ланько С. В. Сравнительный анализ численного моделирования системы «здание–фундамент–основание» в программных комплексах SCAD и PLAXIS // Вестник гражданских инженеров. 2010. № 3 (24). С. 96–101.

8. Мангушев Р. А., Никифорова Н. С., Конюшков В. В., Осокин А. И., Сапин Д. А. Проектирование и устройство подземных сооружений в открытых котлованах. М.: Издательство АСВ. 2013. С. 54–68.

9. Ильичев В. А., Мангушев Р. А. и др. Справочник геотехника. Основания фундаменты и подземные сооружения. М.: Издательство АСВ. 2016 г. 1031 с.

10. Мальшев М. В., Болдырев Г. Г. Механика грунтов. Основания и фундаменты (в вопросах и ответах). М.: Издательство АСВ. 2004 г. 319 с.



**УДК 624.134**

*Александра Евгеньевна Копосова*, магистрант  
*Валерий Валерьевич Латута*,  
канд. техн. наук  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: Ahsasavosopok@yandex.ru,*  
*E-mail: latuta@mail.ru*

*Aleksandra Evgenievna Kuposova*, undergraduate  
*Valery Valerevich Latuta*,  
PhD in Sci. Tech.  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: Ahsasavosopok@yandex.ru,*  
*E-mail: latuta@mail.ru*

## **ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ В ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

### **DEVELOPMENT OF UNDERGROUND SPACE AT RECONSTRUCTION OF BUILDINGS IN THE HISTORICAL BUILDING OF ST. PETERSBURG**

Рассматривается эффективный вариант реконструкции с освоением подземного пространства под историческими зданиями в центральной части Санкт-Петербурга. Рассмотрен успешный опыт реализации реконструкций с возведением новых подземных уровней на примере объектов культурного наследия в Санкт-Петербурге и Москве. Представлена классификация групп объектов, нуждающихся в реконструкции с возведением развитой подземной части. Перечислены достоинства освоения подземного пространства под реконструируемыми зданиями. Отмечены ключевые моменты технологии возведения подземного пространства под зданиями при использовании закрытого метода Top-Down.

*Ключевые слова:* историческая застройка, реконструкция зданий, освоение подземного пространства, метод Top-Down, инженерно-геологические условия.

The article discusses the effective reconstruction with the construction of the underground space of historical buildings in the central part of St. Petersburg. The successful experience of building reconstruction, during which the construction of underground floors was carried out, is considered. Examples of reconstruction of cultural heritage sites in St. Petersburg and Moscow are given. The objects in need of reconstruction with the construction of a developed underground part are classified. The advantages of developing underground space under reconstructed buildings are listed. The key points of the technology of constructing the underground space under buildings using the closed Top-Down method are noted.

*Ключевые слова:* historical building, reconstruction of buildings, underground development, Top-Down method, engineering geological conditions.

Санкт-Петербург — мегаполис с богатым архитектурным наследием в историческом центре. Сегодня в центральной части города проживают более миллиона петербуржцев, она продолжает интенсивно застраиваться, привлекая своей красотой и развитой инфраструктурой. Плотность застройки в центральных районах становится высокой и осложняет дальнейшее освоение территории и осуществление современной жизнедеятельности города.

Кроме того, за длительный период эксплуатации зданий исторической застройки стали проявляться и физический, и моральный износ. Устранение факторов износа зданий происходит при капитальном ремонте и реконструкции, в случае объектов культурного наследия – это приспособление под современное использование.

Есть ли шанс сделать исторический центр удобным и комфортным для современной жизни, сохранив при этом его неповторимый облик? Перспективный вариант использования подземного пространства существующих зданий, в сложившейся плотной

застройке, может сделать центр Санкт-Петербурга современным и удобным. Поэтому необходимо серьезно взглянуть на возможность реконструкции зданий с возведением новых подземных этажей.

Примером успешного опыта в реализации реконструкции здания с возведением нескольких подземных уровней является Каменноостровский театр в Санкт-Петербурге (рис. 1). Необходимость реконструкции здания с освоением подземного пространства вызвана современными требованиями к театральной технологии. Деревянный Каменноостровский театр, объект культурного наследия, нуждался в устройстве помещений, необходимых для полноценного функционирования современного театра на 300 мест [1].

Под зданием театра произведено устройство большого многоуровневого подземного пространства, площадь которого в плане вдвое превысила наземные габариты самого театра. Освоение подземного пространства в историческом центре Петербурга затрудняется сложными инженерно-геологическими условиями, известными слабыми водонасыщенными грунтами. Поэтому при выборе геотехнических технологий и решений при реконструкции зданий требуется высокая осторожность. Метод устройства подземных уровней, использованный при реконструкции Каменноостровского театра, можно рассматривать как модификацию известного закрытого метода *TOP-DOWN*. Работы на объекте осуществляются так же одновременно в двух направлениях, вверх (top) идет реставрация деревянных конструкций, вниз (down) ведутся работы по устройству нового подземного пространства. Реконструкция Каменноостровского театра – это первый случай применения технологии *TOP-DOWN* в слабых глинистых грунтах Санкт-Петербурга [1].

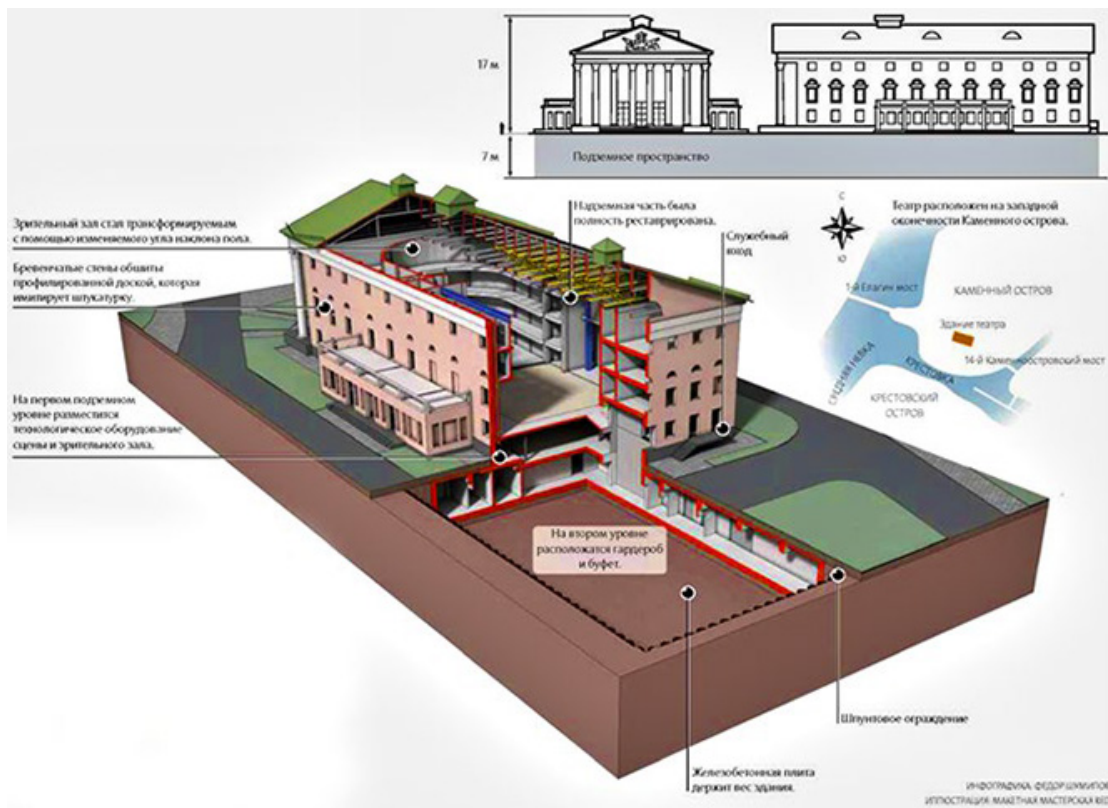


Рис. 1. Каменноостровский деревянный театр в Санкт-Петербурге после реконструкции в 3D-разрезе

Ещё одним примером успешного опыта реконструкции с освоением подземного пространства являются работы по капитальной реконструкции Константиновского дворца в Стрельне (рис. 2) с проведением комплекса геотехнических работ с углублением существующих подвалов под террасой [2].



Рис. 2. Реконструкция Константиновского дворца в Стрельне

Константиновский дворец располагается на южном берегу Финского залива. Ландшафт той местности отличается наличием уступа высотой до 8–9 м, расположенного на расстоянии 1–2 км от берега залива (рис. 3). Гидрогеологические условия участка характеризуются распространением одного водоносного горизонта грунтовых вод, приуроченного к подошве насыпных грунтов и пылевато-песчаным прослойкам в озерно-ледниковых суглинках. Относительным водупором служат ледниковые суглинки и супеси. Разгрузка грунтовых вод происходит в каналы Нижнего парка и далее в Финский залив. Но благодаря комплексному подходу научных сотрудников, проектировщиков и производителей при реконструкции дворца удалось избежать каких-либо деформаций и повреждений здания [2].

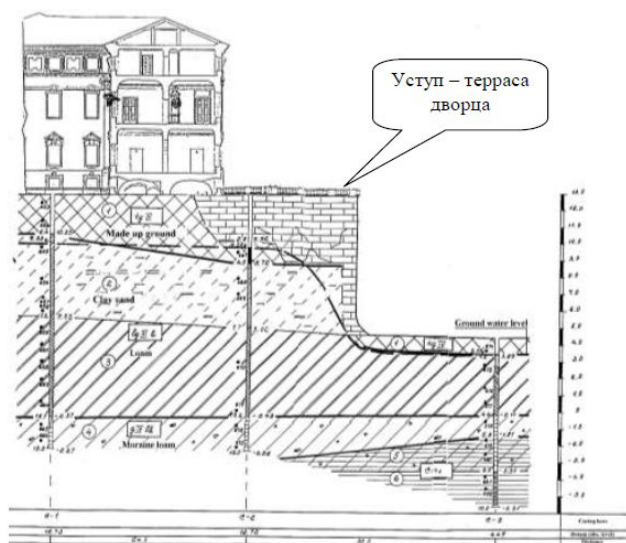


Рис. 3. Характерный инженерно-геологический разрез



Нельзя не отметить в качестве успешного примера реконструкции с эффективным использованием подземного пространства московский объект реконструкции культурного наследия – Большой театр (рис. 4). В ходе реконструкции театра под зданием было возведено несколько подземных этажей, в которых разместились технические помещения, склады для хранения декораций, подъемник оркестровой ямы, трюм сцены, а за пределами здания под Театральной площадью – репетиционно-концертный зал. За счет развития подземного пространства под зданием площадь театра увеличилась на 42 тыс. м<sup>2</sup>, то есть в два с лишним раза [3].

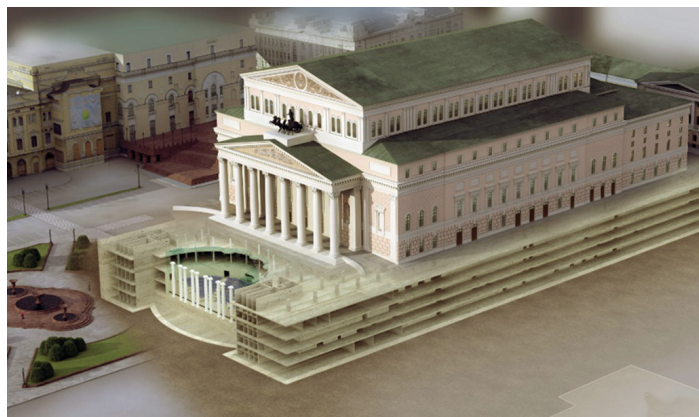


Рис. 4. Большой театр в Москве после реконструкции в 3D-разрезе

Рассмотренные объекты, предназначенные для культурно-массовых мероприятий и культурно-просветительской деятельности (театры и музеи) – не единственная группа объектов, требующая освоение подземного пространства при реконструкции.

Какие ещё объекты нуждаются в подобной прогрессивной реконструкции? Все подземные объекты можно классифицировать следующим образом [3]:

- транспортные;
- индустриальные;
- муниципальные;
- специального назначения;
- медицинского и оздоровительного назначения;
- исследовательского назначения.

К достоинствам освоения подземного пространства под реконструируемыми зданиями можно отнести следующее:

- улучшение эргонометрии города, в случае размещения под землей автомобильных парковок;
- повышение стоимости земельных участков, на которых снижены шумовые нагрузки и минимизировано загрязнение окружающей среды;
- создание возможностей для более эффективного использования того же земельного участка;
- снижение затрат на оформление фасадов зданий и сооружений;
- уменьшение эксплуатационных расходов на отопление и кондиционирование.

Таким образом, подземные объекты часто бывают не только жизненно необходимыми, но и экономически оправданными и эффективными.

Использование зданий-памятников для современных нужд невозможно без внесения изменений, диктуемых временем. Эти процессы и обуславливают необходимость реконструкции исторических зданий во многих городах мира.



При этом важно учитывать сложные инженерно-геологические условия центральной части Санкт-Петербурга, затрудняющие освоение подземного пространства. Исторический центр Петербурга полностью построен на слабых водонасыщенных грунтах. Потому необходима более тщательная проработка геотехнических технологий и решений при реконструкции зданий [4].

При освоении подземного пространства в историческом центре Санкт-Петербурга под существующими зданиями необходимо решить ряд сложных задач:

- 1) Предупреждение и предотвращение повреждения окружающей исторической застройки;
- 2) Усиление основания реконструируемого здания в условиях слабых грунтов, не приводящий к технологическим осадкам здания;
- 3) Сопряжение элементов усиления с историческими фундаментами;
- 4) Ограждение наружного контура подземного сооружения;
- 5) Устройство распорной системы.

Например, одни из главных элементов подземных помещений – стены, могут быть сооружены различными методами, одним из которых является «стена в грунте». Также технология сооружения стен может предполагать использование различного рода свай: инъекционные, трубобетонные, вдавливаемые составные, винтовые и т. д. На такую стену может направляться вся нагрузка или ее часть от существующего здания. Но стена может сооружаться и внутри здания, вследствие чего нагрузка от него не будет проецироваться на неё. К каждому реконструируемому объекту необходим свой подход, так как наличие разных факторов будет влиять на технологию и организацию, объемно-планировочное и конструктивное решение подземного сооружения под зданием [5].

Таким образом, в условиях отсутствия свободной территории и необходимости сохранения уникального внешнего облика исторической части города развитие подземного пространства под реконструируемыми зданиями является наиболее перспективным путем развития городской среды. При этом для успешного строительства подземных этажей необходима тщательная разработка программы геотехнического мониторинга и научно-технического сопровождения в течение всего цикла строительства, позволяющих своевременно корректировать строительные процессы, не допуская возникновения неравномерных деформаций окружающих зданий.

### **Литература**

1. *Шашкин А. Г.* Модификация метода TOP-DOWN для условий реставрации и реконструкции исторического здания // Научно-технический и производственный журнал Жилищное Строительство. 2009. № 2. С. 25-29.
2. *Алексеев С. И.* Геотехническое обоснование мансардных надстроек и углублений подвалов существующих зданий. СПб.: М.: Изд-во АСВ, 2005.
3. *Рыжевский М. Е.* Многофункциональность подземного пространства // Подземные горизонты. 2014. № 1. С. 4–11.
4. *Латута В. В., Животов Д. А.* Исследование водонепроницаемости фундамента для малоэтажного здания, изготовленного вибрационным методом // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. АГАСУ. 2019. № 4 (30).
5. *Язев Я. Е., Петренева О. В.* Освоение подземного пространства под реконструируемым зданием. Анализ публикаций и патентные исследования // Современные технологии в строительстве. Теория и практика // 2017. № 2.
6. *Мангушев Р. А., Осокин А. И., Левинская П. Г.* О возможностях устройства подземных паркингов в историческом центре Санкт-Петербурга // Электронный журнал ГеоИнфо. 2019.

**УДК 69.034.3**

*Яна Игоревна Кукушкина, магистр  
Антонина Федоровна Юдина,  
д-р техн. наук, профессор  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: yanikku2017@yandex.ru,  
yudinaantonina2017@mail.ru*

*Yana Igorevna Kukushkina, master student  
Antonina Fyodorovna Yudina,  
Dr. Sci. Tech., Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: yanikku2017@yandex.ru,  
yudinaantonina2017@mail.ru*

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ И НА АКВАТОРИИ**

### **DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGICAL MODEL FOR THE CONSTRUCTION OF LOW-RISE BUILDINGS IN THE COASTAL ZONE AND IN THE WATER AREA**

Строительство на воде активно развивается в зарубежных странах, особенно которые расположены в прибрежных районах. В первую очередь, это Амстердам, Венеция, Китай. На воде возможно размещение объекта практически любого назначения. Но более развито строительство малоэтажных жилых домов. Строительство в водной части обусловлено нехваткой мест в береговой зоне, опасностью стихийных бедствий. Кроме того, проектирование зданий на воде – простор архитектурных, дизайнерских и технологических решений. Использование передовых технологий изготовления конструкций позволяет создать жесткое и устойчивое положение здания на воде и противостоять климатическим факторам.

*Ключевые слова:* телескопические сваи, понтонные основания, пилонные фундаменты, водонепроницаемые ограждения котлованов, организационно-технологическая модель, прибрежная зона, коффердам.

Construction on water is actively developing in foreign countries, especially those located in coastal areas. First of all, this is Amsterdam, Venice, China. On the water, you can place an object of almost any purpose. But the construction of low-rise residential buildings is more developed. Construction in the water part is due to the lack of places in the coastal zone, the risk of natural disasters. In addition, the design of buildings on the water-the scope of architectural, design and technological solutions. The use of advanced technologies for manufacturing structures allows you to create a rigid and stable position of the building on the water and resist climate factors.

*Keywords:* telescopic piles, pontoon bases, pylon foundations, watertight enclosures in water areas, organizational and technological model, a coastal zone, cofferdam.

В настоящее время проявляется рост тенденции строительства в прибрежных зонах и на акватории. Это связано в первую очередь с градостроительными и демографическими проблемами. Все больше территорий на суше застраивается многоэтажками. Вскоре человечество столкнется с глобальной проблемой нехватки мест под строительство для жилья. На самом деле по всему миру уже активно исследуется решение данной проблемы. Градостроители, инженеры, проектировщики и архитекторы приступили к исследованию водной среды [1].

К началу XXI века появилось множество проектов на искусственных островах различного функционального назначения. Вопросами проектирования в условиях водной среды активно занимались такие архитекторы как Н. Фостер, Р. Пьяно, Э. Эгераат, А. Асадов. Их проекты не были осуществлены по разным причинам, но они дали толчок в развитии данной области. Таким образом, создание дополнительных территорий для нового строи-

тельства решается путем возведения на акватории искусственных островов. Актуальность темы затрагивается в конструктивном решении строительства зданий и сооружений в странах и городах с повышенной опасностью затопления. Известен опыт Голландии, где были намыты три искусственных острова. На акватории Черного моря, в 13 км от аэропорта Адлера существует искусственный остров, соединяющий материк двумя тоннелями и пешеходным мостом. В Санкт-Петербурге – 400 га новых территорий вдоль прибрежной линии Финского залива. В Венеции, давно практикуют строительство на акватории. Целые города там основаны на сваях, погруженных в морское дно [2].

Экологические катастрофы и точечная застройка по всему миру подталкивают человечество к поиску новых мест жилья. Так, например, образование намывных территорий (строительство зданий и сооружений в Ленинградской области и г. Санкт-Петербург) – одно из решений этой проблемы. С 1933 года были намыты территории для строительства пассажирского порта на побережье Финского залива. Там располагались трехэтажное здание управления, водонапорная башня и другие сооружения, возводимые в 1935–1937 годах. Генеральный план Ленинграда насчитывал строительство 700 га за счет акватории. При инженерной подготовке к строительству с использованием намывных территорий необходимо:

- установка ограждающих дамб по периметру планируемой территории застройки
- углубление дна акватории с извлечением глинистых отложений и песчаных грунтов, необходимых для намыва [3].

На первом этапе при разработке проектов организации строительства на акватории необходимо решить задачи по подготовительному периоду производству работ в нормальных условиях. В настоящее время достаточно широко используется технология устройства ограждений котлованов при формировании на акваториях искусственных островов из стального шпунта в виде ячеистого ограждения, которые погружают в основном вибрационным способом.

Для их устройства используются специальные плавсредства, используемые для погружения маячных элементов в ячейки, шаблонов или предварительно укрупненных нескольких элементов в пакеты, объединенных по верху жесткими наголовниками. Совместное погружение до проектной отметки всех пакетов в пределах устраиваемой конструктивной ячейки осуществляется с помощью вибропогружателя, закрепленного на каждом из пакетов [4-5].

Производство работ, выполняемых с плавсредств является технически сложной, трудоемкой и одной из главных задач при строительстве на акватории. Многие операции необходимо проводить непосредственно в месте на воде или под водой. Специально для таких случаев человечество изобрело коффердам.

Коффердам переводится с английского как «сундук» и представляет собой временный бетонный водонепроницаемый каркас, устанавливаемый в определенном месте на воде во время проведения инженерных работ (рис. 1). Строительство происходит весьма долго и непросто. Сначала на дно устанавливается специальная сварная металлоконструкция с закреплением множества свай в воде. Эти сваи должны быть определенной длины. Определить правильную длину позволяет тщательное обследование глубины, слоев подводного грунта, расчет сезонных колебаний температуры. Если сваи будут подобраны неверно, внешнее давление воды сможет разрушить конструкцию коффердама. Это означает, что жизни многих людей будут подвержены опасности [6].

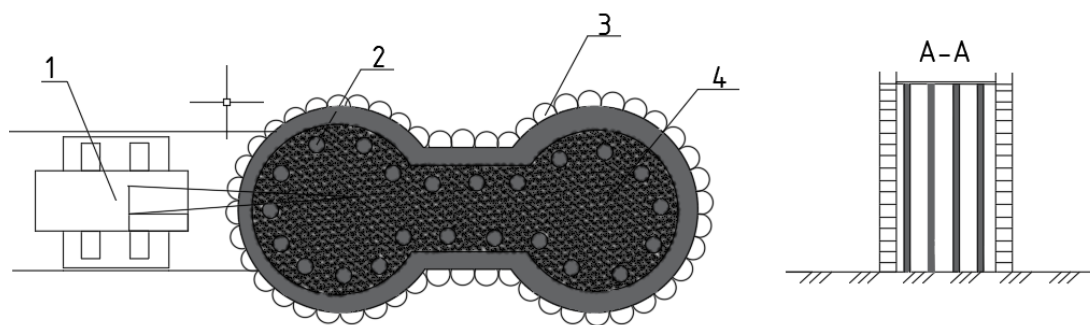


Рис. 1. Схема конструкции коффердама  
 1 – монтажный кран, 2 – погруженные в воду сваи, 3 – сварная металлоконструкция,  
 4 – бетонированное основание

Следующим этапом идет откачка воды из конструкции. Происходит это с помощью мощнейших насосов. Воду из него откачивают. Чаще всего изготавливают коффердамы из стальных сплавов, но технология не стоит на месте. Поэтому в настоящее время стали использовать надувные коффердамы. Их достоинством является многократное использование. Такие конструкции сейчас считаются самой передовой технологией. Главной особенностью этой конструкции состоит в том, что ее нельзя установить в любом месте (рис. 2).



Рис. 2. Погружение коффердама в воду

Создание коффердамов процесс долгий, трудоемкий и очень затратный, но именно благодаря нему осуществляется строительство там, где оно практически невозможно. Это сооружение должно обеспечивать производству полную безопасность, поэтому к его проектированию необходимо подходить очень ответственно. В мире повсеместно используются коффердамы, как в гражданском, так и в промышленном строительстве. Благодаря им строились мосты через широкие реки Миссисипи, Гудзон и Огайо, ликвидировались последствия аварии на Фукусиме, строились шлюзы на большинстве плотин. Использование коффердама на глубине и на воде, с одной стороны, облегчает производство, ведь к работам на нем подходят очень ответственно. Но, с другой стороны, этот метод еще недостаточно распространен из-за трудоемкости и трудозатрат [7].



Строительство на воде необычное производство, поэтому и подход ко всем видам работ и процессов должен быть особенным. К выбору типа фундамента также подходят основательно. С давних времен первые сооружения начали строиться на свайном фундаменте. Как правило, эти сваи были сделаны из стволов деревьев. Сейчас новые конструктивные элементы вытеснили традиционные. На смену обычным свайным фундаментам пришли пилонные фундаменты [8].

Устройство пилонных фундаментов схоже с устройством свай. Подача пилоннов осуществляется с суши. До начала монтажа на верхних обрезах фундаментных плит и блоков и у их оснований должны быть нанесены несмываемой краской риски, фиксирующие положение осей плит и блоков. Опорные поверхности плит и блоков должны быть очищены от загрязнения. Часто используют комбинацию свайных и пилонных фундаментов. Применение пилонных опор было активно использовано при строительстве моста Нормандия во Франции. Они включают в себя бетонные фундаменты диаметром 90 м и высотой 65 м, через которые все нагрузки, действующие на мост, передаются на грунт в основании. В процессе строительства могут использоваться стоечные и рамные пилонные фундаменты [9].

Использование понтонного основания в строительстве на акватории также имеет место быть. Фундамент каждого объекта выбирается исходя из нагрузки, оказываемой на фундамент. До выбора материала понтонного основания необходимо провести расчет грузоподъемности основания. Конструкция обязана выдерживать нагрузку целого здания. Понтонное основание напоминает платформу. Проектировщики используют понтоны разных материалов: сталь, железобетон, пластмасса, древесина.

Еще одним современным способом проектирования на акваториях является использование телескопических свай. Возможность строительства домов на пилонных или телескопических сваях является альтернативным решением в борьбе с водной стихией. Применение телескопических свай возможно при плавучем понтонном основании. Принцип работы таких свай заключается в выдвигании секционных частей при подъеме воды. Таким образом, дом поднимается одновременно с понтонным основанием. Чаще всего телескопические сваи изготавливаются из легкого прочного тефлонового материала, сам корпус врезается в грунт. Благодаря работе телескопических свай и понтонного основания при поднятии уровня воды дом будет всплывать как «поплавок».

Для повышения качества строительства в прибрежных зонах и на акватории предлагается предварительно изучать особенности территории, окончательную строительную продукцию, процессов на производстве. Эти факторы позволят сформировать организационно-технологическую модель, которая находится в особых условиях строительства. В результате проанализированных проектов и научных статей отмечают особенности строительства в прибрежной зоне или на акватории, на которые стоит обратить внимание при проектировании объекта. Среди них ярко выражены:

- объем и конфигурация строительной продукции;
- влияние климатических факторов на строительство;
- особенности и тип водоема, на котором планируется застройка;
- сложность складирования материалов и конструкций;
- создание условий для работы в особых условиях (например, размещение машин и механизмов в прибрежной зоне);
- неразвитость документаций о строительстве в прибрежных зонах и акватории на территории РФ
- устройство водонепроницаемых ограждений.

Организационно-технологическая модель позволила бы протекать строительству на акватории без происшествий. А благодаря учету рисков на таком производстве можно добиться в итоге хорошей техники домостроения на акватории или прибрежной зоне.

Невозможно существование такого оригинального дома без инженерных сетей. По опыту зарубежного строительства проектирование систем зависит от расположения самого объекта. Чаще всего используют автономные оборудования, так как подключиться к городским сетям удастся не всегда. Чтобы поддерживать оптимальное количество электрической энергии используют солнечные батареи, дизельные или ветряные генераторы. Насосы и фильтры устанавливают для очищения воды, идущей из водоема. Для обеспечения тепла предназначаются гелиоколлекторы [10].

В нетипичных условиях строительства возникают разные сложности, решение которых во многом зависит от опыта проектной организации и самих строителей. Проанализировав проекты строительства на воде, можно сделать вывод, что в ближайшем времени такие технологии решила бы ряд проблем. В первую очередь, это освоение новых территорий и создание благоприятных условий для проживания. Для перспективного развития данного направления в строительстве нужно учитывать отечественный опыт, разработки в научной среде, учитывать сочетание климатической среды с архитектурными объектами, регулярно проводить испытания на прочность и устойчивость конструкций под воздействием природных факторов (наводнения, паводки). Кроме того, как показывает зарубежный опыт строительства, необходимо уделять пристальное внимание к подготовительному периоду. Например, устройство водонепроницаемых ограждений существенно облегчит производство на водном ресурсе.

### Литература

1. *Верстов В. В., Гайдо А. Н.* Эффективные технологии устройства ограждений котлованов на акваториях // Вестник гражданских инженеров. 2013. № 2013/6 (41). С. 75–84.
2. *Задворянская Т. И.* Современные тенденции освоения акваторий и приакваториального пространства как импульс к переосмыслению идеологии градостроительства // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета, строительство и архитектура. 2008. № 2 (10). С. 146–154.
3. *Сандан Р. Н.* Требования к учету специфических особенностей строительства в организационно-технологических моделях // Вестник Тувинского государственного университета. Технические и физико-математические науки. 2012. С. 15–21.
4. *Кармазин Ю. И.* Особенности формирования планировочной структуры селитебных зон крупных городов на затопляемых и избыточно увлажненных территориях. Ленинград. 1973.
5. *Ильичёва Д. А.* Зарубежный опыт использования прибрежных территорий // Architecture and modern information technologies. 2016. № 3 (36). С. 1–9.
6. *Экономов И. С.* Современная типология архитектурных объектов на воде // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 4. С. 47–52.
7. Коффердам – архитектурное чудо строительство под водой URL: <https://www.kramola.info/ves-ti/neobyknovennoe/kofferdam-arhitekturnoe-chudo-stroitelstva-pod-vodoy> (дата обращения 24.04.2020)
8. *Тилинин Ю. И., Козлов О. В., Рулёва К. С.* Абрязия берега и развитие рекреационной прибрежной территории финского залива в г. Сестрорецке Ленинградской области // Современное строительство и архитектура. 2018. № 4 (12). С. 725–729.
9. *Тилинин Ю. И., Ворона-Сливинская Л. Г.* Укрепление грунта прибрежных намывных территорий // Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием. Инженерно-строительный институт. 2018. С. 290–293.
10. *Верстов В. В., Юдина А. Ф., Гайдо А. Н.* Повышение эффективности устройства ограждений котлованов на акваториях // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2020. № 1. С. 20–22.

УДК 693.547.3

Александр Андреевич Лазарев, студент  
Елизавета Владимировна Гармс, студент  
(Новосибирский архитектурно-строительный  
университет (Сибстрин))  
E-mail: laz.alex98@yandex.ru

Alexandr Andreevich Lazarev, student  
Elizabeth Vladimirovna Garms, student  
(Novosibirsk University of Architecture  
and Civil Engineering (Sibstrin))  
E-mail: laz.alex98@yandex.ru

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ ТОЧНЫМИ РЕШЕНИЯМИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ГРУППОВОГО АНАЛИЗА

### MODELING OF WINTER CONCRETE TECHNOLOGY BY EXACT SOLUTIONS OF THE DIFFERENTIAL EQUATION OBTAINED BY THE GROUP ANALYSIS METHOD

Прочность бетона в монолитных конструкциях, твердеющих на морозе, находится в прямой зависимости от температурного режима его выдерживания. Многими учеными и практиками строительного производства предложены оригинальные методики расчёта температурного режима, однако все они имеют определённые недостатки, что влечёт за собой дополнительные и неоправданные расходы. Предложенная в настоящей работе, проверенная экспериментально в лабораторных условиях и условиях реального строительного производства, методика расчёта на основе нелинейных подмоделей, полученных методами группового анализа дифференциальных уравнений – новый взгляд на известную проблему, который позволит просто и точно вести расчет температурных режимов монолитных конструкций.

*Ключевые слова:* зимнее бетонирование, расчёт температурных режимов, нелинейный процесс распространения тепла, экспериментальное и теоретическое исследование, нестационарный источник тепла, подмодели.

The strength of concrete in monolithic structures hardening in the cold is directly dependent on the temperature regime of its aging. Many scientists and practitioners of the construction industry have proposed original methods for calculating the temperature regime, but all of them have certain disadvantages, which entails additional and unjustified costs. The method of calculation based on nonlinear sub models obtained by group analysis of differential equations, which was tested experimentally under laboratory conditions and conditions of real building production, proposed in this work is a new look at a well-known problem that will allow simple and accurate calculation of temperature conditions of monolithic structures.

*Keywords:* winter concreting, calculation of temperature conditions, non-linear process of heat distribution, experimental and theoretical research, non-stationary heat source, sub models.

#### Введение

При производстве бетонных работ в зимних условиях основной задачей является приобретение бетоном критической или полной, стопроцентной прочности. Известно, что прочность напрямую зависит от температурного режима выдерживания бетона. Уравнение Фурье точно описывает изменение температуры любой точке тела, в любой момент времени. Однако аналитическое решение этого уравнения достаточно просто можно получить только для тел идеальной формы – шара, куба, цилиндра. В практике строительства, для трёхмерной задачи, усугублённой нестационарными теплофизическими характеристиками и экзотермией цемента, задача представляет значительную трудность. Поэтому, в течении более 100 лет практики бетонирования строительных конструкций в зимних условиях, строители ищут простые и надёжные методики расчёта,

удобные для прогнозирования температурных режимов и прочности в условиях строительной площадки.

### **Методы прогнозирования температурных режимов твердеющего бетона**

Первым, наиболее практичным оказался предложенный в 1932 году проф. Б. Г. Скрамтаевым [1] расчёт остывания бетона, основанный на уравнении теплового баланса. Методика была обусловлена целым рядом допущений и ограничений, но достаточно точно описывала тепловой процесс широко распространённого в то время метода «термоса». Она оказалась достаточно простой и удобной для практических расчётов. Правда, расчёт не мог прогнозировать перепад температур по сечению конструкции. Принималось условие примерного равенства температур по объёму. Это значительно упростило расчёт. Метод был широко признан и включён в Технические условия. Подобные методы расчёта так же были приняты за рубежом.

Для современных конструкций и технологий термообработки метод теплового баланса даёт слишком большую погрешность. Последующее развитие технологии, появление новых методов зимнего бетонирования показали существенное расхождение результатов расчётов с фактическими значениями в 2 – 3 раза [2]. Такие расхождения стимулировали попытки многих авторов [3, 4] модернизировать «формулу Скрамтаева», вводя в неё различные поправки и эмпирические коэффициенты. Однако, принятые допущения, существенно облегчавшие расчеты, не могли дать ответ на насущные вопросы производства, особенно в части прогнозирования температурных полей. Однако и сегодня его успешно применяют при бетонировании массивных и среднемассивных конструкций.

Очередной попыткой совершенствования методов расчёта температурных режимов для зимнего бетонирования явилось предложение [5, 6], приспособить для нужд строительства теорию регулярного режима Г. М. Кондратьева [7], в основу которой положена экспоненциальная зависимость.

Линейная аппроксимация логарифма избыточных температур от времени твердения, полученная при обработке экспериментальных данных, даёт возможность применить теорию регулярного режима к охлаждаемым бетонным конструкциям. Основным вопросом здесь стала продолжительность нерегулярного режима. «Просто аналитическая задача решается только для трёх элементарных случаев – пластины, цилиндра и шара. Стоит немножко усложнить задачу, и мы наталкиваемся на крайне сложные математические операции» – замечал Г.М.Кондратьев. Поэтому продолжительность нерегулярного режима по разным основаниям разные авторы [6] рекомендовали принимать условно –  $0,165 \div 0,333$  от продолжительности регулярного, что существенно снижало точность расчётов.

Внимание учёных, работавших в области зимнего бетонирования, привлекло появление в середине прошлого века доступных широкому кругу специалистов электронно-вычислительных машин и открывшиеся, в связи с этим новые возможности. Численные методы расчёта позволили изучать любые сложные процессы и рассматривать конструкции сложных очертаний. Это стало возможным в том числе для составных и многосвязных систем. Появилась возможность учитывать зависимость тепловыделения не только от времени, но и от температуры.

При решении задач теплопроводности, при неизменности теплофизических характеристиках применяются классические методы: метод Фурье, метод разделения пере-



менных, или метод тепловых потенциалов, так и методы интегральных преобразований в конечных или бесконечных пределах: методы Лапласа, Меллина, Гринберга и др. Также широко применяются полуаналитические методы, в которых сочетаются преимущества аналитических и численных методов.

Используя операционный метод Лапласа с численными методами обратного преобразования [8], В. И. Зубков [9], основываясь на фундаментальных решениях А.В. Лыкова [10], решил задачу применительно к строительным конструкциям. Задача решалась приведением сложных конструкций к идеальным геометрическим телам – неограниченной пластине, полуограниченному телу, неограниченному цилиндру, а также к системам этих тел.

К сожалению, метод решения и имевшиеся на тот момент средства вычисления позволяли только прогнозировать характер остывания максимально приближенных к реальным конструкциям комбинаций идеальных геометрических тел. Невозможно было учесть изменение в процессе выдерживания температуры окружающей среды, скорости и направления ветра, других параметров. Однако, результаты расчётов в виде огромных массивов цифр делало метод расчёта неудобным для практического применения. Перевод их в номограммы оказался удобным, но существенно снизил точность расчётов. При этом следует отметить, что при всех явных недостатках, в части возможностей, метод расчета стал поворотным. Появились предпосылки для контроля и управления температурными процессами выдерживания бетона в конструкциях, твердеющих на морозе.

Совершенствование вычислительной техники и методов математического моделирования открыло новые возможности развитию методов прогнозирования температурных режимов и прочности бетона, твердеющего на морозе. В практику инженерных расчетов введены такие абсолютно устойчивые и абсолютно сходимые явные и неявные разностные схемы численной аппроксимации многомерных дифференциальных уравнений, как схема дробных шагов Н. Н. Яненко [11] и схема переменных направлений Д. Ганна [12], они позволили решать задачи зимнего бетонирования на основе линейного дифференциального уравнения Фурье [13, 14] и получить решения динамики температурных полей в твердеющем бетоне остывающих и прогреваемых конструкций. Однако, несмотря на высокую результативность, решения оказались настолько громоздкими, что применения в строительной практике не нашли.

В практике строительства, для ежедневных расчётов при бетонировании в условиях отрицательных температур, пользуются не очень точными, но простыми в использовании методиками прогнозирования температурных режимов. Эти методики основаны на весьма грубых приближениях решений линейного дифференциального уравнения Фурье. Зачастую это приводит к значительной неточности расчетов, причиной чему является тот факт, что нелинейный процесс описывается линейным дифференциальным уравнением.

Как правило, в реальном строительном производстве, неточность расчетов компенсируется увеличением продолжительности термообработки или дополнительным утеплением опалубки, что ведёт к значительному повышению трудоёмкости и общему удорожанию работ.

В настоящей работе сделана попытка применить нелинейную модель распространения тепла в неоднородном стержне при наличии нестационарного источника тепла для решения практической задачи – прогнозирования тепловых полей в строительных конструкциях, бетонируемых в условиях отрицательных температур.

## Нелинейные подмодели динамики температурных полей в колонне, бетонируемой в зимних условиях, при наличии внешнего нестационарного источника тепла

Модель, описывающая нелинейный процесс распространения тепла в неоднородном стержне при наличии нестационарного источника тепла, задается уравнением:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( x^\alpha T^\beta \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \gamma(t)T, \quad (1)$$

где  $T = T(t, x)$  – температура стержня в точке  $x \in (-\infty, \infty)$  в момент времени  $t$ ;  $\alpha$  – параметр, характеризующий неоднородность стержня;  $\beta$  – параметр, характеризующий нелинейность процесса;  $\gamma(t) > 0$  – нестационарный коэффициент поступления тепла (в этом коэффициенте также учитывается температуропроводность материала стержня, существенная для нестационарных тепловых процессов);  $\alpha$  и  $\beta$  – произвольные вещественные постоянные.

Предполагается далее, что выполняется условие

$$\alpha\beta\gamma'(t) \neq 0 \quad (2)$$

Это условие означает, что процесс является нелинейным, стержень – неоднородный и имеется нестационарный источник тепла.

Для удобства записи последующих формул введем функцию  $\varepsilon(t)$ , которая связана с функцией  $\gamma(t)$  соотношением

$$\gamma(t) = \frac{1}{\beta} \left( \ln(\varepsilon'(t)) \right), \quad \varepsilon'(t) > 0, \quad \left( \ln(\varepsilon'(t)) \right)' \neq 0. \quad (3)$$

Функция  $\varepsilon(t)$  выражается через функцию  $\gamma(t)$  по формуле

$$\varepsilon(t) = k_1 \int \exp(\beta \int \gamma(t) dt) dt + k_2, \quad (4)$$

где  $k_1$  и  $k_2$  – произвольные вещественные постоянные.

В работе [15] методами группового анализа дифференциальных уравнений [16] были получены 13 существенно различных инвариантных подмоделей, задаваемых точными решениями нелинейного дифференциального уравнения (1) при условиях (2) и (3). Они содержат произвольные параметры  $\alpha$ ,  $\beta$  и функцию  $\varepsilon(t)$ . Эти подмодели могут быть использованы для описания распределения тепла в колонне при зимнем бетонировании при наличии внешнего нестационарного источника тепла. В настоящей работе мы взяли  $\varepsilon(t) = t_2 + t + 1$ , что соответствует экономичному режиму нагрева с зависящим обратно пропорционально от времени. В результате проведенных исследований нестационарному коэффициенту поступления тепла  $\gamma(t) = \frac{2}{\beta(t+0,5)}$ . Для расчетного описания выполненных экспериментов мы использовали следующие две подмодели распределения температуры в колонне.

- Подмодель, для которой точное значение температуры определяется по формуле

$$T_{1,\text{exact}}(t, x) = x^{\frac{1-\alpha}{\beta+1}} \left( \varepsilon'(t) \right)^{\frac{1}{\beta}}. \quad (5)$$

- Подмодель, для которой точное значение температуры определяется по формуле

$$T_{10,\text{exact}}(t, x) = \left( \varepsilon'(t) \right)^{\frac{1}{\beta}} x^{\frac{1}{\beta+1}}. \quad (6)$$

Целью дальнейшего исследования является определение значений параметров  $\alpha$  и  $\beta$ , при которых эти подмодели адекватно описывают выполненные авторами статьи эксперименты.

### Условия и результаты эксперимента в лабораторных условиях

Динамика температурных полей в бетонируемой конструкции определялась путём измерения температур в модельном теле колонны квадратного сечения  $200 \times 200$  мм и высотой 1000 мм (рис. 1). Опалубка конструкции выполнена из фанеры ламинированной ФСФ 18 мм. (ГОСТ 3916.1-96) толщиной 18 мм. В качестве нагревателя использовался широко применяющийся в производственных условиях греющий провод ПНСВ, диаметром 1,6 мм с теплостойкой электроизоляцией из поливинилхлорида толщиной 0,8 мм. (ГОСТ ТУ 16.К71-013-88), включающийся в электрическую сеть, напряжением 220 В через лабораторный автотрансформатор АОСН-20-220-75УХЛ4. Провод длиной петли 50 м фиксировался на внутренней поверхности опалубки с шагом 20 мм по всем боковым граням (рис. 2).

В центре модели (рис. 3) устраивался термораствор из хромель-копелевых термопар (ГОСТ 6616-74) с шагом 150 мм. Модель помещалась в холодильную камеру АК-2ФР, блок управления которой предусматривает регулировку рабочей температуры в пределах от 0 до  $-25$  °С.

С целью проведения многократных экспериментов с различными режимами термообработки конструкции и исключения влияния экзотермии цемента, в качестве бетонной смеси использовалось модельное тело. Модельное тело представляло собой смесь, состоящую из тех же материалов и принятых в тех же соотношениях, что и бетонная смесь (табл. 1), с той разницей, что вместо цемента был использован молотый песок с удельной поверхностью  $S_{уд} = 2900$  см<sup>2</sup>/г, равной удельной поверхности цемента. Для выравнивания электрофизических свойств в состав добавлялся  $NaCl_2$ . Водоудерживающую способность смеси обеспечивала добавка бентонитовой глины. Модельное тело, приготовленное в лаборатории по своим физическим параметрам – масса, жесткость, теплофизические характеристики, удельное сопротивление – практически не отличалось от реальных бетонных смесей. Начальная температура смеси составляла  $22,2$  °С.



Рис. 1. Общий вид лабораторной модели колонны



Рис. 2. Расположение греющего провода на внутренней поверхности опалубки

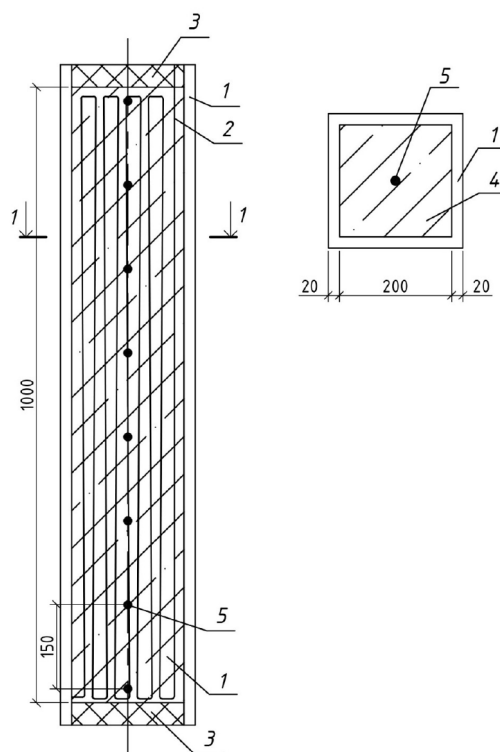


Рис. 3. Экспериментальная модель колонны, где: 1 – опалубка из фанеры ламинированной ФСФ 18 мм; 2 – греющий провод ПНСВ 1,6; 3 – Утепление торцов колонны пенопластом ПСБС 70мм; 4 – модельное тело; 5 – термоствор из термопар «хромель-капель»

Таблица 1

**Состав модельного тела, принятого для исследования**

Материалы	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> , кг	
	Стандартный бетон В 22,5	Модельное тело
Щебень диабазовый ФР 5-20. ГОСТ 10268-70	1250	1250
Песок кварцевый речной Криводановского карьера Мкр = 1.8. ГОСТ 10268-70	530	530
Портландцемент М 400. ГОСТ 10178-68	450	–
Молотый песок (Суд= 2900 см <sup>2</sup> /г)	–	450
Вода техническая ГОСТ 2874-54	180	180
Объемная масса бетона, кг/м <sup>3</sup>	2410	2410

В ходе эксперимента были исследованы три варианта термообработки с малой, средней и большой мощностью.

- 1 – малая мощность: напряжение 11,0 В, сила тока 3,00 А,
- 2 – средняя мощность: напряжение 27,3 В, сила тока 6.21 А,
- 3 – большая мощность: напряжение 37,8 В, сила тока 9.19 А.

Термообработка продолжалась 25 часов. Все термопары при нагреве фиксировали практически одинаковую температуру, которую в дальнейшем будем обозначать че-



рез  $T_{n,\text{exp}}$ , где  $n = 1$  для малой мощности нагрева,  $n = 2$  для средней мощности нагрева,  $n = 3$  для большой мощности нагрева.

### Результаты верификации расчётных показателей

На всех приведенных ниже графиках (см. рис. 4–14) экспериментальные кривые описывают приращение температуры  $T = T_{n,\text{exp}} - 22,2^\circ$ . Этим графикам присвоен номер  $n$  в зависимости от мощности нагрева. Ввиду нелинейности уравнения (1) его точные решения (5), (6) заведомо не могут аппроксимировать эти приращения температуры. Поэтому для получения расчетных формул, аппроксимирующих эти приращения, в формулы (5), (6) вводятся поправочные аддитивные слагаемые и коэффициенты по формуле

$$T_n = \lambda T_{n,\text{exact}}(t; 0,5) - \mu(n = 1,10), \quad (7)$$

где числа  $\lambda$  и  $\mu$  принимают конкретные значения для каждой расчетной формулы (7). Вообще говоря, это является обычной практикой применения полученных теоретических формул для описания реальных процессов. Наилучшую аппроксимацию для случая трёх разных мощностей прогрева дают следующие расчетные формулы (табл. 2).

### Расчетные формулы для прогрева при разных мощностях

Таблица 2

Расчетные формулы для прогрева при разных мощностях

График №	Коэффициент $\alpha$	Коэффициент $\beta$	Расчетная формула (7)	Расчётная кривая
Случай малой мощности, 33,0 ВА				
4.	2,0	4,0	$T_1 = 7T_{1,\text{exact}}(t; 0,5) - 8$	$T = T_1$
5.	1,44	3,0	$T_1 = 5T_{1,\text{exact}}(t; 0,5) - 7$	$T = T_1$
6.	1,45	4,0	$T_{10} = 8T_{10,\text{exact}}(t; 0,5) - 10$	$T = T_{10}$
7.	2,0	2,0	$T_{10} = 2T_{10,\text{exact}}(t; 0,5) - 3$	$T = T_{10}$
Случай средней мощности, 169,5 ВА				
8.	1,43	2,0	$T_1 = 7T_{1,\text{exact}}(t; 0,5) - 10$	$T = T_1$
9.	1,45	4,0	$T_1 = 26T_{1,\text{exact}}(t; 0,5) - 30$	$T = T_1$
10.	2,0	4,0	$T_{10} = 25T_{10,\text{exact}}(t; 0,5) - 29$	$T = T_{10}$
11.	1,44	3,0	$T_{10} = 15T_{10,\text{exact}}(t; 0,5) - 19$	$T = T_{10}$
Случай большой мощности, 347,4 ВА				
12.	2,0	4,0	$T_1 = 42T_{1,\text{exact}}(t; 0,5) - 51$	$T = T_1$
13.	1,44	3,0	$T_1 = 27T_{1,\text{exact}}(t; 0,5) - 31$	$T = T_1$
14.	1,45	4,0	$T_{10} = 45T_{10,\text{exact}}(t; 0,5) - 50$	$T = T_{10}$

### Условия и результаты эксперимента в производственных условиях

Динамика температурных полей в бетонируемой конструкции определялась путём измерения температур в реальных конструкциях колонн прямоугольного сечения, сечениями  $300 \times 1200$  мм (1 эксперимент) (рис. 4) и  $300 \times 800$  мм (2 эксперимент), вы-

сотой 2700 мм (рис.5). Опалубка конструкции выполнена из фанеры ламинированной СВЕЗА (ГОСТ 3916.1-96) толщиной 18 мм. В качестве нагревателя использовался греющий провод ПНСВ, диаметром 1,6 мм с теплостойкой электроизоляцией из поливинилхлорида толщиной 0,8 мм. (ГОСТ ТУ 16.К71-013-88), включающийся в электрическую сеть, напряжением 380 В через строительный трансформатор с тремя режимами прогрева. Греющий провод пролегал по периметру арматурного каркаса, согласно проекту производства работ (рис. 4, 5). В колоннах вне зависимости от их размера применялись три греющих провода, каждый длиной 25 м.



Рис. 4. Каркас колонны сечения 300 × 1200 мм      Рис. 5. Каркас колонны сечения 300 × 800 мм

В четырех сечениях по высоте (рис. 6) устраивался термораствор из хромель-копелевых термопар (ГОСТ 6616-74) с шагом между сечениями (отсчет снизу) 1000, 900 и 800 мм. Термопары крепились на арматурный каркас, что и вызвало неравномерное распределение сечений по высоте, а также некоторую погрешность расположения термопар относительно друг друга и относительно схемы (см. рис. 6) в сечении.

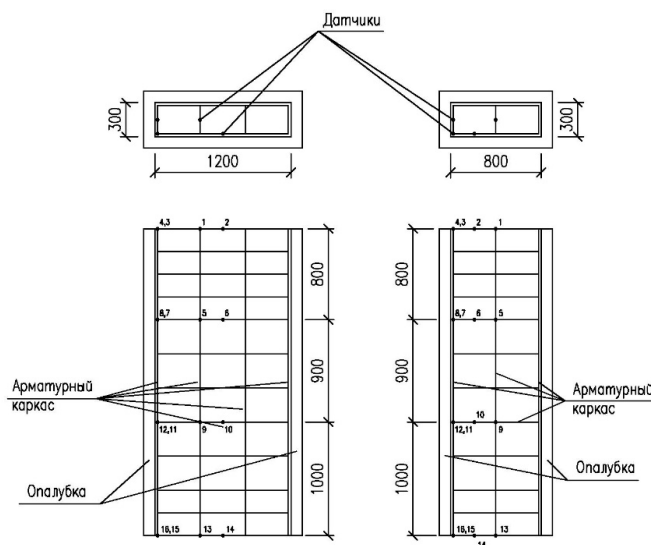


Рис. 6. Схема расположения термодатчиков по номерам в сечениях и по высоте

Эксперимент проводился дважды, на колоннах с разным поперечным сечением, для изучения влияния модуля поверхности на предложенные зависимости. В обоих экспериментах была различная температура окружающей среды. Для первого эксперимента были характерны более мягкие погодные условия – температура воздуха  $\approx -4,0$  °С, порывы воздуха незначительны. Для второго эксперимента – температура воздуха  $\approx -13,0$  °С, с сильными порывами воздушных масс, вызывающих дополнительное охлаждение конструкции. Начальная температура смеси составляла  $\approx 20,0$  °С в обоих случаях.

Для данного вида конструкций применялся бетон марки В25. Снятие опалубки происходило через 19 часов после укладки бетона в обоих экспериментах. Переключение режима прогрева с первого (25А) на второй (30А) происходил спустя 25 часов после начала прогрева в обоих случаях (рис. 7, 8).



Рис. 7. Колонна сечением  $300 \times 1200$  мм после распалубки



Рис. 8. Колонна сечением  $300 \times 800$  мм после распалубки

### **Результаты верификации расчётных показателей**

Результаты сравнения теоретических данных, полученных в ходе лабораторных исследований и данных, полученных в производственных условиях представлены на графиках (рис. 9–16). В данной статье представлено сравнение с одной производственной кривой в силу успеваемости обработки результатов на настоящий момент.

### **Расчетные формулы для прогрева при производственных экспериментах**

Эти формулы представлены в табл. 3, 4.

## Расчетные формулы для прогрева при первом производственном эксперименте

График №	Коэффициент $\alpha$	Коэффициент $\beta$	Расчетная формула (7)	Расчётная кривая
20	1,43	2,0	$T_1 = 7T_{1,\text{exact}}(t; 0,5) - 10$	$T = T_1$
21	1,45	4,0	$T_1 = 26T_{1,\text{exact}}(t; 0,5) - 30$	$T = T_1$
22	2,0	4,0	$T_1 = 42T_{1,\text{exact}}(t; 0,5) - 51$	$T = T_1$
23	1,44	3,0	$T_1 = 27T_{1,\text{exact}}(t; 0,5) - 31$	$T = T_1$

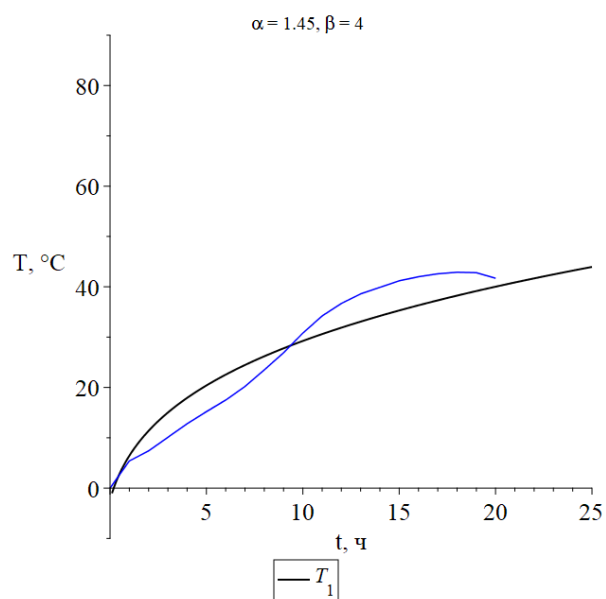


Рис. 9

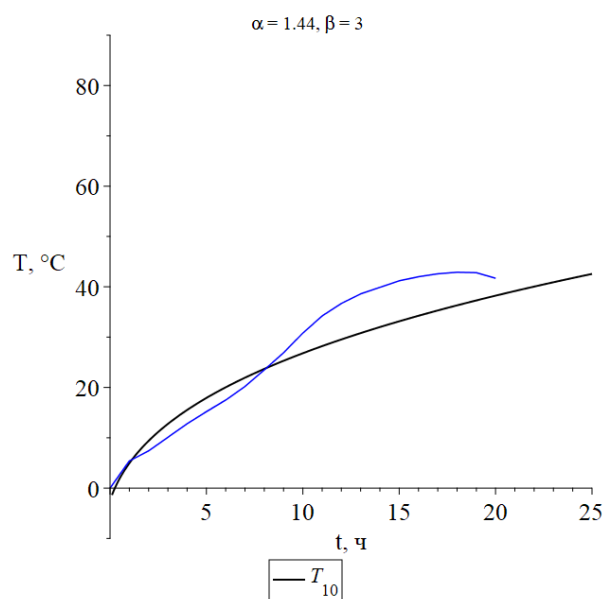


Рис. 10

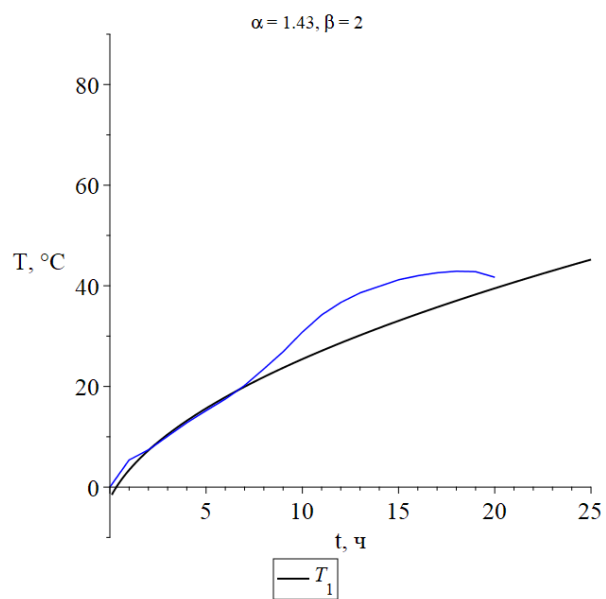


Рис. 11

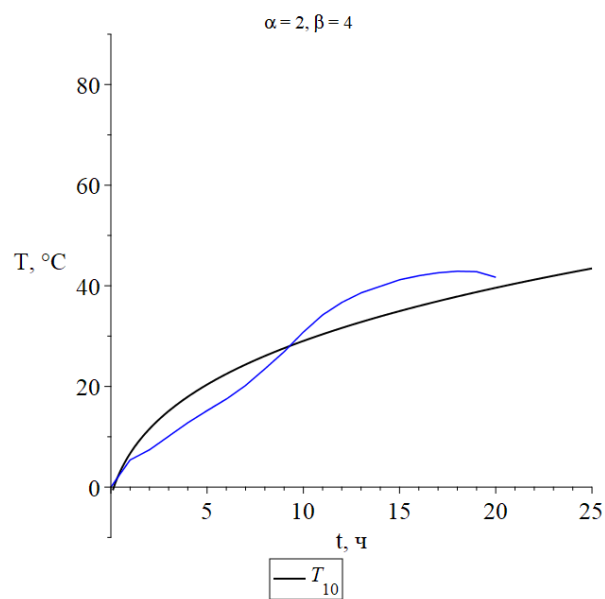


Рис. 12



## Расчетные формулы для прогрева при втором производственном эксперименте

График №	Коэффициент $\alpha$	Коэффициент $\beta$	Расчетная формула (7)	Расчётная кривая
24	1,43	2,0	$T_1 = 7T_{1,\text{exact}}(t; 0,5) - 10$	$T = T_1$
25	1,45	4,0	$T_1 = 26T_{1,\text{exact}}(t; 0,5) - 30$	$T = T_1$
26	2,0	4,0	$T_1 = 42T_{1,\text{exact}}(t; 0,5) - 51$	$T = T_1$
27	1,44	3,0	$T_1 = 27T_{1,\text{exact}}(t; 0,5) - 31$	$T = T_1$

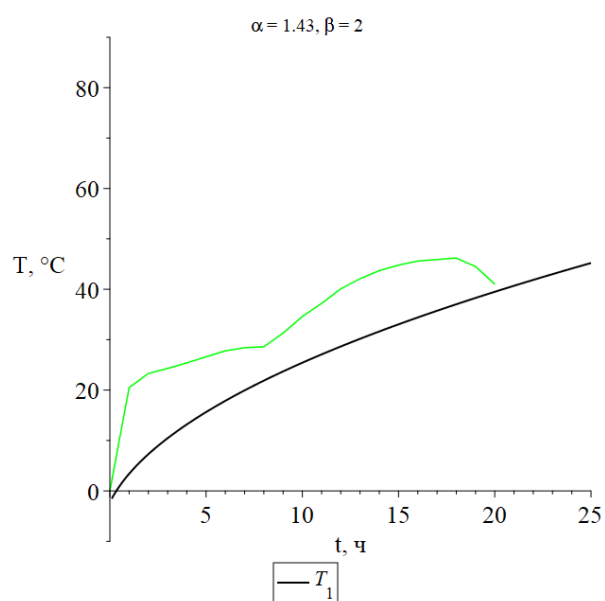


Рис. 13

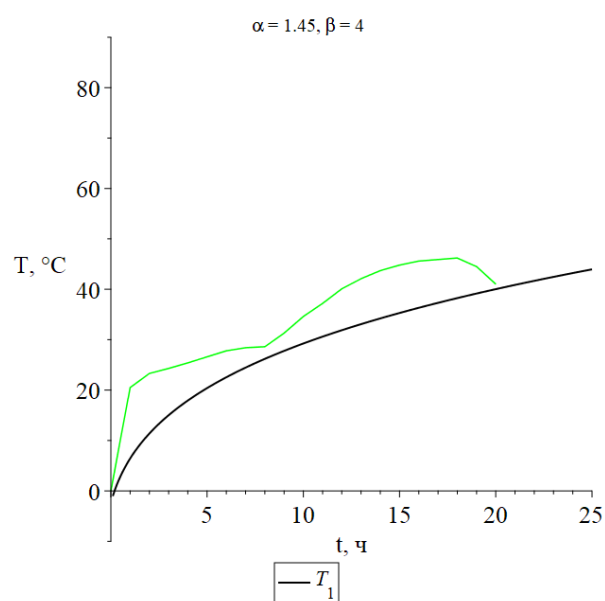


Рис. 14

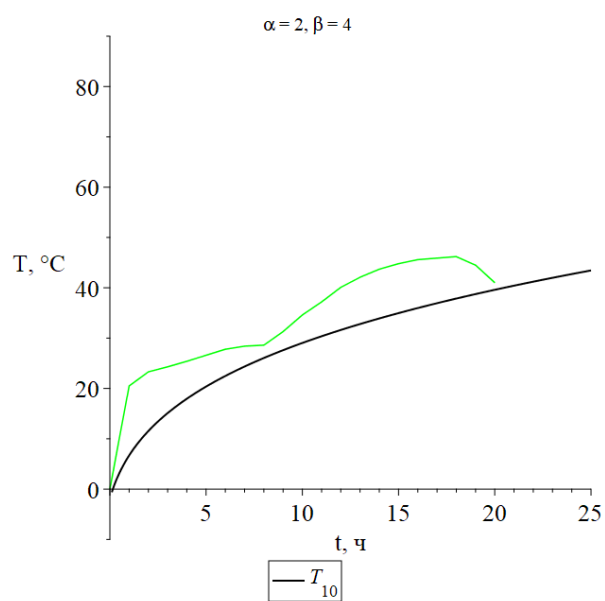


Рис. 15

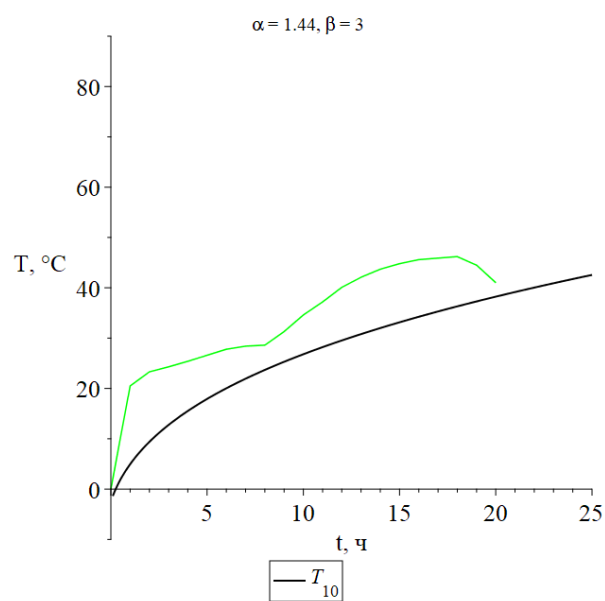


Рис. 16

Кроме кривых набора температуры в опалубке, имеется криволинейный участок, характерный для периода после снятия опалубки (медленное падение температуры с включенным прогревом). Для такого вида задачи также имеется решение, полученное теоретическим путем в общем случае (рис. 17–19). Данное решение требует дальнейшего исследования. Работа в данном направлении продолжается на данный момент.

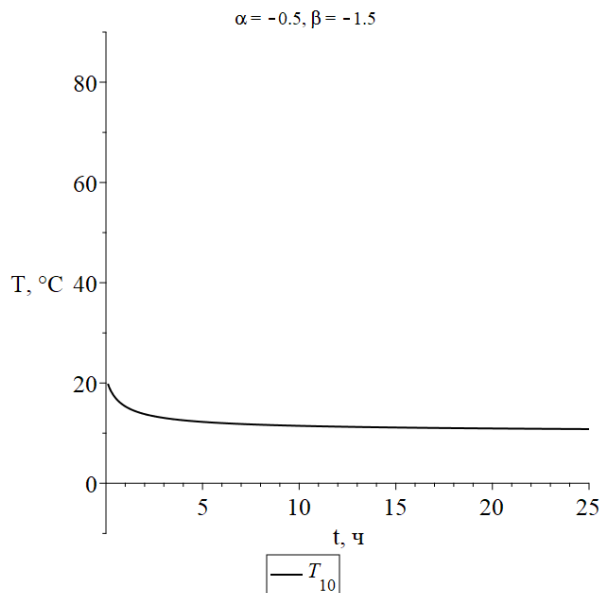


Рис. 17

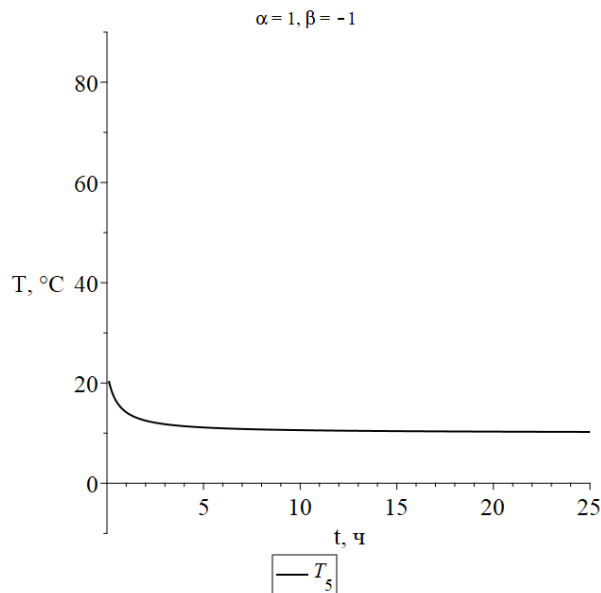


Рис. 18

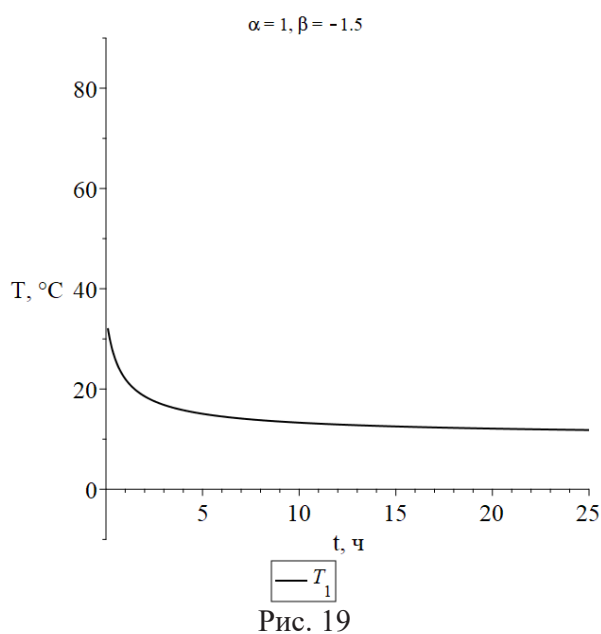


Рис. 19

### Заключение

В результате проведенных исследований установлено:

1. Принятые для исследования две подмодели точного решения нелинейного дифференциального уравнения, описывающего нелинейный процесс распространения тепла в неоднородном стержне при наличии нестационарного источника тепла, и полученные на их основе расчетные формулы адекватно описывают результаты экспериментов.

2. Особенно точное описание получилось при малой и средней мощности нагрева.

3. Цель настоящего исследования достигнута. Доказана возможность использования для практического применения в строительном производстве расчетных формул, полученных с помощью нелинейных подмоделей, методами группового анализа дифференциальных уравнений.

4. Для эксперимента в производственных условиях необходим более детальный анализ полученных данных, что позволит составить полную картину распространения тепла в монолитных конструкциях.

### Литература

1. Луцкой С. Я. Технология строительного производства. Справочник. М.: Высшая школа, 1991. 384 с.
2. Арбеньев А. С., Лысов В. П. Определение времени остывания бетона при зимнем бетонировании // Бетон и железобетон. 1971. № 6. С. 6–8.
3. Кириенко И. А. Бетонные, каменные и штукатурные работы на морозе. Киев: Госстройиздат УССР, 1962. 272 с.
4. Совалов И. Г. Бетонные работы. М.: Стройиздат, 1952.
5. Головнев С. Г. и др. Зимнее бетонирование на Южном Урале. Челябинск: Южн.-Урал. кн. изд-во, 1974. 135 с.
6. Вальт А. Б., Головнёв С. Г., Самойлович Ю. З. Расчёт времени остывания бетонных конструкций при отрицательных температурах // Совершенствование технологии строительного производства. Томск, Издательство ТГУ, 1978. С. 33–34.
7. Кондратьев Г. М. Регулярный тепловой режим. М.: ГИТТЛ, 1954. 408 с.
8. Беляев Н. М., Рядно А. А. Методы нестационарной теплопроводности. М.: Высшая школа, 1978. 328 с.
9. Зубков В. И. Зимнее бетонирование гидротехнических сооружений: учебное пособие. Новосибирск: НИСИ, 1988. 86 с.
10. Лыков А. В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. 599 с.
11. Яненко Н. Н. Метод дробных шагов решения многомерных задач математической физики. Новосибирск: Изд-во НГУ. 1966. 364 с.
12. Самарский А. А. Введение в теорию разностных схем. М.: Наука. 1971. 550 с.
13. Попов Ю. А., Лунев Ю. В., Шалгунова О. А. Математическое моделирование динамики температурного и прочностного полей при дифференцированном прогреве бетона в строительных конструкциях призматической формы. // Изв. вузов. Стр-во, 2005. № 4. С. 73–78.
14. Молодин В. В., Лунев Ю. В. Бетонирование монолитных строительных конструкций в зимних условиях. Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2006. 300 с.
15. Чиркунов Ю. А. Нелинейное распространение тепла в неоднородном стержне при воздействии нестационарного источника тепла применительно к задачам зимнего бетонирования // Изв. вузов. Стр-во. 2018. № 2. С. 70–76.
16. Чиркунов Ю. А., Хабиров С. В. Элементы симметричного анализа дифференциальных уравнений механики сплошной среды. Новосибирск: НГТУ, 2012. 659 с.

## МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

### METHOD OF RESTORING THERMAL TECHNICAL CHARACTERISTICS OF OUTDOOR ENCLOSING CONSTRUCTIONS OF PANEL BUILDINGS

Несмотря на значительное улучшение конструкции панельных зданий за последние годы, с точки зрения обеспечения необходимого теплосопротивления ограждающей конструкции в панельных домах, по-прежнему остро стоит проблема обеспечения герметичности швов между панелями. На протяжении долгого времени пытаются решить проблему швов в панельных зданиях с помощью различных мастик и герметиков. Однако все эти меры не дают долгосрочного положительного результата, а фасады домов приобретают неопрятный вид. Негерметичность швов является основной причиной намокания панелей, в результате чего снижается теплосопротивление ограждающей конструкции.

*Ключевые слова:* панельные дома, восстановления теплотехнических характеристик, наружные ограждающие конструкции, герметизация межпанельных швов, теплопотери, теплосопротивление.

Despite the significant improvement in the design of panel buildings in recent years, from the point of view of providing the necessary thermal resistance of the building envelope in panel houses, the problem of ensuring the tightness of the joints between the panels is still an acute problem. For a long time they have been trying to solve the problem of seams in panel buildings using various mastics and sealants. However, all these measures do not give a long-term positive result, and the facades of houses become untidy. Joint leakage is the main reason for the panels getting wet, as a result of which the heat resistance of the building envelope is reduced.

*Keywords:* panel houses, restoration of thermotechnical characteristics, external enclosing structures, sealing of interpanel seams, heat losses, heat resistance.

Теплопотери на торце здания обусловлены, прежде всего, повышенной влажностью панелей (а) и инфильтрацией теплого воздуха через межпанельные швы (б). (рис. 1).

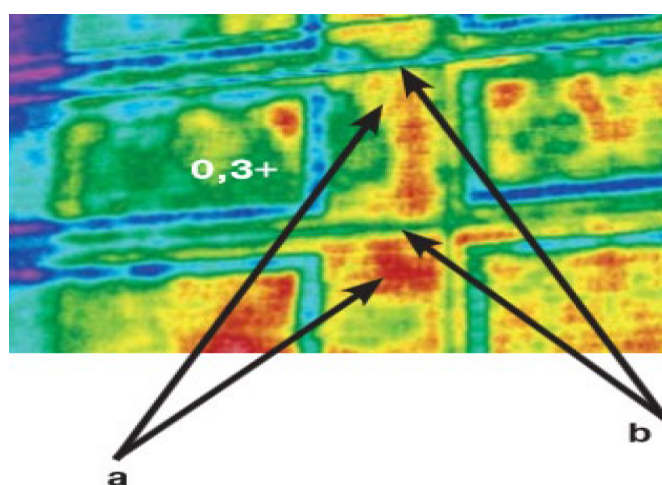


Рис. 1. Тепловизионная съемка на торце панельного здания



При герметизации межпанельных швов полимерной мастикой невозможно нанести слой равномерной толщины. Из-за этого в процессе полимеризации в герметизирующем слое образуются сквозные отверстия (рис. 2, а), а в процессе эксплуатации – трещины (рис. 2, б), что по истечению времени опять приводит к нарушению герметичности межпанельных швов. При ремонте швов панельных зданий чаще всего используют монтажную пену и наносят еще один слой полимерной мастики (рис. 2, в). Таким образом вода, попадает в бетон через негерметичные швы и оказывается в плите. Тем самым не происходит инфильтрации теплого воздуха сквозь отремонтированные швы и теплосопrotivление панелей остается ниже проектного. Герметичность в масштабе компонентов здания заслуживает гораздо большего внимания, чем когда-либо. К сожалению, наиболее популярный метод (то есть косвенный метод) для его измерения на месте страдает от существенных неопределенностей [1].

Панельные жилые дома до сих пор являются одними из самых популярных жилых домов [4]. Принимая во внимание, что технические, экономические и комфортные характеристики панельных домов, спроектированных в советское время, не отвечали требованиям. Теоретически рассчитанный срок службы несущих конструкций панельных жилых домов составляет 125 лет и 20–50 лет для ограждений и других элементов. С целью обеспечения необходимого уровня комфорта в помещениях и снижения потерь тепла необходимо выполнить качественную герметизацию межпанельных швов.

Влажные панели ограждающих конструкций являются причиной не только снижения теплосопrotivления ограждающих конструкций, но и причиной коррозии арматуры железобетонных стен и сварных соединительных элементов. Следует признать, что существующая практика ремонта швов панельных зданий полимерной мастикой или иными жидкими герметиками не решает вопрос снижения теплопотерь и способствует ускоренному разрушению железобетонных панелей. От физических параметров конструкционных материалов ограждающих конструкций зависят тепловые потери.

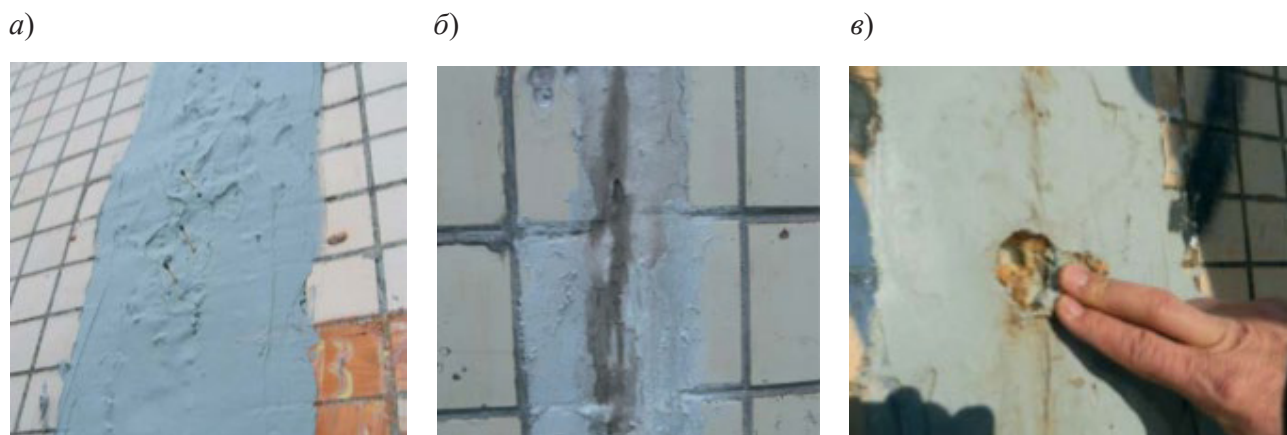


Рис. 2. Нарушение герметичности швов при существующей технологии

Потребность в разработке новых, современных строительных материалов возрастает с каждым годом, особенно из-за необходимого снижения энергетических характеристик строительных конструкций и самого строительного производства (включая производство строительных материалов).

С похожими проблемами столкнулись и специалисты в иных странах. Еще в 1960-х годах в Западной Германии братья Йан разработали технологию изготовления полисуль-

фидных материалов с исключительными физическими и химическими характеристиками. Разработанные ими материалы владели высочайшей гибкостью в широком спектре температур (до минус 60 °С) и долговечностью. Позднее на основе этих полимеров были созданы специальные ленты для герметизации межпанельных швов [2].

Для восстановления теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций, обеспечения необходимого уровня комфорта в помещениях и уменьшения потерь тепла в старых панельных домах необходимо было разработать и создать надежную технологию герметизации межпанельных швов.

С появлением новых строительных материалов такая технология была отработана, превратившись в систему *FFF* (т. е. Поверхность-Покраска-Шов, «ППШ»). Эта технология включает в себя ремонт поверхности бетонных панелей, покраску фасадов гидрофобным составом и тепло-гидроизоляцию швов. Преимущества заключаются в минимальных потерях материалов и трудоемкости, позволяют экономить время и деньги строителей, а также сохранить контролируемое качество [3].

Герметизация швов в панельных домах по технологии ППШ осуществляется полисульфидными лентами. Предварительно заменяется заполнение шва. Между наружным уплотнителем-утеплителем (вилатермом) и лентой остается вентилируемое расстояние (рис. 3). Благодаря этому расстоянию испаряется влага из панели. Через год панель восстанавливает свои исходные теплоизоляционные характеристики.

Все строительные материалы, которые используются при ремонте фасадов по технологии ППШ, имеют высокую паропроницаемость. Дефекты на панелях ремонтируются специальными паропроницаемыми составами и красками. В результате панельные дома принимают архитектурно-художественную выразительность, которая изначально была заложена архитекторами проектов. Отремонтированный панельный дом выглядит по-другому и гораздо привлекательнее. (рис. 4) [5].

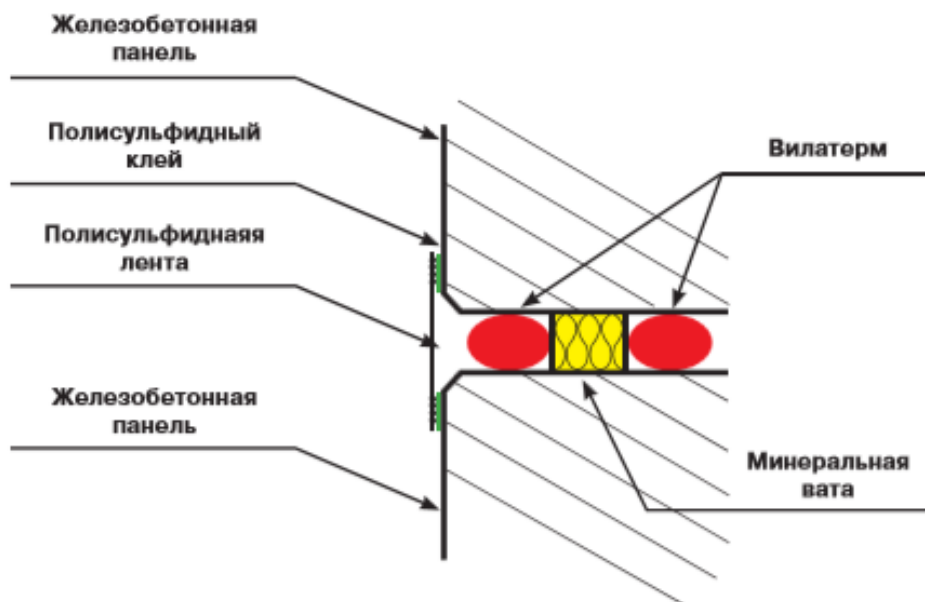


Рис. 3. Схема герметизации швов между панелями по системе ППШ

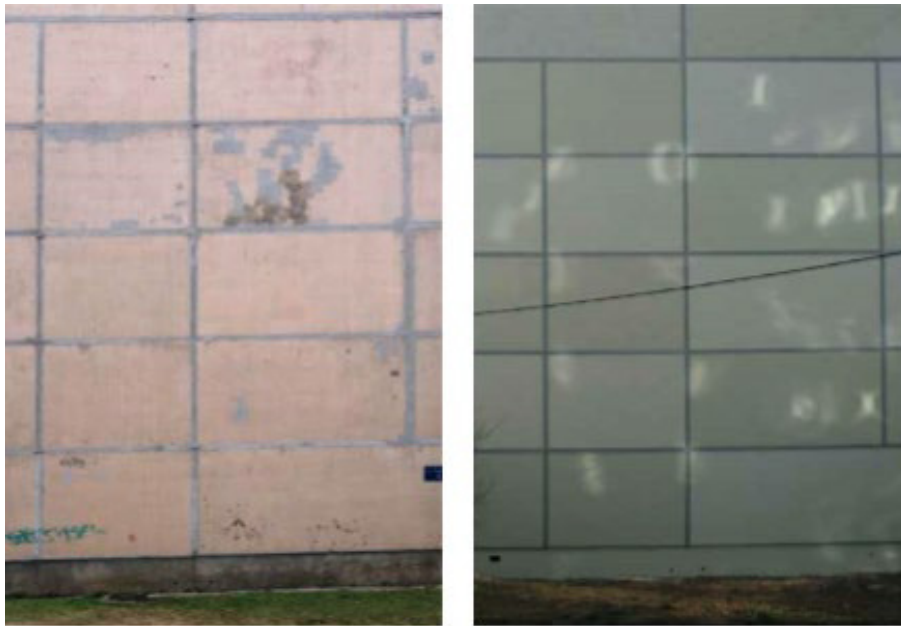


Рис. 4. Стены панельных зданий до и после проведения работ по системе ППШ

Метод восстановления теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций по технологии ППШ включает в себя следующие этапы:

1. Дефектные панели очищаются пескоструйным аппаратом от наслоений и повреждённых слоёв бетона.

Арматура очищается от ржавчины, грунтуется и покрывается антикоррозионным составом. Отремонтированная поверхность панелей оштукатуривается, окрашивается паропроницаемыми материалами и обрабатывается гидрофобным составом (рис. 5).

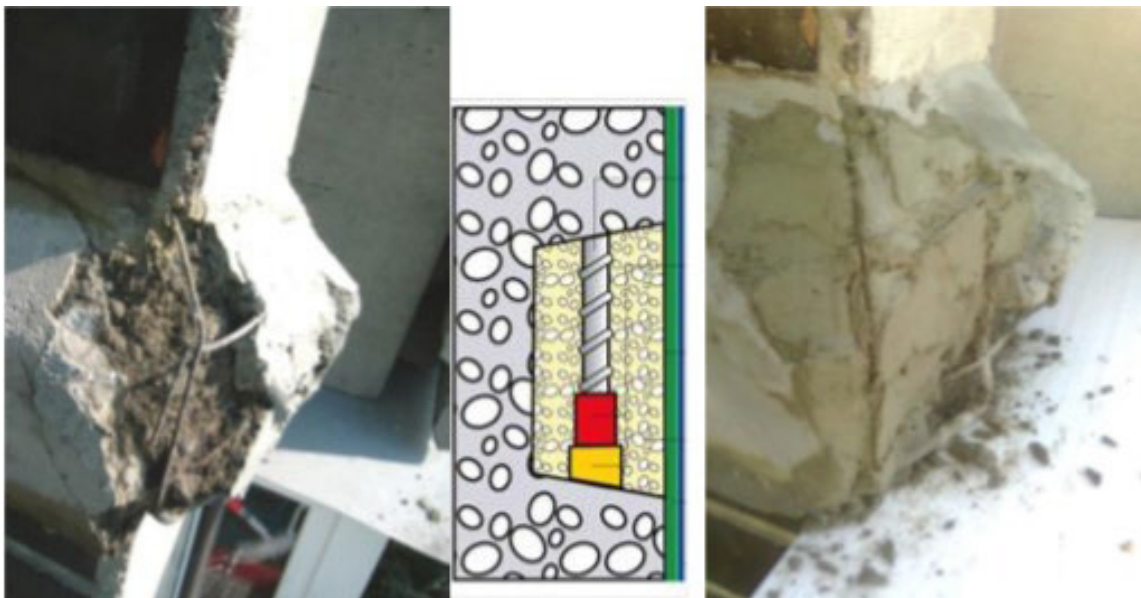


Рис. 5. Восстановление целостности конструкции

2. Все дефекты панелей очищаются от повреждённого бетона и восстанавливаются паропроницаемыми ремонтными составами (рис. 6).



Рис. 6. Оштукатуривание и окрашивание паропроницаемыми составами

3. С обеих сторон от шва между панелями приклеивают малярную ленту для защиты поверхности панели. Между лентами, необходимо принять расстояние равное 3-м ширинам герметизирующей ленты (размеры ленты от 30 до 200 мм). Штук стык вскрывают и очищают от всех загрязнений. В шов между панелями закладывается утеплитель.

Если фасад панели в хорошем состоянии, то после очистки поверхности от грязи наносится праймер. Если фасад представляет собой одну из разновидностей штукатурки, то края шва шлифуют до бетона, который находится в хорошем состоянии. Для защиты арматуры от коррозии тонким слоем наносится антикоррозионный состав на цементной основе, затем ремонтный выравнивающий состав на цементной основе. Завершающее выравнивание границ плит осуществляется, только после высыхания шпаклёвочного слоя и на него наносится праймер.

4. На подготовленную поверхность с помощью специального пистолета наносится клей и разглаживается шпателем (рис. 7).



Рис. 7. Нанесение клейкого состава

5. Лента раскатывается по шву, кромки тщательно разглаживаются. Места пересечения швов усиливаются с помощью ленты в качестве прокладки (рис. 8).





Рис. 8. Усиление места пересечения швов

6. После разглаживания кромок ленты убирают натёки клея и снимают молярную ленту. Подобным методом производят герметизацию места стыка балконных плит и фасадных панелей, щели меж оконными рамами и оконным проёмом. Для этого применяются ленты, предназначенные для проклейки под прямым углом. После завершения работ по ремонту панелей и герметизации межпанельных швов весь фасад обрабатывают гидрофобным составом.

Опыт эксплуатации зданий после выполнения работ свидетельствует о том, что за счет улучшения теплотехнических характеристик ограждающих конструкций удастся сэкономить до 40 % затрат на отопление панельных домов. Полномасштабные испытания, проведенные с помощью лабораторного оборудования, показывают, что характеристики комфорта в испытательных помещениях после модернизации становятся значительно выше и соответствуют требованиям. Внутренний климат в панельном доме более здоров для жителей. Из-за повышенной теплоизоляции внешних корпусов потери тепла и выбросы углекислого газа и других вредных веществ в атмосферу были уменьшены. Более того, проникновение воды во внешние стены остановлено, а их износ замедлен. Поэтому срок службы здания увеличивается.

Все панельные здания, точнее их проектные характеристики, не отвечают требованиям СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [6], в которых значение теплосопротивления ограждающих конструкций, по мнению многих специалистов, явно завышено. Однако, как показывает практика, восстановление проектных характеристик ограждающей конструкции по технологии ПППШ позволяет существенно снизить затраты на отопление панельного здания, сделать все квартиры пригодными для проживания, продлить срок эксплуатации здания.

### Литература

1. Пилипенко Н. В. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. СПб: НИУ ИТМО, 2013. 274 с.
2. Учинина Т. В., Бабичева Н. В. Обзор методов повышения энергоэффективности жилых зданий // Молодой ученый. 2017. №10. С. 101-105. URL: <https://moluch.ru/archive/144/40336/> (дата обращения: 16.03.2020).
3. Современные технические решения в сфере ЖКХ Санкт-Петербурга. URL: <https://spbgorod.nethouse.ru/static/doc/0000/0000/0240/240857.1t935sye4u.pdf> (дата обращения: 05.04.2020).
4. Макаридзе Г. Д., Ворона-Сливинская Л. Г. Применение современных строительных материалов – опилкобетон: функциональные свойства и технология производства. Инновации и инвестиции. 2019. № 10. С. 249-254.
5. Доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Новгородской области. URL: <https://gisee.ru/budget/news/budget/62473/> (дата обращения: 10.04.2020).
6. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М.: Минрегион России, 2012. 139 с.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

### IMPROVEMENT OF STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE CONSTRUCTION OF MONOLITHIC RESIDENTIAL BUILDINGS

В работе рассматриваются улучшение технологии монолитного строительства посредством применения современных строительных материалов и технологических приемов. На основании обзора материалов и технологий предложен вариант совершенствования технологии возведения монолитных железобетонных зданий, использование которой позволит добиться повышения качества возводимых жилых зданий и комфортности условий проживания в них.

*Ключевые слова:* монолитное домостроение, оптимизация технологии, современные виды опалубки, жилищное домостроение.

The paper deals with improvement of technology of construction of monolithic reinforced concrete by using modern building materials and technologies. Based on the review of materials and technologies options for improving the technology of construction of monolithic reinforced concrete buildings were proposed, it helps reached improvement quality constructed residential buildings and made living at it more comfortable.

*Keywords:* monolithic construction, optimization of technology, modern types of formwork, residential building.

Жилищный вопрос в современной России можно назвать одной из наиболее насущных социально-экономических проблем. Не для кого не секрет, что большое количество населения страны, в том числе в крупных городах, испытывает потребность в собственной жилой площади или улучшении ее качества. Именно в уровне обеспеченности граждан жильем кроется причина многих фундаментальных проблем современного общества в России таких как: снижение рождаемости, низкий уровень благополучия жизни населения городов и др. Одна из важнейших задач правительства России в настоящее время состоит в стремлении и принятии активных действий по улучшению качества жизни населения [9; 11]. По степени удовлетворенности населения качеством жилищных условий и доступностью жилья можно сделать вывод об уровне экономического развития страны. В тоже время строительство, являясь сложной отраслью само по себе, имеет множество неразрывных связей с другими отраслями экономики, что вызывает большое влияние на социально-экономическое развитие территории [8; 10]. Вместе с тем следует отметить значительную связь между состоянием и развитостью рынка жилья и инвестиционным климатом территории. Повышение обеспеченности и улучшение качества жилья населения способствуют росту потребления других товаров длительного пользования, создают условия для привлечения в регион трудовых ресурсов [12].

В такой ситуации для современной России очень важным вопросом является решение жилищной проблемы [13]. Тем не менее в период 2000–2017 гг. в целом по стране обеспеченность населения жильем увеличилась на 30 %: с 19,2 до 25,2 кв. м на челове-

ка. В тоже время стоит обратить внимание на качество и уровень выпущенных объектов жилой недвижимости. Зачастую это здания с плохо продуманной планировкой, низкой звукоизоляцией помещений и плохой энергоэффективностью, что не удовлетворяет требованиям потребителя с точки зрения комфорта проживания. Возможным решением данной проблемы может стать монолитное здание с применением современных технологий.

Монолитное строительство – это одна из наиболее передовых технологий возведения зданий, позволяющая создавать здания и сооружения в самых невероятных условиях с самой невероятной архитектурой. Процесс монолитного строения представляет собой технологию, основанную на установке опалубочной системы, сборки арматурного каркаса и последующей укладки бетона в полученную форму. В свою очередь опалубочная система – это система стоек, рам и формообразующих ограждений, благодаря которым бетонируемой конструкции передается проектное положение.

Использование технологий монолитного строительства позволяет проектировать и строить здания и сооружения с применением наиболее разнообразных и сложных конструктивных решений при высокой архитектурной выразительности. В стесненных условиях густонаселенных городов, при работе по реконструкции исторически важных зданий или вблизи них данный способ является наиболее оптимальным, а иногда единственно доступным. В большинстве своем монолитный железобетон более технологичен (по сравнению со сборным железобетоном, металлом) и позволяет больше свободы в принятии архитектурно-конструктивных решений и зачастую является более экономически выгодным. К этим свойствам можно отнести следующие: долговечность и сейсмостойкость; более высокая конструктивная жесткость и прочность; архитектурная выразительность; меньшая материалоемкость и др.

Если обратить внимание на вопрос скорости возведения монолитных зданий, то прослеживается тенденция все большего сокращения сроков выполнения работ. Доказательством тому служит показатель скорости возведения одного этажа, который в настоящее время приблизился к значению равному 4 дням на один этаж. Подобного результата удалось добиться за счет применения современных технологий и опалубочной системы. Являясь основным элементом монолитного строительства, опалубка в данном вопросе играет одну из ключевых ролей, так как именно благодаря опалубке бетону в будущей конструкции передаются заданная проектом форма [7].

Исходя из того, что жилищный вопрос является одной из насущных социально-экономических проблем современной России, можно сделать вывод не только о значимости, но и об актуальности проблемы создания технологии или ее совершенствования, позволяющей при меньших затратах времени и денежных средств получать недвижимость высокого качества.

Анализ теоретического материала по рассматриваемой проблеме и информационный поиск с целью выявления новейших технологий и строительных материалов, используемых в монолитном домостроении. В результате анализа технологий монолитного строительства, были выявлены несколько направлений усовершенствования в которых позволят получить наилучший эффект.

Этими направлениями стали: монтаж и демонтаж систем опалубки, арматурные работы, выполнение отделочных работ наружных и внутренних поверхностей. Усовершенствования в данных направлениях невозможны без создания современной системы несъемной опалубки. Одним из них является использование несъемной опалубки из щепобетона (арбалита).

Несъемная опалубка – это формы заводской готовности, выполненные из полистирола или других материалов, заполняемые бетоном и после застывания которого составляют единое целое возводимой конструкцией. Такой вид опалубки монтируется на каждом объекте в уникальную конструкцию, позволяя обеспечить возводимой конструкции высокую архитектурную выразительность.

При использовании технологии несъемной опалубки в жилых зданиях завершённые бетонные поверхности обычно облицовывают искусственным или натуральным камнем, а также другими качественными материалами. В случае общественных зданий, при использовании такой технологии возведения, в основном прибегают к монтажу систем вентилируемых фасадов.

Арболит – это легкий бетон на природном органическом наполнителе, он относится к стеновым материалам и производится в виде блоков, плит и панелей. Сырьем для производства арболита являются: в качестве вяжущего портландцемент марок М400 и М500, наполнитель – измельченные и подготовленные особым способом отходы деревообработки (щепа, шпон, древесная кора, опилки, льняная костра) и специальных добавок, препятствующих поддержанию горения и биологической коррозии материала. К преимуществам арболита относят: высокие теплоизолирующие свойства; отличная звукоизоляция; прочность, легкость обработки и малый вес. Но материал имеет такие недостатки как: сложность входного контроля на строительной площадке, необходимость в отделке.

На основе анализа преимуществ и недостатков материала разработана система несъемной опалубки с наружным декоративным слоем, выполненной в виде инвентарных конструкций. Комплект опалубки состоит из: линейного блока размерами 1000 × 250 × 300 мм и 500 × 250 × 300 мм, углового блока 1000/500 × 250 × 300 мм и 500/1000 × 250 × 300, элемент «тройник», элемент «крест» и струбцины для выверки опалубки. Данный комплект опалубки является наиболее универсальным и может быть применен при возведении зданий даже самой сложной формы без необходимости разработки специальных решений. Разработанная опалубка имеет с наружной стороны чистовую декорированную отделку под природный камень, что делает места стыка блоков незаметными и добавляет архитектурной выразительности объекту, построенному из этих блоков.

Предлагаемая технология заключается в том, что при возведении надземной части здания используется система несъемной опалубки, которая, за счет снижения трудоемкости и продолжительности выполнения технологических операций при производстве работ по возведению надземной части здания, позволяет возводить здание в меньшие сроки с сохранением высокого уровня качества здания. Так же стоит отметить, что подготовительные работы и работы по возведению подземной части здания не рассматриваются, в виду того, что эти технологические процессы не будут оказывать большого влияния на усовершенствование технологии монолитного строительства.

Работы по возведению надземной части здания, с использованием несъемной опалубки из арболита с наружным декоративным слоем, выполненной в виде инвентарных конструкций, начинаются подготовки рабочей зоны, разметки положения блоков опалубки, элементов арматуры и укладки по всему контуру бетонируемой конструкции наружных реек. Перед укладкой блоков опалубки выполняют установку вертикальных стержней опалубки. Возведение первого ряда блоков необходимо начинать с прямого угла основной части здания и выполнять раскладку блоков по периметру двигаясь в од-



ном направлении. Первый ряд блоков монтируется по всему периметру без проемов. После установки всех блоков по периметру здания производится контроль установки блоков по горизонту нивелиром. После того как все блоки стоят плотно друг к другу, и периметр первого ряда замкнут, необходимо разметить и удалить части блоков в проемах. Второй и последующие ряды блоков устанавливаются с учетом правила перевязки швов тем же способом, как и первый. Это достигается путем чередования правых и левых угловых блоков.

После выравнивания стены по вертикальному уровню, используется монтажная пена для устранения зазоров между фундаментом и блоками и специальный клей-герметик между блоками, что обеспечивает герметичность опалубки. В процессе установки блоков опалубки выполняется укладка арматурных конструкций, в местах нахождения проемов устанавливаются заложенные в проекте арматурные каркасы. Укладка арматуры в стеновые ограждения облегчается наличием в блоках опалубки заранее запроектированных мест для ее монтажа, что значительно упрощает работы и снижает риск возникновения ошибок при производстве работ.

Опалубка перекрытий состоит из щитов опалубки, рам с домкратами, продольных (высотой 160 мм) и поперечных (140 мм) балок и вилок для их установки. Устройство перекрытия в несъемной опалубке начинается с устройства опалубочного стола, состоящего из телескопических стоек и проложенных по ним балок. По завершении работ по устройству несущей системы на ней располагаются блоки опалубки, которые стыкуются между собой по принципу «паз-гребень» для большей герметичности конструкции. После укладки опалубки на рабочую отметку подается арматура, которую раскладывают по проектным позициям и вяжут в сетки. При этом арматуру укладывают на специальные фиксаторы, обеспечивающие защитный слой арматуры и в тоже время являющиеся анкерами для предания цельности конструкции опалубки и бетона.

Результаты сравнения предлагаемой технологии с традиционной показали сокращение сроков возведения здания и снижение трудоемкости работ. Данный эффект был достигнут благодаря использованию более легких элементов опалубки, отсутствию необходимости выполнения работ по демонтажу опалубочной системы. Снижение трудоемкости достигнуто за счет производства арматурных работ (в опалубке есть специальные отверстия и крепления, которые позволяют не использовать струбцин для временного крепления арматуры), отсутствия работ по устройству фасадной системы, так как опалубка имеет чистовой наружный фасадный слой (не требуется отделка поверхности) и благодаря свойствам материала опалубки не нуждается в дополнительном утеплении.

По теплотехническому и звукоизоляционному параметру лидерство новой технологии обеспечивается свойствами материала и тем что, благодаря использованию его в опалубке стен и перекрытий, здание в целом и каждое помещение в отдельности возводится в звуко-изолированной тепло-эффективной оболочке. По экономическим показателям выигрыш предполагается за счет сокращения объемов используемых материалов, а также сокращения продолжительности возведения здания при высоком качестве конечного продукта, ввиду отсутствия работ по устройству фасада, сопоставимой стоимости опалубки (при учете оборачиваемости съемной опалубки).

Таким образом, предлагаемая технология при теоретическом рассмотрении подтверждает свою актуальность и жизнеспособность, но требует более детальной проработки в процессе реализации в условиях строительной площадки.

## Литература

1. Организационно-технологическая модель скоростного строительства жилых зданий из монолитного железобетона – научная библиотека диссертаций и авторефератов dissercat/ электронная библиотека. url:<http://www.dissercat.com/content/organizatsionno-tekhnologicheskaya-model-skorostnogo-stroitelstva-zhilykh-zdaniy-iz-monolitn#ixzz5ikadh5bw>
2. Учебник монолитное строительство электронная библиотека. url:<http://ter-m.ru/raznoe/uchebnik-monolitnoe-stroitelstvo-dissertaciya-na-temu-organizacionno-tehnologicheskaya-model-skorostnogo-stroitelstva-zhilykh-zdaniy-iz-monolitnogo-zhelezobetona-avtoreferat-po-specialnosti-v.html>
3. Научная библиотека диссертаций и авторефератов dissercat электронная библиотека. url: <http://www.dissercat.com/content/organizatsionno-tekhnologicheskaya-model-skorostnogo-stroitelstva-zhilykh-zdaniy-iz-monolitn#ixzz5ilvilnqk>
4. Основы проектирования и производства опалубочных работ // дисс. докт. техн. наук; Ереван, Ераси, 1999.
5. *Афанасьев А. А., Данилов Н. Н., Копылов В. Д.* Технология строительных процессов. М.: Высш. шк, 1999. 463 с.
6. *Данилов Н. Н., Чернов Т. П., Руффель Н. А.* Технология строительного производства / учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1977. 440 с.
7. Анализ конструктивных и технологических особенностей применения несъемной опалубки для устройства монолитных перекрытий объектов малоэтажного строительства. Ворона-Сливинская Л. Г., Макаридзе Г. Д. Перспективы науки. 2019. № 10 (121). С. 141-144.
8. *Пальчинский В. Г.* Строительные процессы при возведении зданий. Зарубежный опыт. Иркутск: изд-во Иргту, 1999. 132 с.
9. *Гриффит А., Стивенсон П., Уотсон П.* Системы управления в строительстве // пер. с англ. М.: ЗАО «Олимп-бизнес», 2006. 464 с.
10. *Комаров И. К.* Совершенствование строительного производства. М.: Стройиздат, 1979. 208 с.
11. *Теличенко В. И., Терентьев О. М., Ланидус А. А.* Технология строительных процессов. М.: Высш. шк., 2007. 512 с.
12. *Юдина А. Ф.* Достоинства монолитного строительства и некоторые проблемы его совершенствования // вестник гражданских инженеров. 2012. № 1 (30). С. 154–156.
13. *Юдина А. Ф., Кобелев Е. А.* Монолитное домостроение. Возведение зданий и сооружений из монолитного бетона и железобетона // учеб. пособие СПбГАСУ. Спб.: 2018. 168 с.
14. Организационно-технологическая модель скоростного строительства жилых зданий из монолитного железобетона / А. В. Галумян // электронная библиотека. url: <http://tekhnosfera.com/organizatsionnotehnologicheskaya-modelskorostnogo-stroitelstvazhilykh-zdaniy-izmonolitnogo-zhelezobetona>

## К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОГРУЖЕНИЯ В ГРУНТ СТАЛЬНОГО ШПУНТА

### ON THE ISSUE OF IMPROVING THE TECHNOLOGY OF IMMERSION IN THE SOIL OF STEEL SHEET PILE

В статье проанализированы существующие недостатки шпунтовых ограждений, таких как: высокая повреждаемость замков; веерность; негерметичность замковых соединений. Рассмотрены инженерные решения, применяемые для «смягчения» действие исследуемых недостатков при эксплуатации шпунтовых ограждений. Делается вывод, что предложенные инженерные решения способны снизить влияние исследуемых недостатков и увеличить работоспособность шпунтовых ограждений.

*Ключевые слова:* стальной шпунт, погружение в грунт, проблемы, совершенствование, вибропогружатель.

The article analyzes the existing shortcomings of sheet piling, such as: high damage to locks; fan; leakage of lock joints. The engineering solutions used to “mitigate” the effect of the studied drawbacks during the operation of sheet piling are considered. It is concluded that the proposed engineering solutions can reduce the impact of the studied disadvantages and increase the efficiency of sheet piling.

*Keywords:* steel sheet pile, immersion in the soil, problems, improvement, vibration absorber.

Из научных источников известно, что в 1902 году Трюггве Ларссен (Tryggve Larssen) разработал первый образец стальной шпунтовой сваи «U»-профиля с соединениями на заклепках. С тех пор шпунтовые сваи типа «Ларсен» используются по всему миру и являются наиболее популярным видом шпунта [1].

Однако, при всей популярности, у шпунтовых ограждений существуют недостатки такие как: высокая повреждаемость замков; веерность; негерметичность замковых соединений.

#### Высокая повреждаемость замков

Замки шпунтовых ограждений – это самая повреждаемая часть шпунтовых свай. Во время погружения в замках появляются большие силы трения скольжения, вызывающие их плавление и разрушение. В табл. 1 представлены коэффициенты трения покоя и скольжения для пар материалов сталь – сталь.

Таблица 1

Коэффициенты трения для пар материалов Сталь-Сталь

Комбинация материалов	Коэффициент трения	
	Сухие поверхности	Поверхности со смазкой
Сталь – Сталь	0,16; 0,1-0,12	0,10-0,12; 0,05-0,1

На величину коэффициента трения любой трущейся пары влияет ряд часто не учитываемых параметров: давление, шероховатость и размер поверхности, степень загрязнённости и др., поэтому значения коэффициентов трения могут быть пригодны только для тех частных условий, при которых они были получены.

Наибольшее трение в замках возникает при вибропогружении за счет добавочного трения от вибрации. Замки при таком воздействии начинают нагреваться, а температура нагрева может достигать температур плавления стали 1300–1400 °С. В результате две шпунтовые сваи могут свариться друг с другом, что может привести к снижению циклов оборачиваемости шпунта [2].

Ударный способ для замковых соединений опасен в твердых грунтах, когда погружение шпунта затруднено или на пути попало непреодолимое препятствие. В этом случае при большой энергии удара замки способны порваться, что может привести к отбраковке шпунтовой сваи.

Самым безопасным и щадящим является метод статического вдавливания. Замки при таком способе погружения нагреваются, но незначительно, что исключает возможность их повреждения [3].

### Веерность

Веерность шпунтового ограждения появляется в результате разного трения в свободном и замкнутом замках. Основными факторами, определяющими возникновение веерности или «завала», являются: способ погружения шпунта и грунтовые условия. Большие значения веерности шпунтового ряда характерны для шпунтовых стен, погруженных динамическими способами [4].

Для уменьшения числа «завалившихся» шпунтовых свай предусмотрено несколько решений:

**1. Погружение клиновидных шпунтовых свай.** Изготавливается специальная шпунтовая свая, с замками не параллельного направления, один из которых имеет такой же наклон или немного меньше, что и наклон «завала» всей шпунтовой стенки или ее участка. Пример клиновидного шпунта представлен на рис. 1.

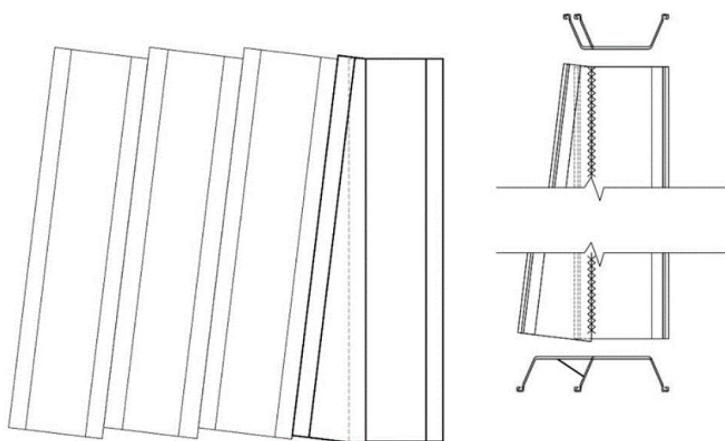


Рис. 1. Клиновидный корытообразный шпунт

Преимущества:

- простота использования и погружения клиновидной шпунтины. Клиновидная шпунтовая свая – это обычная свая с устроенным клиновидным участком, который почти никак не влияет на сложность погружения.



- редкая повторяемость. Одна клиновидная шпунтовая свая способна устранить веерность целого участка шпунтовой стенки. За счет клиновидного участка возможно выравнивание шпунтовой стенки даже при критических значениях веерности.

Недостатки:

- высокая трудоемкость изготовления клиновидной сваи. Для достижения герметичности шпунтовой стенки шов стыка клиновидного участка проваривается на всю длину шпунтовой сваи.

- изготовление клиновидных участков требует разрезания рядовых шпунтин. Клиновидный участок для шпунтовой сваи в условиях площадки можно получить, прорезав рядовую шпунтину по диагонали, после чего ее использование будет невозможно.

Несмотря на недостатки данного способа, он остается наиболее эффективным и является единственным способом, устраняющим веерность целого участка, а не только удерживающим «завал» шпунтового ряда.

**2. Заглушка свободного замка.** Так как веерность возникает из-за разного трения в свободном и замкнутом замках, вызванного наличием частиц грунта в замке, неровностями замка и присутствием эксцентриситета при вертикальном погружении сваи, было предложено решение – устраивать заглушку свободного замка, чтобы ограничить проникание частиц грунта в свободный замок.

Способ установки обрезанного замка шпунтовой сваи в свободный замок перед погружением удобен, так как после достижения проектной отметки обрезанный замок извлекается и устанавливается на следующую сваю. Положение замка фиксируется сваркой со свободным замком сваи. Схематичное изображение заглушки свободного замка шпунтовой сваи обрезанным замком представлено на рис. 2.

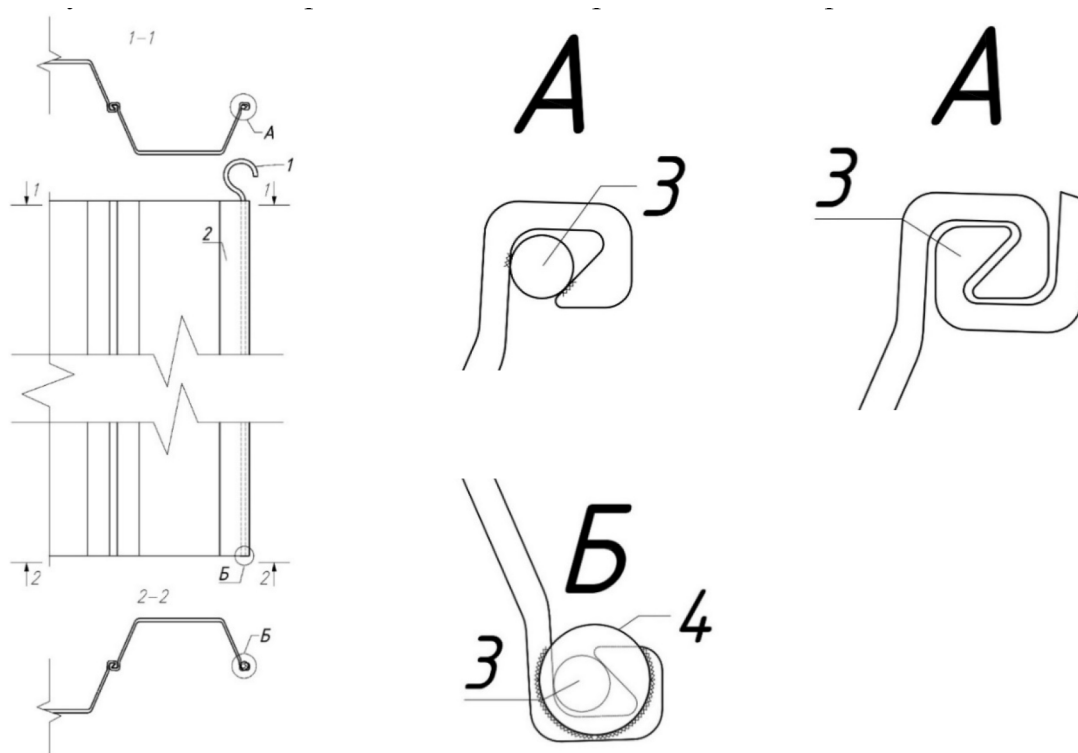


Рис. 2. Заглушка свободного замка шпунтовой сваи арматурой и обрезанным замком

1 – петля для извлечения стержня; 2 – шпунтовая свая;

3 – арматура и обрезанный замок; 4 – заглушка

Возможен вариант с завариванием конца свободного замка и установкой арматуры или другого стержнеобразного элемента по всей длине замка, с дальнейшим извлечением стержня из замка и повторным применением. При таком способе желательно производить извлечение шпунта в последовательности противоположной забивке, чтобы не обрывать заглушки на концах замков. Схематичное изображение заглушки свободного замка шпунтовой сваи арматурой представлено на рис. 2 [5].

Преимущество:

Простота устройства заглушки. Заглушка простым образом устанавливается в свободный замок.

Недостатки:

- частая повторяемость. Для удержания «завала» требуется устраивать заглушки в свободных замках каждой шпунтины.
- высокая трудоемкость изготовления. Требуется много времени для устройства.

**3. Фиксация упругой деформации.** Данный метод основан на использовании упругих деформаций стальных шпунтовых свай. Суть метода заключается в том, что при погружении последующих шпунтин дается натяжка на предыдущие в сторону противоположную направлению погружения шпунта. Натяжка вызывает упругие деформации в верхних частях предыдущих шпунтин, которые, в свою очередь, фиксируются стержнями на сварке или по-другому. В итоге свободный замок предыдущей шпунтовой сваи отклоняется на определенный угол и позволяет удерживать «завал» предотвращая веерность. Для фиксации можно использовать арматуру или другие стержнеобразные элементы [6]. Схематично фиксация упругой деформации с помощью арматуры отражена на рис. 3.

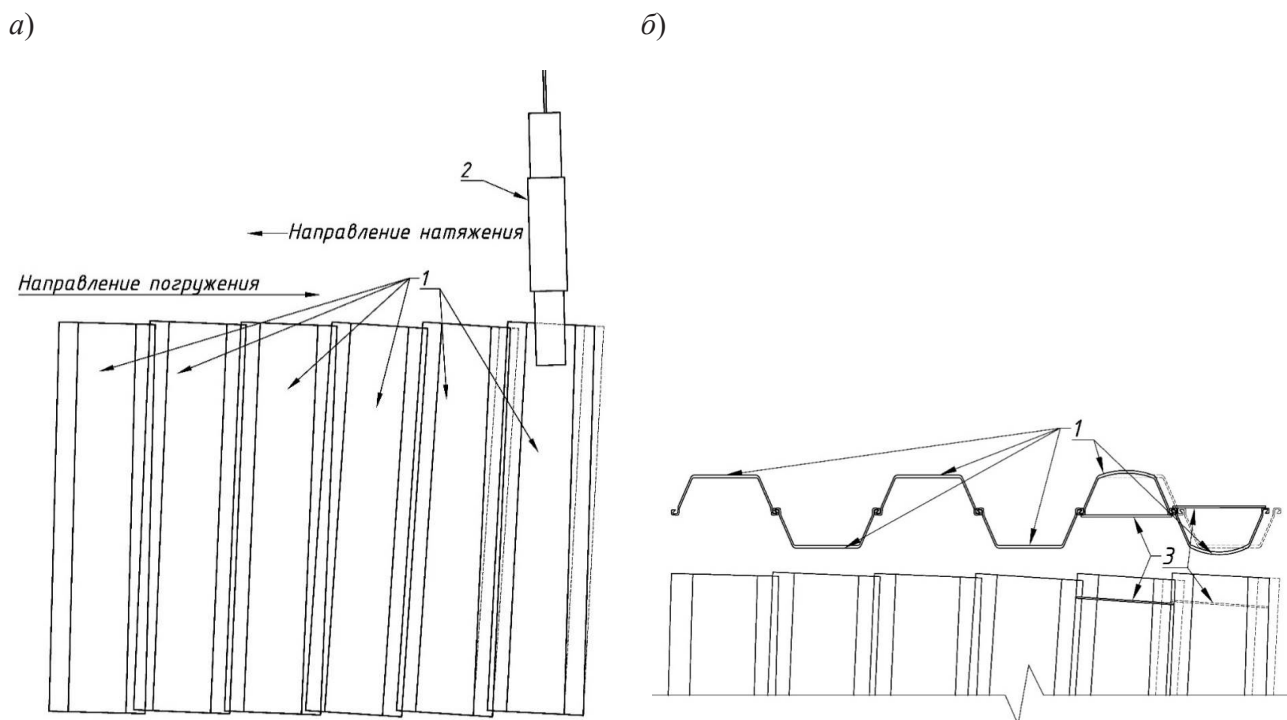


Рис. 3. Фиксация упругой деформации с помощью арматуры:

а) схема погружения; б) способ фиксации деформаций

1 – шпунтовая свая; 2 – вибропогружатель; 3 – арматура для фиксации деформаций

Преимущество:

Имеет высокую эффективность при использовании шпунтовых свай с низкой жесткостью поперечного сечения.

Недостатки:

- ограниченность способа. Связана с жесткостью сечения шпунтовых свай. Для марок шпунта с толстыми стенками возникает сложность деформирования свай натяжкой.
- частая повторяемость.
- высокая материалоемкость. Для фиксации деформаций требуются прочные металлические элементы, их расход велик в связи с частой повторяемостью.
- относительно высокая трудоемкость. Все связывающие стержни соединяются со шпунтом сваркой, что увеличивает количество сварочных работ.
- смещение от оси погружения. Перед тем как начать деформироваться, если натяжка не происходит соосно со шпунтом, шпунтовая свая поворачивается в замкнутом замке, что приводит к отклонению от оси погружения в плане.

**4. Создание обратной веерности (контрзавал).** Этот метод основан на погружении шпунтовых свай с наклоном противоположным наклону стенки по ходу забивки. Первые шпунтины забиваются с натяжкой в сторону противоположную направлению забивки, в результате чего, появляется более ранняя веерность, но с другим знаком, это позволяет удержать нарастание веерности в направлении погружения шпунта на определенном промежутке [5]. Схематично создание обратной веерности отражено на рис. 4.

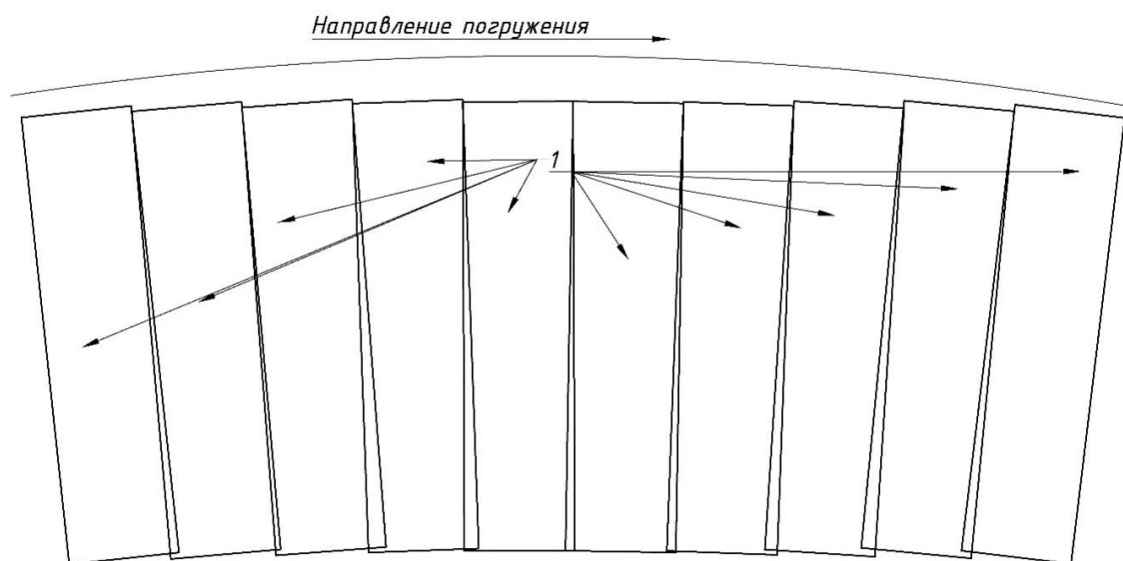


Рис. 4. Создание обратной веерности: 1 – шпунтовая свая

Преимущества:

- простота применения. При погружении не требуется никаких дополнительных мероприятий.
- низкая трудоемкость и материалоемкость.

Недостатки:

- низкая эффективность. «Завал» таким способом можно удержать на ограниченном отрезке шпунтовой стенки.
- сложность замыкания. Для замыкания стенки с контрзавалом требуется изготовление шпунтины с таким же углом наклона замка, как и угол контрзавала.

**5. Замковые уплотнители.** Уплотнители замков наносятся в замки в заводских условиях. Для предотвращения появления коррозии и увеличения адгезии металла с уплотнителем замок грунтуется. Уплотнение во вставляемом замке рассчитано таким образом, чтобы при забивке профиля в уплотняющем материале могли активизироваться возвратные усилия, которые герметизируют зазор замка. В замке присутствуют две уплотнительные закраины, обеспечивающие двойную надежность уплотнительной системы. Уплотнитель состоит из полиуретана, что делает систему уплотнения устойчивой к атмосферным осадкам и долговечной [2]. Схематично замковые уплотнители представлены на рис. 5.

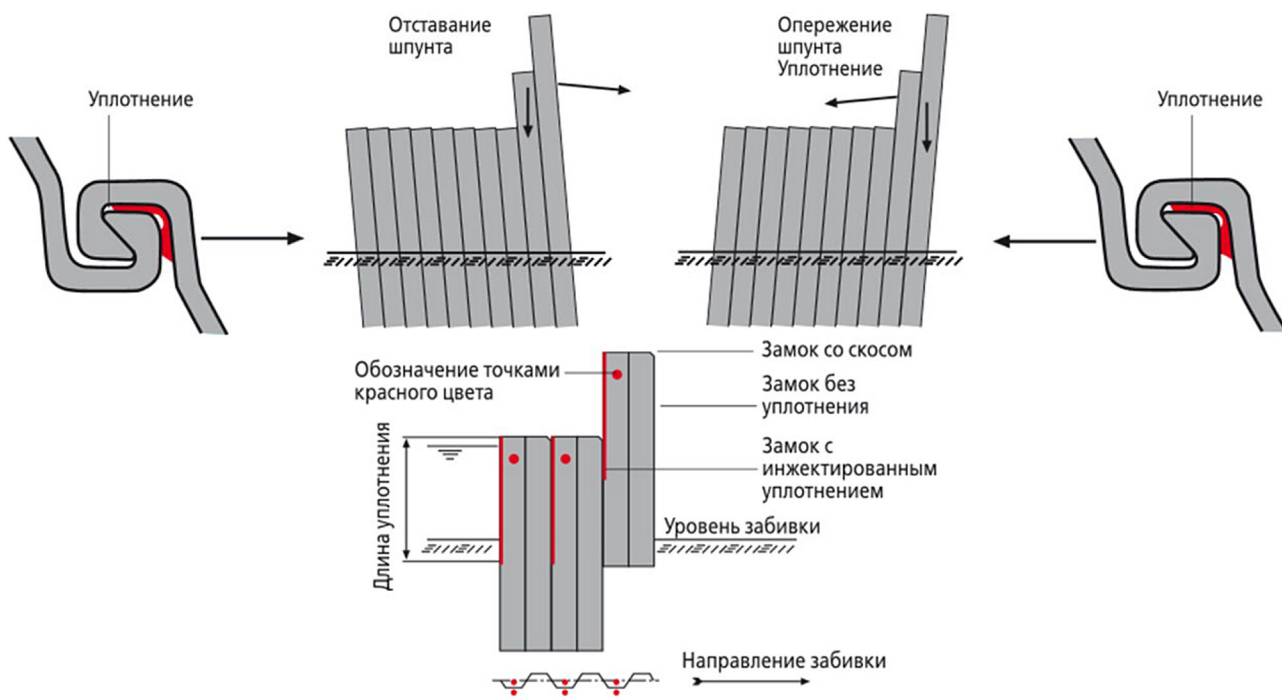


Рис. 5. Замковые уплотнители

Преимущества:

- полная заводская готовность.
- простота применения при устройстве шпунтового ограждения.

Недостатки:

- легкая повреждаемость уплотнителя. Уплотняющая система теряет свою эффективность.
- ограниченные условия использования: а) для предотвращения перегрева уплотнитель требуется поливать водой; б) перед погружением уплотнитель нужно смазывать специальным составом; в) скорость погружения не должна превышать 3 метра в минуту.

### Негерметичность замковых соединений

Протекание воды в котлован значительно увеличит срок строительства и стоимость работ. Таким образом, функцией шпунтового ограждения также является герметизация котлована.

При устройстве шпунтового ограждения на обводненных грунтах, вода, протекающая через замки, закупоривает отверстия в замке частицами вымываемого грунта, обеспечивая герметичность замков. Однако в ряде случаях требуется принудительная гер-



метизация замковых соединений. На рис. 6 представлена схема способов герметизации замковых соединений шпунта [3].

Вывод: в процессе исследования обнаружено, что при всей популярности шпунтовых ограждений, наблюдаются существенные недостатки, способствующие затруднению эксплуатации шпунтовых ограждений. К наиболее часто встречающимся и имеющим большое значение при учете отнесены: высокая повреждаемость замков; веерность; негерметичность замковых соединений. Предложенные инженерные решения способны снизить влияние исследуемых недостатков и увеличит работоспособность шпунтовых ограждений.



Рис. 6. Способы гидроизоляции замковых соединений шпунта

### Литература

1. Верстов В. В., Гайдо А. Н., Иванов Я. В. Технология и комплексная механизация шпунтовых и свайных работ. СПб.: Лань, 2012. 288 с.
2. Верстов В. В., Гайдо А. Н., Иванов Я. В. Технология устройства ограждений котлованов в условиях городской застройки и акваторий. СПб.: СПбГАСУ, 2014. 368 с.
3. Верстов В. В., Гайдо А. Н. Технология устройства свайных фундаментов. СПб.: СПбГАСУ, 2010. 180 с.
4. Верстов В. В., Гайдо А. Н. Исследование сравнительной эффективности заглубления стального шпунта в плотный грунт различными погружающими машинами // Механизация строительства. 2013. № 2. С. 44-49.
5. Будин А. Я. Тонкие подпорные стенки. Л.: Стройиздат, 1974. 192 с.
6. СТО 14255904-003-2010. Шпунтовые сваи из стандартных стальных труб. URL: <http://files.stroyinf.ru/data2/1/4293814/4293814398.pdf> (Дата обращения: 01.03.2020).

**УДК 692.232.45**

*Ксения Константиновна Мирко*, магистрант  
*Гела Духунаевич Макаридзе*,  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: kseniia.mirko@gmail.com*

*Kseniya Konstantinovna Mirko*, undergraduate  
*Gela Duchunaevich Makaridze*,  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: kseniia.mirko@gmail.com*

## **ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ**

### **FIRE FIGHTING MEASURES FOR MOUNTED VENTILATED FACADES**

На сегодняшний день существует проблема пожарной опасности популярного способа облицовки фасада, а именно с помощью навесных вентилируемых систем с воздушным зазором. В данной статье ставится задача разработать мероприятия по предотвращению распространения пожаров в таких системах. В результате предлагается устройство так называемых огнепреградителей и полукольцевой системы сухопроводов, монтируемых непосредственно под облицовочные плиты фасада. Рассмотрена конструктивная схема и технологический процесс их монтажа. Приведены данные о положительных и отрицательных аспектах данных мероприятий. В заключении представлены результаты анализа на предмет полезности и применимости предложенных мер по борьбе с пожарами.

*Ключевые слова:* навесной вентилируемый фасад, огнепреградитель, противопожарные мероприятия, полукольцевая система сухопроводов, навесные фасадные системы.

Today, there is a fire hazard problem of a popular method of facade cladding, namely with the help of mounted ventilated systems with an air gap. This article aims to develop measures to prevent the spread of fires in such systems. As a result, a device of the so-called fire arresters and a semi-ring dry pipe system mounted directly under the facade cladding panels is proposed. The design scheme and the technological process of their installation are considered. The data on the positive and negative aspects of these measures are given. In conclusion, the results of the analysis on the usefulness and applicability of the proposed measures to combat fires are presented.

*Keywords:* hinged ventilated facade, fire suppressor, firefighting, semi-ring dry pipe system, hinged facade systems.

На сегодняшний день в России распространена жилая застройка, ограждающей конструкцией которой являются различные навесные фасадные системы с воздушным зазором. Несмотря на то, что это сравнительно новый вид устройства фасадов зданий, он все больше набирает популярность, а объемы данного вида строительных работ только увеличиваются. Как показывает статистика, пожары в зданиях и сооружениях с наличием навесной фасадной системы ежегодно увеличиваются. За счет воздушной прослойки между стеной здания и навесным вентилируемым фасадом, а также отсутствие мер по предотвращению распространению огня, противопожарных мероприятия в самой конструкции. пожар распространяется на большие площади, тем самым принося значительный материальный ущерб, а зачастую и человеческие потери [1].

Поэтому разрабатываются новые технологии устройства фасадов, чтобы сделать их более безопасными и пожароустойчивыми.

Поставленную проблему предлагается решить путем применения нового технологического решения – специальных огнепреградителей, которые засчет своей конструк-

ции не дают распространиться огню на всю площадь фасада. Также предлагается внедрить полукольцевую систему сухопровода.

Монтаж огнепреградителей осуществляется во время монтажа самой навесной вентилируемой системы и эти технологические процессы происходят одновременно.

При непосредственном монтаже навесных вентилируемых фасадов, после установки кронштейнов, необходимо монтировать направляющий профиль с зазором, равном толщине огнепреградителя. направляющий профиль может иметь сечение как Т- и П-образной формы, так и любой другой, так как крепление огнепреградителя не зависит от положения направляющих. После установки направляющего профиля в проектное положение, здание делится на сектора поясом огнепреградителя. В зависимости от этажности здания в целом рекомендуется на 1 сектор располагать 2–3 этажа. Точное количество устанавливается по пожарным испытаниям и экономическому расчету (рис. 1).



Рис. 1. Здание, разделенное огнепреградителями

Таким образом, в здании, где раньше был воздушный зазор, в котором возгорание распространялось по высоте, теперь существует преграда, которая мешает огню распространяться так быстро, как это было раньше.

В целом огнепреградитель – это техническое устройство, представляющее собой металлический профиль, изготовленный из оцинкованной стали толщиной 0,55 мм. Он может иметь сечение в виде уголка, а также Z-образной формы. Выбор типа сечения зависит от архитектурных предпочтений заказчика [2].

В соответствии с рис. 2, монтаж огнепреградителей 5 осуществляется между направляющим профилем и утеплителем 1 навесного вентилируемого фасада.

Крепление к утеплителю обеспечивается тарельчатым дюбелем по всему периметру здания. При этом одна сторона должна плотно прилегать непосредственно к стене здания, а другой конец профиля 5 необходимо поместить в пространство между облицовочными плитами 3. Для того чтобы уменьшить вероятность прохождения огня через преградитель, необходимо использовать различный негорючий материал в качестве прокладки для плотного соединения преградителя со стеной здания или сооружения. Сам преградитель необходимо выкрасить огнестойкой краской (желательно в цвет фасада), что придаст долговечность материалу и увеличит показатель огнестойкости изделия. Данный показатель играет значительную роль и является одним из основных составляющих комплекса противопожарной защиты НВФ [3].

Такая конструктивная схема устройства огнепреградителя способствует остановке распространения огня по всем этажам здания.

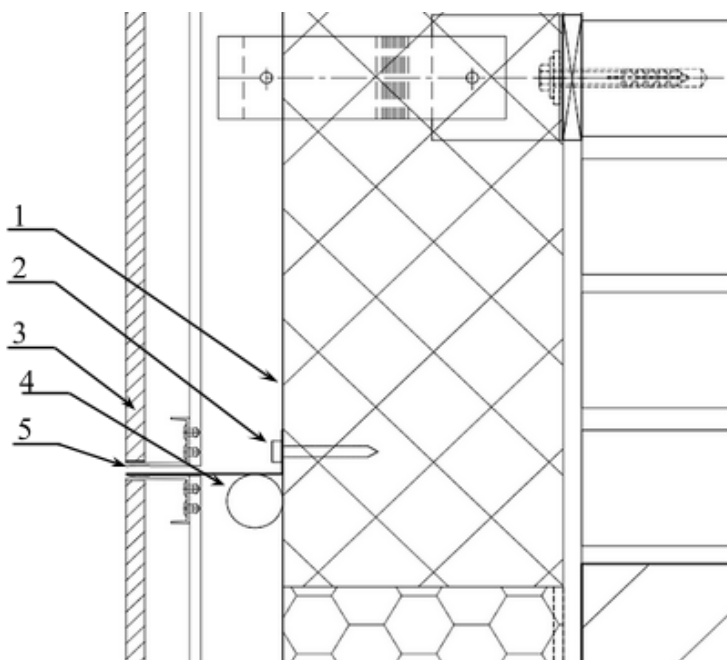


Рис. 2. Место установки огнепреградителей:  
1 – минераловатная плита, 2 – тарельчатый дюбель, 3 – облицовочная плита,  
4 – полукольцевая система сухопроводов, 5 – огнепреградитель

После установки непосредственно огнепреградителя начинается монтаж полукольцевой системы сухопровода.

Сама по себе система сухопроводов представляет собой трубопровод, в котором есть форсунки-распылители. Сухопровод запитан на внутренний водопровод в режиме сухотруба. Трубопровод протянут на всю длину огнепреградителей, и они расположены параллельно друг другу. На рис. 3 схематично показана схема полукольцевого расположения сухотрубов.

После монтажа полукольцевой системы сухотрубов монтируются кляммера на направляющие, либо специальные планки, в зависимости от системы навесного фасада. После монтажа планок приступают к монтажу керамогранитных плит. При этом должно соблюдаться обязательное условие, при котором огнепреградитель располагается между керамогранитных плит, иначе система огнепреградителей не будет работать.

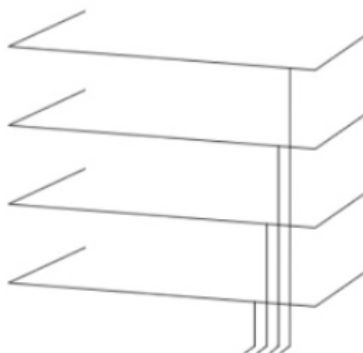


Рис. 3. Схема полукольцевого расположения сухотрубов



Для того чтобы исключить распространение пламени в пространстве между полукольцами сухотрубов, необходимо установить помимо горизонтальных огнепреградителей вертикальные. Таким образом, произойдет ограничение распространения пожара на вторую половину фасада здания. Использование горизонтальных огнепреградителей позволит сдержать пожар в рамках своего сектора. Благодаря наклону огнепреградителя, применяемое огнетушащее вещество будет стекать за пределы фасада [4].

Пожар, зачастую, начинается с одной стороны здания и только потом начинает распространяться по фасаду в разные стороны. В связи с этим предлагается использовать полукольцевую систему так, как при подаче огнетушащего вещества произойдет напыливание утеплительного слоя с негорючей стороны, что повлечет за собой дополнительные затраты по восстановлению. При обнаружении пожара необходимо для подачи огнетушащего вещества открыть вентиль, расположенный в пожарном кране на соответствующем этаже.

Для более эффективного применения возможно данную установку автоматизировать с помощью тепловых датчиков, которые располагают по периметру фасада здания с определенным шагом, что сведет к минимуму возможность несанкционированного пуска установки, так как дымовые датчики могут сработать на туман, пыль и т. д. Также возможно установить автоматизированную задвижку на пожарный кран [5].

У данной конструктивной схемы огнепреградителей и полукольцевого сухотруба имеются ряд достоинств и недостатков.

К достоинствам может относиться:

1. Препятствие распространению огня. Так как огонь распространяется вдоль здания за счет воздушного зазора, огнепреградитель выступает в роле естественной помехой быстрому распространению пожара.

2. При возгорании наносится очевидный ущерб зданию, на обширных участках фасада. Устранение последствий обходится очень дорого. При использовании данной системы удастся минимизировать ущерб, нанесенный фасаду здания.

3. Создание безопасной среды для проживания людей. В первую очередь здание для гражданских целей должно обладать свойством надежности и быть безопасным для нахождения людей. Во время пожара могут быть очень важными дополнительные минуты от задержки огня преградителем, так как в это время можно эвакуироваться, а у пожарной бригады будет больше времени для проведения мероприятий по его устранению.

К недостаткам предложенного метода относится:

1. Изготовление, монтаж и обслуживание огнепреградителей, а также системы сухотрубов влекут за собой дополнительные затраты, в том числе и на обучение рабочих. Устойчивые к возгоранию материалы, как правило, дают прибавку к стоимости фасада в целом.

2. Отсутствие проведенных испытаний на данный момент. Для организации таких лабораторных испытаний потребуются финансовые вложения, что повлечет за собой дополнительные затраты.

Таким образом при возгорании здание делится на сектора, которые разграничены между собой огнепреградителем, что дает возможность локализовать огонь, минимизировать затраты на восстановление облицовки фасада здания, а при подаче воды из сухотрубов удастся максимально быстро остановить распространение огня, но при этом нет существующих лабораторных испытаний для подтверждения данной системы.

## Литература

1. *Немова Д. В.* Вентилируемый фасад, монтаж фасада, вентилирующий зазор, сопротивление теплопередаче, пожаробезопасность, экономическая эффективность // Инженерно-строительный журнал. 2010. С. 7–11.
2. *Колесов Е. Н.* Навесной вентилируемый фасад: классификация элементов, входящих в его состав, и проблемы, связанные с проектированием воздушного зазора // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2016. № 2. Т. 7.
3. *Белов Т. В.* Распределение температур с трехслойных стеновых конструкций с навесным вентилируемым фасадом с учетом ориентации стенового ограждения. Красноярск, 2015.
4. *Панкрушин А. А.* Некоторые аспекты устройства вентфасадов с точки зрения теплофизики, коррозионной стойкости, пожарной безопасности и особенностей монтажа. URL: [https://jp-fasad.ru/article\\_8\\_reasons\\_to\\_vf.html](https://jp-fasad.ru/article_8_reasons_to_vf.html) (дата обращения: 20.03.2020)
5. *Елфимова М. В., Елфимов Н. В.* О вопросах пожарной и промышленной безопасности при использовании навесных вентилируемых фасадов // Инженерно-строительный журнал. 2017. С. 15–24.

**УДК 624.152**

*Даниил Анатольевич Миронов,*  
главный инженер ООО «Геосфера»  
*Елизавета Сергеевна Лосева,* аспирант  
(Санкт-Петербургский  
Горный университет)  
*E-mail: mirka.geotechnic@gmail.com*  
*E-mail: elizaveta\_loseva@mail.ru*

*Daniil Anatolyevich Mironov,*  
Chief Engineer of Geosphaera LLC  
*Elizaveta Sergeevna Loseva,* postgraduate student  
(Saint Petersburg  
Mining University)  
*E-mail: mirka.geotechnic@gmail.com*  
*E-mail: elizaveta\_loseva@mail.ru*

## **ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА ГЛУБОКИХ КОТЛОВАНОВ НА ТЕРРИТОРИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

### **DEEP EXCAVATION TECHNOLOGIES IN SAINT PETERSBURG**

В статье приводится описание инженерно-геологического строения территории Санкт-Петербурга. Рассматривается проблема применения ограждения котлованов с использованием металлического шпунтового ограждения методом статического вдавливания в окружении плотной городской застройки. Проводится обзор и подробное описание технологических особенностей безопасных методов ограждения котлованов. Приводится описание устройства траншейной стены в грунте и стены из буросекущихся свай с указанием технологических параметров, этапов устройства и применяемой техники. Даются рекомендации по использованию каждого вида ограждающей конструкции, и причины выбора того или иного метода в определенной ситуации, учитывая опыт строительства на территории Санкт-Петербурга.

*Ключевые слова:* плотная городская застройка, шпунт, траншейная стена в грунте, стена в грунте из буросекущихся свай, этапы устройства.

The article describes the engineering and geological conditions of Saint Petersburg. The problem of enclosure structure using metal cut-off wall by static embedment in restrained urban conditions is considered. A review and a detailed description of the technological features of safe methods for enclosure structure is carried out. A description of the wall in trench, the piled wall, technological parameters and machines is given. Recommendations are given on the use of each type of enclosure structure, and the reasons for choosing one method or another in a particular situation, given the experience of construction on the territory of Saint Petersburg.

*Keywords:* restrained urban conditions, cut-off wall, wall in trench, piled wall, technological stages of deep excavations.

### **Введение**

Месторасположение, выбранное Петром I для строительства новой столицы Санкт-Петербурга, предопределило его архитектурно-строительное развитие на века вперед. Территория города находится в обводненных грунтовых условиях, что с самого его основания усложнило строительство зданий и сооружений. Своеобразная локация города требует тщательного подхода к проектированию, уделяя особое внимание развитой подземной части зданий и сооружений. Поскольку развитие подземного пространства относительно новая ветвь развития строительства на территории города, то при возведении сооружений такого типа приходится учитывать негативное воздействие от различных технологических процессов, связанных с определенным видом работ. Данная статья рассматривает устройство котлованов различных сооружений, ограждение которых выполнено по наиболее распространенным технологиям в Санкт-Петербурге, и их влияние на окружающую застройку.

## **Актуальность**

Последние годы широко используется метод ограждения котлованов путем статического вдавливания металлического шпунта. Считается, что этот метод экономически выгоден, так как после извлечения шпунта его можно использовать повторно, а статическое вдавливание шпунтин минимизирует воздействие на окружающую застройку. Но практическое применение внесло свои коррективы в использование данной технологии. Зачастую при производстве работ в непосредственной близости окружающей застройки происходят осадки зданий, превышающие допустимые значения. Эти процессы могут случаться как при погружении, так и при обратном извлечении. Связаны они либо с недостаточной оценкой влияния данной технологии на рядом стоящие здания, либо с несоблюдением технологии погружения/извлечения шпунта. Это негативное воздействие усиливается тем, что запас жесткости шпунтовых ограждений ограничен (могут возникнуть недопустимые вертикальные перемещения), соответственно малейшее несоблюдение технологии влечет за собой серьезные проблемы. И таким образом экономия, к которой стремились все заинтересованные лица, превращается в дополнительные затраты по устранению возникшей аварийной ситуации.

Обращаясь к вышеизложенному, предлагаем рассмотреть на наш взгляд наиболее безопасные методы устройства ограждения котлованов и способы их экскавации.

В исторической части города при работах в окружении большого количества памятников архитектуры и зданий, находящихся под охраной государства, наиболее безопасным методом устройства ограждения стоит рассматривать траншейную стену в грунте. Работы по ее устройству допускается вести в непосредственной близости от фундаментов существующих зданий, которые первым делом необходимо обследовать. Если они находятся в удовлетворительном состоянии, то велика вероятность, что производить дополнительные работы по их усилению не потребуется.

Чтобы соблюсти заданные предпроектными расчетами параметры безопасности окружающей застройки, важно при производстве стены в грунте строго следовать технологии ее устройства.

### **I. Этапы устройства траншейной стены в грунте**

**Этап 1. Подготовка.** До начала производства работ на строительной площадке подготавливается направляющая форшахта, которая позволяет зафиксировать грейферное или гидрофрезерное оборудование в проектном положении. Также форшахта позволяет перекрыть толщу верхнего слоя насыпного грунта, который представляет собой кирпичный бой, крупнообломочные материалы и т. д. Часто при производстве работ происходит его обвал, что приводит к образованию так называемых наплывов на готовой стене [1]. Поэтому важно при подготовке форшахты выполнять ее с заглублением до материкового грунта.

Также до начала работ производится монтаж комплекса для приготовления и очистки бентонитового раствора. Комплекс состоит из смесителя, в котором происходит замешивание глинопорошка с водой, емкости-побудителя для перемешивания раствора перед подачей в траншею, диссандера – агрегата по очистке раствора от твердых песчаных частиц с возможностью отделения частиц величиной до 0,5 мм, и набора емкостей для хранения раствора размером равным двойному объему одной захватки, а также насосы для подачи и забора раствора.



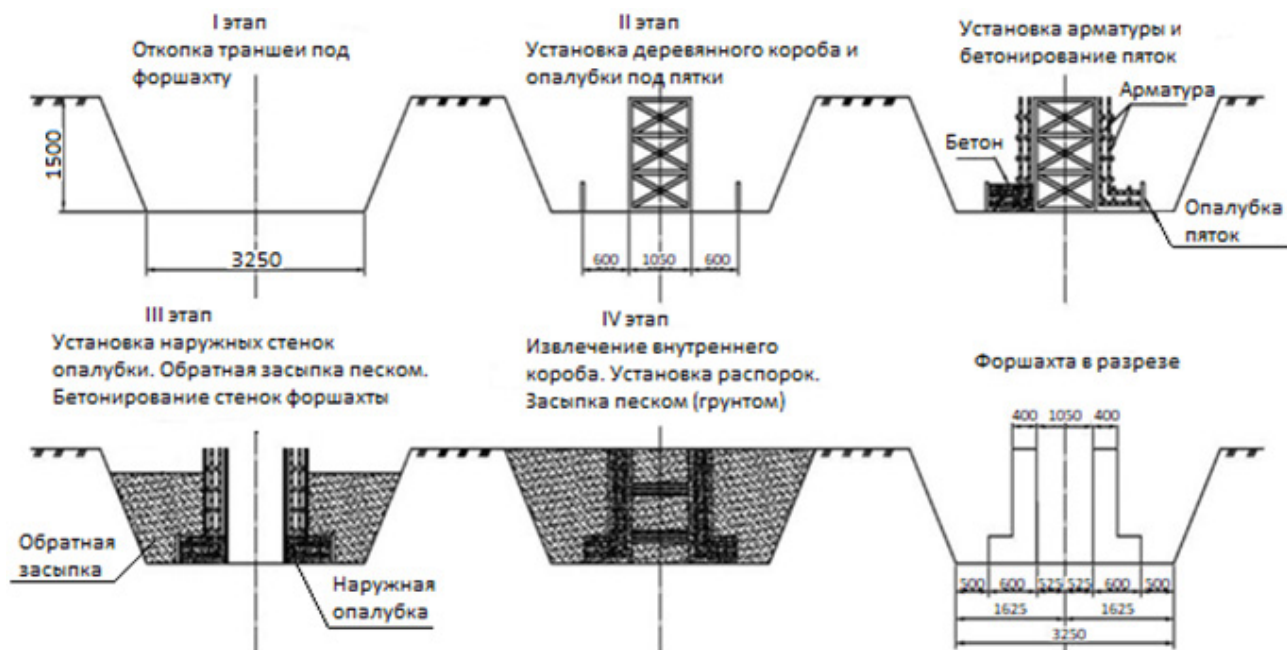


Рис. 1. Этапы устройства стены в грунте



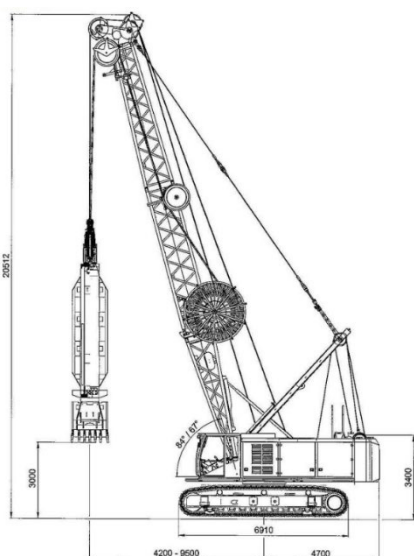
Рис. 2. Комплекс подготовки и регенерации бентонитового раствора

**Этап 2. Откопка.** Откопка траншеи производится плоским гидравлическим или механическим грейфером, так как использование гидрофрезерного оборудования на территории Санкт-Петербурга нецелесообразно и более того может привести к дополнительному негативному воздействию. Так, одновременная работа буровых колес и мощного заборного насоса гидрофрезы создает гидравлические завихрения в траншее, что может привести к размыву слабых тиксотропных грунтов, залегающих практически по всей площади города. Бентонитовый раствор, подающийся в разрабатываемую траншею, должен соответствовать параметрам плотности не менее  $1.05\text{--}1.15\text{ г/см}^3$  в случае, когда в разрезе присутствуют несвязные обводненные грунты, допускается применение раствора плотностью до  $1.20\text{ г/см}^3$  для удержания стенок раскопанной траншеи. Общие требования к раствору приведены в табл. 1.

**Контроль показателей качества бентонитового раствора  
(в соответствии с СП. 45.13330.2012, табл.14.2)**

Контролируемые параметры	Прибор для контроля	Метод и объем контроля	Величина отклонения
Условная вязкость	Вискозиметр СПВ-5	Измерительный. Свежеприготовленный, из накопительной емкости, перед подачей в заходку. Для каждого замеса или один раз в сутки	17–30 сек
Водоотдача	ВМ-6		Не более 30 см <sup>3</sup> за 30 мин.
Содержание песка	Отстойник ОМ-2		Не более 4 %
Суточный отстой воды	Мерный цилиндр		Не более 4%
Толщина глинистой корки	ВМ-6		Не более 4 мм
Плотность раствора	Ареометр АГ-2		1,03–1,10 г/см <sup>3</sup>
Водородный показатель (рН)	Лакмусовая бумага		8–11

а)



б)



Рис. 3. Грейферные установки:

а) механический грейфер; б) гидравлический грейфер

**Этап 3. Монтаж арматурного каркаса и торцевых ограничителей.** Ограничители используются различного типа: железобетонные теряемые, металлические съемные, металлические несъемные. При работе в непосредственной близости к существующим зданиям рекомендуется использовать несъемные ограничители, так как при извлечении съемных может появляться дополнительное динамическое воздействие.





нижний конец трубы будет погружен в бетон не менее чем на 2 метра. Бетонирование следует заканчивать только после появления на поверхности траншеи чистого бетона. Слой бетона, перемешанный с бентонитовым раствором, достигает мощности до одного метра.

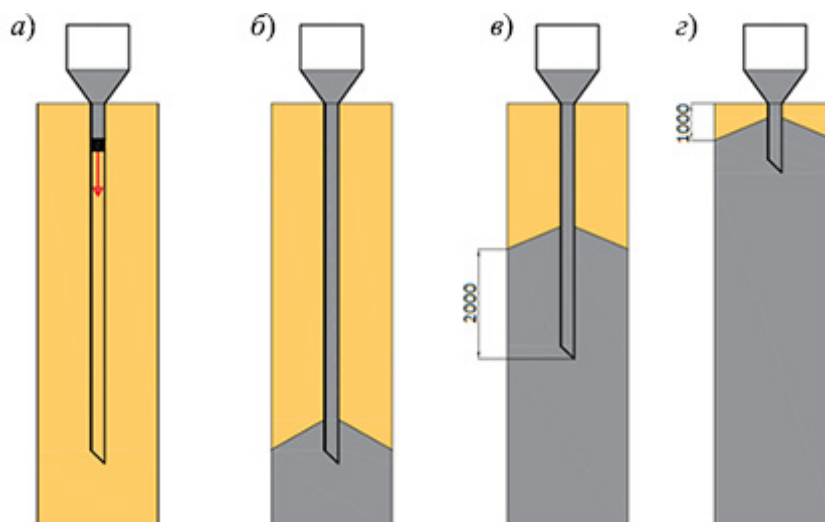


Рис. 6. Этапы бетонирования траншейной стены в грунте:  
 а) установка разделительной пробки в бетонолитной трубе; б) бетонирование;  
 в) заглубление бетонолитной трубы в массу бетонной смеси;  
 г) завершение бетонирования, слой перемешанного бетона

Четкое следование данной технологической схеме и постоянное наблюдение за окружающей территорией даст возможность максимально минимизировать вредное воздействие от нового строительства.

## II. Этапы устройства ограждения из буросекущихся свай

**Этап 1. Устройство форшахты.** Форшахта для буросекущихся свай выполняет роль исключительно направляющей конструкции. Устройство ее происходит при помощи съемных форм опалубки, либо при помощи несъемной опалубки из пенополистирола, что значительно ускоряет время производства работ [2].

а)



б)



Рис. 7. Устройство форшахты для буросекущихся свай:  
 а) съемная опалубка; б) несъемная опалубка



**Этап 2. Бурение свай под защитой обсадной трубы.** Порядок изготовления свай при устройстве стены представлен на Рисунке 8. и происходит следующим образом: сначала бурятся «секущиеся» сваи № 1 и № 5 спустя не менее чем 12 часов, это связано с выполнением условия о невозможности бурения свай на расстоянии не менее трех диаметров друг от друга. На следующем этапе бурятся «секущиеся» сваи № 3 и № 7. И завершающим этапом является бурение «секущих» свай № 2 и № 4. Таким образом, на всем протяжении происходит замыкание стены. Важно выполнять устройство «секущих» свай в срок не более 3–4 дней после изготовления «секущихся». Это позволяет исключить дополнительный износ бурового инструмента. Также при разбурировании бетона, который набрал большую прочность, появляется вибрация, оказывающая динамическое воздействие на окружающий грунт.

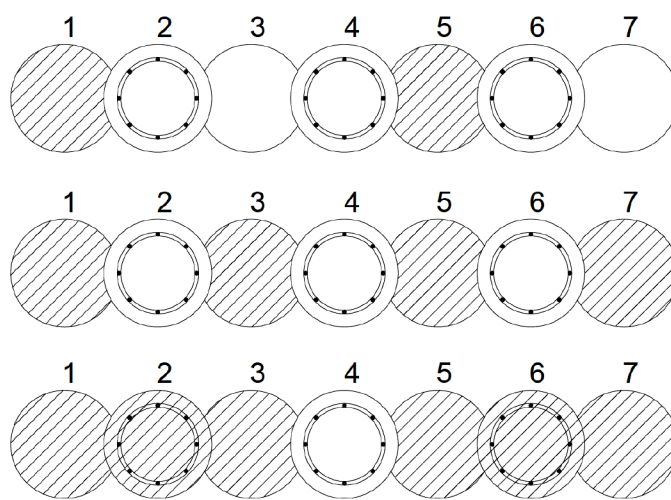


Рис. 8. Последовательность устройства свай (выполненные сваи показаны штриховкой)

**Этап 3. Армирование.** На рис. 9 показана «классическая» схема устройства стенки буресекущихся свай, где сваи выполнены с армированием через одну, этот вариант достаточно хорош для устойчивых необводненных грунтов. При производстве работ в Санкт-Петербурге, особенно с наличием высокого уровня водонасыщенных тиксотропных грунтов, существует целесообразность армирования всех свай, для этого в секущихся сваях используется каркас меньшего диаметра. Такой способ позволяет распределить армирование стены, что ускоряет производство работ, так как монтаж и сварка тяжелых каркасов занимает больше времени. Так же можно отметить, что при разбурировании секущихся свай в обычном варианте исполнения, их ствол может получать поперечные трещины от вибрации бурения. Впоследствии по этим трещинам грунтовая вода проникает в котлован, но армирование позволяет ликвидировать данную проблему. При армировании секущейся сваи важна центровка каркаса и отсутствие повреждений при бурении соседней сваи, для этого нужно использовать пластиковые или бетонные фиксаторы защитного слоя большого диаметра.

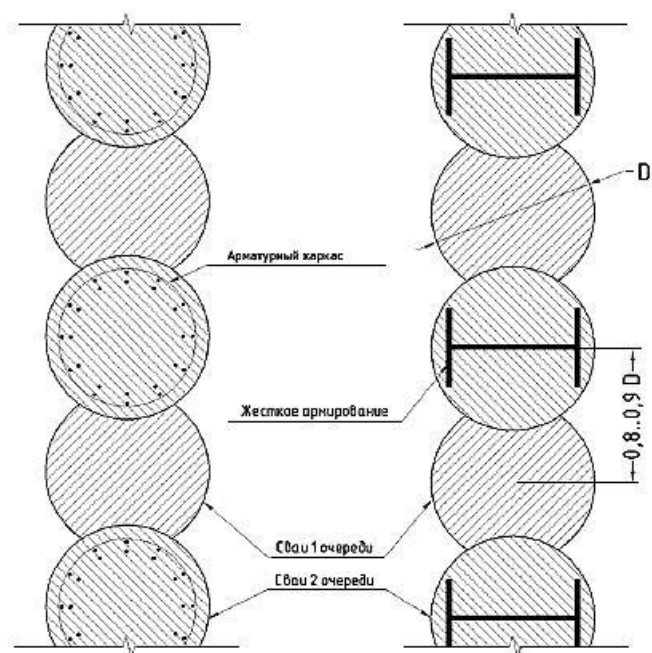


Рис. 9. Классическая схема армирования свай

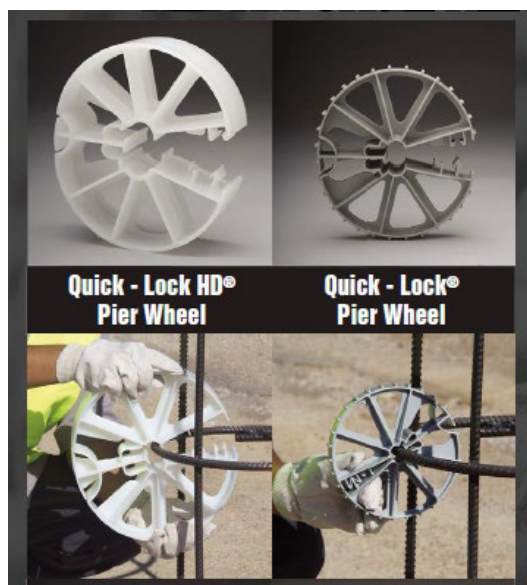


Рис. 10. Пластиковые фиксаторы защитного слоя бетона



Рис. 11. Бетонные фиксаторы защитного слоя

Завершается работа по устройству стены из свай обвязкой их по верху единой монолитной конструкцией для совместной работы.



Рис. 12. Откопанный котлован

### Выводы

В статье описаны наиболее безопасные методы устройства ограждения котлованов в инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга. При четком соблюдении технологий, описанных выше, и с учетом особенностей расположения объектов строительства данные методы надежно защищают от негативного влияния нового подземного строительства на окружающую городскую застройку. Возможно при первоначальной оценке стоимости работ иные более дешевые методы ограждения котлованов выглядят более привлекательно, но при детальном изучении они несут в себе большие риски, поэтому стоит уделять должное внимание проектированию ограждающей конструкции, учитывая опыт строительства на данной территории.

### Литература

1. Зубков В. М., Перлей Е. М., Раяк В. Ф., Феоктистова Н. В., Шик С. П. Подземные сооружения, возводимые способом «стена в грунте» / Под ред. В. М.Зубкова. Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1977. 200 с.
2. Мангушев Р. А. Современные свайные технологии: учеб. пособие / Р. А. Мангушев, А. В. Ершов, А. И. Осокин. – СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 240 с.
3. Брандль Х. Разрушение глубокого котлована в условиях городской застройки // Сб.тр. «Развитие городов и геотехническое строительство». Вып. 1. СПб.: НПО «Геореконструкция». 2010. С. 1–10.
4. Квик К., Нуссбаумер М. Устройство котлованов и фундаментов в Берлине: опыт реконструкции столичного мегаполиса // Сб. тр. «Реконструкция городов и геотехническое строительство» вып. 7, СПб, НПО «Геореконструкция» 2003. С. 146–168.
5. Xanthakos Petros P. Slurry walls. / McGRAW-HILL BOOK COMP. New York. 622 p.



УДК 624.152

Даниил Анатольевич Миронов,  
главный инженер ООО «Геосфера»  
Елизавета Сергеевна Лосева,  
аспирант  
(Санкт-Петербургский  
Горный университет)  
E-mail: mirka.geotechnic@gmail.com,  
E-mail: elizaveta\_loseva@mail.ru

Daniil Anatolyevich Mironov,  
Chief Engineer of Geosphaera LLC  
Elizaveta Sergeevna Loseva,  
postgraduate student  
(Saint Petersburg  
Mining University)  
E-mail: mirka.geotechnic@gmail.com,  
E-mail: elizaveta\_loseva@mail.ru

## ПРИМЕНЕНИЕ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ КОНТРОЛЯ НАБОРА ПРОЧНОСТИ БЕТОННОЙ СМЕСИ В ТЕЛЕ БУРОВОЙ СВАИ

### APPLICATION OF SEISMOACOUSTIC METHOD FOR CONTROL OF CONCRETE MIX STRENGTH IN DRILLED PILE SHAFT

В данной статье описываются результаты проведенных испытаний, целью которых являлась возможность применения сейсмоакустического метода контроля сплошности для оценки прочности бетона в теле буровой сваи. Обозначены инженерно-геологические условия опытной площадки. Описаны способы отбора проб бетона при бетонировании и из тела сваи. Приводится описание методики контроля и расшифровки рефлектограмм. Устанавливается зависимость между скоростью распространения звуковой волны и возрастом бетона (прочностью бетона) в сваях и бетонных образцах. Приводится оценка результата работы, вывод о возможности практического применения данного метода для контроля прочности бетона в сваях.

*Ключевые слова:* сейсмоакустический метод, набор прочности бетона, возраст бетона, бетонные образцы, буровые сваи.

This article describes the results of the tests, the purpose of which was the possibility of using the seismic-acoustic method of continuity control to assess the strength of concrete in the drilled pile shafts. The engineering and geological conditions of the experimental site are indicated. The methods of concrete sample taking during concreting and from pile shaft are described. A description of the methods for monitoring and reflectograms deciphering is given. The dependence between sound wave speed propagation and the age of concrete (concrete strength) in pile shafts and concrete samples is established. Evaluation of the result, the conclusion about the possibility of practical application of this method to control the strength of concrete in pile shafts is given.

*Keywords:* SIT method, concrete strength gain, concrete age, concrete samples, drilling piles.

Строительство современных зданий и реконструкция исторических как правило осуществляется путем устройства свайных оснований. Этот тип фундаментов наиболее распространен, поскольку инженерно-геологические условия на территории Санкт-Петербурга характеризуются сложным напластованием слабых тиксотропных грунтов. Грунты, позволяющие безопасно возводить здания, расположены на больших глубинах, что делает свайный фундамент наиболее популярным и эффективным.

Несмотря на то, что свайные фундаменты зарекомендовали себя в качестве надежной технологии, необходимо тщательно контролировать качество их выполнения. Наиболее популярными для устройства свай, благодаря скорости производства работ и экономичности, являются так называемые «быстрые» технологии, такие как: технология полого проходного шнека – *CFA*, технологии уплотнения *FDP/DDS*, *Fundex*. Такой тип устройства свай дает возможность их быстрого включения в работу. Это условие требует по-



вышенного внимания к качественному изготовлению, и для дальнейшего их использования необходимо понимать, какая прочность бетона в сваях.

В настоящее время контроль прочности бетона в стволе сваи возможно произвести исключительно путем отбора образцов из партии бетонной смеси, поставляемой на объект, или выбуриванием кернов на всю глубину сваи. Первый метод не является корректным, так как условия твердения не соответствуют естественным, в каких находится тело сваи. Условия хранения образцов кубов размерами  $100 \times 100 \times 100$  мм регламентируются нормативной документацией, указывающей, что образцы, предназначенные для испытаний должны твердеть в нормальных условиях, после формовки и до их распалубливания должны храниться в формах, укрытых влажной тканью или другим материалом, не позволяющим влаге испаряться из них, при температуре воздуха  $(20 \pm 5)$  °С. После распалубливания образцы помещают в камеру с нормальными условиями твердения: с температурой  $(20 \pm 2)$  °С и относительной влажностью воздуха  $(95 \pm 5)$  %. Образцы в камере хранятся под слоем влажного песка, опилок или других систематически увлажняемых материалов [1]. Второй метод приводит к нарушению целостности конструкции и подходит только для свай большого диаметра, где образовавшуюся полость можно ликвидировать без потери для несущей способности. Отбор керна производится путем бурения алмазными коронками. Такие работы могут производиться после достаточного набора прочности бетоном, то есть по прошествии не менее двух недель. Выбуренный керн достаточно тяжело поднять с большой глубины. Образцы при выбуривании, несмотря на постоянную подачу промывочной жидкости при бурении, подвержены нагреву. После их извлечения торцы кернов неровные, также они нуждаются в нарезке для проведения дальнейших испытаний. Таким образом, в процессе отбора образцы подвергаются различного рода воздействиям, что в свою очередь наряду с первым методом не дает достоверных результатов.

Условия твердения в теле сваи различны по ее длине и существенно отличаются от нормальных. Влажность грунтов меняется по глубине, химический состав воды и самого грунта так же различен и неоднороден, но самый главный фактор, влияющий на скорость твердения грунта, это температура. Сезонное промерзание грунта в Санкт-Петербурге составляет 1,5–2 м. в глубину, температура от отметки верха сваи на глубину примерно 5 м меняется во времени и зависит от сезона, далее отметка температуры относительно стабильна и колеблется в пределах от 5 °С до 9 °С в зависимости от глубины заложения.

Исходя из того, что обычные методы контроля могут давать искаженные данные, предложено рассмотреть альтернативный вариант контроля прочности бетона в сваях по глубине. Для этого рассматривается сейсмоакустический метод, который обычно используется для определения дефектов.

Суть метода заключается в фиксировании времени скорости прохождения звуковой волны через твердое тело, в нашем случае сваю.

Для проверки возможности использования данного метода была выполнена опытная площадка из 5 свай. Площадка, где производилось устройство опытных свай, была представлена грунтами, природная влажность которых составила от 10 % до 40 %.

На сваях, выполненных в грунте, проводились серии испытаний в возрасте бетона 3, 7, 14, 21 и 28 суток с помощью прибора Спектр-4.0.

Волна распространяется со скоростью  $V$  по телу сваи, отражаясь от границ раздела сред. Отраженная волна возвращается к оголовку сваи и записывается акселерометром, прибор фиксирует временной интервал  $\Delta t$ , который потребовался для прохождения волны в стволе сваи длиной  $L$  до отметки низа и обратно. Затем полученный сигнал обрабатывается и результаты представляются в виде рефлектограмм. На границе раздела двух сред с разным акустическим импедансом (бетон-грунт) на рефлектограмме появляется скачок, свидетельствующий об отражении волны от пяты сваи [2]. На месте появившегося скачка фиксируется временной интервал и скорость прохождения волны по формуле

$$c = 2L\Delta t,$$

где  $c$  – скорость распространения волны;  $h$  – длина сваи;  $\Delta t$  – временной интервал. Скорость волны определялась для свай в различном возрасте бетона.

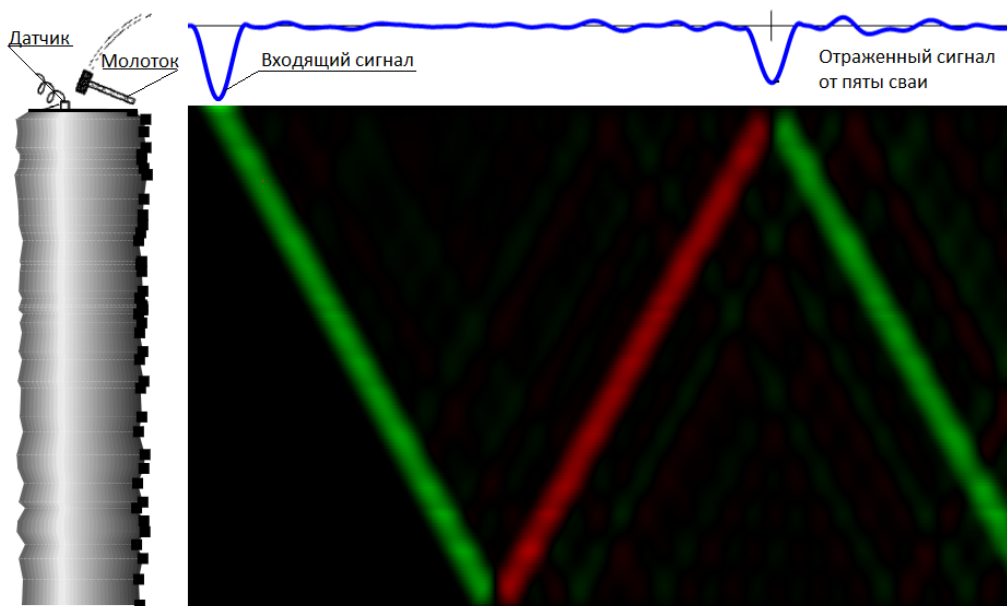


Рис. 1. Рефлектограмма сваи, выполненной без дефектов

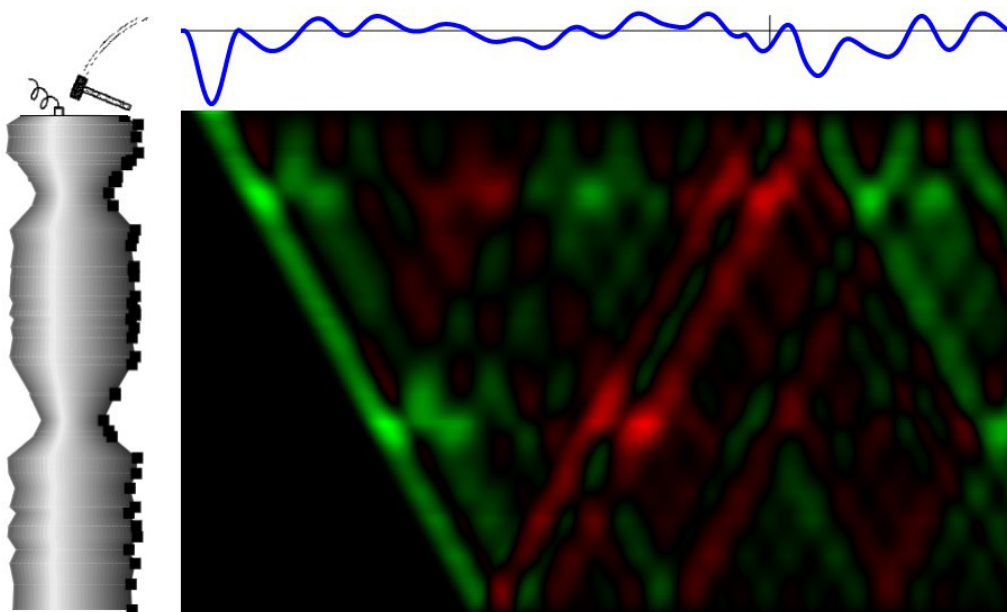


Рис. 2. Рефлектограмма сваи с дефектами

Таблица 1

**Зависимость скорости распространения продольной ультразвуковой волны  
в теле свай от возраста бетона**

№ свай	Длина свай L, м	Возраст бетона									
		3		7		14		21		28	
		Скорость С (м/с), прочность R (МПа)									
1	22.4	3720,5	32,2	3767,6	33,0	3823,5	33,9	3881,9	34,8	3908,8	35,2
2		3763,25	32,9	3792,9	33,4	3801,9	33,5	3941,9	35,8	3919,6	35,4
3		3696,3	31,8	3774,2	33,1	3781,7	33,2	3910,5	35,3	3935,7	35,7
4		3742,6	32,6	3691,6	31,8	3843,5	34,2	3867,5	34,6	3939,1	35,7
5		3783,4	33,2	3798,4	33,5	3846,5	34,2	3915,3	35,3	3929,9	35,6
Среднее значение:		<b>3741,2</b>	<b>32,6</b>	<b>3764,9</b>	<b>32,9</b>	<b>3819,4</b>	<b>33,8</b>	<b>3903,4</b>	<b>35,2</b>	<b>3926,6</b>	<b>35,5</b>

В результате проведенного анализа установлена прямая зависимость между возрастом бетона и скоростью распространения ультразвуковой волны. Чем старше бетон, тем больше скорость распространения волны, что свидетельствует о его наборе прочности. При помощи универсальной градуировочной таблицы из ГОСТ 17624-2012 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности» (Рис. Г.1) была определена прочность бетона в сваях. Данное значение нужно рассматривать как усредненное по телу сваи. На разных участках скорость прохождения может отличаться.

Так же были проведены испытания на эталонных образцах в виде бетонных кубов размером 100 × 100 × 100 мм. Измерения проводились по методу сквозного прозвучивания прибором Пульсар. В ходе испытаний было установлено, что скорость прохождения волны, замеренная в бетонных кубах в том же возрасте бетона, что и в сваях, была выше.

Таблица 2

**Зависимость скорости распространения продольной ультразвуковой волны образцах  
в зависимости от возраста бетона**

Размеры образцов, мм	Возраст бетона									
	3		7		14		21		28	
	Скорость С (м/с), прочность R (МПа)									
100 × 100 × 100	3981,1	36,4	4021,6	37,0	4070,4	37,8	4128,7	38,8	4171,6	39,4

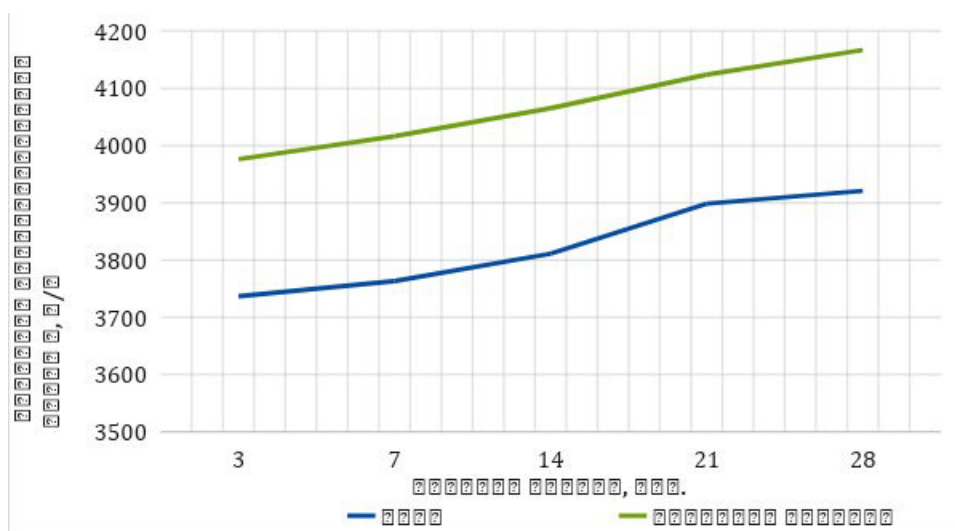


Рис. 3. Зависимость скорости распространения волны от возраста бетона

Проведенные опытные измерения дают возможность предполагать, что сейсмоакустический метод возможно применять для контроля средней прочности бетона в теле сваи. По результатам измерений и сопоставления данных при различных методах контроля достаточно четко просматриваются зависимости между скоростью прохождения звуковой волны и прочностью бетона в свае. Для разработки и внедрения данного метода необходимо проведения более широкого спектра испытаний в различных грунтах. Для подготовки обосновательной базы подтверждения результатов необходима наработка большего количества испытаний в различных грунтовых средах.

#### Литература

1. ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам»
2. Мангушев Р. А. Современные свайные технологии: учеб. пособие / Р. А. Мангушев, А. В. Ершов, А. И. Осокин. – СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 240 с
3. Гайдо А. Н. Особенности применения методики сейсмоакустического контроля качества свайных фундаментов.
4. Потапов А. И. Приборы и методы неразрушающего контроля материалов и изделий: учеб. пособие / Потапов А. И., Сясько В. А., Пугачев А. А. СПб., 2018
5. Татаринцов С. В. Применение метода сейсмоакустического метода для контроля качества свай / Татаринцов С. В., Вознесенская Е. С., Серебрякова А. Б. и др. // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – № 6. – С.44-47.
6. Архипов А. Г. Устройство и неразрушающий контроль сплошности буронабивных свай. /ОАО «Геодиагностика», СПб.



## ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЗДАНИЙ

### PROBLEMS OF TECHNOLOGY OF ENERGY-SAVING BUILDINGS

В статье представлены проблемы и новая методология проектирования, строительства и использования энергоэффективных зданий с точки зрения энергосберегающих технологий, в том числе рассмотрение значительного влияния автоматизации технических установок на энергоэффективность. Такая деятельность вызывает потребность в новых, инновационных материалах и технологиях, а также в новых подходах к проектированию, строительству и реконструкции зданий. Обязательным условием является точная координация проектирования конструкции и технических сооружений здания, которая может быть обеспечена в интегрированном процессе проектирования в системе BIM (Building Information Modeling).

*Ключевые слова:* энергоэффективность здания, BIM, автоматизация, модель, технологическая установка.

The article presents the problems and the new methodology for the design, construction and use of energy efficient buildings in terms of energy saving technologies, including discussion of the significant impact of the automation of technical installations on the energy efficiency. Such activities cause a need for new, innovative materials and technologies, and new approaches to design, construction and retrofitting of buildings. Indispensable is the precise coordination of the design of structure and technical installations of building, which may be provided in an integrated design process in the system BIM (Building Information Modeling).

*Keywords:* energy efficiency of a building, BIM, automation, model, technological installation.

Энергоэффективность здания зависит от четырех факторов:

- качества материалов и строительного решения наружной стены здания;
- технических установок здания, таких как источники приобретения, производства, распределения и использования энергии;
- способа использования здания и его ресурсов.
- системы автоматизации и управления всеми технологическими установками здания, а также системы технического управления зданием.

Чтобы обеспечить высокую энергоэффективность и в то же время обеспечить комфорт использования, необходимо не только применять надлежащие строительные материалы, но и соответствующие технологические установки, которые позволили бы осуществлять контроль распределения энергии в соответствии с текущими требованиями к конкретным формам энергии в отдельных помещениях.

Наиболее важным выводом стандартной рекомендации [1] может быть утверждение о том, что качество влияния системы автоматизации и контроля и технического управления зданием напрямую зависит от правильного построения основных установок, которые имеют решающее влияние на потребление различных форм энергии.

Чтобы получить наибольшее влияние систем на энергоэффективность здания, необходима такая конструкция технологических установок, которая позволила бы контро-

лизовать подачу каждой формы энергии индивидуально в каждую комнату в зависимости от спроса.

Модель спроса и предложения энергии на примере технической установки производства, распределения и потребления энергии, включая управление спросом, представлена на рисунке 1 [1].

Для достижения такой модели установки очень важно обеспечить взаимодействие всех технологических установок таким образом, чтобы все они сотрудничали в целях экономии энергии. Особенно важна интеграция на объектном уровне автоматизации установки конкретных технологических установок с системами безопасности, которые предоставляют информацию о присутствии пользователей в помещениях и благодаря этому позволяют точно контролировать энергообеспечение в зависимости от спроса.

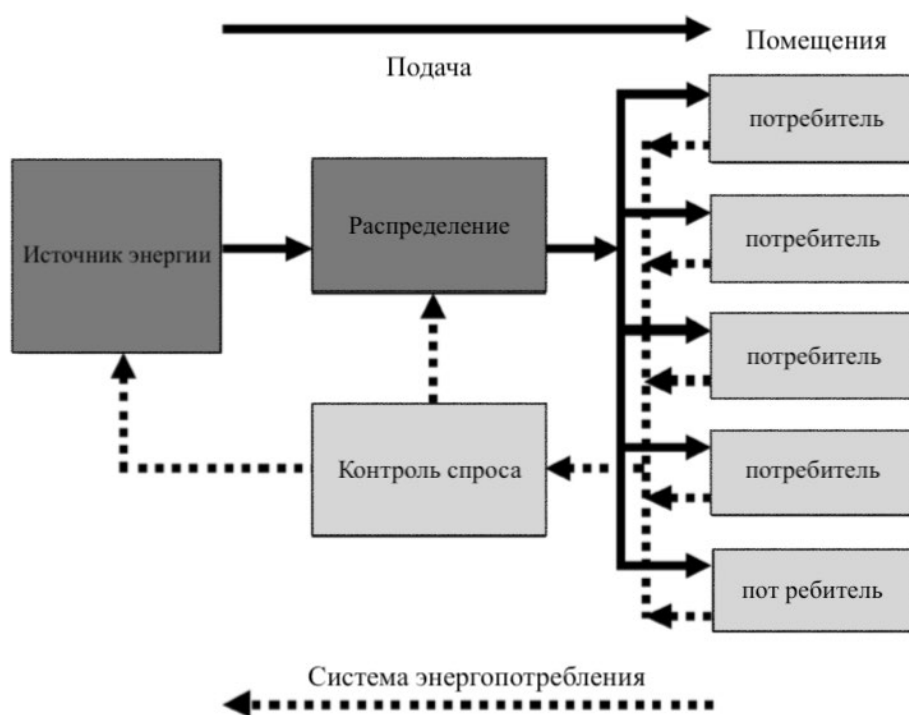


Рис. 1. Модель спроса и предложения энергии

Такое простое требование вызывает очень фундаментальные изменения, которые должны применяться в процессе подготовки и проектирования проектов, отвечающих строгим требованиям в отношении энергоэффективности. В связи с необходимостью комплексного отношения к процессу проектирования необходима новая методология проектирования зданий, которую, безусловно, привносит в проект платформа BIM.

В традиционном процессе проектирования зданий конкретные требования по энергоэффективности часто не принимаются во внимание, за исключением тех, которые определены в нынешних технологических условиях, установленных применимым законодательством в строительстве.

После исправления функциональной и эксплуатационной программы и архитектурного видения следует процесс многоотраслевого проектирования, который должен координироваться архитектурным бюро, осуществляющим проект. Все отраслевые установки, такие как установка электропитания, источник тепла и холода, системы вентиляции и кондиционирования воздуха, системы освещения, а также системы безопасности и ох-

раны, проектируются отраслевыми проектировщиками, часто с минимальным обменом информацией между собой. В результате этого процесса система управления зданием объединяет функции, вытекающие из проектов, но сами проекты не учитывают необходимость междисциплинарного сотрудничества. При таком классическом отношении к строительству трудно говорить о реализации заданной энергоэффективности здания, скорее можно говорить о результативности, которая фактически является случайной.

Для получения определенных энергетических характеристик здания необходимо изменить отношение не только к процессу проектирования элементов конструкции и технологических установок, но и к системе автоматизации и управления, а также к системе технического управления, а также необходимо объединить решения, относящиеся к конструктивным решениям, применяемым в технических установках здания, таким образом, чтобы они контролировали подачу любой формы энергии индивидуально для каждого помещения, в зависимости от потребности, поскольку это только тогда, согласно [1], возможна максимизация влияния автоматизации на энергоэффективность здания. Весь процесс проектирования здания должен быть строго подчинен для достижения определенной, установленной энергоэффективности объекта. Этот процесс должен начинаться на уровне инвестора и архитектора с установки предполагаемых энергетических характеристик здания на этапе определения инвестиционной привлекательности. При разработке программы функционирования и использования здания, определения функций помещений и их технического оснащения следует учитывать такую функциональность технических установок, которая позволила бы удовлетворить требования, включенные в [1]. На основе моделирования энергопотребления здания [2], необходимо определить системы по энергоэффективности. Выбор целевой энергоэффективности здания имеет принципиальное значение для всего дальнейшего процесса проектирования, структуры здания, технологических установок и функциональности систем.

Это решение влияет на:

- выбор функциональности технических установок, позволяющих реализовать системы автоматизации и управления системами;
- необходимость реализации указанных функций с помощью систем автоматизации и управления и технического управления зданием, что автоматически означает определенную конструкцию технологических установок, позволяющую применять контроль спроса на потребление энергии;
- проектирование и строительство всех отраслевых технологических установок, которые должны обеспечивать реализацию указанных функций автоматизации и управления.

Результатом интегрированного процесса проектирования является достижение таких функциональных возможностей технологических установок, автоматизации и управления и технического управления системами здания, которые гарантировали бы установленный и запланированный класс влияния систем на энергоэффективность здания.

Основным условием для достижения такого результата является включение проектировщика отрасли автоматизации на самой ранней стадии проектирования, уже на этапе определения функциональности систем и технологических установок. Функциональность технологических установок решает, можно ли будет использовать указанные функции, которые, в свою очередь, определяют соответствие системы автоматизации указанному классу по энергоэффективности и, наконец, гарантируют максимальное влияние на производительность здания.

Решением, гарантирующим реализацию интегрированного процесса проектирования, является технология *BIM*, которая предлагает не только эффективность самого процесса проектирования, но и гарантирует интеграцию этого процесса на каждом этапе.

Существует много определений *BIM*, но ключом к тому, чтобы отличить от *3D*, является информация, которой обладает модель. В процессе *BIM* такая информация может быть доступна своевременно. В этом аспекте *BIM* позволяет исключить повторение работ на каждом этапе жизненного цикла здания.

Неотъемлемой частью проекта здания с низким энергопотреблением является его точная модель энергии. Моделируется как потребность в энергии для отопления, охлаждения, вентиляции и освещения зданий, так и параметры эксплуатации, чтобы оптимизировать архитектурные или монтажные решения проектируемого объекта. Создание энергетической модели здания демонстрирует сходство с процессом моделирования, в котором анализируется графическая модель.

Можно заметить некоторые сходства между зданиями с низким энергопотреблением и *BIM*:

- информация, технические параметры являются наиболее важными, архитектурной визуализации недостаточно;
- проведение анализа, тестирование решений имеют ключевое значение, в том числе и графическая модель для проверки принятых предположений.

Предполагается, что межфирменное сотрудничество осуществляется в рамках *Open BIM* – открытого рабочего процесса. Для энергетического анализа объекта используется архитектурно-строительная модель здания, содержащая правильную информацию о технических параметрах отдельных слоев. В результате данных, импортированных из файла отраслевых базовых классов в программу, используемую при проведении энергетического анализа здания, следует автоматически рассчитать коэффициент теплопередачи для принятых перегородок в соответствии с нормами и правилами. Таким образом, процесс расчета проектной тепловой нагрузки здания улучшается.

Использование геометрической модели в процессе проектирования здания с низким энергопотреблением позволяет визуально проверить проект на предмет потерь тепла через перегородки. Отсутствие координации может привести, среди прочего, к неожиданным потерям тепла, увеличению потребления энергии, выбросу углекислого газа, увеличению риска конденсации пара.

Геометрическая модель также используется для генерации числовых данных в режиме реального времени, например, объем вентиляционного воздуха, размеры помещения и его воздушное пространство, тепловые потери отдельных помещений и перегородок.

Опыт внедрения *BIM* показывает положительную интеграцию процессов проектирования пассивных и *BIM*-зданий, которые могут использоваться для визуальной проверки модели и для генерации числовых данных в режиме реального времени. Благодаря этому процесс проектирования становится более эффективным, а межфирменное сотрудничество – более прибыльным. Строительство энергоэффективных, малоэнергетических и пассивных зданий способствует радикальному снижению энергопотребления, выбросов углекислого газа в глобальном масштабе и позволяет достичь высокого комфорта при их использовании.

Стоит помнить, что программное обеспечение не должно определять цель проектной деятельности. Именно инженеры, понимающие концепцию устойчивого развития,



должны стремиться эффективно использовать процесс *BIM* в реализованных проектах. Ключевую цель *BIM* можно увидеть в ее реализации специалистами по управлению объектами.

Представленные выше соображения показывают, что достижение заданной энергоэффективности здания зависит от многих факторов, но ключом к достижению цели является использование нового подхода к процессу проектирования здания. Энергетическая эффективность здания зависит не только от используемых материалов и строительных решений, но и от технологических установок здания, которые способны обеспечить максимальное влияние систем автоматизации и управления на энергоэффективность. Системы автоматизации и управления и техническое управление зданием сами по себе не обеспечат высокого качества. Это означает, что необходимо радикальное изменение отношения к процессу проектирования здания. Во-первых, на начальном этапе проектирования, после выбора желаемой энергоэффективности, должно быть выполнено моделирование, чтобы определить необходимую степень влияния систем автоматизации и технического управления зданием. На основе этого моделирования [2] должен быть выбран конкретный и для применения необходимый класс влияния систем. Этот выбор указывает на способ необходимой реализации тех или иных технологических установок, которые должны не быть уязвимы. Роль разработчика системы автоматизации не может быть ограничена разработкой автоматизации для уже спроектированных технологических установок (что в настоящее время является стандартной практикой проектирования, весь процесс устройства технологических установок и их систем контроля и управления должен быть подчинен этому определению). Это влечет за собой то, что на основе решения инвестора об ожидаемой энергоэффективности здания, проектировщик автоматизации должен быть включен с самого начала в процесс строительства и должен участвовать в формулировании предположений для технологических устройств. Проектировщики координируют проектируемые решения с точки зрения их восприимчивости к интегрированному управлению, которые необходимы для достижения должного влияния на энергоэффективность, а не как это было раньше в практике проектирования, подчиняться требованиям проектировщиков отрасли.

*BIM* – эффективный инструмент, обеспечивающий интегрированный процесс зданий с практически нулевым потреблением энергии, благодаря которому участники процесса проектирования получают постоянный доступ к интересующим их данным. Создание здания с низким энергопотреблением вписывается в концепцию *BIM* из-за необходимости его точного анализа уже в его концептуальной фазе. Однако следует подчеркнуть, что ключом к успеху являются: сознательное решение инвестора о предполагаемой энергоэффективности и применяемый процесс комплексного проектирования, подчиненный решению заказчика.

### **Литература**

1. CEN TC 247 Energy performance of buildings – Impact of Building Automation, Controls and Building Management – European Standard EN 15232:2012, European Committee for Standardization., 2012.
2. Fedorczak-Cisak M., Furtak M. Multicriteria and multilevel optimization tasks application to choose building energy standard, Sustainable Building Conference, Praha, 2010.
3. Елохов А. Е. «Пассивный дом: комфорт, энергосбережение, экономия», журнал «Коммунальный комплекс России» № 2(104), 2013.
4. Елохов А. Е. Основные положения по проектированию пассивных домов. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008.
5. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

УДК 69.051

*Вера Андреевна Мосокина,*  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: Phoebe-22 @mail.ru*

*Vera Andreevna Mosokina,*  
undergraduate  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: Phoebe-22 @mail.ru*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

### USE OF UAV IN CONSTRUCTION

Строительная индустрия медленно внедряет новые технологии. В последние годы беспилотные летательные аппараты (БПЛА) широко использовались для различных строительных и эксплуатационных применений различных типов строительных проектов. Эта статья направлена на всестороннее исследование текущих применений дронов, анализ их преимуществ и исследование их потенциала в будущем строительной отрасли. В последние годы различные типы технологий помогли улучшить управление проектами, одной из них является беспилотный летательный аппарат. В качестве технологии сбора данных в режиме реального времени, БПЛА используется в строительстве.

*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, БПЛА, дрон, 3D модель, строительная площадка.

The construction industry has been a slow adopter of novel technologies. In the recent years, the Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have been greatly used for different construction and operation applications of various types of construction projects. This article aims to comprehensively investigate the current applications of drones, analyze their benefits and explore their potential in the future of the construction industry. In recent years, different types of technologies helped improve the management of projects; one of them is the Unmanned Aerial Vehicle (UAV). As a real-time capturing data technology, UAV is used in the construction.

*Keywords:* unmanned aerial vehicle, UAV, drone, 3D model, construction site.

Согласно [1], беспилотное воздушное судно (или беспилотный летательный аппарат, дрон) – это воздушное судно, управляемое, контролируемое в полете пилотом, находящимся вне борта такого воздушного судна (внешний пилот). Для таких летательных аппаратов не нужен пилот. Вместо этого они могут летать автономно или пилотироваться дистанционно.

В наши дни многие из них управляются с мобильного устройства или планшета и оснащаются камерой, а также датчиками, такими как система глобального позиционирования (GPS). Они есть в широком диапазоне форм и размеров с различными функциями.

В последние годы технологии БПЛА в основном использовались в военных целях. В современном мире основное использование беспилотных летательных аппаратов находится в военной части. Тем не менее, БПЛА начали разрабатываться за пределами их военного использования, в таких сферах как реклама, горное дело, сельское хозяйство, лесное хозяйство, археология. Кроме того, они были применены в качестве инновационных инструментов в строительной отрасли. В последние годы было разработано множество технологий для мониторинга производительности строительной площадки, и каждая технология способна улучшить строительную отрасль.

Чтобы улучшить наше рабочее место, нам нужны инновационные технологии для сбора изображений или видео в режиме реального времени со всей части строительной

площадки. В последние годы значительное внимание уделялось потенциальному использованию БПЛА в инженерных условиях. БПЛА использовался в различных целях в контексте строительства, таких как мониторинг и обслуживание тротуаров и автомагистралей, проверка и мониторинг мостов, проверка зданий, мониторинг повреждений и трещин, техническое обслуживание фасадов и картирование исторических памятников, а также 3D-моделирование для реконструкции зданий, фотограмметрические приложения, такие как измерение объема с использованием цифровой модели местности. БПЛА становятся все более распространенными, поскольку они могут быть оснащены камерами, датчиками или другими интеллектуальными устройствами, предоставляющими полезную информацию для различных применений.

Благодаря применению БПЛА и, следовательно, характеристикам дрона, таким как размер, вес, мощность двигателя, дальность полета самолета и т. д., он может собирать и обрабатывать данные посредством сбора изображений и видео вместе с методами, которые обрабатывают визуальные данные в 3D моделях. Эти платформы часто осматривают строительные площадки, отслеживают незавершенное производство, создают документы по безопасности, а также осматривают существующие конструкции и оценивают сейсмический риск, особенно в труднодоступных местах с использованием традиционных инструментов гражданского строительства.

БПЛА можно использовать для сбора более точных данных во время строительства объекта. БПЛА используются в различных отраслях промышленности по всему миру. Например, при съемке оползней прибрежных скал (рис. 1).

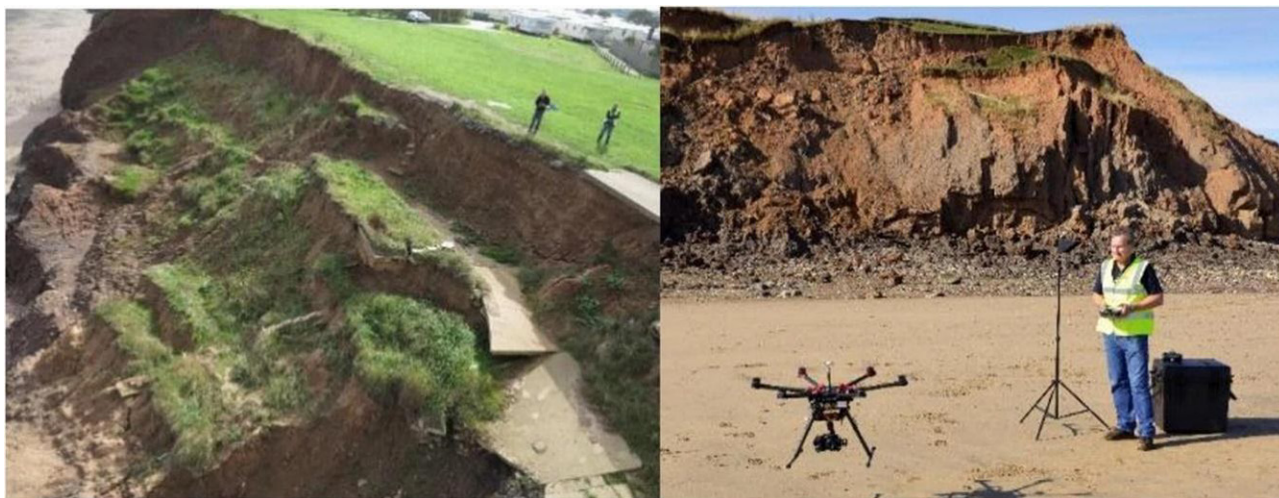


Рис. 1. Съемка оползней прибрежных скал с использованием беспилотного летательного аппарата DJI «S900» с цифровой камерой и микрокоптера «Hexakopter XL» (справа), Олдбро, Великобритания (2014) [2]

Кроме того, они используются при разработке строительных проектов. Они предоставляют точную информацию о состоянии строительства или текущих условиях строительства. Дроны нужны для проектов, чтобы собирать визуальные данные в виде изображений, видео, а также 3D-моделей из наиболее подходящих мест и видов на строительной площадке. В последнее время многие исследователи сосредоточились на применении БПЛА в различных областях строительной индустрии. Беспилотники – это инновационные технологии, которые могут помочь строителям лучше и быстрее выполнять свою работу в ряде областей применения [3].



С развитием технологий мониторинга в режиме реального времени, БПЛА обеспечивают множество положительных применений в гражданском строительстве для контроля процесса возведения здания, моста и любой системы инфраструктуры посредством максимально возможного захвата видео и изображений из частей видов на объект проекта. Некоторые исследования рассматривали дроны для проверки конструкций во время технического обслуживания. Кроме того, они используются в различных транспортных зонах, таких как управление движением и мониторинг на дорогах во время и после чрезвычайных происшествий или тяжелых погодных условий, разрушение дорожного покрытия, ремонт и техническое обслуживание улиц, а также управление рабочей площадью для повышения безопасности работников. По сравнению с традиционными системами управления, дрон может летать над рабочей средой и охватывать большую площадь.

Мониторинг выполнения строительного процесса на площадке является одной из важных задач. Оценка прогресса дает возможность эффективно распознать текущие условия проекта, выявить несоответствия между сроками реализации и запланированными планами, а также помочь принять решение о корректирующих действиях. Обследование и мониторинг конструкций очень важны для оценки состояния площадки. Мониторинг прогресса считается важнейшим фактором успеха для своевременной реализации строительных проектов в рамках бюджета и с необходимым качеством [4] [5], а также является одной из самых сложных задач из-за сложности и взаимозависимости деятельности.

С развитием различных технологий, БПЛА более полезны, чем другие. Увеличивая использование БПЛА в строительной отрасли, особенно при мониторинге проекта, они также способны контролировать строительную площадку. БПЛА могут документировать ход выполнения проектов, предоставляя визуальную запись, способную уменьшить последующие споры между подрядчиками, в конечном итоге он также может использоваться для перевозки инструментов и оборудования из одного места в другое. Как показано на рисунке 2, они могут собирать данные из разных мест на строительной площадке. Используя изображения и видео в реальном времени, можно создать взаимосвязь между этапами подготовки к строительству и самим строительством.

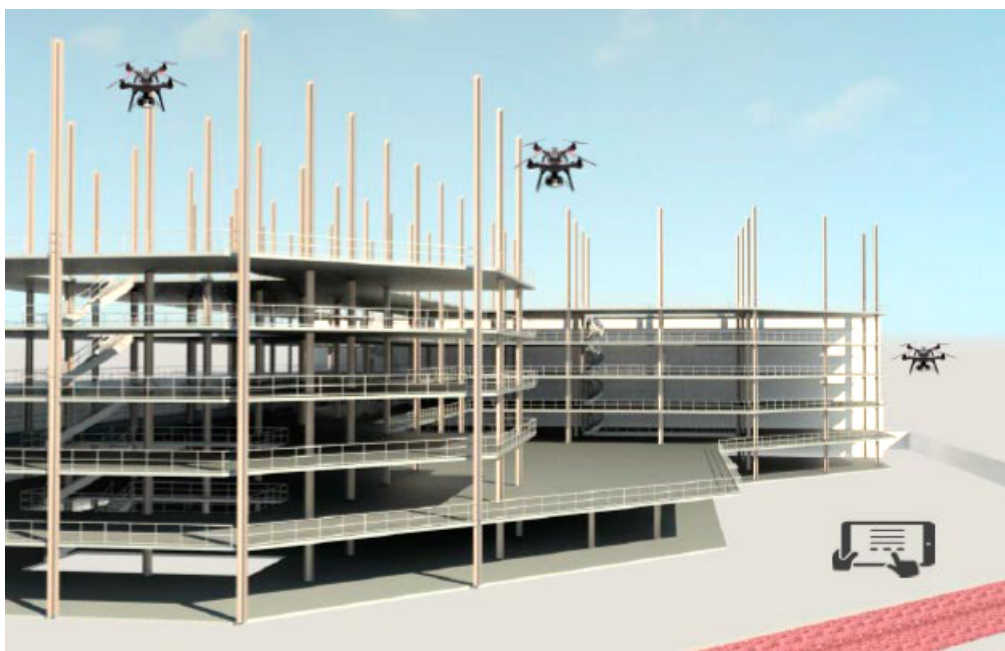


Рис. 2. Расположение БПЛА во время строительного процесса



БПЛА с технологией *GPS* используются с заранее определенными путевыми точками для захвата изображений с одной и той же воздушной перспективы с течением времени, чтобы отслеживать фактический прогресс строительства относительно запланированного. Маршруты заранее запрограммированы так, чтобы БПЛА мог следовать заранее определенным маршрутам независимо [6]. Программное обеспечение для планирования позволяет вводить конкретные маршруты, скорости, высоты и цели камеры, а в некоторых системах посадка может выполняться автоматически.

Быстрое обнаружение поврежденных зданий после стихийных бедствий, таких как землетрясения и ураганы, является важнейшей потребностью в планировании первичного реагирования, спасения и восстановления. Дистанционное зондирование считается очень полезным для оценки ущерба, поскольку оно может охватывать большие площади. Более того, оценка на основе изображений понимается быстрее, чем оценка с помощью наземного использования соответствующих квалифицированных геодезистов. БПЛА использовались для проверки повреждений на конструкциях, потому что оценить ущерб в строительстве является важным фактором. Дроны могут помочь инженерам в самом начале возникновения повреждений. Они могут предоставить изображения высокого разрешения с разных точек зрения точным и эффективным способом.

Трехмерное картирование является очень важным аспектом геологической съемки. В последние годы использование дронов для визуальной съемки, а также для создания трехмерных изображений строительных площадок постоянно становится актуальным. Технологии БПЛА позволяют собирать изображения с высоким разрешением, которые затем преобразуются в трехмерные модели поверхностей и могут использоваться для топографического картирования, объемных расчетов или для отображения строительной площадки в трехмерном виде [7]. Многие системы БПЛА, находящие применение в гражданской сфере, уже предлагают конкурентоспособные по стоимости и времени альтернативы традиционным геодезическим приложениям. На этапе строительства те же БПЛА могут использоваться для обеспечения трехмерного обзора площадки с высоты птичьего полета, что делает возможным эффективное измерение поверхности или объема (рис. 3).



Рис. 3. Осмотр поверхности высотных объектов (дымовые трубы, силосы, завод в г. Пикалево) [8]

Поскольку БПЛА оснащены видеокамерами, они могут помочь инженерам получить доступ к изображениям и видео из разных мест строительной площадки. Они собирают эффективные изображения с крупномасштабного объекта. Можно получать данные геометрии и текстуры из изображений БПЛА. Кроме того, в 2015 году *Boqin Zhu* использовали систему беспилотника для получения аэрофотоснимков со строительной площадки для съемки и картирования проекта.

Статистика показывает, что строительная площадка известна как одно из самых опасных рабочих мест в мире. Главной заботой в строительной отрасли является безопасность. Поскольку существует высокий риск, а взаимодействие между работником и опасностью неизбежно, были разработаны системы безопасности для предотвращения несчастных случаев. Почти все на рабочем месте можно предотвратить, применяя эффективные меры безопасности во время строительства. Безопасность работников будет повышена за счет исключения некоторых инспекций на больших высотах, которые в настоящее время проводятся с использованием строительных лесов (например проверка герметичных соединений в условиях высокого здания).

Изображения и видео, снятые с помощью дронов, могут предоставить ценную документацию о состоянии рабочей площадки в ситуациях, когда происходят несчастные случаи, и могут предоставить инструмент для покрытия большей площади участка за более короткий промежуток времени.

Безопасность строительных площадок также может быть повышена за счет использования БПЛА, интегрированных в систему охранной сигнализации. БПЛА может также иметь возможность автоматически проводить запрограммированные периодические проверки безопасности.

В последние годы было опубликовано большое количество статей с использованием различных технологий, направленных на большой потенциал снижения травматизма в строительстве за счет уменьшения небезопасных ситуаций на объектах.

БПЛА очень полезны для предупреждения о небезопасных ситуациях в крупных строительных проектах от подготовки площадки до завершения проекта. Дрон может пролетать над строительной средой, собирая в режиме реального времени информацию о местонахождении персонала и оборудования, опасных материалах, движущемся оборудовании, а также о слепых зонах строительной площадки, чтобы предотвратить небезопасные условия до возникновения несчастных случаев.

В части конструкции технология БПЛА используется для контроля правил безопасности. Соблюдение правил техники безопасности во время строительства необходимо. Следуя этим инструкциям в ходе строительства, можно повысить безопасность всех заинтересованных сторон. Эта система может помочь снизить количество несчастных случаев на производстве.

Трехмерные (3D) модели являются необходимыми инструментами для специалистов в различных областях, поскольку они обеспечивают качественное представление площадок в процессе строительства, помимо уменьшения расхождений между этапами проектирования и строительства. Инженеры нуждаются в точных данных для создания 3D-модели. В последние годы инновационные технологии дистанционного зондирования и технологии фотографических измерений сыграли значительную роль в трехмерном моделировании. БПЛА очень полезны для сбора изображений для подготовки 3D-модели здания. Из-за небольшого размера и маневренности БПЛА они могут соби-

рать данные с очень низких высот, начиная с поверхности земли, проходя на различных высотах и точках обзора, а также с обзоров пролета над площадкой.

## Выводы

1. В строительной отрасли устойчивое строительство связано с различными проблемами, включая разработку и управление проектами. В последние годы различные типы технологий способствовали улучшению мониторинга строительной площадки, одним из которых является беспилотный летательный аппарат (БПЛА).

2. Дроны были в разработке в течение многих лет, и теперь их технология становится все более зрелой. Гражданское строительство обычно включает в себя масштабные обследования, чтобы справиться с неопределенностью, возникающей до, во время и после строительства. БПЛА предоставляют гражданским инженерам новые возможности для понимания своих проектов или проблем, с которыми они сталкиваются. Были обобщены современные технологии, связанные с беспилотными летательными аппаратами, включая технологии управления, навигации, управления питанием и обработки изображений.

3. Инженеры могут использовать изображения и данные, собранные беспилотными летательными аппаратами с течением времени, чтобы визуализировать ход работы, отслеживать местоположение рабочих и оборудования, а также оценивать и документировать влияние погоды, несчастных случаев на строительной площадке.

## Литература

1. Официальный сайт компании «КонсультантПлюс» URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_13744/769b1039af2bbe0206b860c00dc12b379cc91553/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_13744/769b1039af2bbe0206b860c00dc12b379cc91553/) (дата обращения 06.05.2020).

2. *Giordan D., Aicardi I.* The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for engineering geology applications. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10064-020-01766-2#Sec1>.

3. *Opfer N. D.* Unmanned aerial vehicle applications and issues for construction. In 121st ASEE Annual Conference and Exposition 2014.

4. *Kopsida M., Brilakis I., Vela P. A.* A review of automated construction progress monitoring and inspection methods. In Proc. of the 32nd CIB W78 Conference 2015 2015.

5. *Kropp C., Koch C., König M.* Interior construction state recognition with 4D BIM registered image sequences. Automation in Construction. 2018.

6. *Yamamoto T., Kusumoto H., Banjo K.* Data Collection System for a Rapid Recovery Work: Using Digital Photogrammetry and a Small Unmanned Aerial Vehicle (UAV). In Computing in Civil and Building Engineering 2014.

7. *Tatum M. C., Liu J.* Unmanned Aircraft System Applications in Construction. Procedia Engineering. 2017.

8. *Туккия А. Л., Мамонов А. О.* Опыт использования квадрокоптеров для обследования зданий и сооружений. URL: <http://vestnik.spbgasu.ru/article/opyt-ispolzovaniya-kvadrokoptero-rov-dlya-obsledovaniya-zdaniy-i-sooruzheniy>.

**УДК 698.7**

*Андрей Викторович Пламадяла, студент  
Наталья Леонидовна Лукина, ассистент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: pav69238@yandex.ru,  
E-mail: lukina.nataly@mail.ru*

*Andrey Viktorovich Plamadala, student  
Nataliya Leonidovna Lukina, assistant  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: pav69238@yandex.ru,  
E-mail: lukina.nataly@mail.ru*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МОНТАЖА СТЕН ГИПСОКАРТОННЫМИ ЛИСТАМИ**

### **RESEARCH OF THE WALL MOUNTING PROCESS BY PLASTERBOARD SHEETS**

Сегодня одним из самых востребованных материалов для черновой обшивки стен является гипсокартон. С его помощью можно быстро и легко подготовить, а главное выровнять, стены и потолок, тем самым подготовить их к декоративной отделке (окраске, укладке плитки и др.). Технология монтажа листов из гипсокартона очень проста, но во избежание распространенных ошибок и обеспечения высокого качества отделочных работ, необходимо знать основные технологические аспекты, о которой говорится в статье.

Делается вывод о наличии существенных преимуществ процесса монтажа гипсокартонными листами.

*Ключевые слова:* панели, стены, облицовка, обрешетка, монтаж.

Today, one of the most popular materials for rough wall cladding is drywall. With it, you can quickly and easily prepare, and most importantly align, the walls and ceiling, thereby preparing them for decorative finishing (painting, laying tiles, etc.). The technology for installing sheets of drywall is very simple, but in order to avoid common mistakes and ensure high quality of finishing work, you need to know the basic technological aspects, which are discussed in the article.

It is concluded that there are significant advantages of the installation process with plasterboard sheets.

*Keywords:* panels, walls, cladding, lathing, installation.

Обшивка стен гипсокартоном подразумевает крепление к капитальным стенам гипсокартонных листов.

Благодаря хорошим изоляционным качествам материала, обшивка стен гипсокартоном приобрела достаточно широкую и заслуженную популярность среди отделочников. На практике отделка стен гипсокартоном применяется в различных помещениях, как в жилых (кухня, комната, ванная), так и в служебных помещениях (небольшой склад, техническое помещение). Связанно это с тем, что отделка стен гипсокартоном имеет много преимуществ по сравнению с другими видами отделочных работ, которые будут описаны в статье. Также вы узнаете, как, не имея особых навыков отделочника, обшить стены гипсокартоном своими руками.

#### **Виды гипсокартона**

В качестве отделочного материала используются листы гипсокартона, толщина которых обычно составляет 12,5 миллиметров.

В зависимости от помещения, в котором необходимо выполнение отделочных работ, выбирают влагостойкий, обычный или огнестойкий гипсокартон.



В помещениях с повышенной влажностью (ванна комната и др.), следует использовать влагостойкий гипсокартон. Благодаря своему составу и пропитке бактерицидными антисептическими средствами, данный вид гипсокартона менее восприимчив к влаге. Можно использовать и обычный гипсокартон, но его поверхность необходимо защитить от влаги отделочными влагостойкими материалами. Обычно в помещениях с повышенной влажностью гипсокартон грунтуют, заделывают швы и отделывают керамической плиткой.

В помещениях с повышенной температурой воздуха стены обшивают специальным огнестойким гипсокартоном. Гипсокартон такого вида также можно использовать при обшивке всех типов помещений. Благодаря своему составу и свойствам он выдерживает не только температурные нагрузки, но и повышенную влажность, что делает его универсальным обшивочным материалом [1].

### **Выбор способа обшивки**

Предварительно необходимо определиться со способом обшивки. Это очень важно, для того чтобы сделать ровную стену.

Существует два способа отделки стен гипсокартонными листами: 1) обшивка листами непосредственно на стену, с прямым примыканием; 2) монтаж специального металлического каркаса, а затем обшивка каркаса гипсокартонными листами.

От выбора способа монтажа зависит дальнейшая пошаговая инструкция и схема установки.

Многое зависит от материала стен в доме (кирпич, железобетон или дерево и др.). На стены из перечисленного материала можно смонтировать гипсокартонные листы как напрямую, так и вместе с металлическим каркасом. Но что же определяет наш выбор? Главный показатель – это ровность стены по вертикали. Основная и, пожалуй, главная задача гипсокартонной обшивки – это выравнивание стены при её неровности. То есть, если неровность поверхности превышает двадцать миллиметров, бескаркасный способ будет неэффективен, т. к. стена останется неровной. Необходим монтаж каркаса. Если неровность стены менее двадцати миллиметров, то возможно нанесение на стену шпаклевки и непосредственный монтаж гипсокартонных листов.

Чаще всего используется каркасный способ обшивки, благодаря которому гипсокартонная обшивка приобретает дополнительную теплоизоляцию, надежность и прочность. Кроме этого, в пространство между стеной и гипсокартонном очень легко спрятать разнообразные коммуникации, например силовой кабель. Однако главным преимуществом каркасного способа является возможность установки гипсокартонных листов на абсолютно любую поверхность, даже в том случае, когда неровность катастрофическая. На конструкцию с металлическим каркасом можно установить тяжелую отделку, например керамическую плитку, которую не всегда способна выдержать бескаркасная гипсокартонная стена. Однако, процесс установки каркаса усложняет монтаж в целом, ведь именно каркас занимает большую часть работы. Кроме того, необходимо приобретение саморезов, раскателей или клопов, направляющих и потолочных профилей. Важно отметить, что за счет установки каркаса немного уменьшается свободное пространство помещения [2].

Монтаж гипсокартона на стену бескаркасным методом, очень прост, не требует дополнительных затрат и не значительно уменьшает пространство помещения. Однако

такая конструкция обладает меньшей прочностью. Приклеенные к стене гипсокартонные листы не способны выдержать тяжелей предметы такие как телевизор, шкаф, который крепится к стене и др. Дополнительным весомым недостатком является то, что такой вариант монтажа значительно проигрывает по степени звукоизоляции помещения.

### **Монтаж каркасной стены**

Первое, что необходимо сделать перед установкой каркаса – это нарисовать схему будущей конструкции, в особенности, если предполагается установка дополнительных ниш. Затем нанести на стену разметку, с помощью которой легче устанавливать обрешетку каркаса. В начале необходимо найти на стене самую выступающую точку. Именно от нее будут проводиться все измерения и установка каркаса. Это необходимо для того, чтобы каркас монтировался полностью ровным, а соответственно и стена стала идеально ровной. От самой выступающей точки необходимо нанести разметку по всему периметру: на потолок, пол, а также все смежные стены.

Для монтажа также потребуется два вида металлических профилей – потолочные и направляющие, а также прямые подвесы, уплотняющая лента и дюбеля. Первоначально крепим предварительно обклеенные уплотнительной лентой направляющие профили по периметру обшивки стены с помощью дюбелей с шагом между ними 1 метр. Затем необходимо смонтировать потолочный профиль. Для этого определяется шаг профиля и прямых подвесов. Для листа гипсокартона шириной 120 см., шаг профиля может быть 120, 60, 40, 30 см. 120 см – это слишком большой шаг профиля, так как гипсокартонная стена получится слишком неустойчивой; 60 см. – оптимальный шаг профиля; 40 см. – для монтажа стены, на которую будет клеиться керамическая плитка; 30 см. – недостаточный шаг профиля. В работе чаще применяется стандартный шаг потолочного профиля – 60 см. Существует обязательное правило монтажа гипсокартонных листов: первый и последний профиль всегда должен быть максимально приближен к боковым стенам.

Дальнейший процесс заключается в том, что монтируются прямые подвесы с шагом 0,5 м. вдоль расположения потолочного профиля, на которые крепятся потолочные профили. Для того чтобы убедиться, что все профили установлены правильно и надежно закреплены друг с другом, каркас проверяется на прочность. Каркас не должен шататься, места креплений должны быть максимально зафиксированы.

После монтажа и закрепления каркаса устанавливается звукоизоляция и проводятся коммуникации. Как правило, в промежутки между профилями закладывается минеральная вата или другой надежный и схожий по физическим параметрам звукоизоляционный материал. Прокладывание коммуникации через металлический каркас не сложная задача, однако следует помнить одну очень важную деталь – при прокладке в каркасе электропроводки кабель следует протягивать через пластиковую гофрированную трубу. Это необходимо для того, чтобы края металлических профилей не повреждали кабель.

Устанавливаются гипсокартонные листы следующим образом. Листы нарезаются по необходимым размерам. Для этого необходимо воспользоваться гипсокартонной ножовкой, канцелярским ножом или лобзиком. Гипсокартонные листы очень легко поддаются кройке. Однако будьте готовы к тому, что при разрезке помещение окажется в гипсовой пыли. Гипсокартонные куски нужного вам размера, прикручиваются к каркасу при помощи саморезов. Их необходимо углублять так, чтобы шляпки полностью прятались в материал.

После установки всех гипсокартонных листов, приходит время финишной отделки. Перед тем как приступить к шпатлевке, необходимо очистить от пыли и прогрунтовать гипсокартонную поверхность стены. После того как грунтовка высохнет начинается процесс шпатлевания. Шпатлевку могут продавать в сухом или готовом виде. Рекомендуется покупать сухую шпаклевку. Шпаклевочный порошок размешивается в воде. Затем при помощи шпателя шпатлевка наносится на стену. Важно зашпаклевать все швы, образовавшиеся на месте стыков гипсокартонных листов, также зашпаклевываются дырки от шляпок саморезов. Шпаклевку нужно намазывать так, чтобы в итоге получилась идеально ровная стена без дефектов и неровностей.

После высыхания шпаклевка выполняется финишная отделка. Для такого вида обшивки подойдет абсолютно любой отделочный материал. Можно, использовать акриловые краски для создания оригинальных рисунков или окраска стены простой краской. В настоящее время популярны разновидности моющейся краски. Покраска акриловыми красками подойдет творческим людям, которые любят рисовать. Также, можно наклеить на стену обои или уложить плитку.

Монтаж гипсокартонных листов прямо на стену производится с помощью клея. На обратную сторону листа наносится клей, замазываются края листа. Один большой сгусток клея фиксирует центральную часть.

Рекомендуется, обшивать стены гипсокартонными листами с применением каркаса, даже если стены в помещении достаточно ровные. Это поможет избежать появления дефектов во время эксплуатации. Однако надо понимать, что каркас надежен только в том случае, если установлен правильно [3,4].

Выводы: в процессе работы над статьей выявлено множество преимуществ процесса монтажа гипсокартонными листами:

- Ценовая доступность и широкое распространение материалов;
- Получение идеально ровной стены при соблюдении процесса монтажа;
- Гипсокартон – экологичный материал, не приносящий вреда здоровью человека;
- Возможность обшивки влажных помещений;
- Легкость монтажа.

### **Литература**

1. *Котельников В. С.* Современные отделочные работы и материалы. М.: Феникс, 2014. 256 с.
2. *Блохин Б. Н., Галактионов А. А.* Отделочные материалы и работы. М.: Госстройиздат, 2012. 276 с.
3. *Андреев В. С.* Современные отделочные материалы в интерьере дома. М.: Феникс, 2014. 288 с.
4. Отделочные работы и материалы. М.: АСТ, Сталкер, 2011. 128 с.

## МОНТАЖ ДЕКОРАТИВНЫХ ВНУТРЕННИХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ

### INSTALLATION OF DECORATIVE INTERNAL WALL PANELS

Постепенно уходят в прошлое стандартные планировки квартир, так и их однообразное оформление. Современный дизайн квартир имеет множество разновидностей и тенденций, с помощью которых можно превратить свою жилплощадь в уникальный стилистический шедевр используя современные технологий и новейшие отделочные материалы.

*Ключевые слова:* панели, стены, облицовка, обрешетка, монтаж.

Gradually, the standard layout of apartments, and their uniform design, are becoming a thing of the past. The modern design of the apartments has many varieties and trends, with which you can turn your living space into a unique stylistic masterpiece using modern technology and the latest finishing materials.

*Keywords:* panels, walls, cladding, lathing, installation.

Внутренние стеновые панели, не так давно находятся на рынке, но уже стали популярными и востребованными. В основном панели выбирают по двум причинам: первая – разнообразие форм и цветов что позволяет создать собственный, оригинальный стиль интерьера, вторая – существенное облегчение процесса ремонта.

Облицовка стен панелями помогает сделать ремонт намного быстрее, при этом получить желаемый результат и значительно сэкономить на стоимости ремонта. Ведь ими можно прикрыть отсутствие штукатурки, неровные углы, неровные стены.

Панели могут использоваться для жилых помещений любого назначения включая спальни, гостиные, кухни, санузлы и т. д. Важно в зависимости от назначения помещения правильно подобрать материал и правильно его смонтировать чтобы сохранить долговечность, эстетичность и практичность в эксплуатации.

Облицовка стен внутренними стеновыми панелями не представляет труда даже для людей, не обладающих специальными навыками, но следует учитывать, что для различных типов стеновых панелей используются различные способы крепления в основном это: на обрешетку или на клей [1, с. 95].

#### Установка наборных панелей

В зависимости от типа наборных, плиточных и реечных панелей существует 2 способа крепления паз-паз и паз-шип. И в том, и в другом случае крепить их нужно будет на обрешетку.

Перед установкой внутренние стеновые панели рекомендуется на двое суток оставить в том помещении, где вы собираетесь обшивать ими стены.

Перед установкой панелей необходимо сделать обрешетку из деревянных реек, прикрепив их к стене саморезами или гвоздями на расстоянии 40 см. Обратите внимание на то, что рейки следует крепить перпендикулярно направлению панелей.

Способом паз-паз крепятся панели, имеющие углубления с обеих сторон. Это делается очень просто: вставьте расшивку в боковые пазы соседних панелей, расшивку –



это соединительная рейка, входящую в комплект панелей, после чего прикрепите панели к обрешетке кляммерами.

При выполнении сборки способом паз-шип в боковой паз предыдущей панели вставляют шип следующей панели.

В плиточных панелях есть пазы с четырех сторон, в отличие от реечных. Для соединения между собой и крепления на обрешетку обычно используют расшивки и крепежи [1, с. 215].

### **Облицовка стен панельными досками**

Существует разные способы облицовки стен панельными досками: вертикальный, горизонтальный, диагональный и елочкой. В зависимости от способа будет различаться и обрешетка. Если вы хотите располагать облицовочные доски вертикально, рейки обрешетки будут закреплены по горизонтали, обрешетка в виде рамы с вертикально закрепленными на ней рейками предназначена для горизонтальной обшивки и обшивки елочкой, для диагональной рама с горизонтально расположенными рейками.

Перед началом сборки каркаса проверьте с помощью лазерного уровня либо отвесов и рулетки горизонтальность и вертикальность стен, в противном случае поверхность, отделанная панелями, не будет ровной.

Соединения панельных досок друг с другом производится с помощью шпунтового соединения и закрепляется с помощью специальных скоб. Скобы прибиваются к каркасу гвоздями с потайной головкой. В результате получается очень прочное и невидимое с лицевой стороны соединение.

### **Крепление листовых панелей**

Существует различные способы крепления листовых панелей: с помощью скоб или клипс (которые, в свою очередь, крепятся к каркасу гвоздями или скрепками), мастики, гвоздей или клея.

На обрешетку листовые панели крепите так, как было описано выше, места стыков заделайте специальными герметиками под цвет поверхности панелей.

Перед тем как посадить панели на клей, тщательно подготовьте поверхность стены, выровняйте и очистите от пыли и грязи.

Нанесите специальный клей на тыльную сторону панели и плотно прижмите панель к стене. Рекомендуется начать облицовку с верхнего угла стены, при этом панель должна плотно примыкать к местам стыка стены с потолком и стены с соседней стеной. Приклеив все панели, заделайте места стыков герметикам [2, с. 148].

### **Крепление гипсовых 3Д панелей**

3Д панели из гипса отлично вписываются в любой интерьер и помогают воплотить в жизнь оригинальные идеи вашего дизайнера. На первый взгляд может показаться, что работать с такими панелями очень сложно и нужен большой опыт. Но одно из достоинств этого декоративного материала и заключается в том, что произвести монтаж 3Д панелей своими руками под силу каждому.

Первым делом необходимо позаботиться о подготовке отделочного материала и всех комплектующих для проведения монтажных работ. Причем если говорить о заготовке непосредственно 3д панелей, то здесь следует учитывать структуру, формат материала, его толщину. А также принимать во внимание необходимость подрезания плиток и декоративных плинтусов.

В целом же рекомендуется закупать объемные панели с 10% запасом относительно отделяемой площади. Это позволит компенсировать недостачу в случае ошибок монтажа.

В начале монтажа 3Д панелей из гипса своими руками, не имея на то достаточного опыта, рекомендуется произвести разметку стен. Это поможет в последующем располагать декоративные материалы по заданной схеме.

Для нанесения разметки необходимо разложить декоративные панели на полу и определить правильное их расположение друг относительно друга, а затем – производить разметку на стенах. Выполнять данную работу следует с использованием строительного уровня/отвеса.

Укладка 3д панелей из гипса своими руками схожа с укладкой кафеля, вначале желательнее прикрутить к поверхности стены базовый упор, который будет выступать в качестве основания для укладки листового материала.

В качестве такого упора обычно применяется монтажный профиль или ровный деревянный брус, который следует зафиксировать к стене при помощи шурупов на уровне второго ряда.

Начинать укладку панелей следует именно со второго ряда, так как при проведении работ, плитки, примыкающие к полу, легко повредить (они укладываются в последнюю очередь).

Укладка гипсовых 3Д панелей производится на чистую, ровную сухую и загрунтованную поверхность. В качестве клеевого раствора используется специальный состав.

Технология монтажа гипсового материала предполагает следующее:

1. С помощью зубчатого шпателя клей равномерно наносится на стену на место предполагаемого монтажа 3д панели;

2. Панель прикладывается к стене, прижимается и выравнивается на ней согласно разметке (начинать укладку лучше от крайнего левого угла);

3. Далее по вышеописанной методике производится укладка всего ряда панелей, все излишки клея (который выдавливается при нажатии на плитки) должны быть удалены еще до его застывания;

4. Далее выкладываются все последующие ряды плит по аналогичной технологии;

5. При необходимости подрезки, 3Д панели легко отрезаются с помощью пилки с мелкими зубьями, место реза легко шлифуется наждачной бумагой.

Далее приступаем к затирке швов, этот процесс практически идентичен затиранию кафеля, хотя может иметь определенные отличия.

К примеру, если монтаж 3Д панелей предполагается производить бесшовным методом, то затирка швов осуществляется после укладки всего отделочного материала с помощью гипсовой шпаклевки и с применением резиновых шпателей, мягкой ветоши или ручную.

После процесса затирки, все полотно желательнее выдержать в течение двух дней. Это делается для того, чтобы выявить дефекты при затвердевании шпаклевки (она может растрескиваться) и их устранения (затирка проблемных участков выполняется повторно).

После отвердевания шпаклевочного состава, все швы дополнительно обрабатываются мелкой наждачной бумагой. Обработку швов проводят до тех пор, пока швы станут не заметны (не будут выделяться из общей картины), то есть панели смогут визуально сформировать единую плоскость.

После окончания монтажных и затирочных работ панель должна быть покрыта слоем защитного покрытия, в качестве которого выступает панельная или любая подходящая краска.

Для того, чтобы краситель качественно держался на панелях необходимо грунтование поверхности специальными составами с антибактериальными добавками.

Окраску поверхностей можно выполнять краскопультом (обеспечивая небольшой выход материала), или малярным валиком. Малярный валик может быть использован лишь в тех случаях, когда производится окрашивание материалов с небольшими перепадами по рельефу (мало фактурных).

Также чтобы получить уникальную комбинацию допускается использование техники точкования, это когда при помощи губки краска как бы втирается в поверхность, что и обеспечивает наличие плавных переходов [3, с.165].

### **Преимущества и недостатки внутренних стеновых панелей**

Перед тем как приступать к выбору отделочных материалов, необходимо выяснить все преимущества и недостатки конкретных вариантов. В случае со стеновыми панелями преимуществами будут:

1. Широкий выбор панелей;
2. Долговечность и прочность большинства панелей;
3. Простота монтажа и замены поврежденных фрагментов;
4. Простота ухода без использования специальных средств;
5. Теплоизоляционные и звукоизоляционные свойства;
6. Возможность монтажа без предварительного выравнивая поверхности;
7. Возможность скрыть за панелями различные инженерные коммуникации.

В качестве недостатков специалисты по ремонту отмечают лишь один – свойство уменьшать на несколько сантиметров метраж помещения [4, с. 230].

### **Выводы**

Монтаж стеновых панелей избавляет нас от многих неприятных моментов. То есть не нужно избавляться от старой краски или штукатурки, отделять стены с помощью мокрых работ и платить за это много денег при этом увеличивая срок ремонта. Быстрый монтаж панелей, возможность скрыть за ними коммуникации, которых много в современных квартирах, при этом придавать уникальный дизайн это все возможно при использовании внутренних декоративных стеновых панелей.

### **Литература**

1. Отделочные работы и материалы; М.: АСТ; Сталкер, 2011. 128 с.
2. Андреев В. С. Современные отделочные материалы в интерьере дома. М.: Феникс, 2014. 288 с.
3. Блохин Б. Н., Галактионов А. А. Отделочные материалы и работы. М.: Госстройиздат, 2012. 276 с.
4. Котельников В. С. Современные отделочные работы и материалы. М.: Феникс, 2014. 256 с.

## КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ МЕЖДУЭТАЖНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ В ЗДАНИЯХ СТАРОГО ЖИЛОГО ФОНДА

### OVERHAUL OF INTERMEDIATE FLOORS IN BUILDINGS OF OLD HOUSING

В статье рассмотрены различные виды межэтажных перекрытий в многоквартирных домах старого фонда города Санкт-Петербурга, определены возможные дефекты этих перекрытий с учётом длительности их эксплуатации и изменения строительных норм, произошедших за 100 лет. Подробно рассмотрена конструкция перекрытия по деревянным балкам, определены негативные факторы, влияющие на его несущую способность, такие как длительное время эксплуатации, чрезмерные нагрузки, воздействия влаги, неравномерная осадка фундаментов, кирпичной кладки и др. Представлены сведения технологий устройства перекрытий по деревянным балкам с деревянным заполнением и устройства перекрытий с использованием металлических балок с деревянным заполнением.

*Ключевые слова:* капитальный ремонт, межэтажное перекрытие, деревянная балка, металлическая балка, несущая способность, железобетонная плита.

The article contains various types of floor coverings in the St. Petersburg old Foundation apartment buildings, identifies possible defects of these floors, taking into account the duration of their operation and changes in building standards that occurred over 100 years. Discussed in detail the design of overlapping on wooden beams, identified negative factors affecting its load-bearing capacity, such as long-term use, excessive exercise, exposure to moisture, differential settlement of foundations, masonry and others. Presented information technology devices floors on the wooden beams and wooden floors and filling the device with metal beams with wooden filling.

*Keywords:* overhaul, floor covering, wooden beam, metal beam, load-bearing capacity, reinforced concrete slab.

Начиная с года основания в Санкт-Петербурге началось строительство жилых зданий. Особенно бум строительства пришёлся на вторую половину 19-го и начало 20-го века – застраивались улицы города доходными многоквартирными домами. Традиционные строительные материалы, широко использовавшиеся в жилищном строительстве второй половины 19 и начале 20 века – кирпич, дерево и металл. Они отличаются друг от друга прочностными характеристиками, сроками эксплуатации и не соответствуют основному требованию современного строительства-применению основных конструктивных элементов здания с приближёнными сроками эксплуатации [1]. В основном возводились каменные здания из кирпича на известковом растворе. Фундаменты устраивались из бутового камня, подвальные перекрытия и перекрытия цокольных этажей – в виде сводов из кирпича, опирающихся на капитальные стены, а также в виде кирпичных или бетонных сводиков между металлических балок.

Межэтажные и чердачные перекрытия строились 2-х видов: перекрытие по деревянным балкам с деревянным заполнением и перекрытия по металлическим балкам с деревянным заполнением.



Перекрытие по деревянным балкам с деревянным заполнением. Деревянные балки перекрытия монтировались в форме круглого обтёсанного бревна диаметром от 250 до 400 мм в зависимости от длины пролёта между капитальными стенами или в виде бруса сечением  $250 \times 250 - 350 \times 350$  мм. Для опирания деревянного подбора, который изготавливали чаще всего из строганой доски толщиной 50–60 мм в деревянных балках выстругивалась по низу специальная выемка либо прибивался гвоздями брусок сечением  $70 \times 70$  мм.

По доскам подбора рассыпалась строительная засыпка, чаще всего представляющая собой остатки строительного мусора, обломки материалов, золу с печей, пыль и шлак. Толщина строительной засыпки обычно составляла от 100 до 200 мм в зависимости от вида перекрытия. Для того чтобы пыль не просыпалась в щели подбора, устраивался глиняный замок толщиной 10–20 мм. Также в некоторых случаях на чердаках укладывался кирпич плашмя на известковый раствор с прокладкой из войлока. Строительная засыпка играла роль шумоизоляции и теплоизоляции перекрытий, а также добавляла вес для устранения зыбкости перекрытий.

На деревянные балки с шагом около 500 мм монтировались лаги из досок толщиной 50 – 70 мм, сверху устраивался черновой деревянный пол из доски 50 мм. Чаще всего по черновому полу укладывался паркет, но иногда доски чернового пола только строга-ли и покрывали защитным составом-лаком или краской.

С нижерасположенной квартиры, к деревянным балкам крепили подшивку потолка из доски толщиной 30 мм, на которую набивалась крестообразно дранка из древесины и затем потолок штукатурился с элементами лепки, количество и художественная ценность которой напрямую зависела от назначения помещения и кошелька владельца (рис. 1).

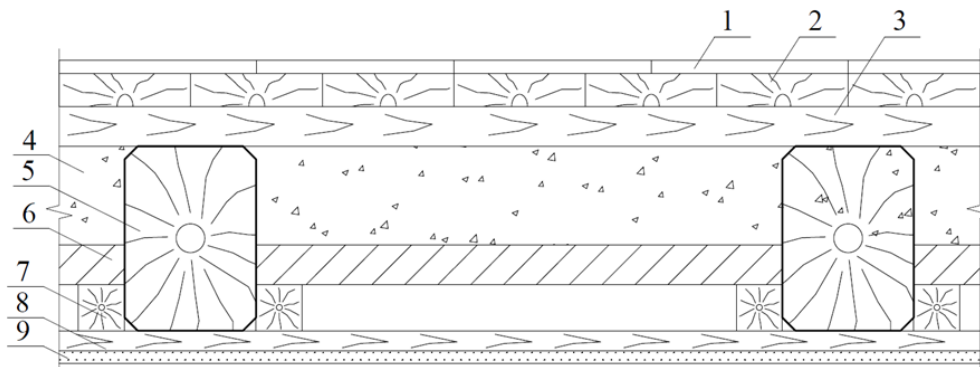


Рис. 1. Схема межэтажного перекрытия здания старого фонда по деревянным балкам с деревянным заполнением: 1 – паркет толщиной 20 мм; 2 – доска чернового пола толщиной 50 мм; 3 – лаги толщиной 60 мм с шагом около 500 мм; 4 – засыпка строительная толщиной около 150 мм; 5 – балка деревянная в форме бруса сечением  $200 \times 280(h)$  мм; 6 – подбор из доски толщиной 60 мм; 7 – брусок опорный сечением  $70 \times 70$  мм; 8 – подшивка потолка нижерасположенной квартиры из доски толщиной 30 мм; 9 – штукатурка известковая по драни толщиной 20–30 мм

В перекрытиях по металлическим балкам с деревянным заполнением вместо бревна использовались двутавровые балки, чаще всего от № 16 до № 25 по Германскому сор-таменту. При строительстве доходных домов начала 20 века чаще всего использовались двутавровые балки № 18. Деревянный подбор из доски укладывался на нижние полки балок. Наиболее широко при строительстве домов применялась схема с несущими кир-пичными стенами.

Длина пролёта для опирания балок перекрытия обычно составляла 6000–7000 мм, хотя довольно часто пролёты доходили и до 9000–12000 мм. Соответственно, чем больше был пролёт между капитальными стенами, тем больше был диаметр (сечение) деревянной балки или сортамент металлической балки.

До 1898–99 гг. перекрытия возводились по деревянным балкам. Затем до 1917 года в качестве балок перекрытия стали использовать в основном двутавровые балки, применяя деревянные балки иногда только на чердаках.

После революции дома в основном из-за сложной обстановки в стране и нехватки металла, который первоначально использовался на военные нужды, тракторостроение и машиностроение, строились с перекрытиями по деревянным балкам.

После Великой Отечественной войны 1941–1945 года многие здания или части зданий были разрушены и в ускоренных темпах их восстанавливали, используя в качестве материалов на перекрытия и деревянные балки и металлические балки с разрушенных зданий, в том числе и трамвайные рельсы. И только оправившись от войны, начиная с конца 40-х годов дома начали строить, применяя в качестве перекрытий бетонные плиты.

С конца 1950-х годов в Санкт-Петербурге, учитывая аварийность и ветхость жилья начали выполнять капитальный ремонт жилых зданий. Старые деревянные балки менялись на железобетонные пустотелые плиты перекрытий или на металлические балки с заполнением мелкоформованными плитами БПР, уложенными на нижние полки балок.

В советское время программа капитальных ремонтов велась достаточно широко. Жителей квартир без излишних дискуссий переселяли в маневренный фонд, где они проводили в среднем 1–2 года. За это время в здании при необходимости усиливались фундаменты, перебиралась деформированная кирпичная кладка, менялись перекрытия, все коммуникации, кровля, монтировались новые перегородки, полы, производилась отделка квартир, оснащение газовыми плитами, колонками, сантехприборами. После этого жители возвращались обратно в квартиры.

В настоящее время фонд капитального ремонта только выборочно ставит многоквартирные дома в программу такого типа. Да и то, когда уже назначен подрядчик по капитальному ремонту, возникает много сложностей с жильцами. Люди не хотят уезжать из своих квартир неизвестно куда, так как временное переселение происходит в жильё низкого статуса и по местоположению, и по условиям проживания. Жильцы, пользуясь ситуацией, требуют для себя новые квартиры, а не капремонт старого дома, пытаются улучшить свои жилищные условия. Во многих квартирах живут арендаторы, сами собственники не выходят на связь, кто-то проживает за границей. При этом необходимых инструментов в законодательстве и у исполнительной власти для решения таких вопросов нет. Поэтому часто планируемый капитальный ремонт здания просто откладывается. и проблема повисает в воздухе до наступления необратимой аварийности. А чем больше в доме квартир, тем больше проблем, связанных с мнением и интересами каждого жильца. В центре города это всё осложняется необходимостью сохранения объектов культурного наследия, и тем самым большим финансированием проектных и строительных работ. Поэтому многие собственники жилья встают перед выбором – запустить механизм признания аварийности перекрытия, дожидаться обследования, конкурса, согласования, выполнения работ неизвестной организацией, и тем самым лишиться квартиры минимум на 2 года или за счёт собственных средств инвестировать деньги в улучшение качества жилья, произведя капитальный ремонт перекрытия, выбрав подрядчика самостоятельно.

Так как многоквартирным домам старого фонда в Санкт-Петербурге уже как минимум 100 лет, а некоторые достигают возраста и 200 лет, то перекрытия этих домов с учётом долгих лет эксплуатации, подверглись влиянию разных негативных воздействий. За это

время изменились (и не один раз) строительные нормы в отношении необходимых несущих способностей данных перекрытий. Основными недостатками перекрытий домов дореволюционной постройки является совместная работа системы деревянных каркасных перегородок, совпадающих по этажам и балок перекрытий [1].

Перечень некоторых негативных факторов, влияющих на работоспособность балки перекрытия и их дефектов:

- длительное время эксплуатации. В результате появляется прогиб, не соответствующий современным нормам. Иногда он достигает до 150 мм при пролёте 6000–7000 мм при допустимом не более 1/200 от длины пролёта [2];

- чрезмерные нагрузки, не соответствующие требованиям измененных строительных норм и возникающие из-за не квалифицированных ремонтов, произведённых за последние 70 лет. Так, в зданиях со старыми и деструктурированными балками, залитая слоями в разное время бетонная стяжка на цокольных этажах, достигающая толщины до 500 мм увеличивает нагрузку до 1000 кг/м<sup>2</sup> перекрытия;

- влияние влаги на балки перекрытий. В мокрых зонах квартир (кухня и санузел), из-за частых протечек системы отопления деревянные балки перекрытий гнивают, а металлические корродируют до их полного разрушения. В 50 % мокрых зон квартир балки в аварийном состоянии. Те же самые воздействия влаги происходят на чердаках из-за текущих крыш и в сырых подвалах;

- деревянные балки подвержены влиянию древесных жучков, насекомых, плесени, грибка, растрескиванию и т. п., что ведет к разрушению структуры материала балок и снижению их несущей способности.

- не профессиональное вмешательство жильцов в работу несущих конструкций. Многие годы некоторые жильцы без каких-либо проектов самостоятельно устраивают проёмы в перекрытии, разрезая балки перекрытий и перенося нагрузку на соседние балки. У кого-то не влезает холодильник, и он выбивает в стене нишу под опорой балки или расширяет проём в несущей стене, не выполнив дополнительное усиление. Эти факторы изменяют нагрузку на балки, уменьшая их несущую способность;

- неравномерная осадка фундаментов соседних капитальных стен в следствии гидрогеологических процессов, происходящих в грунтах. Так, например, балки перекрытия с наклоном к одной из опор до 150–200 мм;

- деформация кирпичной кладки несущих стен в следствии неравномерных осадок фундаментов, воздействия влаги, перепады температур наружного воздуха и т. д., что приводит к разрушению опор под балками перекрытий;

- отсутствие эксплуатации здания в течении нескольких лет, особенно без правильной консервации. Здание с нарушенным температурно-влажностным режимом, с протекающей кровлей, без отопления в десятки раз быстрее изнашивается, чем действующее.

Все эти факторы ведут к аварийности перекрытия и часто в результате обследования оно оценивается как аварийное, а в лучшем случае как ограниченно работоспособное [3]. Нормативный срок службы перекрытия по деревянным балкам-60 лет [4]. Поэтому такие перекрытия в первую очередь нуждаются в капитальном ремонте.

#### **Литература**

1. Юдина А. Ф. Реконструкция зданий и сооружений: учебник / А.Ф. Юдина. – М.: Издательский центр «Академия», 2019. – 320 с.
2. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\* (с Изменениями N 1, 2). Приложение Д, таблица Д1.
3. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. П.5.1.5.
4. Нечаев Н. В. Капитальный ремонт жилых зданий. М.: Стройиздат, 1990. 207 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ТРУДОЗАТРАТ ПРИ ВДАВЛИВАНИИ СВАЙ И ПОДГОТОВКЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

### STUDY OF THE STRUCTURE OF LABOR FOR THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF PRESSING PILES

На сегодняшний день устройство фундаментов посредством статического вдавливания свай набирает все большую популярность в связи с тем, что эти работы можно выполнять в густозаселенной городской застройке. Поэтому автор в своей статье рассказывает про такие аспекты устройства свайных фундаментов как хронометраж работ и время, которое необходимо потратить на формирование комплекта исполнительной документации. Автор указывает на проблемы, с которыми сталкиваются инженеры ПТО при составлении документации, и возможные варианты решения этих проблем. Статья носит больше ознакомительный характер и направлена на просвещение в области производства работ по статическому вдавливанию свай.

*Ключевые слова: сваи, свайные фундаменты, качество, трудозатраты, исполнительная документация.*

To date, the construction of foundations by means of static compression of piles is gaining popularity due to the fact that these works can be performed in densely populated urban buildings. Therefore, the author in his article tells about such aspects of pile foundations as the timing of work and the time that must be spent on the formation of a set of Executive documentation. The author points out the problems faced by engineers when compiling documentation, and possible solutions to these problems. The article is more informative in nature and is aimed at education in the field of work on static pile indentation.

*Keywords: piles, piles foundations, quality, labor expenditures, executive documentation.*

Основными тенденциями современного строительства в крупных городах при возведении как жилых, так и общественных зданий являются повышение этажности застройки, увеличение количества сооружений, под которыми осваиваются подземные пространства [1]. В условиях плотной городской застройки, устройство фундаментов кажется крайне сложной задачей, поэтому чаще всего предпочтение проектировщики отдают свайным фундаментом, возводимым посредством статического вдавливания свай. Почему сваи, и почему статическое вдавливание? На сегодняшний день известны следующие способы устройства свайного фундамента: предварительно изготовленные забивные и вдавливаемые, сваи оболочки, набивные, буровые, винтовые сваи [2]. В условиях слабых глинистых грунтов Санкт-Петербурга сваи будут наиболее оптимальным выбором для обеспечения необходимой несущей способности фундамента. При статическом вдавливании отсутствуют динамические и вибрационные воздействия, отсюда меньше страдает окружающая застройка. Применение свайных фундаментов позволяет сократить объем земляных работ, материальные и трудовые затраты по сравнению с традиционными конструкциями фундаментов, особенно в сложных гидрогеологических условиях [3]. Поэтому проектные организации отдают предпочтение статическому вдавливанию свай.



Сваевдавливающая установка – это строительная машина самоходная или переставляемая краном с максимальным усилием вдавливания от 700 до 2000 кН, вертикальные статические усилия, в которой, передаются на торец или боковую поверхность свайного элемента посредством гидравлических или полиспастных зажимных устройств [4].

В ходе производственной практики была посещена строительная площадка, где выполнялись работы по устройству свайного основания из ж/б свай заводского изготовления методом вдавливания с устройством сварного стыка. С целью определения показателей эффективности устройства стыка свай на сварке был произведен хронометраж всех сопутствующих работ при погружении свай.

Технология погружения составных свай реализуется в следующей последовательности [5]:

- выполняется строповка нижней части сваи;
- подъем сваи и заводка ее в зажимное устройство;
- зажим сваи с помощью гидравлического цилиндра в зажимном устройстве;
- вертикальное перемещение вниз зажимного узла с помощью двух цилиндров (величина хода цилиндров – 1,0 м). При достижении крайнего нижнего положения зажимное устройство разжимается, вдавливающий узел поднимается в крайнее верхнее положение, и далее цикл повторяется;
- выполняется строповка верхней части сваи;
- подъем сваи и заводка ее в зажимное устройство;
- подготовка свариваемых поверхностей к работе, очистка от бетона и совмещение фланцев свай;
- электродуговая сварка элементов конструкций, зачистка облицовочного слоя шва от шлака и брызг;
- нанесение антикоррозийной защиты – обмазка свай праймером (раствор битума в бензине 1–4 / 1–3) в три слоя;
- погружение составной железобетонной сваи;
- движение сваевдавливающей установки к следующей свае.

Производительность установок в среднем составляет 5–15 свай в смену в зависимости от грунтовых условий, длины свай и принятой технологии производства работ. Квалификационный состав звена из расчета на одну установку показан в табл. 1.

Таблица 1

**Квалификационный состав, осуществляющий вдавливание составных свай**

№ п/п	Наименование профессии	Разряд	Кол-во	Основные обязанности
1	Машинист монтажного крана	6	1	Управление и контроль за состоянием технических средств
2	Машинист копра (УСВ)	6	1	
3	Копровщик-стропальщик	5	1	Такелажные работы, осмотр оснастки, руководство подачей и раскладкой свай, разметка свай
4	То же	3	1	
5	Электросварщик	5	1	Очистка от бетона и совмещение фланцев свай, электродуговая сварка, зачистка шва от шлака.

В течение рабочей смены объекте были погружены 9 свай марки С180.40 Св (С60.40 ВСв.4 – верхняя секция сваи; С120.40 НСв.4 – нижняя секция сваи). В процессе погружения фиксировалось время каждого технологического этапа. Фиксация времени началась при окончании производства одного вида работ и переходе на следующий этап погружения. Полученные данные сведены в табл. 2. В таблице не учитывалось перемещение установки вдавливания от одной свае к другой, так как эти данные имели бы очень большой разброс, ведь сваи могут располагаться на расстоянии 1,5 метра и на расстоянии 20 метров. Установка может двигаться длинным и коротким ходом. Скорость перемещения в таком случае меняется с 2,5 метров в минуту до 60 сантиметров в минуту.

Таблица 2

**Хронометраж работ при погружении свай методом вдавливания с устройством сварного стыка**

№	Этап погружения	Время производства работ, мин											Процент этапа от погружения сваи (вкл. все процессы), %
		Номер погружаемой сваи										Сред. знач.	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Строповка сваи	2,40	3,15	2,50	4,25	3,40	2,35	2,50	5,05	3,45	<b>3,45</b>	<b>3,87</b>	
2	Подъем нижней секции сваи; заводка ее в зажимное устройство;	5,32	3,22	3,40	4,55	5,28	3,43	4,55	4,24	5,18	<b>4,55</b>	<b>4,78</b>	
3	Погружение нижней секции составной сваи С120.40 НСв4	11,25	14,58	13,40	12,33	14,52	12,25	18,46	15,16	10,40	<b>14,24</b>	<b>12,39</b>	
4	Подъем верхней секции сваи, заводка ее в зажимное устройство	4,12	4,05	2,55	3,45	4,15	3,53	5,15	3,40	4,42	<b>4,12</b>	<b>4,43</b>	
5	Очистка от бетона и совмещение фланцев свай	1,30	2,30	1,52	3,05	1,45	2,15	2,28	2,46	3,50	<b>2,42</b>	<b>3,01</b>	
6	Электродуговая сварка; зачистка шва от шлака	48,50	53,20	48,24	39,34	48,20	49,31	55,32	51,44	42,17	<b>48,39</b>	<b>42,28</b>	
7	Нанесение антикоррозийной защиты + время высыхания	23,0	28,15	35,20	30,15	26,10	21,10	29,34	31,27	21,47	<b>27,30</b>	<b>22,72</b>	
8	Погружение составной ж/б сваи	5,30	6,12	7,25	5,15	5,53	6,44	8,12	4,22	6,23	<b>6,04</b>	<b>6,52</b>	
<b>Среднее время погружения сваи</b>											<b>2ч 12м</b>	<b>∑ = 100%</b>	

На основании обработанных данных следует, что 65 % процентов от полного комплекса работ по вдавливаю одной сваи составляют работы, связанные с устройством стыка. Большую часть времени, порядка 40–50 минут, занимает электродуговая сварка и около 20–30 минут уходит на ожидание высыхания антикоррозийного защитного слоя.

В ходе проведенного анализа хронометража работ по погружению свай методом вдавливания с устройством сварного стыка определено, что время устройства стыка занимает порядка 50–60 мин, что приводит к уменьшению производительности, ограничиваясь погружением 7–8 свай одной СВУ в смену.

Так же были определены затраты времени на формирование исполнительной документации.

Перечень исполнительной документации: заверенная копия выписки из реестров членов саморегулируемой организации, заверенные копии приказов, подписанные оригиналы актов освидетельствования скрытых работ, подписанные оригиналы актов освидетельствования ответственных конструкций, журнал входного контроля, журнал погружения (вдавливания) свай, журнал сварочных работ (при составных сваях), журнал антикоррозионной защиты сварных соединений (при составных сваях), исполнительная схему планово-высотного положения свай, оригиналы или копии паспортов качества свай, оригиналы или копии паспортов качества закладных деталей (при составных сваях), оригиналы или копии паспортов качества на битумный лак (при составных сваях), оригиналы или копии паспортов качества на электроды (при составных сваях).

Была изучена закономерность влияния количества свай на время сбора полной исполнительной документации в четыре папки. Рассматривались примеры, при которых акты скрытых работ, акты ответственных конструкций, исполнительные схемы и журналы заполнены и распечатаны, так как чаще всего все эти документы формируются совместно с выполнением работ.

Для определения зависимости были выбраны различные объекты по количеству свай, и по виду свай (составные, одиночные). Объекты под номерами 1, 6, 7 были с составными сваями, остальные объекты были с одиночными (табл. 3).

Таблица 3

### Информация об объектах

№	Количество свай, шт.	Затраченное время, мин.	Объект
1	3	75	Малохтинский пр., д.68
2	4	23	Пригородный проспект, участок 307 кран 5
3	4	15	Пригородный проспект, участок 307 кран 4
4	4	20	Пригородный проспект, участок 307 кран 3
5	132	102	Петровская коса, д. 7/2, корпус А1
6	233	167	Витебский пр., дом 15 паркинг 6-7
7	276	715	ул. Магнитогорская, д. 11, 5 очередь
8	630	208	Пригородный проспект, участок 307 корпус 5
9	674	171	Пригородный проспект, участок 307 корпус 6

Зависимость составления исполнительной документации от времени и количества свай показана ниже (рис. 1).

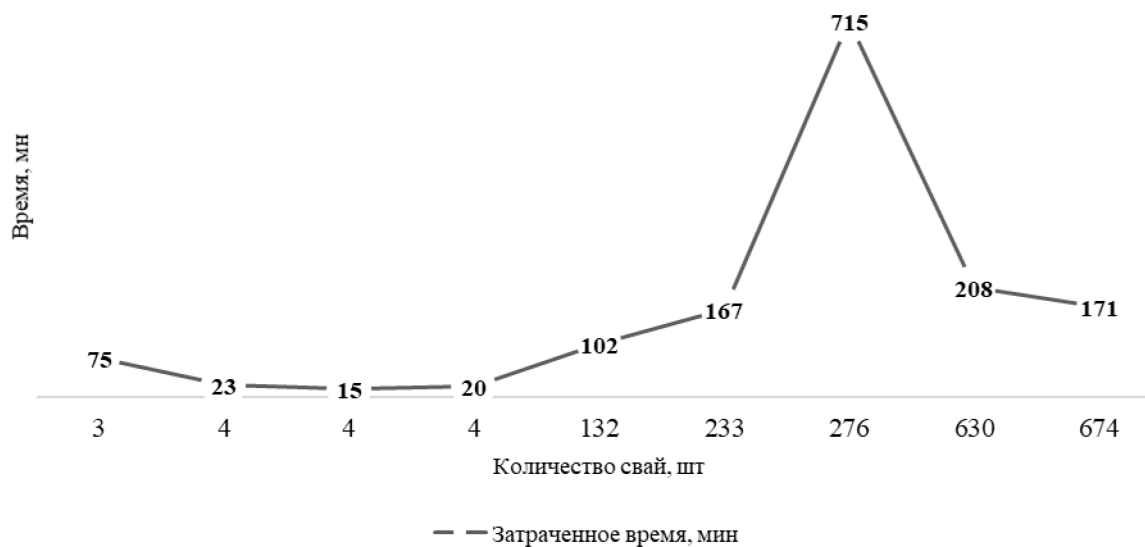


Рис. 1. График зависимости времени оформления исполнительной документации от количества свай

Больше всего времени тратится на то чтобы заверить копии, здесь наличие одной/двух печатей вместо четырех сильно сокращает время. Время на составление комплекта актов для составных свай или для одиночных отличается примерно на 2 минуты, так как для одиночных свай это акт на осмотр и погружение, а в составных это осмотр и погружение нижнего звена, сварка и антикоррозионная защита стыков составных свай, осмотр и погружение верхнего звена. Однако встречаются заказчики, которые просят все свайное поле, а это может быть и четыреста, и семьсот свай, сделать одним актом. Поэтому время на формирование папок очень сильно зависит в большинстве своем от заказчиков, нежели от количества или от вида свай.

Были выявлены зависимости формирования папки исполнительной документации от количества свай, обнаружено, что время прямо пропорционально количеству свай, но в большинстве своем зависит от заказчиков нежели от количества и вида свай.

В настоящее время несмотря на то, что исполнительная документация формируется в соответствии с нормативной литературой, в которой хоть и расплывчато, но довольно ясно расписан ее перечень, дана форма актов, есть примеры заполнения, тем не менее каждый заказчик видит исполнительную документацию по-своему. Причем самое удивительное, что даже форма актов, которая имеет четкую структуру, очень часто искажается и заполняется абсолютно не так как положено.

В заключении статьи можно сделать практические важные выводы о том, что переход на информационную модель строительства, не только ускорит процесс формирования исполнительной документации, ведь она не будет печататься, копироваться и т. д., но и позволит в дальнейшем использовать эту документацию на стадии эксплуатации объекта. Требуется разработать систему, которая позволит контролировать различные технологические параметры погружения свай, ведь эта информация будет с большей достоверностью показывать состояние грунтов, и свайного основания под зданием, что позволит закладывать при проектировании меньшие коэффициенты запаса прочности,



а отсюда меньше стоимость строительства, а также будет незаменима при реставрации и реконструкции объекта.

### **Литература**

1. *Верстов В. В., Гайдо А. Н., Иванов Я. В.* Производство шпунтовых и свайных работ. СПб.: СПбГАСУ. 2011. 292 с.

2. *Гайдо А. Н.* Пути совершенствования технологических решений устройства свайных фундаментов жилых зданий в условиях городской застройки // *Жилищное строительство*. 2015. № 9. С. 12–15.

3. *Юдина А. А.* Строительство жилых и общественных зданий / А. Ф. Юдина. – 4-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия». 2015. 384 с.

4. *Гайдо А. Н., Погода А. Г.* Особенности построения цифровых информационных моделей объектов на стадии строительства нулевого цикла // *Вim-моделирование в задачах строительства и архитектуры*. 2019. № 2. С. 64–69.

5. *Свайные работы* / М. И. Смородинов, А. И. Егорова, Е. М. Губанова. Под ред. М. И. Смородинова. – 2-е изд. М.: Стройиздат, 1988. 233 с.: ил. – Справочник строителя.

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДИНАМИЧЕСКОГО ПОГРУЖЕНИЯ СВАЙ РАЗЛИЧНОГО ТИПА С УЧЕТОМ ИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ПЫЛЕВАТО-ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

### NUMERICAL MODELING OF THE PROCESS OF DYNAMIC IMMERSION OF PILES OF VARIOUS TYPE OF THEIR TECHNOLOGICAL FEATURES UNDER THE CONDITIONS OF WATERATED DUST-CLAY SOILS

В работе приведено численное моделирование динамического воздействия на сваи различного типа при различных технологиях погружения в условиях водонасыщенных пылевато-песчаных. Данная тематика актуальна при ведении работ в условиях плотной городской исторической застройки, поскольку к таким объектам предъявляются жёсткие требования по допустимым дополнительным деформациям. Рассмотрены процессы забивки свай, высокочастотное погружение шпунтовых свай корытного профиля и трубошпунта. Численным моделированием получены значения распределения ускорений в грунтовой массе и определены расчетные зоны влияния от этих процессов. Приведены особенности моделирования каждого из процессов.

*Ключевые слова:* численное моделирование, забивка свай, высокочастотное вибропогружение, вибромониторинг, трубошпунт, плакис.

The paper presents a numerical simulation of the dynamic effect under conditions of water-saturated dusty-sand during the sinking of piles of various types and technology of sinking. This topic is especially relevant when conducting work in the conditions of dense urban historical development, since such objects are subject to stringent requirements for permissible additional deformations. Pile driving processes, high frequency dipping of sheet piles with a trough profile and pipe tongue are considered. The distribution of accelerations in the soil mass is obtained and the calculated zones of influence from these processes are determined. The modeling features of each of the processes are given.

*Keywords:* numerical modeling, pile driving, high-frequency vibration diving, vibration monitoring, tube sheet pile, plaxis.

Существенную долю на строительном рынке технологий погружения свай являются динамические методы. Это обуславливается экономической целесообразностью данного типа погружения. Энерго-мощностные затраты на погружения свай значительно ниже, чем у статических методов, что позволяет выполнять большее количество строительного объема за смену [1]. Тем не менее, к любому виду динамического воздействия, в условиях плотной городской застройки, следует относиться с осторожностью.

В условиях г. Санкт-Петербурга ситуация осложняется наличием большой мощностью водонасыщенных песков, которые являются основанием для большинства зданий исторической застройки [2]. Динамическое воздействие на водонасыщенные пески приводит к их разжижению, в следствии, к существенным деформация окружающего массива грунта и зданий, сооружений, попадающих в зону влияния. Под толщей песком располагаются сильнодеформируемые тиксотропные пылевато-глинистые озер-

но-ледниковые (*lgIII*) отложения, которые меняют свои физико-прочностные свойства при внешних воздействиях [3].

Усредненное типовое геологическое напластование в центральной части г. Санкт-Петербурга можно представить в следующем виде (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Наименование ИГЭ	Модель грунта	Удельный вес, кН/м <sup>3</sup>	Модуль деформации <i>E</i> , МПа	Угол внутреннего трения, °	Сцепление <i>c</i> , кПа
1.Насыпной ( <i>tqV</i> )	Мора-Кулона (недренированный А)	18	10	10	10
2.Песок, ср.плот. ( <i>mIV</i> )		19	24	24	0.1
3.Суглинок тек. пласт. ( <i>lgIII</i> )		18	7	8	8
4.Супесь, пластичная ( <i>gIII</i> )		20	13	15	15



Рис. 1. Усредненное напластование грунтов, принятое для численных расчётов

На сегодняшний день научно-техническая база для оценки динамических воздействий, в основном, регламентируется документами [4,5,6]. К оценке предъявляются следующие критерии (табл. 2).

Таблица 2

Источник	Критерий
ГОСТ Р 52892-2007 Вибрация и удар	Величина виброскорости, <i>v</i> , мм/с. Зависит от преобладающей частоты, Гц; категории сооружения.
ВСН 490-87	Величина виброускорения, <i>a</i> , м/с <sup>2</sup> . Зависит от категории сооружения; категории грунтового основания.
ТСН 50-302-2004	Величина виброускорения, <i>a</i> , м/с <sup>2</sup> . Зависит от категории сооружения.

Стоит отметить, что нормативные документы не регламентируют величину колебаний грунта, хотя аварийные, трудно прогнозируемые ситуации возникают из-за нарушения структуры грунтового массива, а не из-за дополнительных напряжений возникающих в конструкциях зданий и сооружения. Также, нет величин, предъявляемых к подземным коммуникациям, таким как коллекторы, водопроводы, газопроводы.

Применение данных технологий должно обеспечиваться постоянным геотехническим мониторингом с целью отслеживания динамику изменения деформаций зданий и сооружений, попадающих в зону влияния, а также уровня колебаний.

Предварительный прогноз колебаний массива грунта и применимости конкретного вибропогружателя, можно получить с помощью численных методов в специализированных программных комплексах: *Plaxis, Midas, Abaqus* и пр.

В данной работе, на примере *Plaxis*, рассмотрено моделирование забивки свай, высокочастотное вибропогружение «трубошпунта» и корытного профиля.

Численный метод базируется на основном уравнение динамики [7]:

$$Mu + Cu + Ku = F \quad (1)$$

где:  $M$  – матрица масс системы;  $u$  – вектор перемещений;  $C$  – матрица демпфирования (2);  $K$  – матрица жесткости элементов системы,  $F$  – вектор внешней нагрузки;

$$C = R_M + R_K, \quad (2)$$

где:  $\alpha_r, \beta_r$  – коэффициенты демпфирования по Рэлею.

Решение динамической задачи происходит за счет интегрирования по схеме Ньюмарка (3,4):

$$u_{t+\Delta t} = u_t + \alpha u_t \Delta t + \frac{1}{2} \Delta t^2 (-\alpha u_t + \alpha u_{t+\Delta t} + \Delta t \Delta t) \quad (3)$$

$$u_{t+\Delta t} = u_t + 1 - \beta u_t + \beta u_{t+\Delta t} + \Delta t \Delta t \quad (4)$$

где:  $\alpha, \beta$  – коэффициенты, определяющие точность расчетов.

Наиболее корректными постановками задач, для моделирования динамического погружения, является: осесимметричная (плоская задача, погружение одиночной сваи), и пространственная (трехмерная постановка задачи).

Нагрузка для любого типа воздействия приводиться как детерминированная, по синусоидальному закону. Их общий вид описывается уравнением (5):

$$F = AF' \sin \omega t + 0 \quad (5)$$

где:  $F$  – Вынуждающая сила;  $A$  – множитель величины нагрузки;  $F'$  – исходное значение нагрузки;  $\omega$  – циклическая частота;  $t$  – время.

Графическое отображение изменение нагрузки во времени, для двух принципиальных процессов, приведено на рис. 2.

Общая расчетная схема для моделирования забивки сваи приведена на рис. 2. Рассмотрен процесс забивки железобетонной сваи с целью оценить распространение колебаний в массиве грунта. Свая имеет круглое сечение диаметр 0.4 м, длина сваи 11 м. Модуль упругости железобетона принят  $E_{уп} = 30\,000$  МПа. По боковой поверхности сваи задан конечный элемент «Интерфейс» для создания контакта между двумя средами «грунт-свая». Коэффициент  $R_{inter}$  предварительно может назначаться в соответствии с [8].



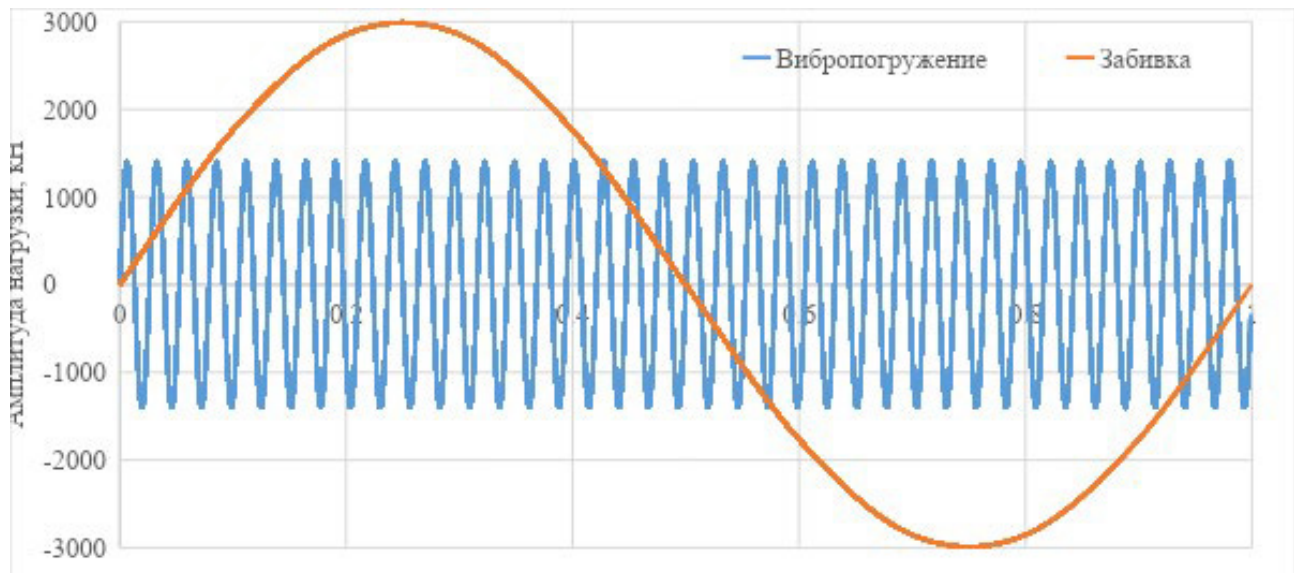


Рис. 2. Графическое отображение изменения нагрузки во времени для высокочастотного вибропогружения шпунта (синий); забивка свай (оранжевый)

При моделировании динамических задач необходимо правильно учитывать граничные условия. При выборе размеров модели следует учитывать, что динамические задачи требуют большого количества времени на расчет. Большая модель увеличит количество конечных элементов, что значительно увеличивает временные затраты.

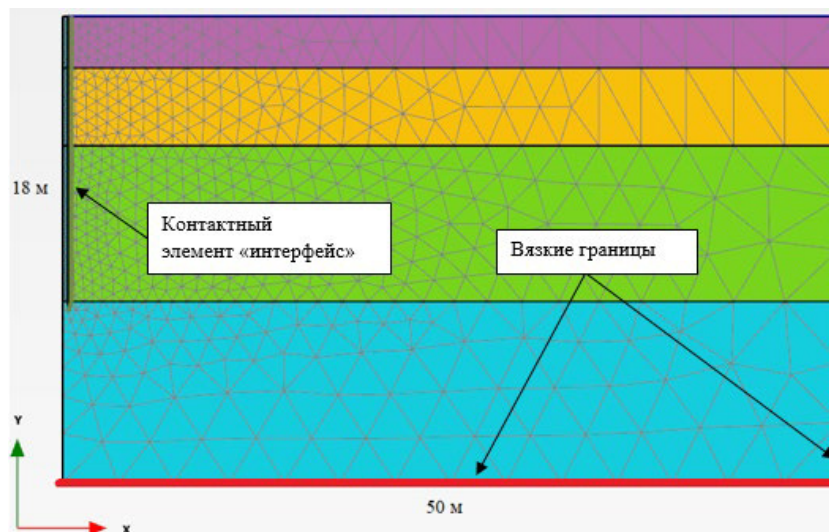


Рис. 3. Расчетная схема задачи забивки одиночной сваи в осесимметричной постановке

Дополнительные граничные условия, вязкие границы, необходимо вводить по краям модели, чтобы исключить отражение волн. Количество поглощенной энергии вязкими границами определяется из условий (6,7):

$$\sigma_n = -C_1 \rho V_p \dot{u}_x \quad (6);$$

$$\tau = -C_2 \rho V_s \dot{u}_y \quad (7);$$

где:  $\sigma_n$  – величина нормальных напряжений, поглощающихся демпферами на границе модели;  $\tau$  – величина касательных напряжений, поглощающихся демпферами на границе

модели;  $\rho$  – плотность грунта;  $V_p, V_s$  – скорость распространения продольных и поперечных волн в массиве грунта;  $C_1, C_2$  – коэффициенты релаксации, стандартное значение 1.

Расчетные фазы заданы в следующей последовательности: 1) формирование природных напряжений; 2) Активация свай и интерфейсных элементов в модели; 3) Моделирования удара по свае; 4) Выключение динамической нагрузки и анализ распространения волн в грунтовом массиве. На рис. 4 представлены результаты.

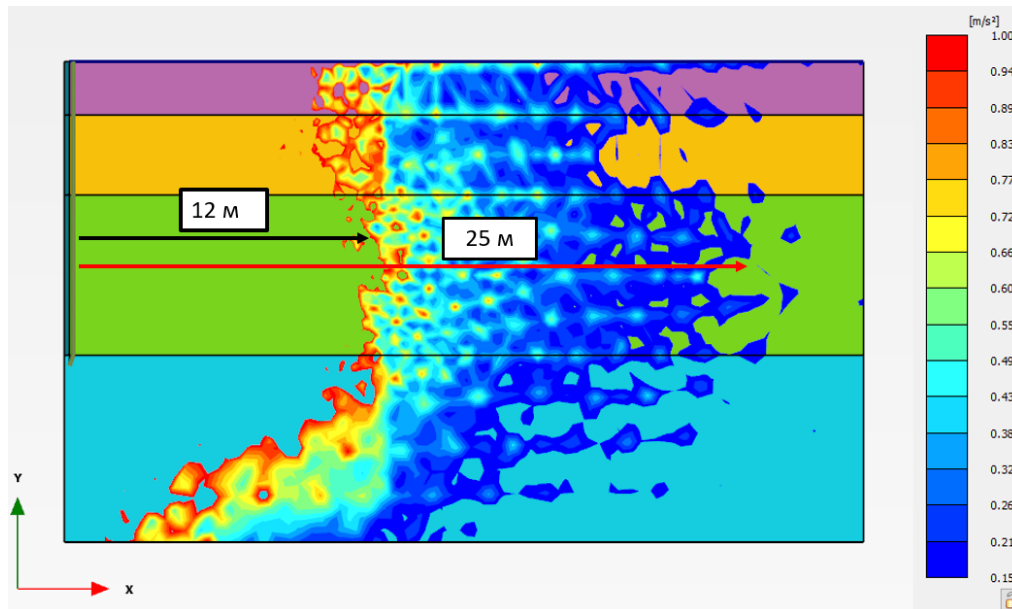


Рис. 4. Распределение ускорений в массиве грунта от забивки свай

Результаты данной задачи позволяют оценить зону влияния от забивки свай одиночной сваи. На рис. 4 представлены изополя ускорений в массиве грунта. Шкала настроена на отображение величины ускорений в диапазоне от  $0,15 \text{ м/с}^2$  (предельно допустимые значения для ускорений зданий 3 категории технического состояния) до  $1 \text{ м/с}^2$ .

Наибольшие ускорения развиваются в зоне до  $12 \text{ м}$  ( $30d_{\text{св}}$ , где  $d_{\text{св}}$  – диаметр сваи) от центра сваи. Затухание колебаний наблюдается на расстоянии  $25 \text{ м}$  ( $60d_{\text{св}}$ ).

Перемещение сваи от одного удара представлено на рис. 5. Результаты данной модели могут использоваться для предварительного определения зоны влияния, а также прогноза отказа свай в конкретных геологических условиях.



Рис. 5. Перемещение сваи в зависимости от времени от одного удара

Высокочастотное вибропогружение является более щадящей технологией. Поскольку рабочая частота вибропогружателя значительно выше, чем собственные частоты грунтового массива и зданий, попадающих в зону влияния, в основании не происходит явления резонанса, которое характеризуется резким скачком амплитуд колебаний. Также, за счет высокой частоты, зоны влияния значительно меньше.

На рис. 6 представлена расчетная схема высокочастотного погружения одиночной шпунтовой сваи.

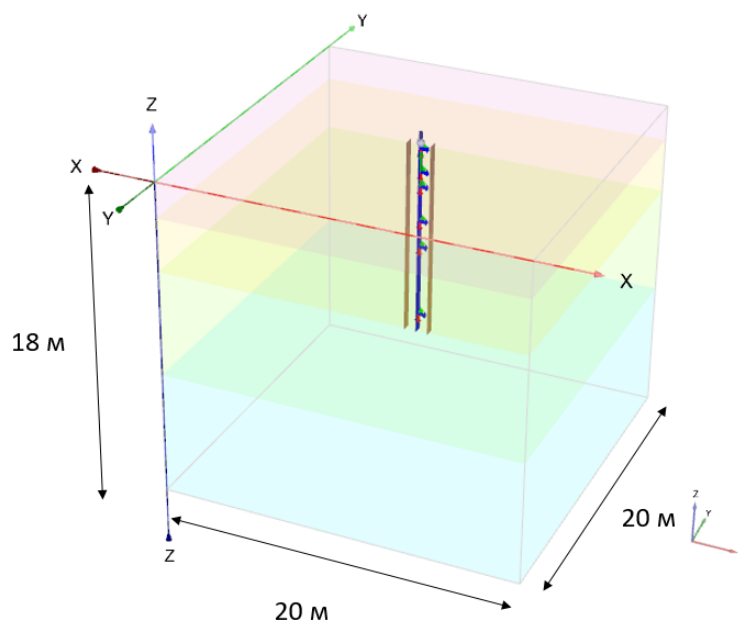


Рис. 6. Расчетная модель вибропогружении сваи в пространственной постановке

В данной задаче рассмотрено и замоделировано вибропогружение одиночной шпунтовой сваи корытного профиля (*PU221 – VL606*) длиной 11 м. Грунтовое напластование принято в соответствии с рис. 1. Динамическая нагрузка характеризуется максимальной вынуждающей силой 900 кН, частота 38 Гц [9].

График зависимости погружения шпунтовой сваи во времени представлен на рис. 7.

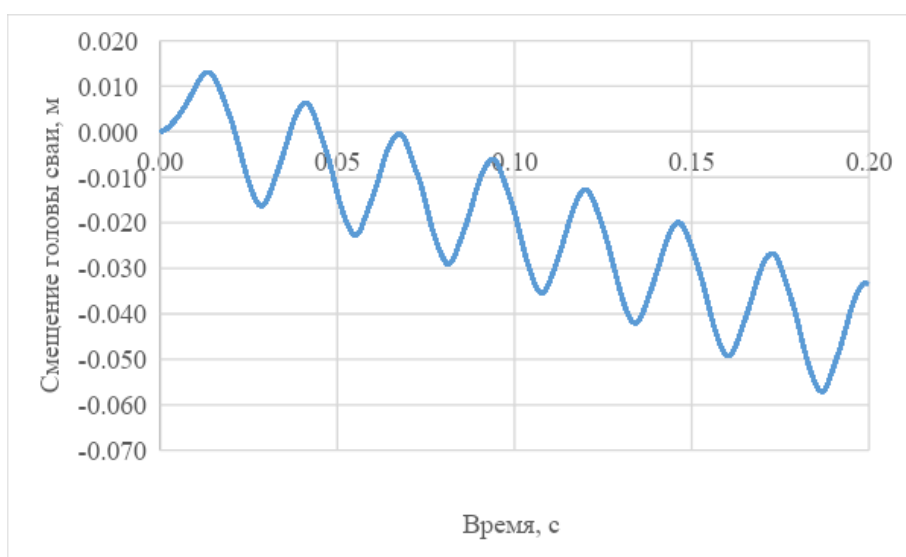


Рис. 7. Перемещение сваи в зависимости от времени при высокочастотном погружении

Изополя ускорений в массиве грунта приведены на рис. 8. Отметим, что полученная расчетная зона влияния погружения оказалась значительно меньше, чем при забивке свай.

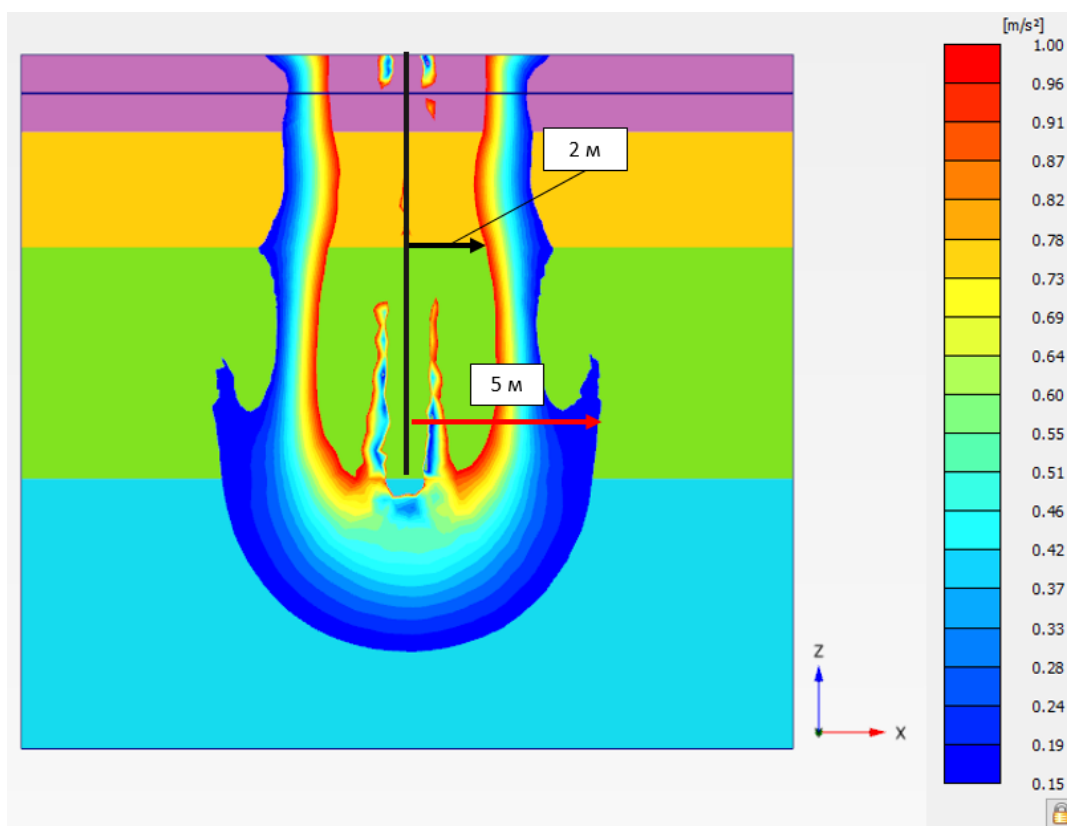


Рис. 8. Изополя распределения значений ускорений в массиве грунта и расчетные зоны влияния

При моделировании данной ситуации необходимо учитывать, чтобы размер конечного элемента был примерно равен длине волны. Также, моделирование одиночной сваи корытного профиля необходимо выполнять в пространственной постановке, потому что, плоская задача дает завешенные величины уровня колебаний грунта и самой сваи. Поскольку длина волны при высокочастотном воздействии короткая, такие задачи обычно имеют большое количество мелких элементов, что значительно увеличивает время расчета. Также, необходимо учитывать коэффициенты демпфирования по Рэлею, в противном случае можно получить завышенные значения ускорений в массиве грунта, которая не соответствует действительности.

Из допущений в данной задаче является отсутствие учета сил трения в замках шпунтовых свай, а также их возможное искривление в грунтовом массиве, при решении задач извлечения. Вязкие границы задаются по всем краям модели, снизу, дневная поверхность не имеет особых граничных условий.

Моделирование вибропогружения одиночной сваи «трубошпунта» можно выполнять в осесимметричной постановке, это значительно снизит время на расчет модели.

Общая расчетная схема для расчета сваи диаметром 1 м и длиной 11 м представлена на рис. 9.

Отметим, что характер деформаций при численном моделировании не совсем отражает физическую ситуацию (см. рис. 9). Реально, при погружении замкнутых профилей в пространстве трубы происходит разуплотнение грунта и его существенное поднятие. Таким образом, при решении динамических задачи можно получить только качествен-



ные и количественные результаты по распределению колебаний в массиве грунта, но при этом численный расчет не учитывает изменение структуры грунта и его свойств.

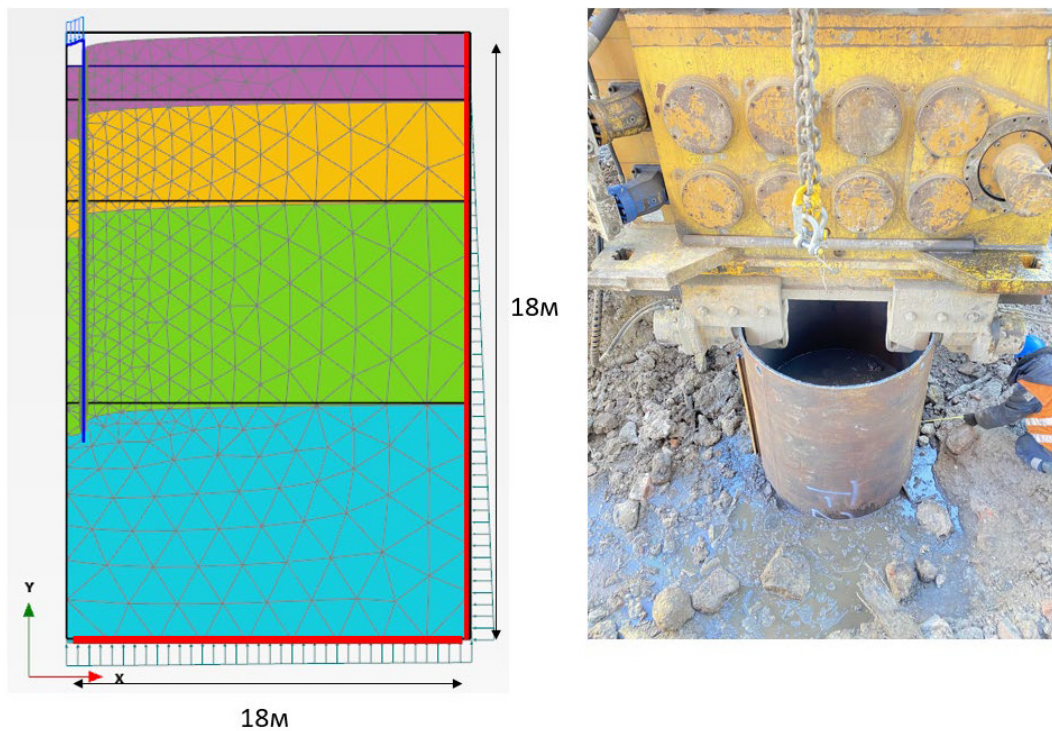


Рис. 9. Наглядное отображение характера деформаций массива грунта при моделировании и в натуре

На рис. 10 представлены результаты моделирования вибропогружения трубошпунта. В данном случае расчетная зона влияния больше, чем при решении задачи при погружении шпунтовой сваи корытного профиля. Это связано с большей жёсткостью сечения трубы, а также большим лобовым сопротивлением по острию сваи.

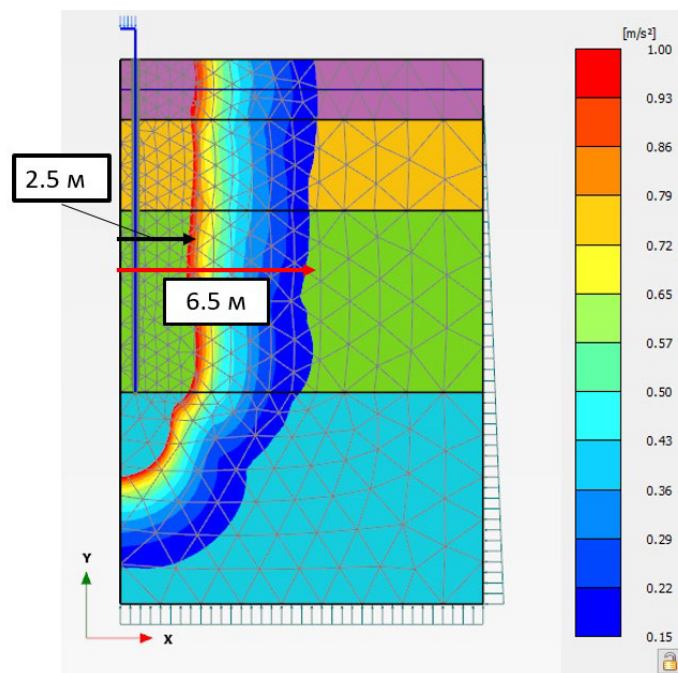


Рис. 10. Распределение значений ускорений в массиве грунта при погружении трубошпунта

В заключении отметим, что современные программные комплексы позволяют с удовлетворительной точностью прогнозировать зоны влияния от динамического погружения свай различного типа в условиях слабых водонасыщенных грунтах. Тем не менее, вопросы учета динамики в условиях водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов позволяют моделировать процессы с рядом серьезных допущений. Распространенные модели грунтового массива не учитывают изменение свойств грунтов при динамической нагрузке, из-за чего деформационные схемы, полученные, при расчете динамических задач не полностью соответствуют действительности.

Полученные, в процессе выполнения данной работы результаты, позволяют учитывать технологические особенности динамического погружения свай в дисперсных водонасыщенных грунтах.

### **Литература**

1. *Верстов В. В.* Совершенствование технологических решений по погружению и извлечению шпунта вибрационным методом / В. В. Верстов, Г. А. Белов // Вестник гражданских инженеров. — 2007. — № 4 (13). — С. 38–44.
2. *Мангушев Р. А., Осокин А. И.* Геотехника Санкт-Петербурга: Монография. — М.: Изд-во АСВ, 2010. — 264 с.
3. *Заварзин Л. Г., Сотников С. Н., Фадеев А. Б.* Инженерная технология геология и гидрогеология: учеб. пособие. — СПб.: СПбГАСУ, 1994. — 191. с.
4. Справочник геотехника. 2016. Гл. 19.
5. ТСН 50-302-2004. Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге. — М.: Госстрой России, 2004. — 56 с.
6. ГОСТ Р 52892-2007. Вибрация и удар. — М.: Стандартинформ, 2008. — 11 с.
7. ВСН 490-87. Проектирование и устройство свайных фундаментов и шпунтовых ограждений в условиях реконструкции промышленных предприятий и городской застройки. — М.: Минмонтажспецстрой СССР, 1988. — 10 с.
8. Plaxis: Finite Element Code for Soil and Rock Analyses, 3D Foundation. Scientific Manual / R.B.J. Brinkgerve [и др.] — Balkema, 2006.
9. СП 22.16330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03–83. М.: ФГУП ЦПП, 2016. 156 с.
10. *Верстов В. В., Гайдо А. Н., Иванов Я. В.* Технологий устройства ограждений котлованов в условиях городской застройки и акваторий: Учебное пособие / Под ред. В. В. Верстова. — СПб.: Издательство «Лань», 2014. — 104 с.

## СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ В АРХИТЕКТУРЕ

### SOLAR PANELS IN ARCHITECTURE

В статье проиллюстрировано каким образом солнечные панели могут быть интегрированы в строительные конструкции, а именно: варианты размещения панелей, общее положение систем в целом; а также затрагивается внешний вид панелей относительно каждой конструкции и их разновидности. Рассмотрено три вида интеграции: фасадные панели, крышные установки и установка навеса. Внимание уделяется возможности использования системы слежения за солнцем в конструкциях. Описаны возможности дизайна при проектировании как придание ценности зданию. Кроме этого, с одной стороны, определена основная цель архитекторов при проектировании, а с другой, выявлена оптимальная концепция внедрения панелей с точки зрения энергоэффективности. Установлено, что поздняя интеграция может привести к удорожанию проекта, чем внедрение солнечной энергетики на стадии проектирования.

*Ключевые слова:* солнечная батарея, энергоэффективность, «зелёная» архитектура, солнечные трекеры, интеграция, «солнечная» крыша, PV-системы, солнечная энергия.

The article illustrates how solar panels can be integrated into variable building structures such as options of panel placement and the general position of the systems. The outlook of panels relative to each structure and variety is concerned. Three types of integration are considered: facade panels, roof installations and canopy installation. Attention is drawn to the possibility of using the sun tracking system in constructions. The article describes the possibilities of design in the various design processes as a mean of increasing the buildings' value. In addition, on the one hand, the main goal of architects in the design process is defined, and on the other, the optimal concept of panel implementation in terms of energy efficiency is identified as well. It is considered that late integration can lead to higher project costs rather than the introduction of solar energy at the design preliminary stage.

*Keywords:* solar panel, energy efficiency, «green» architecture, solar trackers, integration, solar roof, PV-systems, solar energy.

Электричество – это наиболее рациональный и адаптированный способ получения энергии. Вследствие негативного влияния электрических установок на окружающую среду, человечество переходит на более экологический способ получения энергии – применение солнечных панелей. Главный механизм работы солнечных батарей – это поглощение солнечной энергии, преобразование её в электрическую и, наконец, в тепловую энергию. Архитектурный подход, заключающийся в использовании природной энергии с целью повышения энергоэффективности характерен для солнечной архитектуры и вызывает высокий интерес у архитекторов при проектировании или реконструкции. На сегодняшний день «зелёная» архитектура является актуальным направлением в строительстве в связи с истощением природных ресурсов из-за энергетического кризиса. Начальное развитие данного направления было ограничено стандартными панелями [1].

Современные солнечные панели могут быть использованы практически в любом архитектурном проекте как строительный материал для облицовки, так и для ограждающих конструкций. Кроме того, фотоэлектрические модули могут использоваться в каче-

стве экстерьерной конструкции или дополнять художественный образ проекта. Важно понимать, что дизайн-проект и конструктивное внедрение *PV*-систем – это разные вещи. В идеальном случае данные концепции должны дополнять друг друга [2].

Существует несколько вариантов размещения солнечных панелей, а также несколько вариантов монтажа панелей в зависимости от конструкции здания: горизонтальный (плоские крыши); наклонный (скатные крыши); свободностоящий (на отдельных специальных опорных конструкциях); интегрированный (солнечные панели являются элементами конструкций здания). Рассмотрим положение панелей в общем случае. Эффективность применения панелей можно оценить по трём основным факторам: угол наклона, ориентация и затенённость. Правильное ориентирование солнечной панелей увеличивает выработку энергии, кроме того снижает снеговую нагрузку на панель. Такие дефекты как механические воздействия снижают срок службы панели и уменьшают КПД. Угол и вращение солнечной панели оказывает большое влияние на производство электроэнергии. Чтобы максимизировать эффективность панелей солнечных батарей, солнечные лучи должны быть максимально перпендикулярны к поверхности панели, а сами панели – повернуты и наклонены к солнцу. Если придерживаться такой концепции, эффективность работы панелей будет выше на 30–40 %. Окончательное размещение зависит от того, где расположена панель. В местах к северу от экватора, солнечные панели, обращенные на юг, являются более эффективными, в то время как на юге экватора предпочтительны северные облицовочные модули. Оптимальные углы для модулей могут быть рассчитаны более точно для конкретных областей [3]. Для обеспечения оптимального угла наклона солнечных панелей в течение всего дня, панели могут быть подключены к солнечным трекерам. Они отслеживают солнце и используют информацию, чтобы вращать и наклонять модули так, чтобы они были перпендикулярны солнцу постоянно. Следуя за солнцем, эффективность солнечных панелей увеличивается примерно на 40 % по сравнению со статической панелью, размещенной на оптимальном уровне [4]. Солнечные трекеры обычно используются в больших, подключенных к сети, установках, в которых за счёт максимального использования солнечной энергии, стоимость поставляемой электроэнергии снижается. Солнечные трекеры не идеальны для интеграции в зданиях, так как существует факт непрерывного перемещения панелей, что ухудшает их возможности как конструктивной части здания. Из-за передовой технологии монтажа солнечных элементов с солнечными трекерами эти системы также имеют более высокие инвестиционные и эксплуатационные расходы, чем статические, но высокая стоимость может быть компенсирована снижением стоимости поставляемой электроэнергии.

Внешний вид солнечных панелей варьируется как между различными типами солнечных батарей, так и в пределах типа солнечного элемента и значительно влияет на эстетику здания. Кристаллические солнечные элементы являются наиболее распространенным типом солнечных панелей, а их внешний вид создаёт общее впечатление в целом. Из-за поликристаллической технологии, а также в зависимости от условий освещения эти солнечные элементы не являются однородными по цвету. В отличие от кристаллических солнечных элементов, тонкопленочные элементы имеют более однородный вид, а аморфные солнечные элементы имеют чёрный окрас, что способствует наибольшему поглощению количества света.

Панели могут иметь различные степени прозрачности. Уровень прозрачности отражается на влиянии солнечного элемента, которое линейно к прозрачности. Полупрозрачные



солнечные панели могут заменить обычные стеклянные панели в окнах, навесных стенах и стеклянных крышах. Внешний вид панелей предлагает широкое разнообразие: безрамочные панели, частично прозрачные, панели с индивидуальным дизайном. Возможность использования солнечных панелей в качестве прозрачных элементов открывают много возможностей для построения интеграции. Стоит заметить, что стеклянные панели более прочные, чем обычная панель, а также менее подвержены эрозии и более устойчивы к пожароопасности [5].

Установка солнечных элементов принципиально отличается от традиционных, строительных материалов, изделий и строительных форм, следовательно, их интеграция в здание, может быть достаточно сложной. Существует несколько дизайн-стратегий для внедрения *PV*-систем в архитектурный проект: коллаж, имитация, явная и скрытая интеграции.

При проектировании нового здания с фотовольтаикой, свобода дизайна велика. Солнечный монтаж и строительство могут быть скоординированы и интегрированы друг с другом и выглядеть как единое целое. Работа интеграции при добавлении солнечной установки к существующему зданию более сложна, так как есть предел корректировок, как архитектурным, так и конструктивным. Потребность в конструктивном решении, поддерживающем архитектурные концепции, особенно высока в интеграциях на фасадах [6].

Поскольку общим материалом покрытия для фотоэлектрических солнечных батарей является стекло, панели часто напоминают окна. Форма, размер и яркость солнечных панелей также способствует сходству с окнами. Как и окна, модули солнечных батарей разделяют фасад, но делают это только в двух измерениях. Панели чаще всего монтируются близко друг к другу, таким образом, тени, образующиеся в стыках, незначительны, и поэтому панели не добавляют никакой глубины фасаду. Солнечные установки на фасадах также можно разделить на две группы – холодные и теплые фасады. Холодные фасады действуют только как погодостойкая система для фасадов, установленная непосредственно перед фасадом, используемая в качестве декоративного элемента архитектурной композиции здания. Солнечная установка в теплом фасаде полностью интегрирована и выполняет все функции фасада и служит своеобразным чехлом для здания.

Конструкции солнечных панелей на фасадах могут быть выполнены несколькими различными способами. Эти формы конструкции могут быть облицовкой с вентиляционной полостью, пост-рельсовыми фасадами, двухстворчатыми фасадами и сборным фасадом. В качестве фасада часто предпочтительны холодные фасады на южную сторону с вентиляционными полостями. Солнечные модули выполняют функциональные свойства фасадного материала, в то время как остальные элементы стены используются как структурное обрамление и изоляция. В основном фасадные установки применяются в многоквартирных или многоэтажных офисных зданиях.

Как уже упоминалось, вертикально установленная солнечная панель не является оптимальной с точки зрения эффективности. Однако, это компенсируется большой площадью фасадов, которые в противном случае были бы неэксплуатируемыми.

Говоря о дизайне, интеграция в фасад играет большую роль, так как панелями можно покрыть весь фасад или только его части. Панели можно также аранжировать для того, чтобы сформировать картину на здании. Все эти факторы оказывают большое влияние и помогают создать зданию архитектурный характер.

Традиционным способом установки солнечных элементов является система стойки на существующих крышах или на отдельных несущих опорах. Однако, интеграция панелей солнечных батарей в крыши, где они являются частью оболочки здания, заменяющей материал покрытия, становится все более распространенной.

На плоских крышах система стойки предпочтительна, с точки зрения солнечной энергии. На скатных крышах ориентация и угол наклона солнечных панелей определяется самой крышей. Самое высокое солнечное облучение, для здания со скатными крышами, достигаются на южных поверхностях крыши. Юго-восточная или Юго-Западная сторона поверхности крыши также достаточны, хотя не являются оптимальными.

По мере того как солнечная установка объединенной системы работает как система конструкции крыши, она должна обеспечить гидроизоляцию, что может быть достигнуто путем размещения панели в пластиковых корпусах, которые имеют специальные накладки, размещенные на стыках, содержащие в себе слой кровельного войлока или покрывного листа. В объединенных системах, используемых на крышах, могут использоваться или стандартные модули, или модули, специализированные для солнечной крыши. Использование стандартных модулей широко распространено и намного дешевле. Солнечные панели крыши можно использовать совместно практически с любым типом кровельных покрытий. Модули варьируются по размеру и внешнему виду, от широкоформатных модулей к солнечным черепицам крыши. Известный вариант последнего упоминания, который был выпущен на рынок, был произведен компанией *Tesla*. Солнечная крыша выполняет все функциональные свойства материала покрытия выглядит как традиционная черепица на крыше. Плитки бывают четырех различных стилей: текстурированные, гладкие, тосканские и шиферные.

Небольшие модули, такие как солнечная черепица, требуют большего объема монтажных работ. Преимущество этой системы состоит в том, что сложные поверхности крыши легче покрыть. Однако была сделана разработка модулей, которые заменяют более одной плитки, что понижает объем электромонтажных работ при одновременном сохранении внешнего вида и функциональных свойств штатной черепицы [7].

Системы затенения солнца идеальны для размещения панелей солнечных батарей. Хорошая вентиляция под панелями также помогает увеличить количество производимой электроэнергии. Навесные установки могут быть полностью непрозрачными, частично прозрачными или полупрозрачными.

Описанные солнечные установки имеют два вида: фиксированные и подвижные системы. Хороший и эффективный тип фиксированной системы навеса – жесткие маркизы. В зависимости от наклонов маркизы могут защитить против солнечных бликов в определенные периоды дня. Угол навеса, на южном фасаде которого защищает главным образом от летнего солнца. Навесы на восточных и западных фасадах не столь достаточны из-за менее благоприятных условий угла падения.

Подвижные системы используют солнечные трекеры для оптимизации выхода энергии для солнечных панелей. Эта система обеспечивает лучшее затенение солнца в течение всего дня, а также больше генерируемого электричества. Потому что передовые солнечные трекеры имеют более высокие производственные и эксплуатационные расходы, чем стационарные системы. Одна из простых форм подвижной системы – раздвижные ставни, где подвижные жалюзи приспособляются к углу наклона солнца. Кроме того, панели оснащены сенсорами ветра, дождя и солнца, что позволяет системе открывать и закрывать маркизу автоматически.

Использование солнечной энергии в архитектуре способствует миру чистых и возобновляемых источников энергии. На сегодняшний день *PV*-системы применяются чаще, чем другие виды альтернативной энергетике. Это происходит из-за того, что данные системы наиболее лаконичны в использовании, так как могут быть практически любой формы: большими или маленькими, зеркальными или прозрачными, а также гнущимися или твёрдыми [8].

Основной целью архитектора является создать пространственный объект с линиями, формами, цветами и текстурами. Широкий спектр разнообразных панелей помогает архитекторам решить поставленные задачи, но в силу отсутствия хорошего опыта в данном направлении, проектировщики редко выбирают панели в качестве строительного материала.

Фасадный способ интеграции панелей является одним из менее эффективных с точки зрения выработки солнечной энергии, кроме того, некоторые панели при установке будут труднодоступны для очистки, что увеличивает дополнительные затраты на эксплуатацию. Таким образом, устройство солнечных панелей на фасаде придаёт зданию в большей степени футуристический вид, а также предполагает красивое оформление. Следовательно, наиболее оптимальными вариантами интеграций панелей считается крышная установка и установка навесов.

Также необходимо сделать вывод, что правильное ориентирование панелей – залог высокой эффективности работы системы.

Поздняя интеграция солнечных панелей может привести к более высоким затратам из-за дорогостоящих технических решений если, например, пространство на крыше, где панели часто размещаются, используется для монтажа и вентиляции помещений. Так как на данный момент строительная индустрия консервативна и незнание может привести к тому, что использование в архитектуре солнечных панелей не оправдывает ожиданий строительных компаний.

### **Литература**

1. *Стребков Д. С.* Перспективы развития возобновляемой энергетике // Труды международной научно-технической конференции энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве, 2012 г.
2. *Дизендорф А. В., Усков А. Е.* Перспективы возобновляемой энергетике // КубГАУ, № 114 (10), 2015 г.
3. *Копылова Л.* Дальневосточный прорыв. [Электронный ресурс] – URL: [http://ec-a.ru/index.php?mn=razdel&mns=e51p8l2fm26sl\\_ru](http://ec-a.ru/index.php?mn=razdel&mns=e51p8l2fm26sl_ru)
4. Достоинства и недостатки использования солнечных панелей. [Электронный ресурс] – URL: <http://genport.ru/article/dostoinstva-i-nedostatkiispolzovaniya-solnechnyh-paneley>
5. *Троицкий А. О., Серадская О. В., Соломин Е. В.* Устройство ликвидации и загрязнения солнечных модулей на основе механической тяги пленки // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, учёных. – 2016. – Т. 4. – № 1.
6. *Шарафян В.* Солнечные модули как элемент архитектурного дизайна. [Электронный ресурс] – URL: <http://green-city.su/%EF%BB%BFsolnechnyemoduli-kak-element-arxitekturnogo-dizajna/>
7. Солнечные панели и черепица: два в одном. [Электронный ресурс] – URL: <http://samstroy.com>
8. *Павлов Н.* Солнечная энергия – энергия будущего, Электроника: научка, технология бизнес, № 1(123), 2013 г.

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

### OVERVIEW OF MODERN SOLAR PANELS

В данной статье ставится задача рассмотреть один из экологически чистых и возобновляемых источников энергии – солнечные панели. Затрагивается история создания панелей, а также проводится ознакомление с панелями с физической точки зрения. Внимание уделяется как производству модулей, так и принципу действия системы. Сравняется рынок производства панелей в рамках мирового масштаба, приводится обзор существующих типов панелей и их основные особенности. На основе проведенного исследования оценивается эффективность использования применения батарей в качестве источника энергии, а также рассматриваются перспективы исследования в строительной отрасли в целом.

*Ключевые слова:* солнечная энергия, фотоэлемент, постоянный ток, эффективность, энергоэффективность, источник энергии, кремниевые батареи, полупроводник.

The aim of this article is to consider one of the most environmentally friendly and renewable resources – solar panels. The history of the creation of the panels is touched as well as the process of getting acquainted with them from a physical point of view. The attention is drawn not only to the production of modules but to the principle of operation of the system. Comparing the market of panels' production on the global scale, an overview of existing panel types and their main features is provided. On the basis of research, the effectiveness of usage of batteries as a source of energy is evaluated as well as research perspectives in the construction industry as a whole are considered.

*Keywords:* solar energy, photocell, direct current, efficiency, energy efficiency, energy source, silicon batteries, semiconductor.

В строительной индустрии возрастает потребность в переходе на экологически чистые источники энергии. Также из-за нестабильной экономики в стране цены на потребляемую энергию растут. Одним из возможных решений сложившейся проблемы являются альтернативные источники энергии, самым мощным и возобновляемым из которых является солнце. У каждой страны есть ряд научных советов, отвечающих за использование солнечной энергии. В нашей стране можно выделить: комитет по проблемам использования возобновляемых источников энергии Российского Союза научных и инженерных общественных организаций и Научный совет РАН по нетрадиционным возобновляемым источникам энергии. Задача совета состоит в установлении плана, который предполагает увеличение доли солнечной энергетики в общей энергетической системе. Солнечная энергия способствует улучшению энергоэффективности, а также экономии ресурсов. Солнечные батареи это одна из технологий преобразования и использования солнечной энергии для освещения, отопления зданий и нагрева воды. Можно выделить ряд факторов, способствующих переходу на солнечную энергию: увеличение надёжности энергосбережения страны, неограниченный запас топлива, использование оборудования отдалённо в каких-либо сельских районах, безвредная выработка энергии, достаточно лёгкое обслуживание оборудования, возможность повторного использования материалов после переработки [1].



Существует несколько различных способов преобразования солнечной энергии в электричество. Использование фотовольтаики – это система преобразования солнечного излучения непосредственно в электричество. Солнечные батареи являются комплексом соединенных отдельных фотоэлементов, обеспечивающих расчётную необходимую мощность. Принцип действия солнечной панели лежит в способности разноимённых полупроводников генерировать ток. С одной стороны, образовавшейся между полупроводников, зоны наблюдается дефицит электронов, а с другой – положительно заряженных узлов. Полупроводник поглощает фотоны солнечных лучей, которые передают свою энергию электронам и под действием полученной энергии они начинают движение, высвобождая определенное количество энергии, то есть создавая разность потенциалов, а также образуя направленный поток, называемый электрическим током. Солнечные батареи вырабатывают постоянный ток, заряжая аккумуляторы, которые могут сразу питать какой-либо приёмник, или подключаться к инвертору напряжения для преобразования тока в переменный и использования в электросети [2].

Известно несколько аспектов, которые определяют, сколько энергии может быть усвоено из солнечной радиации за счет использования солнечных батарей и коллекторов, такие как: местоположение, количество солнечных часов, абсорбция, отражение в облаках и угол наклона панели относительно горизонтальной плоскости.

Солнечное излучение можно разделить на прямое и рассеянное. Сумма солнечного излучения, которое достигает Земля в определенном месте, в основном, зависит от погодных условий. Прямое солнечное излучение почти полностью поглощается и отражается в облаках, поэтому большая часть того, что попадает на землю, – это рассеянное, или косвенное излучение. Сумма собираемой солнечной инсоляции называется глобальным излучением, которое можно определить, как рассеянный свет, то есть прямой солнечный свет, который вызывает резкие тени. Однако, эффективность солнечных элементов зависит как ни странно от температуры, и на самом деле при высоких температурах эффективность солнечных элементов ниже, чем при высоких. [3].

История создания солнечных панелей берёт своё начало в 19 веке, когда в 1839 году было открыто явление фотоэлектрического эффекта, который лежит в основе солнечной батареи. Раздел науки на стыке электрохимии, физики и фотохимии, изучающий процесс преобразования световой энергии солнца в электрическую энергию, называется фотовольтаикой. Технология производства солнечных панелей развивалась и развивается стремительно в связи с проводимыми исследованиями в данной области.

Рынок крупных производителей как отечественных, так и зарубежных сформировался достаточно давно. Технологии производства панелей совершенствуются с развитием науки. Рассмотрим рынок зарубежных производителей и составим диаграмму производства панелей на основе уровня технического оснащения производства, то есть годового объёма выпускаемых панелей (рис. 1) [4].

Сегодня на рынке существует несколько типов фотоэлементов. Они различаются как с точки зрения структуры, так и материалом, что оказывает влияние на внешний вид и на эффективность солнечных элементов. Две главные группы солнечных элементов – это традиционные кристаллические кремниевые солнечные элементы и новые тонкопленочные солнечные элементы.



Рис. 1. Обзор производства солнечных панелей мирового масштаба

Солнечные батареи на основе кремния составляют около 80–90 % производства всех выпускаемых панелей. Кремний является самым распространённым элементом земной коры, что исключает физические ограничения для производства. Существует три типа кремниевых панелей: монокристаллические, поликристаллические и панели из аморфного кремния. Для монокристаллических характерен один фотоэлемент, то есть кристалл высококачественного кремния, выращенного по методу Чохральского. Во время этого процесса кремний ранга полупроводника, или поликристаллический кремний, перекристаллизовывается, получаются монокристаллический цилиндрический стержень. Затем стержень разрезают на вафли. Это делается для получения прямоугольной формы вафли. К сожалению, во время резки образуется много кремниевой пыли, которая идет в отходы. Обрезки цилиндра могут расплавить и использовать повторно.

Полный процесс очищения кремния, производство слитка, и окончательная резка составляет около 40–55 % от общей стоимости солнечного модуля. Монокристаллические солнечные элементы дорогостоящие. Высокая эффективность монокристаллического солнечного излучения не может компенсировать высокие производственные затраты.

Данные батареи имеют скруглённые края и насыщенный синий цвет, коэффициент полезного действия до 25 %. Типичный кристаллический солнечный элемент состоит из тонкой пластины силикона и двух металлических слоев. Первый, узорчатый слой металла частично покрывает сторону кремниевой пластины, которая подвергается воздействию солнечных лучей. Пластина и металлический слой находятся в электрическом контакте друг с другом. Второй слой металла покрывает большую часть задней стороны пластины. Электрическое напряжение возникает между двумя металлическими слоями, когда солнце попадает на солнечную ячейку. Таким образом, элемент действует как аккумулятор, который заряжается настолько долго, насколько лучи солнца ударили его. Эти клетки редко используются индивидуально, они часто собраны в защищённом солнечном клеточном модуле, содержащем, как правило, 36 солнечных элементов. Передняя часть модуля состоит из закаленного стекла, которое защищает солнечные батареи.

Производство кремния, используемого в кристаллических солнечных элементах, включает в себя много этапов. Кварцит и древесный уголь помещаются в высокотемпературную дуговую печь для получения металлургического кремния.

Толщина, необходимая для того, чтобы кристаллический кремний имел полное поглощение солнечного излучения, составляет около 1 сантиметра. В то время как для того чтобы материал поглотил 95 процентов солнечного излучения, необходима толщина око-

ло 300 мкм. Повышенный уровень поглощения может быть достигнут путем отражения света от металла, устроенного на задней части солнечной батареи. В идеальном случае толщина должна быть только вдвое меньше, так как такой толстый слой необходим для полного поглощения, многие компании идут на компромисс и создают пластины с толщиной около 150–250 мкм, что приводит к поглощению около 94 процентов.

Поликристаллические фотоэлементы содержат в себе несколько кристаллов более дешевого кремния, выращенного по методу направленной кристаллизации, имеют неоднородную структуру, с коэффициентом полезного действия 12–19 %.

Процесс создания поликристаллических солнечных элементов пропускает процедуру перекристаллизации кремния. Вместо этого отливаются квадратные слитки из жидкого кремния под строго контролируемыми температурными режимами, затем слиткам дают затвердеть. В результате получается множество кристаллов с различной ориентацией. Из-за более простого производственного процесса, производственные затраты этого типа солнечных батарей ниже, чем у монокристаллического. Из-за кристаллических примесей, появления случайных зерен кристаллического кремния поликристаллический кремний часто имеет дефекты. Эти дефекты приводят к снижению эффективности работы клеток.

Говоря о панелях на основе аморфного кремния, стоит отметить, что производство является полностью безотходным, а также требует гораздо меньше кремния, чем для монокристаллических панелей. На сегодняшний день существует 3 поколения солнечных элементов на основе аморфного кремния. С течением времени КПД этих панелей достигло своего максимума – 12 %. [5].

Производство батарей можно разделить на несколько этапов. Первый – этап тестирования, на котором проводят замер электрических характеристик, используя вспышки мощных ксеноновых ламп. На второй стадии производства элементы секции спаиваются и формируются на стеклянной подложке. Чтобы исключить какое-либо воздействие на поверхность пластины, секции переносятся на стекло при помощи вакуумных захватов. На следующем этапе производят ламинирование при помощи этиленвинилацетатной плёнки и нанесения защитного покрытия. На последнем этапе происходит изготовление алюминиевой рамки и соединительной коробки. Затем выполняют тестирование изделия. Производители используют современное оборудование с программным управлением. В состав оборудования, использованного для производства, входят: столы для перемещения сборок, ламинатор, инструмент для резки ячеек и оборудование для чистки стеклянных подложек.

Чтобы добиться лучшей эффективности и технологичности, и заметного снижения стоимости, изобрели еще один вид панелей: тонкоплёночные фотоэлементы – это напыление полупроводника на подложку (стекло). Основным и единственным производителем данных панелей является американская фирма *FirstSolar*. Основное преимущество панелей в том, что их можно расположить практически на любой поверхности, в силу гибкости [6].

Тонкоплёночный фотоэлемент — это альтернатива кристаллическим фотоэлементам. Тонкоплёночный солнечный элемент, как следует из его названия, имеет более тонкий слой фотоактивного материала, чем у кристаллических солнечных элементов. Эти клетки состоят из одного или нескольких слоев фотоактивных полупроводников, нанесенных на подложку. В качестве подложки может служить стекло, металлическая фоль-

га или пластик. Субстрат помогает стабилизировать панель, избежать поломки, а также нанести более тонкий слой фотоактивного материала.

В отличие от кремниевых пластин, тонкопленочные могут состоять из различных типов полупроводников, таких как теллурид кадмия, селенид меди-индия и полимерные панели. Полупроводники, используемые в тонкопленочных фотоэлементах, могут поглотить солнечное излучение с более тонкого слоя, чем кремниевая пластина. Эти материалы могут получить почти полное поглощение при толщине только около 3–4 мкм и имеют поглощение 95 % при 0,4–0,5 мкм. [7].

На диаграмме приведён сравнительный анализ солнечных батарей (рис. 2). В качестве сравнительных показателей используем более значимые: КПД и цену 1 кВт.

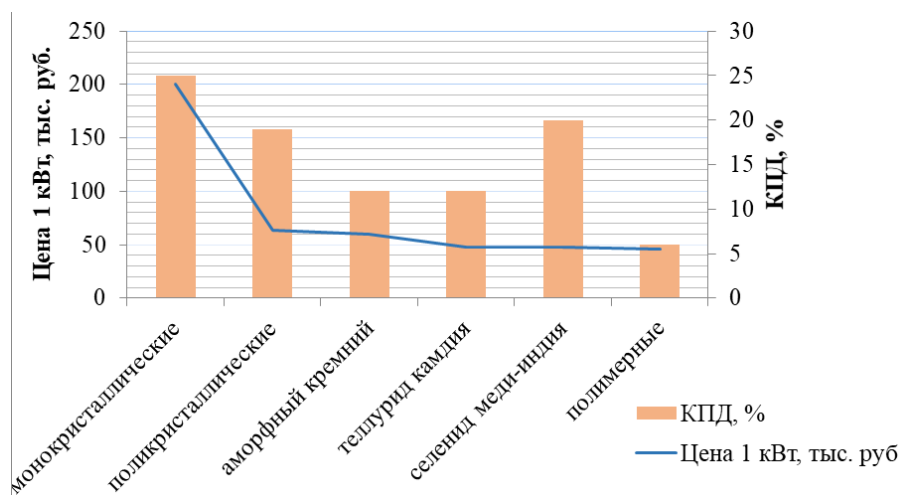


Рис. 2. Сравнительный анализ современных солнечных панелей

В ходе исследования был проведён обзор производства солнечных панелей, который показал, что неизменным лидером по объёму выпускаемой продукции является Китай. Кроме того, в статье приведён анализ эффективности солнечных панелей, из которого следует, что на сегодняшний день наиболее эффективными считаются панели монокристаллического типа, обладая так же высокой стоимостью. Можно отметить, что при недостатке солнечного света, наиболее эффективными становятся плёночные панели, обладая более низкой стоимостью.

### Литература

1. *Gevorkian P.* «The McGraw-Hill Companies», 2009 г.
2. *Нагаев Д. А.* Факторы, ограничивающие применение солнечных электростанций. Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологий. Тольятти: Тольяттинский государственный университет, 2017г.
3. *Аристов Г.* «Солнце» Государственное издательство технико-теоретической литературы, Москва-Ленинград, 1950г.
4. *Богатова Т. В., Бондарук Я. С.* Анализ зарубежного опыта архитектурно-типологического формирования домов с солнечными батареями// Высокие технологии. Экология. Изд-во Научный Вестник, Воронежского государственного архитектурно-строительного университета, 2010 г.
4. *Глиberman А. Я., Зайцева А. К.* «Кремниевые солнечные батареи» Государственное энергетическое издательство, Москва-Ленинград, 1961 г.
5. Солнечная энергетика: учеб. пособие для вузов / В. И. Виссарионов [и др.]. М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 276 с.
6. *Cooper P. I.* The absorption of radiation in solar stills // Solar Energy. Vol. 12. 1969.



## ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОЛОПАСТНЫХ ВИНТОВЫХ СВАЙ В РАЗЛИЧНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ И ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА

### APPLICATION OF MULTI-BLADE SCREW PILES IN VARIOUS ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS AND FEATURES OF INSTALLATION TECHNOLOGY

В статье рассматриваются новые виды винтовых свай, а именно многолопастные винтовые сваи. Их применение на линейных объектах энергетики. Представлены возможные методики расчетов, сравнение этих методик с результатами полевых испытаний, как зарубежных ученых, так и отечественных. Выявление недостатков методик расчетов и пути их устранения. Дано описание техники для монтажа многолопастных свай и технологии выполнения монтажных работ. Рассмотрены проблемы, возникающие при завинчивании свай на уже реализованных федеральных объектах. Представлено описание геологических условий на каждом объекте и показаны решения, применяемые на каждом объекте в зависимости от нагрузок и специфики грунтов. Даны выводы и рекомендации для дальнейшего изучения данной темы.

*Ключевые слова:* многолопастные винтовые сваи, индивидуальная несущая способность, сдвиг грунтового цилиндра, эффект загнутых лопастей, лидерные скважины, отказы свай.

The article discusses new types of screw piles, namely multi-blade screw piles. Their application on linear power facilities. Possible calculation methods are presented, and the comparison of these methods with the results of field tests, both by foreign scientists and domestic ones. Identification of shortcomings in calculation methods and ways to eliminate them. The description of the technique for mounting multi-blade piles and the technology of installation work is given. The problems that arise when screwing piles on already implemented Federal facilities are considered. The description of the geological conditions at each site and the solutions applied at each site depending on the loads and soil specifics are shown. Conclusions and recommendations for further study of this topic are given.

*Keywords:* multi-blade screw piles, individual bearing capacity, ground cylinder shift, curved blade effect, lead wells, pile failures.

В настоящее время при проектировании и строительстве воздушных линий электропередач напряжением от 35 до 750 кВ все чаще используются винтовые сваи.

Данное решение применяется практически в любых инженерно-геологических условиях, за исключением скальных пород, гравелистых и крупнообломочных грунтов. Эффективность винтовых типовых однолопастных свай увеличивается, если в их конструктивное решение внести изменения по количеству лопастей. Вместо одной лопасти использовать сваи с двумя, тремя лопастями, а при соответствующем обосновании и большее количество лопастей. Данные сваи имеют значительное преимущество по несущей способности в различных видах грунтов.

Исходя из теоретической механики грунтов, можно выделить две расчетные схемы работы многолопастных свай в грунте [1]: индивидуальная несущая способность и сдвиг грунтового цилиндра. Данные расчетные схемы подтверждаются исследовани-

ями зарубежных и отечественных ученых путем сравнения с результатами полевых испытаний свай.

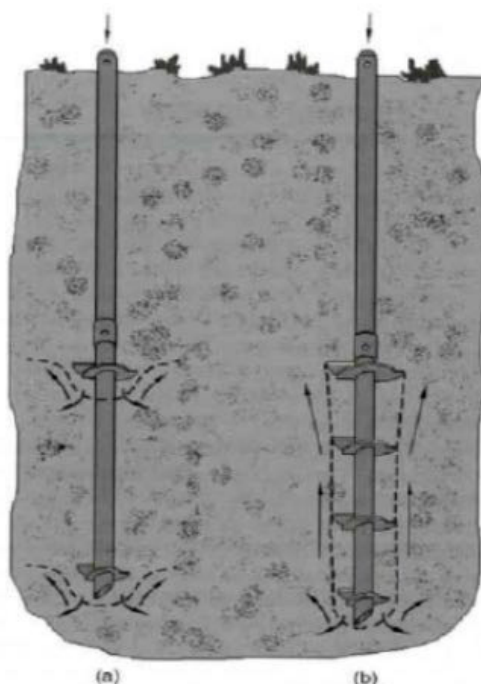


Рис. 1. (а) теория индивидуальной несущей способности, (б) теория сдвига грунтового цилиндра

Теорию индивидуальной несущей способности (рис. 1, а) следует применять, когда шаг между винтовыми лопастями свай достаточно большой (более 6 диаметров свай), и каждая лопасть работает самостоятельно, независимо от другой лопасти. В этом случае несущая способность винтовой сваи будет равна сумме значений индивидуальных несущих способностей всех винтовых лопастей [3].

Теорию сдвига грунтового цилиндра (рис.1, б) возможно использовать при малом шаге винтовых лопастей (менее 6 диаметров свай), тогда винтовые лопасти действуют в группе. В этом случае несущая способность винтовой сваи является комбинацией несущей способности нижней лопасти и бокового сдвига вдоль цилиндра грунта, заключенного между винтовыми лопастями.

Нагрузки, действующие на обрез фундаментов от конструкций опор воздушных линий электропередач, делятся на сжимающие, выдергивающие и горизонтальные. Нагрузки также делятся на совместные: сжимающие с опрокидыванием и выдергивающие с опрокидыванием. Нагрузки могут быть знакопеременными и постоянными.

Кроме эксплуатационных нагрузок от конструкций ЛЭП винтовые сваи могут воспринимать дополнительные усилия при вкручивании в грунт, деформациях морозного пучения-оттаивания мерзлых грунтов, сдвиговых нагрузках на оползневых склонах и в заболоченных заторфованных сильнодеформируемых грунтах и т. д. Все эти воздействия также следует учитывать в расчетах. Некоторые дефекты и ошибки показаны на рис. 2.

В настоящее время полевых испытаний винтовых свай выполнено ограниченное количество. Большинство проведенных испытаний составляют коммерческую тайну организаций, выполнявших эти испытания. Тем не менее результаты некоторых таких испытаний были любезно предоставлены ОАО «ФИРМА ОРГРЭС» [2]. Полевые испытания

были проведены с 7-мью различными типоразмерами свай, выполненных на различных глубинах. На головы выполненных свай прикладывались сжимающие и выдергивающие нагрузки. На рис. 3 приведены графики проведенных полевых испытаний свай.



Эффект загнутых (деформируемых) лопастей



Выход свай в результате действия сил морозного пучения

Рис. 2. Виды дефектов и ошибок при монтаже

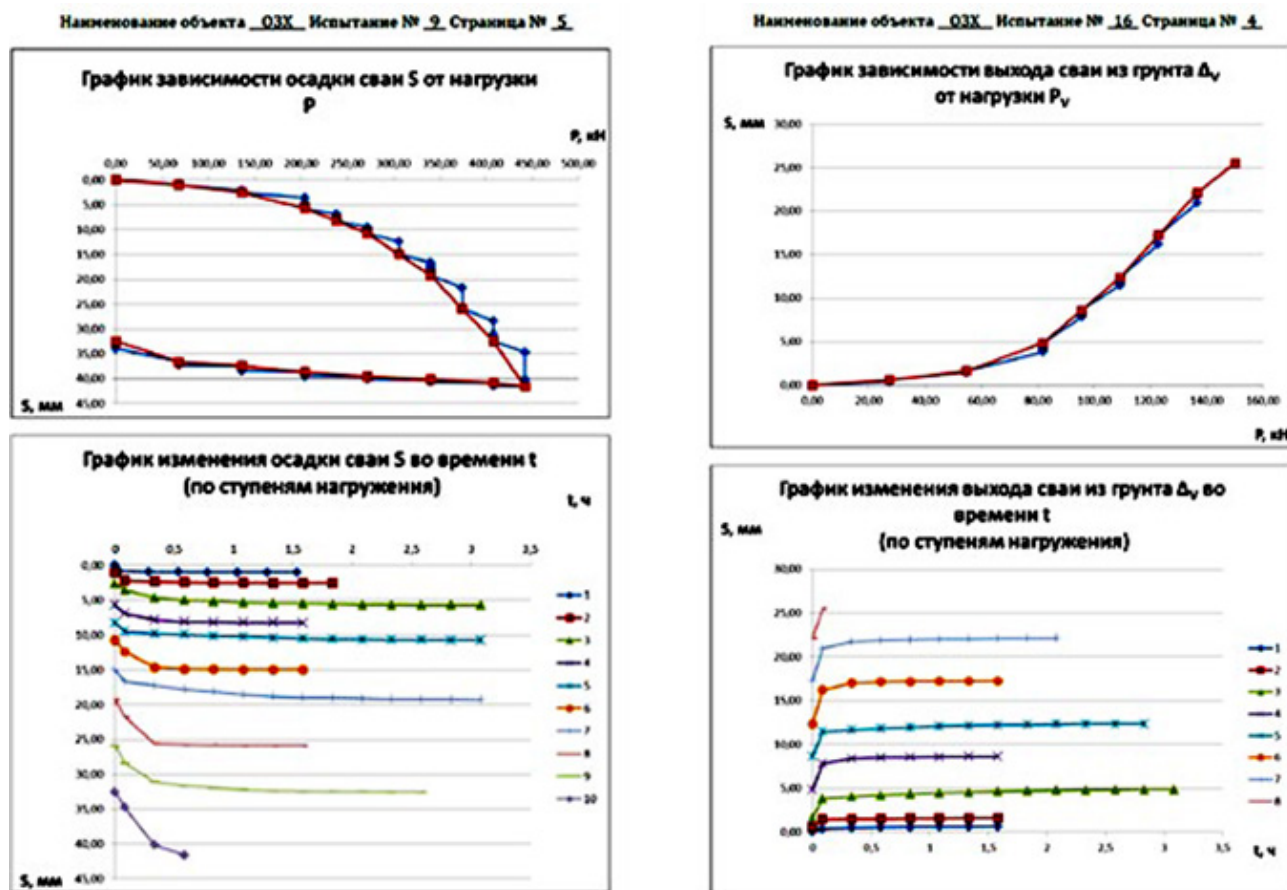


Рис. 3. Графики испытаний

До недавнего времени в качестве завинчивания винтовых, в основном однолопастных, свай применялись установки УБМ на базе «КАМАЗ» (рис. 4). Минус данных установок заключается в ограниченной мощности крутящего момента, значения которого находится от 8,5 до 9,5 т\*м. В энергетическом линейном строительстве, где применяются



сваи достаточно мощных типоразмеров и имеющих большие глубины заложения, необходимые мощности крутящих моментов рассчитываются в каждом случае индивидуально, в зависимости от многих факторов, включая грунтовые условия. При завинчивании свай установками УБМ возникают отказы свай от проектных отметок, иногда доходя до более половины глубины заложения. В таких случаях требуются либо испытания свай, либо замена проектных решений. В качестве техники способной обеспечить требуемый крутящий момент может послужить экскаватор со съемным ковшом и установкой гидровращателя (рис. 5). Такая установка сможет обеспечить крутящий момент до 40 т\*м.



Рис. 4. Установка УБМ



Рис. 5. Экскаватор с гидровращателем



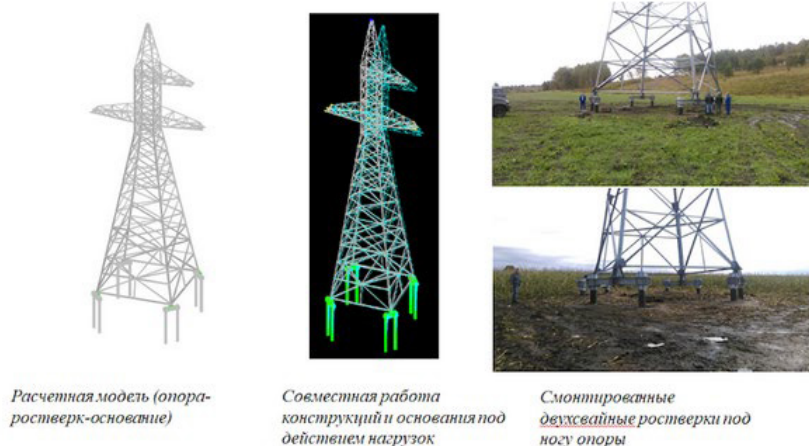
Согласно действующей нормативной литературе [6], сваи допускается погружать в предварительно пробуренные лидерные скважины, при этом разница между поперечным размером сваи и диаметром лидерной скважины должна быть не менее 0,15 м. При расчетах несущей способности свай по грунту не учитывается влияние лидерных скважин на несущие способности свай. Для того чтобы выполнить монтаж свай в плотных и крупных геологических условиях недостаточно применения лидерной скважины согласно [6]. При возникновении такой необходимости завинчивание свай в лидерные скважины может осуществляться с нарушением технологии, и диаметры лидеров могут быть равными диаметру стволов свай. Влияние диаметров лидера при монтаже на несущую способность винтовых свай не изучено и не подтверждено испытаниями. Одной из проблем, которая может возникнуть при слишком больших лидерных скважинах, особенно в тиксотропных грунтах, является «качение» свай. Данное явление возникает в результате неплотного прилегания грунта нарушенной структуры к стволу сваи (рис. 6). В идеальном варианте завинчивание свай следует производить мощными установками и требуемыми крутящими моментами, но на практике это не всегда соблюдается.



Рис. 6. Смонтированная свая с нарушением технологии по лидерному бурению

На рис. 7–9 приведены примеры реализации проектных решений винтовых свай под опоры ЛЭП, выполненные в различных инженерно-геологических условиях. На рис. 7 показано применение многолопастных винтовых свай в тиксотропных грунтах. Реализация объекта в республике Дагестан с преобладанием просадочных грунтов представлена на рис. 8. На рис. 9 приведены решения на сильно болотистой местности в Ленинградской области с глубиной торфа до 10 метров.

«ВЛ 220 кВ Минусинская-Опорная - Кошурниково Тяговая - Саянская тяговая - Камала-1» - особенностью данного объекта является наличие тиксотропных грунтов



Расчетная модель (опора-ростверк-основание)

Совместная работа конструкции и основания под действием нагрузок

Смонтированные деуспайные ростверки под ногу опоры

Рис. 7. Решение в тиксотропных грунтах

«ВЛ 330 кВ Артем-Дербент», объект является КС-3 повышенного уровня ответственности в республике Дагестан (2018 г.) – на данном объекте присутствуют сильнопросадочные мягкопластичные суглинки

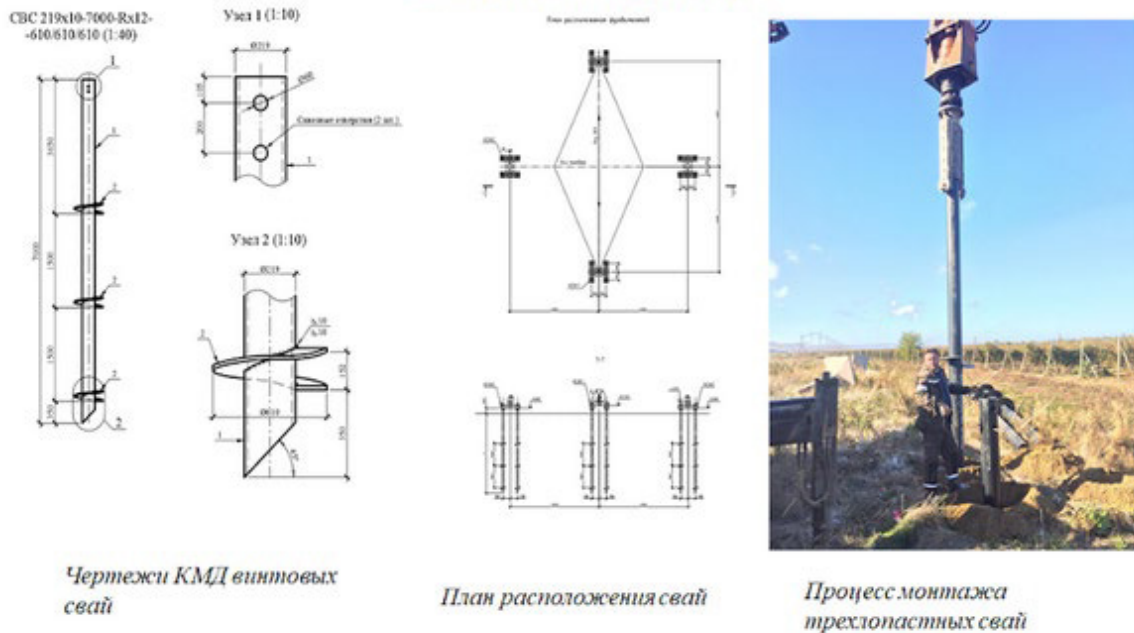


Рис. 8. Решение в просадочных грунтах

«ВЛ 330 кВ Ломоносовская», объект является КС-3 повышенного уровня ответственности в Ленинградской области – на данном объекте присутствуют глубокие залегания торфов, мощностью до 10 метров

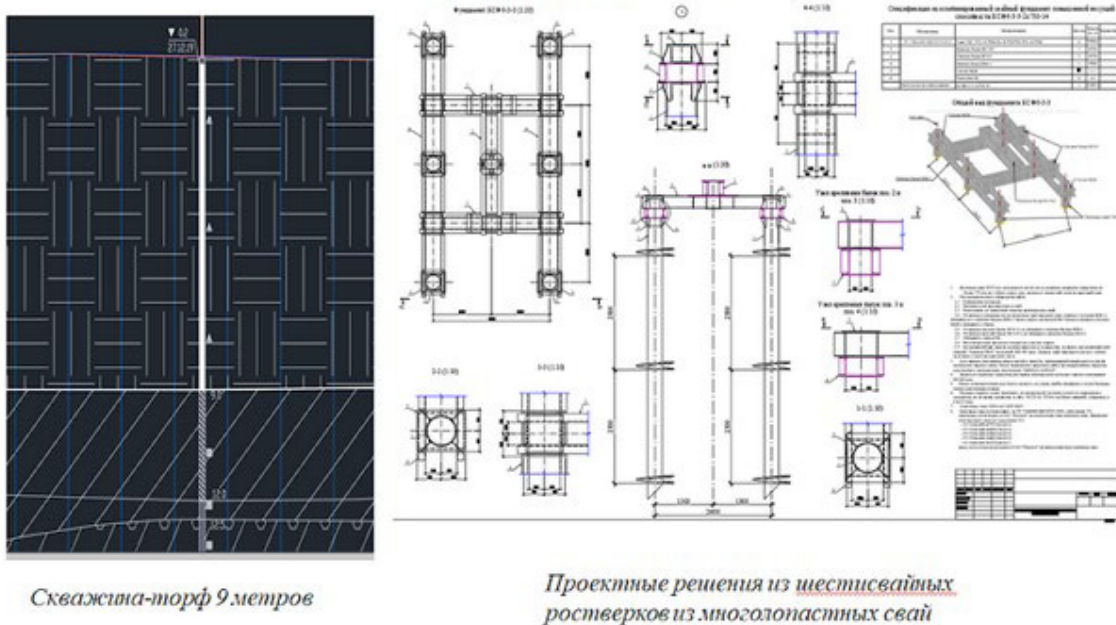


Рис. 9. Решение на сильно болотистой местности

Краткие выводы и рекомендации для дальнейших исследований темы:

1. В настоящее время методически не отработаны вопросы в назначении расчетной схемы, сбору нагрузок и определении внутренних усилий в винтовых сваях на строительный и эксплуатационный периоды [4].

2. Для повышения достоверности результатов расчетов методики определения несущей способности винтовых свай с различными типоразмерами и в различных инженерно-геологических условиях требует серьезных теоретических исследований и полевых экспериментов [5].

3. Для исследования влияний диаметров лидерных скважин на несущие способности винтовых свай требуются полевые испытания и в зависимости от данных испытаний может быть предложена теория расчетов или зависимостей.

4. Для недопустимости возможных проблем при монтаже в виде отказов свай или «качений» свай монтаж следует производить тщательно выбранной техникой, обеспечивающей требуемый крутящий момент, который рассчитывается в каждом случае индивидуально.

#### **Литература**

1. Горбулин М. Г. Особенности расчета фундаментов из многолопастных винтовых свай. – 2014.
2. ОАО «ОРГРЭС» Протокол испытаний металлических многолопастных винтовых свай в натуральных условиях полигона в г. Тобольск. – 2014.
3. НИИОСП им. Н. М. Герсеванова СТО «Проектирование фундаментов из стальных винтовых свай с применением численных расчетов несущей способности и осадок свай по упругопластической модели «Кулона-Мора». – 2019.
4. Максимов Ф. А. Теории расчета строительных конструкций. – 2017.
5. Железков В. Н. Винтовые сваи в энергетическом строительстве и других отраслях строительства. – 2004.
6. СП 24.13330 «Свайные фундаменты».

## ПРИМЕНЕНИЕ ЖИДКОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

### APPLYING OF LIQUID THERMAL INSULATION IN THE CONSTRUCTION OF BUILDINGS AND INSTALLATIONS

В России существует проблема нецелесообразного потребления энергетических ресурсов. На сегодняшний день основной жилой фонд в России был сформирован во времена СССР, то есть до 1990 года. В таких домах происходят большие теплотери. Для повышения энергоэффективности можно воспользоваться относительно новым видом теплоизоляции – жидкая теплоизоляция. В данной статье: раскрыты теплотехнические свойства жидкой керамической теплоизоляции; выполнен сравнительный сметный расчет между минеральной ватой и жидкой теплоизоляцией; проведен опыт с применением тепловизионной съемки; приведен приближенный расчет толщины покрытия жидкой теплоизоляции для увеличения теплозащиты стен в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

*Ключевые слова:* энергоэффективность, энергосбережение, теплоизоляционные материалы, жидкая теплоизоляция, пенополистирол.

There is a problem of inappropriate energy resources consumption in Russia. At present time the main housing stock in Russia was formed during the USSR, in other words before 1990. Large heat losses occur in such houses. To increase energy efficiency a relatively new type of thermal insulation could be used which is a liquid thermal insulation. In this article thermal performance properties of the liquid ceramic insulator are disclosed; a comparative cost estimate between mineral wool and liquid thermal insulation is made; experiment using thermal imaging was carried; an approximate calculation of the coating liquid insulator thickness is given which increases the thermal insulation of walls in accordance with requirements of SP 50.13330.2012 «Thermal protection of buildings».

*Keywords:* energy efficiency, energy saving, thermal insulation materials, liquid thermal insulation, polystyrene.

Проблема энергосбережения в зданиях сейчас является вопросом первостепенной важности во многих странах. В то же время возросли требования к комфортному внутреннему климату внутри помещения, и появилась необходимость снизить потребления электроэнергии. Это повышает спрос и предложение на энергоэффективные дома. В мире сейчас ведется борьба с глобальным потеплением и первое, что нужно сделать – это утеплить дома с целью сокращения выбросов парниковых газов. В развитых странах правительство даже предоставило налоговые льготы владельцам домов на расходы, связанные с проведением работ по утеплению домов, что отвечает насущной необходимости в борьбе с глобальным потеплением.

Установка теплоизоляции на стенах приведет к увеличению стоимости здания, но цена на теплоизоляцию считается небольшой по сравнению с преимуществами: ежемесячная экономия на счетах за электроэнергию в течение всего срока службы дома; сокращение выбросов парниковых газов; повышение комфорта и уровня жизни и огромный



вклад в местный экономический рост, поскольку изоляционный материал производится на месте [1].

Ранее существующие системы теплоизоляции, которые были основаны на минеральной вате, пенополистироле, стекловолокне стали терять свои преимущества. В России существует Федеральный закон № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Благодаря этому закону был придуман и создан новый инновационный продукт – ультратонкая жидко-керамическая изоляция. Она обладает высокой теплозащитой помещений.

Традиционным теплоизоляционным материалом на данный момент является минеральная вата. Но в результате эксплуатации она теряет свои эксплуатационные качества. Например, при намокании она впитывает в себя воду и тем самым теряет свои теплотехнические свойства (при намокании на 2% у материала повышается теплопроводность на 10 %). Также минеральная вата обладает высоким уровнем пыления, откалывание материала может вызвать затруднения при дыхании. И самое главное это выделение паров фенолформальдегидных смол, так как эти пары канцерогенны [2].

Все эти проблемы решаются при помощи жидкой теплоизоляции. Благодаря простоте нанесения покрытия материал может применяться на различных частях здания, например:

- наружные стены, внутренние стены, фундаменты;
- межпанельные швы в крупнопанельных домах;
- оконные и дверные проемы, балконы и лоджии;
- технические, подсобные и подвальные помещения;
- трубопроводы, воздуховоды.

Так как основу жидкой теплоизоляции составляют пустотелые микросферы, то потери на конвекции незначительны, а на долю теплопроводности приходится 20 % связующего вещества. Но самое важное – это низкий процент теплоотдачи с обработанной поверхности. Шарики, которые имеют микроскопический размер, образуют большую часть материала, и снаружи, и изнутри отражают и рассеивают тепло. При этом почти 90 % излучения, отражаясь, превращает поверхность в подобие термоса. Благодаря этим свойствам жидкая теплоизоляция может справиться с теплозащитой в помещении, а также защитить их от солнечной радиации и перегрева в летний период времени [3].

Была проведена тепловизионная съемка жидкой керамической теплоизоляции (рис. 1). В качестве нагревательного прибора служила бытовая электроплитка. Она была покрыта жидкой теплоизоляцией толщиной не более 2 мм. У непокрытой теплоизоляционным покрытием поверхности температура в среднем составляла 210 °С, максимальная составляла около 225 °С. Температура поверхности, которая была покрыта теплоизоляционным покрытием, составила в среднем 133 °С, а максимальная около 135 °С [5].

На рисунке 1 видно, как к нагревательному прибору, покрытому теплоизоляцией прислоняется ладонь, которая может держаться на приборе как минимум 10 секунд без вреда для здоровья человека. После этого на термограмме видно, что след от прикосновения остается примерно в течение 20 секунд.

Ниже приведена таблица расчета толщины покрытия жидкой теплоизоляции для увеличения теплозащиты стен в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012 (табл. 1).

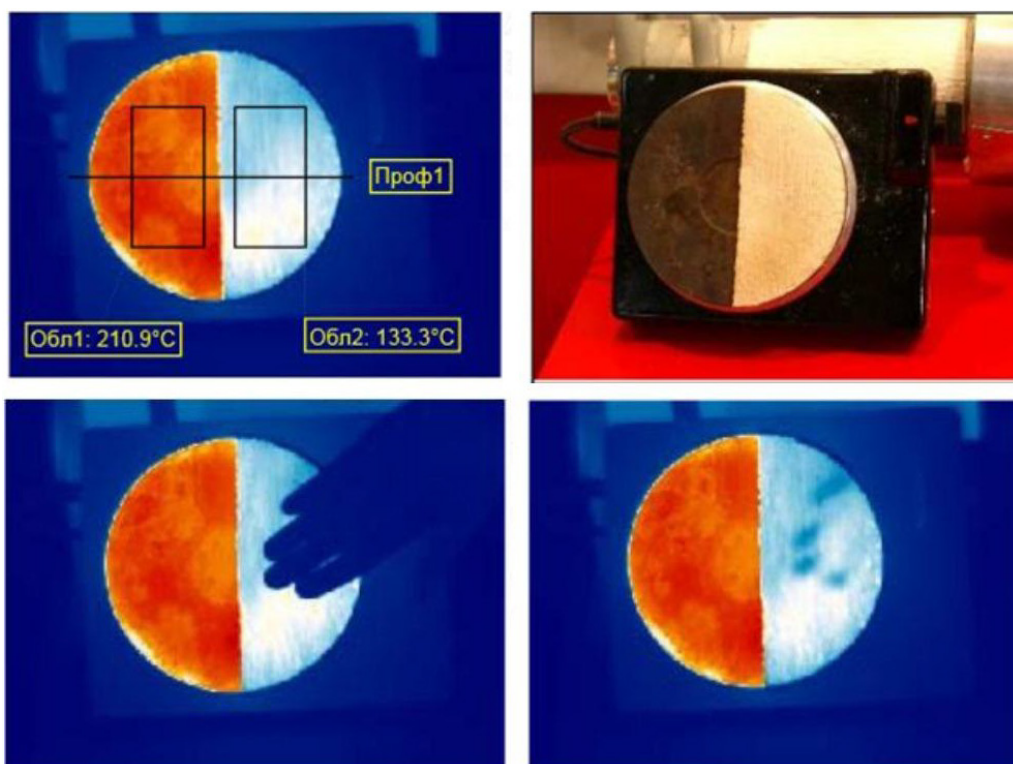


Рис. 1. Съемка жидкой керамической теплоизоляции при помощи тепловизора

Таблица 1

**Расчет толщины покрытия жидкой теплоизоляции**

Наименование материала	Толщина материала стены, мм	Толщина слоя жидкой теплоизоляции (расчетная), мм	Толщина слоя жидкой теплоизоляции (округленная), мм	Расход при нанесении кистью, л/м <sup>2</sup>
Кирпич	250	2,33	2,5	2,8
	400	1,87	2	2,22
	530	1,46	1,5	1,7
	670	0,89	1	1,15
Бетон	250	1,66	2	2,25
	350	1,31	1,5	1,7
Пенобетон	300	1,57	1,5	1,7
	400	1,25	1	1,15
Керамзитобетон	300	1,89	2	2,25
	400	1,37	1,5	1,7
Металл	0,4	2,16	2,5	2,8
	0,6	1,74	2	2,25
	0,8	1,58	2	2,25
Дерево	150	1,41	1,5	1,7
	200	0,67	1	1,15

Для подтверждения экономической эффективности жидкой теплоизоляции был проведен сметный расчет (табл. 2, 3).

## Сметный расчет стоимости монтажа минераловатных плит

Наименование работ	Количество	Общая стоимость, тыс. руб.
1. Монтаж минераловатных плит	100 м <sup>2</sup>	98,47
2. Штукатурка по сетке без устройства каркаса, улучшенная	100 м <sup>2</sup>	39,28
3. Окраска фасадов с лесов по подготовленной поверхности	100 м <sup>2</sup>	3,62
в том числе строительные материалы		
Минераловатные плиты	17,03 м <sup>3</sup>	34,53
Крепежные элементы	1150 шт.	42,44
Штукатурный раствор	3,2 м <sup>3</sup>	7,33
Гвозди строительные	2,6 кг	0,15
Армирующая сетка рабица 15x15	110 м <sup>2</sup>	6,50
Краска водоэмульсионная	38 кг	2,48
в том числе трудовые затраты		
Трудоемкость	чел-час	144,34
Машиноемкость	маш-час	3,20
<b>Итого по смете</b>		<b>141,37</b>
Расходы на теплоизоляционные работы	100%	16,26
Расходы на отделочные работы	105%	12,54
<b>ИТОГО:</b>		<b>169,20</b>
Прибыль (теплоизоляционные работы)	70%	11,38
Прибыль (отделочные работы)	55%	6,89
<b>Итого сметной прибыли</b>		<b>18,28</b>
<b>ИТОГО:</b>		<b>188,45</b>
<b>НДС</b>	20%	37,69
<b>ВСЕГО</b>		<b>226,14 тыс. руб.</b>
<b>Стоимость 1 м<sup>2</sup></b>		<b>2,26 тыс. руб.</b>

Примечание: расчет произведен для панельного дома. Площадь работ – 100 м<sup>2</sup>.

## Сметный расчет стоимости нанесения жидкой теплоизоляции

Наименование работ	Количество	Общая стоимость, тыс. руб.
1. Очистка поверхности от пыли и грязи щетками	100 м <sup>2</sup>	8,58
2. Грунтовка бетонных поверхностей	100 м <sup>2</sup>	1,59
3. Окраска фасада с лесов жидкой теплоизоляцией	100 м <sup>2</sup>	37,65
4. Окраска фасадов с лесов силикатная	100 м <sup>2</sup>	7,31
в том числе строительные материалы		
Грунтовка	15,5 л	0,88
Жидкая теплоизоляция	100 л	36,29
Краска силикатная	46 кг	5,73
Жидкость гидрофобизирующая	24 кг	0,20
в том числе трудовые затраты		
Трудоемкость	чел-час	35,75
Машиноемкость	маш-час	1,83
<b>Итого по смете</b>		<b>55,13</b>
Расходы на теплоизоляционные работы	90 %	7,08
Расходы на отделочные работы	105 %	2,75
<b>ИТОГО:</b>		<b>65,23</b>
Прибыль (теплоизоляционные работы)	70 %	4,96
Прибыль (отделочные работы)	55 %	1,52
<b>Итого сметной прибыли</b>		<b>6,47</b>
Расходы на транспортировку		3,03
<b>ИТОГО:</b>		<b>74,47</b>
<b>НДС</b>	20 %	14,89
<b>ВСЕГО</b>		<b>89,36 тыс. руб.</b>
<b>Стоимость 1 м<sup>2</sup></b>		<b>0,89 тыс. руб.</b>

*Примечания:* расчет произведен для панельного дома. Площадь работ – 100 м<sup>2</sup>.

В результате расчета можно сделать следующие выводы:

- благодаря простоте нанесения жидкого керамического покрытия трудоемкость работ уменьшается на 108,59 чел.-час;
- из-за отсутствия тяжелых элементов потребность в машинах и механизмах также уменьшается на 1,37 маш.-час;



- расходы на строительные материалы на 1 м<sup>2</sup> меньше на 503,33 руб.;
- общая сметная стоимость уменьшилась на 1367,72 руб/м<sup>2</sup>.

Из приведенных выше расчетов, следует, что жидкая теплоизоляция, обладая теплофизическими свойствами не хуже, чем у традиционных материалов является более выгодной при расчете сметной стоимости. Следует так же учесть, что срок ее эксплуатации в разы больше, чем срок эксплуатации традиционных теплоизоляционных систем (жидкая теплоизоляция – 15 лет; минераловатные плиты – 5–10 лет). Так же следует учесть, что возможность провести ремонт, при использовании жидкой теплоизоляции, более простой процесс, чем при использовании минераловатных плит. Жидкая теплоизоляция обладает хорошей стойкостью к погодным условиям, в то время как минераловатные плиты теряют свои свойства при наборе влаги.

При утеплении наружной поверхности ограждающей конструкции здания достигаются следующие цели: снижаются потери тепла; конструкция стены защищена от солнечного теплового излучения; снижаются расходы на ремонт фасада; внешний вид фасада становится более привлекательным; время между ремонтными работами значительно увеличивается.

Жидкая керамическая теплоизоляция разработана для бетонных и каменных поверхностей. Из-за высоких теплоотражающих свойств она является идеальным решением в области строительства. Благодаря окраске теплоизоляционным покрытием фасад здания приобретает современный эстетический вид.

#### **Литература**

1. *Chang K. J. et al.* Preparation of silica aerogel/polyurethane composites for the application of thermal insulation // *Journal of Polymer Research*. – 2014. – Т. 21. – №. 1. – С. 338.
2. *Дружинина Т. Я., Копылова А. А.* Актуальность применения жидкой сверхтонкой теплоизоляции в строительстве и эксплуатации промышленных и гражданских объектов // *Вестник ИрГТУ*. 2013. № 2 (73). С. 101–104.
3. *Кузякина М. Г.* Российский рынок теплоизоляции // *Стройпрофиль*. 2008. № 6 (68). С. 112–114.
4. *Бондаренко Д. О., Рыкулов А.* Современные покрытия для теплоизоляции фасадов зданий // *Вестник Белгородского государственного технического университета им. В. Г. Шухова*. 2017. № 2. С. 41–44.
5. Жидко-керамические теплоизоляционные покрытия. URL: <http://www.izohansol.ru/> (дата обращения: 17.03.2020).

УДК 693.2, 69.059.32

*Сергей Павлович Рыжов,*  
магистр  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: Sergei961116@yandex.ru*

*Sergey Pavlovich Ryzhov,*  
master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: Sergei961116@yandex.ru*

## УСИЛЕНИЕ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

### REINFORCEMENT OF STONE STRUCTURES WITH COMPOSITE MATERIALS

В процессе эксплуатации здания может возникнуть необходимость проведения ремонта или усиления конструкций. Проведение ремонта объясняется множеством воздействий на строительные конструкции, включая непроектные нагрузки, аварии, перепланировки, действие агрессивных химических компонентов, исправление ошибок, допущенных на этапе проектирования или строительства. В статье рассматривается технология усиления каменных конструкций композитными материалами, рассмотрены особенности технологии усиления, приводится сравнение композитных материалов и клеящих составов, выявлены достоинства и недостатки технологии усиления композитными материалами. Метод усиления кирпичных конструкций композитными материалами в России не получил широкой популярности из-за отсутствия нормативной базы, которая регламентировала ее использование.

*Ключевые слова:* кирпичная кладка, кирпич, деформации, армирование композитными материалами, усиление конструкций, обойма, инъектирование, клеящий состав, прочность и композитные материалы.

During the operation of the building, it may be necessary to repair or strengthen structures. Repairs are due to a variety of impacts on building structures, including non-design loads, accidents, alterations, the action of aggressive chemical components, and correction of errors made during the design or construction stage. The article deals with the technology of strengthening stone structures with composite materials, discusses the features of reinforcement technology, compares composite materials and adhesives, and identifies the advantages and disadvantages of the technology of reinforcement with composite materials. The method of strengthening brick structures with composite materials in Russia has not gained wide popularity due to the lack of a regulatory framework that regulates its use.

*Keywords:* brickwork, brick, deformations, reinforcement with composite materials, reinforcement of structures, clip, injection, adhesive composition, strength and composite materials.

Множество сооружений Санкт-Петербурга выполнено из кирпича. Кирпич является одним из самых распространённых материалов в строительстве. Кирпич используют для возведения несущих конструкций, ограждающих и конструкций выполняющих обе функции. Широкое применение кирпича обусловлено наличием значительных запасов сырья и большой разновидностью данной продукции.

Достоинства каменных конструкций:

1. Огнестойкость;
2. Долговечность;

3. Теплоизоляция;
4. Звукоизоляция;
5. Морозостойкость;
6. Химическая стойкость;
7. Высокая прочность;
8. Маленькие расходы на эксплуатацию;
9. Простота в возведении;
10. Возможность применять местные материалы [1].

Недостатки каменных конструкций:

1. Большие трудовые затраты при возведении;
2. Значительный вес конструкций [1].

Все еще остается актуальным вопрос обеспечения надежности и долговечности каменных конструкций. Т.к. кирпичная кладка обладает неоднородными свойствами то, она плохо работает на растяжение и чувствительна к действию сдвиговых напряжений. Одним из наиболее распространенных повреждений кирпичной кладки является образование трещин [2].

Среди традиционных способов усиления кирпичных стен можно выделить такие, как:

1. усиление при помощи стальных, железобетонных и армированных обоев;
2. устройство сердечника (металлический или железобетонный);
3. замена элементов кладки (частичная или полная);
4. монтаж разгрузочных балок;
5. инъецирование [3,4].

Традиционные методы усиления кирпичной кладки достаточно эффективны, однако, в некоторых обстоятельствах их применение невозможно. Т.к. большая часть из них требуют значительные затраты труда, являются достаточно дорогостоящим процессом и после проведения работ меняется эстетический вид сооружения, все больше начинают применяться новые материалы и технологии усиления.

Одной из новых технологий является внешнее армирование композитными материалами. Композитные материалы состоят из связующих компонентов и армирующего волокна, которые подразделяются на органические и неорганические.

Неорганические волокна:

- углепластики (рис. 1);
- стеклопластики (рис. 2);
- базальтовые волокна (рис. 3).

Органические волокна:

- арамидные волокна (рис. 4);
- льняные волокна;
- конопляные волокна.

Композитные материалы не воспринимают усилия на сжатие. Это факт нужно учитывать при проектировании.

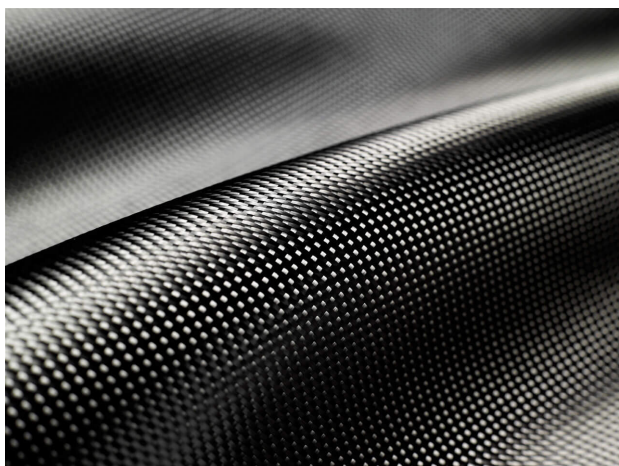


Рис. 1. Неорганические волокна углепластики



Рис. 2. Неорганические волокна стеклопластики

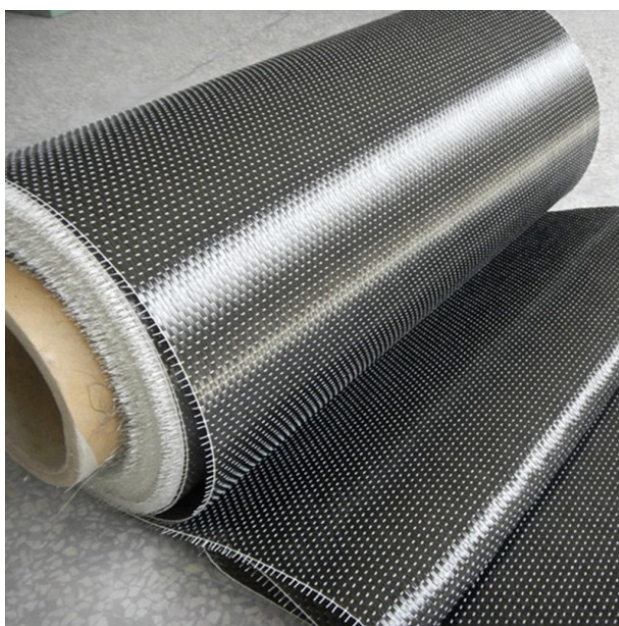


Рис. 3. Неорганические базальтовые волокна



Рис. 4. Органические арамидные волокна

Для обеспечения сцепления композитного материала с конструкцией используют эпоксидный клей или клей на основе микроцемента. Эпоксидный клей состоит из эпоксидной смолы, жидкого или пастообразного отвердителя и дополнительных добавок.

Эпоксидный клей обладает:

- высокой скоростью схватывания;
- стойкостью к действию масел, бензина, воды и т. д.;
- устойчивостью к трещинам и усадкам;
- высокой прочностью шва;
- оптимальной плотностью;
- низкая огнестойкость;
- токсичность;
- переносит повышенные температуры (до +250 °С).



Клей на основе микроцемента является более огнестойким и безопасным в использовании.

Технология армирования композитными материалами (5;6):

- очищается рабочая поверхность и грунтуется;
- наносится эпоксидный клей или клей на основе микроцемента (толщиной не более 6мм);
- до момента схватывания клея укладываются композитные системы;
- наносится штукатурный слой (толщиной не менее 3 мм);
- производится финальная обработка;
- для обеспечения большей прочности усиления, возможна укладка второго слоя систем в защитный слой.

Данным методом возможно усиление изгибаемых конструкций в растянутых зонах, на опорных участках в зоне действия поперечных сил, на сжатых и внецентренно сжатых элементах. Самым дешевым полимерным волокном является стеклопластик.

Достоинства технологии:

1. высокие значения жесткости и прочности;
2. невысокая плотность;
3. стойкость к коррозии;
4. способность к восприятию ударных нагрузок;
5. простота монтажа;
6. малый вес материала;
7. сохранение облика конструкций.

Недостатки технологии:

1. гигроскопичность;
2. высокая стоимость;
3. низкая огнестойкость;
4. токсичность;
5. высокий удельный объем.

Таблица 1

Сравнение характеристик композитных волокон и стали

Материал	Продольная упругость	Предел прочности при растяжении	Деформация при разрыве	Удельный вес
Ед. изм.	ГПа	МПа	%	гр/см <sup>3</sup>
Углеволокно	240	3500	1,6	1,75
Стекловолокно	85	2500	4,5	2,4
Арамид	120	3200	1	1,4
Сталь	200	250–400 (текучесть), 350–600 (разрыв)	20	7,8
Базальтовое волокно	80	3000	1,5	1,7

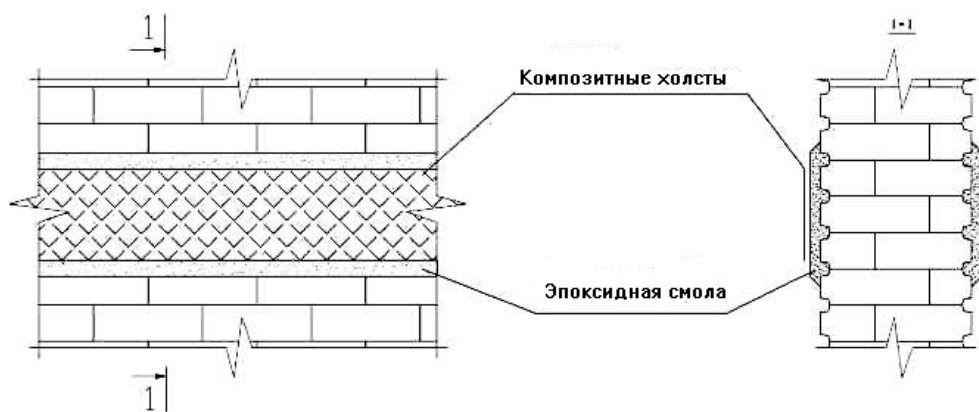


Рис. 5. Устройство композитной обоймы

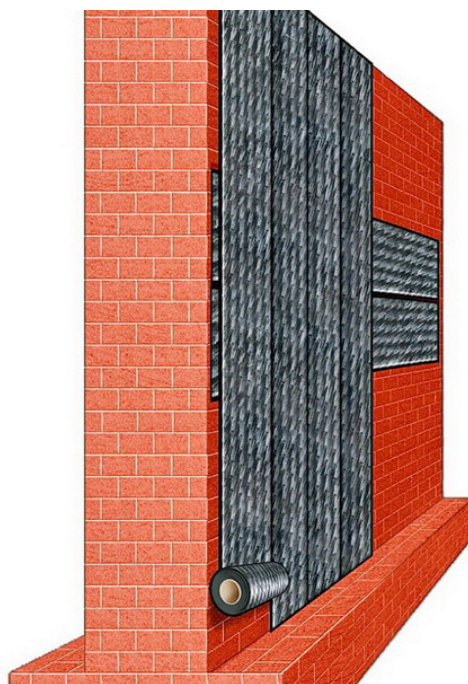


Рис. 6. Усиление кирпичных стен композитными материалами

### Заключение

С точки зрения сохранения внешнего вида сооружения, в отличие от усиления обоями и хомутами, метод усиления композитными материалами является более эффективным. Отсутствие нормативной базы, вызывает необходимость проведения дальнейших исследований.

### Литература

1. Поляков С. В., Фрейдин А. С. О повышении прочности конструкций из кирпичной кладки // Жилищное строительство, 1975. Вып. 5. 15 с.
2. Бедов А. И., Щепетьева Т. А. Проектирование каменных и армокаменных конструкций. М.: АСВ, 2003. С. 49–60, 112–131.
3. Павлова М. О. Ремонт и усиление каменных конструкций: инновационные методы // Строительный профиль. 2009. № 8-09. С. 29–31.
4. Плевков В. С. Восстановление и усиление ограждающих строительных конструкций зданий и сооружений: Учебное пособие. Томск: Печатная мануфактура, 2002. 391 с.
5. СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81\* (с Изменениями № 1, 2, 3).

**УДК 624.016**

*Антон Юрьевич Сазонов,*

магистрант

*Дмитрий Андреевич Животов,*

канд. техн. наук

*Валерий Валерьевич Латута,*

канд. техн. наук

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: s.anton@inbox.ru,*

*latuta@mail.ru,*

*E-mail: d.zhivotov@mail.ru*

*Anton Yuryevich Sazonov,*

undergraduate

*Dmitry Andreevich Zhivotov,*

PhD in Sci. Tech.

*Valery Valeryevich Latuta,*

PhD in Sci. Tech.

(Saint Petersburg State University of Architecture and  
Civil Engineering)

*E-mail: s.anton@inbox.ru,*

*latuta@mail.ru,*

*E-mail: d.zhivotov@mail.ru*

## **ИЗВЛЕЧЕНИЕ ГРУНТА ИЗ ПОЛОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ТРУБЫ ПРИ БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПРОКЛАДКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИБРАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

### **EXTRACTION OF SOIL FROM THE CAVITY OF A HORIZONTAL PIPE WITH TRENCHLESS LAYING OF UTILITIES USING VIBRATION TECHNOLOGY**

Бестраншейная прокладка инженерных коммуникаций применяется под автомобильными дорогами, улицами, существующими коммуникациями. В связи с увеличением объемов работ по ремонту и реконструкции существующих предприятий, развитием сетей водопровода, канализации, электроснабжения и газоснабжения на территориях функционирующей застройки модернизация технологии для бестраншейной прокладки инженерных коммуникаций является весьма актуальной задачей.

Устройство коммуникаций открытым способом влечет за собой приостановку движения транспорта и большую длительность работ в связи с невозможностью их механизации в условиях пересечения с проложенными ранее трубопроводами и кабелями.

*Ключевые слова:* вибрационная технология, виброметод, виброгрейфер, ударно-вибрационный механизм, обсадная труба.

Trenchless laying of engineering communications is used under roads, streets, existing communications. In connection with the increase in the volume of repair and reconstruction of existing enterprises, the development of water supply, sewage, electricity and gas networks in the territories of functioning buildings, the modernization of technology for trenchless laying of utilities is a very urgent task.

An open communications device entails a suspension of traffic and a longer duration of work due to the impossibility of mechanizing them under conditions of intersection with previously laid pipelines and cables.

*Keywords:* vibration technology, vibration method, vibration grapple, shock-vibration mechanism, casing.

Для строительства бестраншейного перехода самым трудоемким и сложным является процесс прокладки защитной трубы-кожуха. Трудности определяются необходимостью приложения больших статических сил как при проколе, так и при продавливании.

В случае продавливания возникает необходимость в выполнении трудоемкой операции извлечения грунта из полости горизонтальной трубы. И в том, и в другом способах бестраншейной прокладки применение вибрационной технологии позволяет свести к минимуму ручной труд и повысить темпы производства работ.

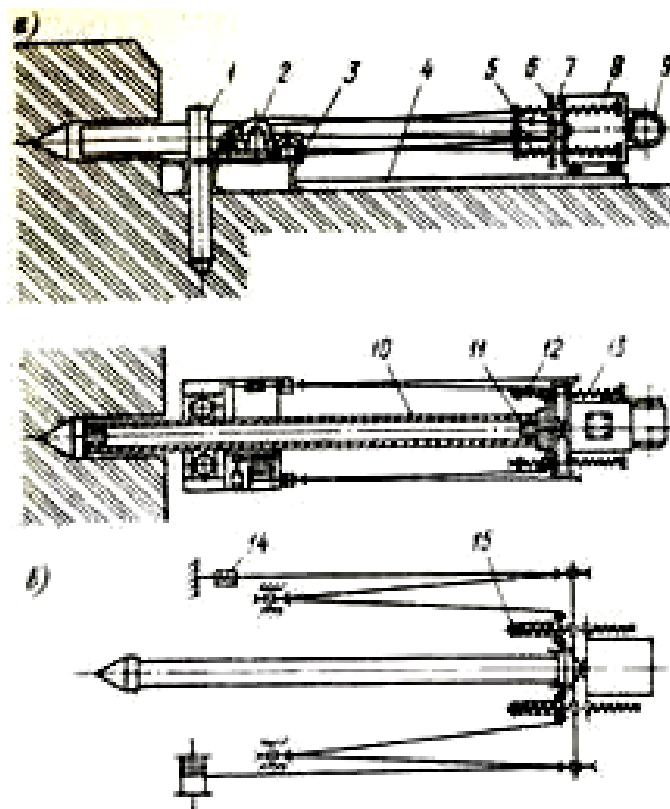


Рис. 1. Оборудование УВВП-400:

*а* – принципиальная схема установки; *б* – схема запаски каната пригрузочного полиспаста:  
 1 – анкерная свая; 2 – лебедка; 3 – рама; 4 – направляющая; 5 – планка; 6 – ударная приставка;  
 7 – направляющие стержни; 8 – ударная часть (вибрационный механизм); 9 – электродвигатель;  
 10 – прокладываемая труба; 11 – наголовник; 12, 13 – пружины;  
 14 – пружинный ограничитель натяжения; 15 – блоки

Впервые вибропрокол с применением направленных колебаний был предложен во ВНИИГС. Исследования показали, что задавливающее усилие при вибропроколе может быть в несколько раз меньше, а скорость продавливания существенно больше, чем при обычном проколе домкратами.

Авторы Цейтлин М.Г., Верстов В.В. [1] показали возможность эффективного применения ударно-вибрационного погружения труб при горизонтальной проходке. Эта возможность была связана с определенными условиями самодвижения вдавливаемой трубы при ударно-вибрационном воздействии. Однако внедрение вибрационной технологии в практику строительства бестраншейных переходов стало возможным при учете специфики этих работ.

Во ВНИИГС разработан и внедрен в практику строительства ударно-вибрационный грейфер УВБ-1, предназначенный для извлечения грунта из внутренней полости стальных труб диаметром 1020–1420 мм при их бестраншейной прокладке методом продавливания.

Ударно-вибрационный грейфер УВБ-1 представляет собой мобильный снаряд, имеющий возможность самодвижения по прокладываемой трубе к забою и принудительного внедрения в грунт, поступивший в трубу при ее продавливании. Движение УВБ-1 к забою и внедрение в грунт осуществляются под действием ударных импульсов, создаваемых ударно-вибрационным механизмом и передаваемых корпусу машины и соединенному с ней грунтозаборнику.



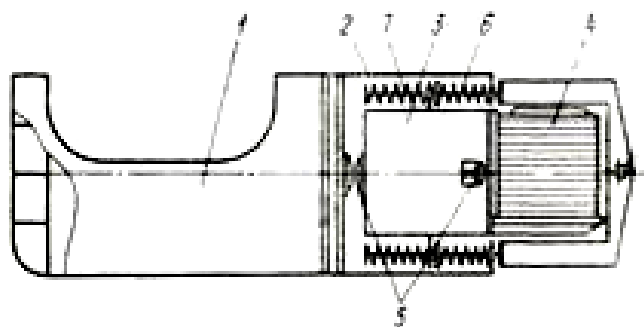


Рис. 2. Конструктивная схема ударно-вибрационного грейфера УВБ-1  
 1 – грунтозаборник; 2 – кожух виброгрейфера; 3 – вибровозбудитель;  
 4 – приводной электродвигатель; 5 – бойки; 6 – пружины ударной части;  
 7 – пружины амортизатора

УВБ-1 (рис. 2) состоит из ударно-вибрационного механизма с приводным электродвигателем, размещенным в цилиндрическом корпусе и жестко соединенными с грунтозаборником. Ударно-вибрационный механизм имеет возможность относительного перемещения в цилиндрическом корпусе и связан с ним системой пружин. Корпус имеет наковальню и выступы, а ударно-вибрационный механизм — ответные ударники для передачи ударных импульсов в направлении погружения и обратно для облегчения извлечения грейфера УВБ-1 из забоя.

Для снижения динамического воздействия на грузоподъемный крюк при разгрузке УВБ-1 обычно применяют пружинный амортизатор.

Извлечение грунта из прокладываемой трубы с помощью УВБ-1 осуществляется циклически, но не зависит от периодичности работы гидравлических домкратов, обеспечивающих вдавливание трубы в грунт.

Технологический цикл проходки горизонтальных скважин включает:

- самодвижение ударного грейфера (за счет асимметрии ударных воздействий и реактивных сил пружин) по трубе до забоя;
- наполнение грунтозаборника при ударно-вибрационном внедрении грейфера в грунт;
- извлечение грейфера статическим усилием или путем самодвижения под действием вибровозбудителя, наносимых в обратном направлении;
- разворот грейфера в вертикальное положение и разгрузка в ударном режиме.

Для снижения усилия извлечения в конструкции УВБ-1 предусмотрена возможность ударов назад при приложении статического усилия для извлечения. Применение УВБ-1 возможно во всем диапазоне грунтовых условий, где обеспечивается статическое вдавливание прокладываемой трубы. Время одного цикла работы установки по очистке от грунта 1 м продавливаемой трубы составляет около 10 мин, при этом время работы на забое не превышает 2–3 мин. УВБ-1 дает возможность полностью исключить ручной труд на забое, повысить производительность и безопасность работ. Работа ударно-вибрационного грейфера при горизонтальной проходке скважины диаметром 1020 мм в плотных суглинках показан на рис. 3.

При прокладке труб методом виброударного прокола к забойному концу трубы приваривают конусный наконечник и забивают ее ударами вибромолота с дополнительной статической нагрузкой. При прокладке труб методом ударно-вибрационного продавливания на забойном конце трубы наконечник не устанавливают, а внутрь трубы помещают виброударную желонку. При проходке труба открытым концом внедряется в грунт на определенное расстояние, а затем желонка внедряется с помощью вибромолота в грунт,

забирает его и с помощью каната перемещается к разгрузочным окнам трубы, где под действием ударов вибромолота грунт высыпается через окна желонки в разгрузочные окна трубы на дно траншеи по обе стороны от установки.



Рис. 3. Выгрузка грунта при производстве работ по горизонтальной проходке скважин ударно-вибрационным грейфером

Процесс проходки состоит из отдельных периодически повторяющихся циклов, в которых каждое внедрение трубы чередуется с выбором грунтового керна виброударной желонкой.

Применение горизонтальных ударно-вибрационных грейферов УВБ позволяет повысить производительность труда при извлечении грунта из труб-кожухов по сравнению с производительностью при ручной разработке – в 3–5 раз [1].

Авторами статьи рассматривается анализ применения вибрационной технологии в работах по бестраншейной прокладке трубопроводов. Использование вибрационной технологии показывает следующие ее преимущества:

- возможность комплексной механизации работ с исключением ручного труда;
- уменьшение объема подготовительных работ;
- сокращение сроков устройства переходов через препятствия.

Отказ от привлечения ручного труда для извлечения грунта из внутренней полости продавливаемых труб-кожухов достигается благодаря применению виброметода.

#### Литература

1. Цейтлин М. Г., Совков Г. В., Верстов В. В., Жачкин Ю. В., Балабашкин Ю. В. Виброгрейферы продольно-вращательного действия для проходки скважин и извлечения грунта из колодцев-оболочек. Л.: 1970. 19 с.
2. Verstov V. V., Judina A. Improving technological Processes for Borehole Drilling in Construction Using Vibration Impact. Applied Mechanics and Materials, Vol. 725–726, 2015, pp.220–228.
3. Латуша В. В., Животов Д. А., Величкин В. З., Ворона-Сливинская Л. Г. Устройство подвальной части коттеджей в водонасыщенных грунтах с применением вибрационной технологии // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 1 (78). С. 127–132.

УДК 691.34

*Анастасия Александровна Сапунова,*  
аспирант, ст. преподаватель  
(Костромская государственная  
сельскохозяйственная академия)  
*Станислав Алексеевич Захряпин,*  
магистрант  
(Костромской государственный университет)  
*E-mail: krilovaaa@yandex.ru,*  
*staszahryapin@yandex.ru*

*Anastasia Alexandrovna Sapunova,*  
postgraduate student, senior lecturer  
(Kostroma State  
Agricultural Academy)  
*Zahryapin StanislavAlekseyevich,*  
undergraduate  
(Kostroma State University)  
*E-mail: krilovaaa@yandex.ru,*  
*staszahryapin@yandex.ru*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ЛЕГКОГО БЕТОНА НА МАГНЕЗИАЛЬНОМ ВЯЖУЩЕМ С ДРЕВЕСНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ**

### **RESEARCH OF THE PROCESS OF STRUCTURE FORMATION OF LIGHT CONCRETE ON MAGNESIA BINDER WITH WOOD FILLER**

Магнезиальные вяжущие в последнее время все чаще находят применение в качестве вяжущего, что связано с меньшими энергозатратами при его производстве по сравнению с портландцементом. По своим свойствам магнезиальное вяжущее превосходит дорогостоящий портландцемент. Высокие показатели прочности на растяжение и изгиб, экологичность и износостойкость выделяют данный материал в своей категории.

Особое внимание уделяется уникальной особенности магнезита – способности активно взаимодействовать с древесным наполнителем при создании легкого бетона. Для Костромской области вопрос по использованию отходов деревообрабатывающих предприятий очень актуален.

*Ключевые слова:* магнезиальное вяжущее, композиция, древесные отходы, легкий бетон, прочность.

Recently magnesian binders are increasingly being used as a binder, which is associated with lower energy consumption in its production compared to Portland cement. By its properties, magnesian binder is superior to expensive Portland cement. High tensile and bending strength, environmental friendliness and wear resistance distinguish this material in its category.

Particular attention is paid to the unique feature of magnesite – the ability to actively interact with wood filler to create lightweight concrete. For the Kostroma region, the issue of the use of waste from woodworking enterprises is very relevant.

*Keywords:* magnesia binder, composition, wood waste, lightweight concrete, strength.

Магнезиальные вяжущие вещества уже достаточно давно являются объектом исследований российских и зарубежных ученых. Способность магнезита затвердевать и образовывать бетон с органическими и древесными заполнителями дают возможность получить высокопрочный материал с хорошими теплоизоляционными свойствами. Материал на основе магнезиального цемента быстро твердеет, обладает повышенной прочностью на изгиб, на сжатие, малой усадкой. Для набора прочности магнезиального камня не требуется влажная среда. Материалы на основе магнезиального вяжущего имеют высокую огнестойкость, химическую стойкость и экологичность.

Наряду с достоинствами данный материал имеет отрицательные свойства, такие как высокая агрессивность к стальной арматуре, низкая водостойкость и трещиностойкость;

не полностью изучены вопросы создания прочной и одновременно легкой композиции. Данное обстоятельство требует проведения научных исследований с целью улучшения исходных свойств материалов на основе магнезита.

Зыряновой В.Н. и соавторами были проведены исследования о применении природных поликомпонентных рассолов различных типов для получения оксида и хлорида магния и производства из них магнезиальных и композиционных магнезиальных вяжущих материалов. При разработке технологии получения особое внимание было уделено промывке гидроксида магния от маточных растворов, что снизило содержание солей в прокаленных осадках с 6,6 до 3–3,4 % и повысило содержание оксида магния до 82–88 %. Для повышения водостойкости в смесь добавляли тонкоизмельченный силикат магния и кальция – диопсид (или дунит, серпентинит, волластонит). Композиционные магнезиальные вяжущие показали высокую прочность на сжатие 30–50 МПа и водостойкость  $K_{cm} = 0,8–0,9$  [1].

Добавка в смесь микрокремнезема (микрокремний, микросилика, кремниевая пыль) увеличивает прочностные свойства материала и повышает водостойкость магнезиального камня, а также прочность при гидравлическом твердении. При этом для затворения данной смеси требуется только вода [2].

Также известны исследования магнезиальных композиций с минералами природного и техногенного сырья, которые в нормальных условиях не проявляют вяжущих свойств. По степени участия в процессах гидратации, которая составляет 25–60 %, минералы можно расположить в следующий ряд: актинолит → скаполит → альбит → эпидот → диопсид → андрадит → пирит. Результаты показали, что возможно замещение части каустического магнезита на смешенное вяжущее с содержанием техногенного компонента до 30–50 % без снижения прочностных показателей бетона [3].

Магнезиальные композиции на основе тонкомолотых отходов обогащения скарно-магнетитовых руд (50–70 %) также показывают высокие показатели прочности камня. При использовании более крупной фракции заполнителя 2,5–1,25 мм отмечены высокие показатели прочности на сжатие. Также установлено, что при увеличении количества отходов более 70 % наблюдается снижение прочности камня [4].

Известны исследования о получении композиционных магнезиальных вяжущих повышенной водостойкости с отходами целлюлозно-бумажной промышленности – шлам бисульфатного раствора. Полученные составы композиционного вяжущего показывают прочность на сжатие в возрасте 28 суток 24 МПа, а традиционные растворы имеют прочность 11,7–18,2 МПа. Шлам является отличным сырьевым материалом для магнезиального вяжущего, так как в своем составе содержит оксид магния и оксид кремния и имеет высокую дисперсность, что предопределяет повышенную реакцию [5].

Использованию некондиционных магнийсодержащих отходов в сочетании с магнезиальным вяжущим посвящены работы Лыткиной Е.В. Введение тонкодисперсного диабаза (силикатный отход, образующийся в процессе дробления диабазовой породы при получении щебня) в магнезиальное вяжущее способствует снижению высолообразования, повышению водостойкости. Полученная композиционная смесь может быть использована для приготовления костролитовых композиционных материалов с высокой водостойкостью, низкой средней плотностью 499–508 кг/м<sup>3</sup> и теплопроводностью 0,150–0,164 Вт/м<sup>2</sup>·°С [6].

Исследования магнезиальных композиций на основе органических заполнителей, таких как древесные опилки, лузга, макулатура, натуральное волокно показывают, что данные заполнители оказывают армирующее действие [7].



Опираясь на имеющийся положительный опыт применения магнезита в качестве вяжущего, были проведены исследования влияния доли древесного наполнителя на прочностные свойства легкого бетона. Выбор древесных отходов обусловлен актуальностью проблемы их утилизации, в том числе для Костромской области, где лесная промышленность является одной из ведущих и перспективных отраслей экономики. Предприятия области производят: фанеру, ДВП, ДСП и пиломатериалы. При обработке древесины ежегодно образуется около 1,5 млн м<sup>3</sup> отходов в виде опилок и стружки, большая часть которых не находит применения [8].

В ходе экспериментальных исследований, выполненных совместно в КГСХА и КГУ, были изготовлены образцы легкого бетона. Композицию готовили из каустического магнезитового порошка марки ПМК–75 по ГОСТ 1216–87 и древесных опилок и стружки, массовая доля которых варьировалась от 10 % до 30 %. Смесь магнезита с древесным наполнителем перемешивалась до однородного состояния, после чего её затворяли раствором бишофита MgCl<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O (концентрация раствора 10 %) комнатной температуры до «нормальной густоты цементного теста». Далее проводились испытания по стандартной методике [9].

Результаты опытов показали, что в общем виде зависимость прочности образцов на изгиб (Y) от доли добавки древесного наполнителя (Д) может быть представлена регрессионной зависимостью второго порядка (рис. 1).

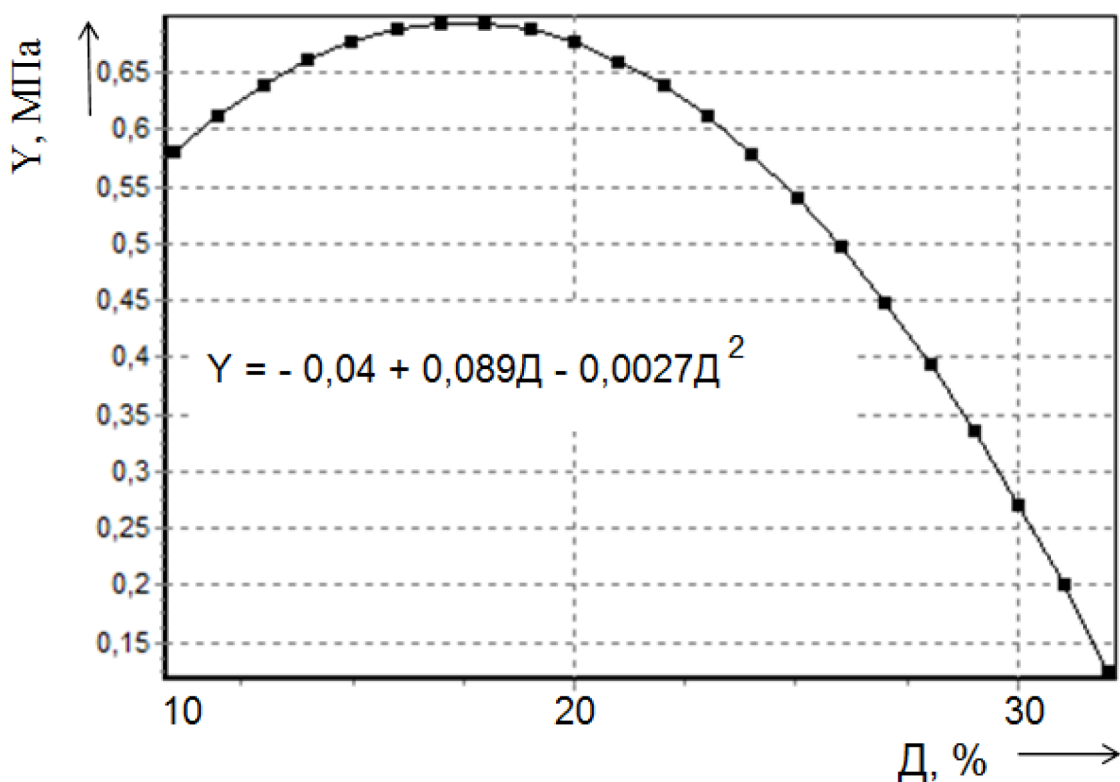


Рис. 1. Влияние доли древесного наполнителя на прочность при изгибе

При увеличении в составе легкого бетона доли древесного наполнителя от 10 % до 17 % происходит рост прочности материала. При дальнейшем увеличении доли древесного наполнителя наблюдается интенсивное снижение показателя прочности. Это объясняется тем, что древесные частицы в количестве до 16–18 % выступают в качестве

армирующего элемента в материале. Введение в состав легкого бетона древесного наполнителя в количестве более 18 % сопровождается значительным увеличением суммарной удельной поверхности частиц, которые при смешивании с жидкой фазой вяжущего интенсивно набирают влагу, удаляемую впоследствии при затвердевании образцов. Вероятнее всего, именно по этой причине не образуется необходимого количества связей между частицами наполнителя и вяжущим. Одновременно с твердением наблюдается изменение формы образцов вследствие усыхания древесного наполнителя, в результате чего наблюдалось нарушение связей с вяжущим. Всё это в совокупности приводит к снижению показателя прочности образцов при доле древесного наполнителя более 17 %. Поэтому при дальнейших исследованиях необходимо определить предельно допустимую долю добавки древесного наполнителя, обеспечивающую получение легкого бетона с требуемым показателем прочности.

### Литература

1. Зырянова В. Н., Бердов Г. И., Верещагин В. И., Коцупало Н. П., Рябцев А. Д. Композиционные магнезиальные вяжущие и строительные материалы из природных высокоминерализованных поликомпонентных рассолов // Известия вузов. Строительство. 2014. № 2. С. 17–25.
2. Устинова Ю. В., Насонова А. Е., Козлов В. В. Исследование взаимодействия каустического магнезита с добавкой микрокремнезема // Вестник МГСУ. 2012. № 3. С. 100–103.
3. Мирюк О. А. Магнезиальные композиции с использованием техногенных материалов // Известия вузов. Строительство. 2015. № 5. С. 29–33.
4. Мирюк О. А. Магнезиальные композиты различной структуры // Сухие строительные смеси. 2016. № 6. С. 30–36.
5. Белимова О. А. Магнезиальное вяжущее на основе шлама бисульфитного раствора–отхода целлюлозно–бумажной промышленности / Белимова О. А.: Дис. канд. техн. Наук. 1999. НИИЦемент. Москва. 15 с.
6. Лыткина Е. В., Машкин Н. А. Костролитовые строительные материалы с использованием композиционного магнезиального вяжущего на основе диабазы // Вестник ЮУрГУ. 2010. № 15. С. 8–10.
7. Тажибаева Д. М. Исследования смешанного магнезиального вяжущего с наполнителями // Технические науки в России и за рубежом: материалы V Междунар. науч. конф. (г. Москва, январь 2016 г.). М.: Буки-Веди. 2016. С. 43–45.
8. Титунин А. А., Каравайков В. М., Вахнина Т. Н. Эколого-экономические аспекты безотходных технологий переработки лесных ресурсов: монография. М.: Новые технологии. 2007. 48 с.
9. ГОСТ 310.4–81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии. М.: ИПК Издательство Стандартов. 2003. 11 с.

**УДК 699.86**

*Петр Семенович Сивцев,*  
магистрант

*Олег Александрович Тимощук,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: sivtsevpetr@mail.ru*

*Petr Semenovich Sivtsev,*  
undergraduate

*Oleg Aleksandrovich Timoschyuk*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: sivtsevpetr@mail.ru*

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ СТЫКОВ ТРЕХСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПАНЕЛЕЙ 112-Й СЕРИИ В Г. ЯКУТСКЕ**

### **MODERN DESIGN SOLUTIONS TO IMPROVE THE THERMAL PROTECTION OF JOINTS OF THREE-LAYER REINFORCED CONCRETE PANELS 112<sup>th</sup> SERIES IN YAKUTSK**

Тепловая защита и общая энергия. На производительность здания влияют следующие факторы: постепенное развитие технологии и энергетические требования. Это должно быть приспособлено к применению новых теплоизоляционных материалов и систем в строительстве. В этой статье проанализированы проблемы возникновения «мостиков холода» и разработано новое технологическое решение по устранению недостатков панельных домов, в основном как улучшение герметизации и теплоизоляции «мест стыков» наружных стеновых панелей 112 серии. В основном это замена традиционных материалов как бетонная смесь М200 и стекловолокна на новые материалы – полипропиленовая фибра и аэрогель.

*Ключевые слова:* стыки, сборное железобетонное здание, теплоизоляция.

Thermal protection and total energy. Building performance is affected by the following factors: gradual development of technology and energy requirements. This should be adapted to the use of new thermal insulation materials and systems in construction. This article analyzes the problems of „cold bridges“ and develops a new technological solution to eliminate the shortcomings of panel houses, mainly as an improvement in the sealing and thermal insulation of the „joints“ of external wall panels 112 series. This is mainly the replacement of traditional materials such as concrete mix M200 and fiberglass with new materials-polypropylene fiber and aerogel.

*Keywords:* joints, precast concrete building, thermal insulation.

Полносборное строительство 112-й серии в г.Якутске широко распространено и на данный момент по вводам жилья в эксплуатацию – это одно из самых востребованных направлений. В основном это дома 9-этажные и 12-этажные. Производством и строительством занимается АО «ДСК» с 1994 года.

Как и в любом здании есть свои преимущества и недостатки. Явные недостатки панельных домов – это звуко-, и теплоизоляция.

- Один из главных недостатков «панелек» известен каждому, кто хоть какое-то время прожил в панельном доме.

- Способность к аккумулярованию тепла у панельных конструкций невысока, стены стремительно остывают при минусовых температурах, поэтому, фактически, собственники вынуждены отчасти оплачивать «прогрев улицы» [1]. Вдобавок бетонные стены отлично прогреваются и передают тепло летом, от чего в квартирах становится душно.

- Еще потенциальная проблема кроется в наличии обязательных межпанельных швов, которые требуют качественной герметизации. Если на стыках швов и в углах начинают появляться какие-то щели, влага может попадать в жилые помещения, а звуко- и теплоизоляция становятся еще хуже.

- «Панельки» не случайно в народе называют еще и «коробками»: здесь действительно сложно разогнаться с архитектурными изысками или индивидуальной планировкой. От шаблонности архитектурных и планировочных решений никуда не денешься. Да и комнат в такой квартире максимум четыре, но в основном, это стандартные «однушки», «двушки» и «трешки» [2].

По последним данным обследования зданий выявилось, что у здания в основном наблюдается «мостик холода» и углы и места сопряжений стыков при отрицательных температурах появляются инеи, внутри помещения образовывается лед в стыках. «Мостик холода» — участок ограждающей конструкции здания (окончание бетонного элемента, стыки стен и т. п.), имеющий пониженное термическое сопротивление [3]. Причинами возникновения являются:

- Некачественная герметизация межпанельных швов;
- Нарушение технологии при монтаже;
- Усадка утеплителя или не утепленные участки.

Проанализировав и обдумав, было предложено новое технологическое решение при монтаже стыков наружных стеновых панелей.

На рис. 1 показан традиционный стык внешних стеновых панелей с внутренним используемый в 112-й серии.

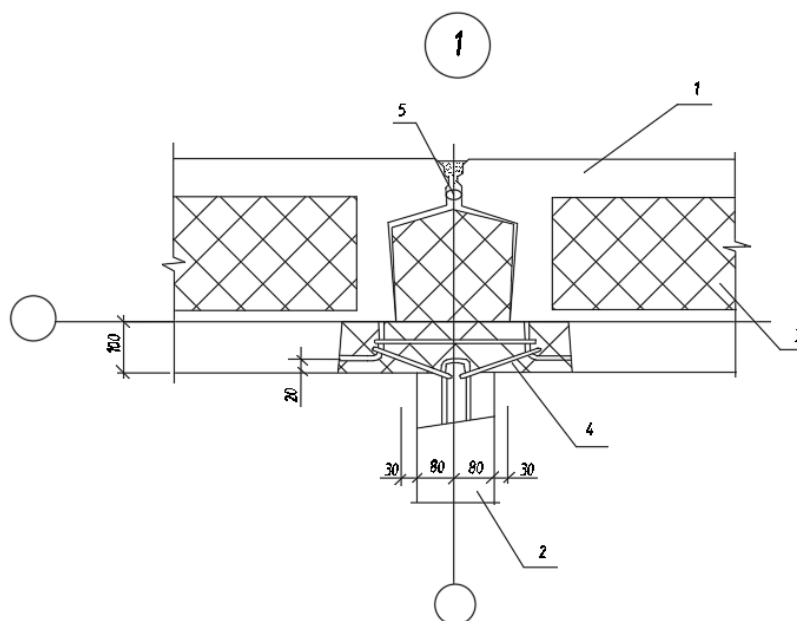


Рис. 1. Стык внешних стеновых панелей с внутренними: 1 – наружная стеновая панель ЗНС; 2 – внутренняя стеновая панель ПСВ; 3 – утеплитель; 4 – металлические скобы; 5 – вилатерм

Соединение арматурных выпусков из панелей выполняется в двух уровнях – в верхней и нижней частях панелей. Для обеспечения прочности и устойчивости панельных домов во время строительно-монтажных работ, когда стыки еще не замоноличены, предусмотрено в узлах устройство жестких сварных накладок и анкеров, воспринимающих монтажные усилия. После всего монтажа стык замоноличивают бетоном марки 200.



В новом решении приняты замена замоноличивания стыка не бетоном, а полипропиленовой фиброй (фибробетоном). Полипропиленовая фибра (фиброволокно) – это особого типа волокна, предназначенные для улучшения таких свойств газобетона, пенобетона, штукатурных составов, раствора, бетона и других подобных материалов, как их стойкость к образованию трещин [4].

Полипропиленовая фибра была разработана в качестве альтернативы обычной металлической фибре. Главное её предназначение – улучшение сопротивляемости различных материалов на основе цемента усадочному трещинообразованию [5]. Фибра для этого подмешивается в растворную или бетонную смесь. При перемешивании этой смеси фибра равномерно и легко распределяется во всём объёме смеси, создавая тем самым армирование пространства, которое препятствует образованию и последующему развитию трещин усадочного типа. Кроме того, улучшается прочность готовой продукции как на изгиб, так и ударная прочность.

Добавление фибры в бетон:

- предотвращает образование усадочных трещин;
- повышает стойкость бетона к истиранию;
- исключает образование пластического типа трещин и деформаций, расслаивание поверхности;
- повышается морозостойкость.

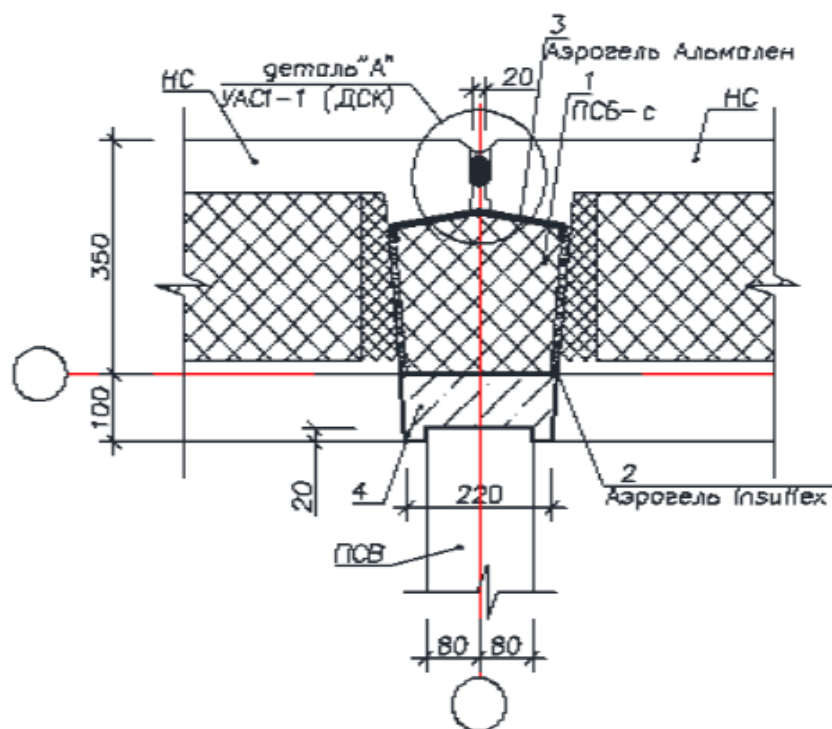


Рис. 2. Предложенный новый стык:

- 1 – утеплитель; 2 – теплоизоляционная мембрана аэрогель «Insuflex»;  
3 – теплоизоляционная мембрана аэрогель Альмален; 4 – фибробетон

Также в качестве теплоизоляционных материалов предложен автором использование «Аэрогеля». В настоящее время технологии зашли далеко вперед и в свет был выпущен наноматериал «Аэрогель». На вид как простой теплоизоляционная мембрана, но он несколько раз превосходит качества других теплоизоляционных материалов. Уникальность

материала состоит в полном отсутствии в его составе какой бы то ни было жидкой фазы, которая в процессе производства вся полностью переходит в газообразное состояние. В результате аэрогель, представляющий собой уникальную молекулярную решетку с порами размером всего около 2 мкм, практически на 99,8 % состоит из воздуха, полностью обездвиженного. Благодаря этому фактору аэрогель обладает очень низкой плотностью, по параметрам превосходящей только плотность воздуха и всего в полтора раза.

### **Выраженные достоинства материалов на основе аэрогеля**

Общие преимущества аэрогелевых материалов можно описать таким образом:

- **Экологическая безопасность.** Материалы не содержат никаких вредных для окружающей среды веществ, поэтому применяются в любых условиях, в том числе – внутри жилых и общественных помещений любого назначения, безо всяких исключений.

- **Огнестойкость.** Полотна и жидкие составы с включением аэрогеля относятся к негорючим материалам – класс НГ. Поэтому отлично подходят для термоизоляции технологических трубопроводов, перекачивающий высокотемпературные вещества или огнеопасные составы, а также различного оборудования, требующего повышенной защиты от воздействия открытого огня и высоких температур.

- **Выраженно малая плотность.** В связи с тем, что аэрогель состоит на 98 % из воздуха, материал, изготовленный на его основе, не утяжеляет утепляемую конструкцию, а значит, не увеличивает нагрузку на несущую основу.

- Материалы не впитывают воды и отводят влагу, если она попадает под утеплитель

- **Гидрофобность.** Структурное строение открытых ячеек, способствует быстрому испарению влаги, если она вдруг попала под слой утеплителя. Таким образом, аэрогелевые полотна способны обеспечить трубопроводам и другим металлическим поверхностям не только утепление, но и эффективную защиту от возникновения коррозии. Кроме того, материалы на основе аэрогеля обладают выраженно водоотталкивающими способностями, даже в условиях очень высоких температур.

- **Крайне низкая теплопроводность.** Аэрогелевые композитные утеплители имеют самую низкую теплопроводность из всех известных ныне изоляторов, поэтому являются оптимальным вариантом для любых конструкций из каких бы то ни было материалов.

- **Простота монтажных работ.** Легкость и небольшая требуемая толщина материала обеспечивает простое закрепление его на любых поверхностях. Полотна и плиты фиксируются с помощью клеев, используемых для монтажа других утеплителей.

После всех этих предложений нововведений был проведен расчет в программе *HEAT3*. *HEAT3* – это компьютерная программа для трехмерного моделирования стационарного и нестационарного процессов теплопередачи. Программа в комплексе с двухмерной версией *HEAT2* используется более, чем 1000 консультантами и 100 университетами и научно-исследовательскими институтами по всему миру. Программное обеспечение проверено на соответствие стандарту *EN ISO 10211*.

Проанализировав материалы в техническом порядке выявили, что по результатам расчета можно заметить, что стык полностью удовлетворяет качество и требования теплоизоляции, и отсутствия «мостика холода». Таким образом можно обеспечить дому высокую энергоэффективность, не переплачивая на «прогрев улицы» через стык.

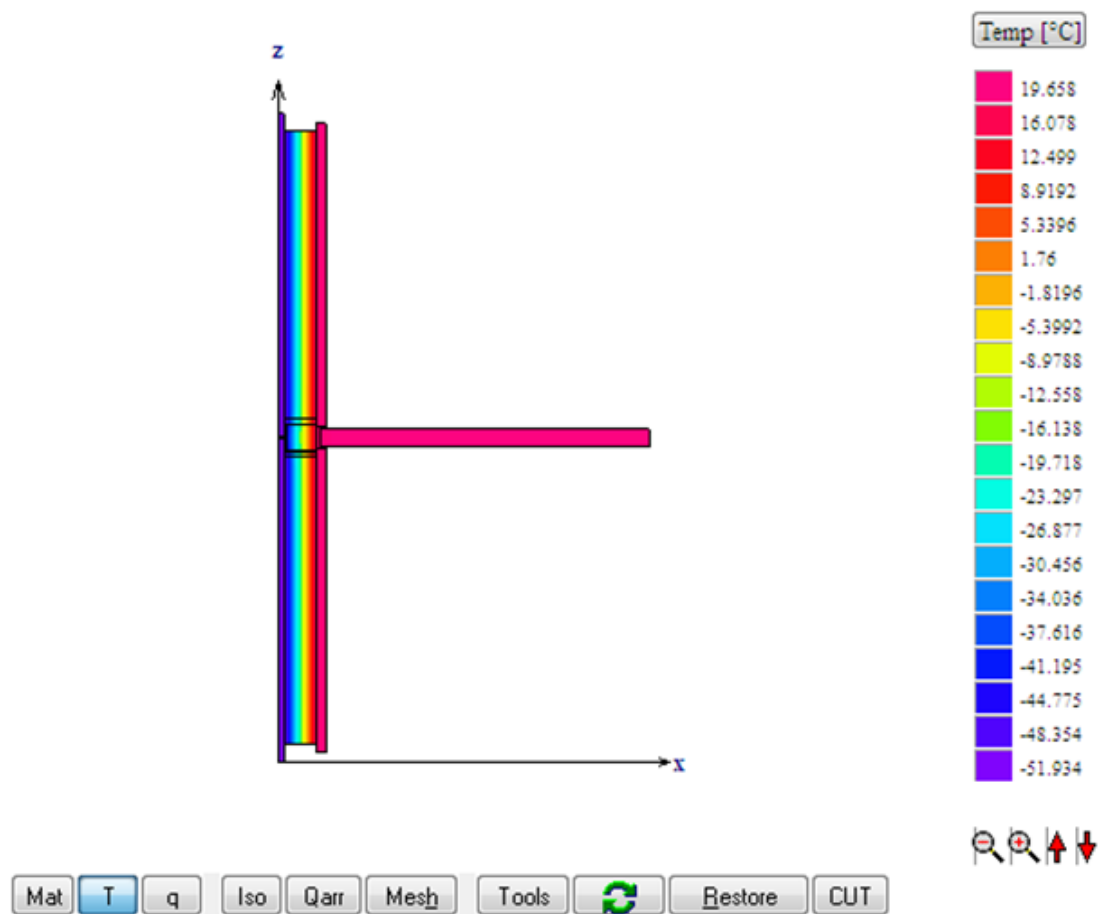


Рис. 3. Результат расчета теплоизоляции программой *HEAT3*

### Литература

1. Сычев С. А. Оптимизация технологических решений строительства из быстровозводимых систем / С. А. Сычев, Ю. Н. Казаков // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 3 (56). – С. 130–135.
2. <https://novostroyev.ru/other/panelnye-doma-plyusy-i-minusy/>
3. Бердичевский Г. Н. Типовые железобетонные конструкции зданий и сооружений для промышленного строительства. Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1981.
4. Технология возведения полносборных зданий. / Учебник под общ. ред. чл.-корр. РААСН, проф., д.т.н. А. А. Афанасьева. – М.: изд-во АСВ, 2000 г.
5. Бадьин Г. М. Справочник технолога-строителя. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2008.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО УСТРОЙСТВУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ РАМНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПОСТНАПРЯЖЕНИЕМ

### TECHNOLOGICAL PROPOSAL FOR CONSTRUCTION OF POST-TENSION REINFORCED CONCRETE FOUNDATION SLAB WITH FRAME STRUCTURE

Представлена технология устройства железобетонной фундаментной плиты рамной конструкции с постнапряжением (предварительным напряжением арматуры в построечных условиях после набора бетоном 70-75% проектной прочности). Данная технология может быть использована при строительстве гражданских и промышленных зданий при устройстве фундаментов на естественном основании. Рамная конструкция фундаментной плиты позволяет сократить расход бетона и формообразующей арматуры по сравнению со сплошной фундаментной плитой. Использование несъемной опалубки сократит сроки опалубочных работ. Предложенное технологическое решение позволяет снизить расход бетона на 15-20%, повысить трещиностойкость конструкции, снизить нагрузки на основание.

*Ключевые слова:* постнапряжение, предварительно напряжённый железобетон, фундаментная плита, несъемная опалубка, каналобразователи, анкер клиновидный.

The paper considers the construction technology of post-tension reinforced concrete foundation slab with frame structure. Prestressing steel is tensioned after concrete has hardened for 70–75 % of project strength. This technology is efficient for civil and industrial construction. In comparison with solid foundation slab, frame structure of foundation slab allows to reduce the usage of concrete and steel. The usage of non-removable formwork reduces the construction time of formwork. The advantages of this technology are reduced usage of concrete for above 15–20 %, increased crack resistance of structure, lower loads on the ground.

*Keywords:* posttension, prestressed concrete, foundation slab, non-removable formwork, duct, wedge anchorage.

В настоящее время в строительстве получили широкое распространение фундаментные плиты из-за относительной простоты и технологичности их устройства. Основной проблемой во время применения такого типа фундаментов специалисты выделяют большой расход бетона, особенно в зонах у колонн. Для решения этой проблемы предлагается использовать технологию предварительного натяжения в построечных условиях и рамную конструкцию, что позволит уменьшить расход бетона на 15–20 %, повысить трещиностойкость конструкции, снизить нагрузки на основание.

Для устройства фундаментной плиты рамной конструкции применяется система преднапряжения со сцеплением с бетоном, где арматурные пучки, расположенные в закрытых каналобразователях, подвергаются механическому натяжению, затем анкеровке (рис. 1 и рис. 2). Сцепление с бетоном обеспечивается последующим инъектированием каналобразователей цементным раствором. Рамная конструкция фундаментной плиты позволяет сократить расход бетона и формообразующей арматуры. Для устрой-



ства внутренней опалубки рекомендуется использовать несъемную опалубку, чтобы сократить сроки опалубочных работ. Ячейки-полости могут быть заполнены насыпными теплоизоляционными материалами для снижения коэффициента теплопроводности данной конструкции.

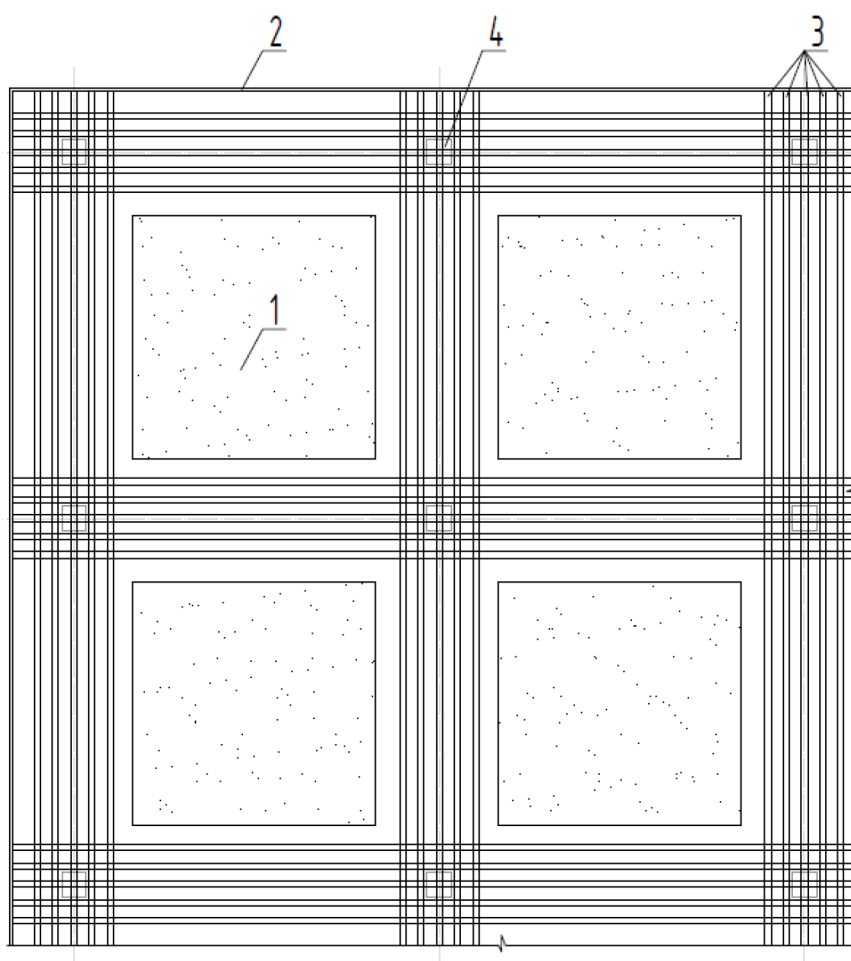


Рис. 1. Схема устройства плитного фундамента рамной конструкции с постнапряжением:  
1 – ячейки-полости, 2 – опалубка внешняя, 3 – каналобразователи с напрягаемой арматурой,  
4 – места расположения колонн

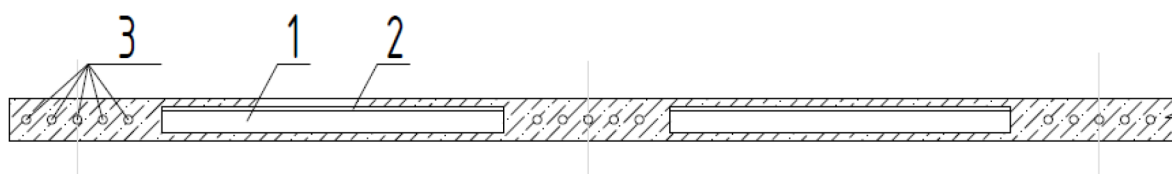


Рис. 2. Схематичный разрез плитного фундамента рамной конструкции с постнапряжением:  
1 – ячейки полости, 2 – крышка-опалубка, 3 – каналобразователи с напрягаемой арматурой

Технологическая последовательность выполнения работ:

- выполнение работ по подготовке основания (выравнивание основания, отсыпка слоем гравия, а затем песка, устройство гидроизоляции)
- монтаж внешней ограждающей опалубки,
- укладка формообразующей арматуры,
- бетонирование нижней части фундаментной плиты,
- раскладка и закрепление в проектном положении каналобразователей,

- протягивание пучков канатной арматуры,
- монтаж внутренней несъемной опалубки ячеек-полостей с возможным заполнением их насыпным теплоизоляционным материалом,
- бетонирование средней части фундаментной плиты,
- укладка формообразующей арматуры,
- бетонирование верхней части фундаментной плиты,
- натяжение арматурных пучков механическим способом,
- заполнение каналов инъекционным раствором,
- монтаж защитных колпаков,
- снятие внешней опалубки.

Характеристика основных применяемых материалов, изделий и оборудования.

Внешняя опалубка принята щитовая стальная рамная, включающая в себя модульные элементы, обеспечивающие бетонирование фундаментной плиты разных размеров и конфигураций. Крепление фанеры с помощью саморезов к внешней стороне щитов обеспечивает гладкость поверхности конструкции.

Внутренняя несъемная опалубка может быть выполнена из цементно-поризованных листов, армированных стеклосеткой, собранных в форме полого параллелепипеда. Такой вариант обладает достаточной прочностью и экологичностью, в отличие от использования пенополистирольных блоков или блоков из переработанного полиэтилена.

Каналообразователи служат для формирования в фундаментной плите продольных и поперечных каналов, в которые устанавливается высокопрочная арматура, подвергаемая натяжению. Процент заполнения каналообразователей высокопрочными канатами составляет не менее 35 % и не более 50 %, по отношению площади поперечного сечения пучка арматурных канатов к площади внутреннего поперечного сечения каналообразователя. Количество канатов, установленных в каналообразователь одного диаметра, отличается и регламентируется СП 35.13330.2011 в зависимости от диаметра применяемых высокопрочных канатов. Для стыковки каналообразователей используются термоусадочные муфты.

В качестве напрягаемых арматурных элементов в системе преднапряжения со сцеплением с бетоном применяются стальные 7-проволочные арматурные канаты диаметром 15,3 и 15,7 мм. (0,6"). Арматурные канаты устанавливаются по расчету для конкретного объекта и могут отличаться геометрическими и прочностными характеристиками.

Для закрепления натянутой арматуры применяются клиновые анкера (активные) и каркасные бетонируемые анкера (пассивные). Клиновые анкера (рис. 3) обеспечивают закрепление натянутых арматурных канатов с помощью трехлепестковых клиньев и передачи усилия натяжения на бетон, каркасные бетонируемые анкера (рис. 4) – закрепление натянутых арматурных канатов с помощью бетонируемых каркасных конструкций из проволок канатов и передачу усилия натяжения на бетон. Для местного армирования вокруг опорного стакана применяются спираль и сетки из периодической арматуры.

Для проталкивания стальных арматурных канатов используются проталкиватели канатов УПК по ГОСТ13840-68\* и EN 10138-98.

Для натяжения арматурных пучков применяются гидравлические домкраты типа ДН-7 (рис. 5), которые имеют устройства для захвата, натяжения и фиксации арматурного каната.

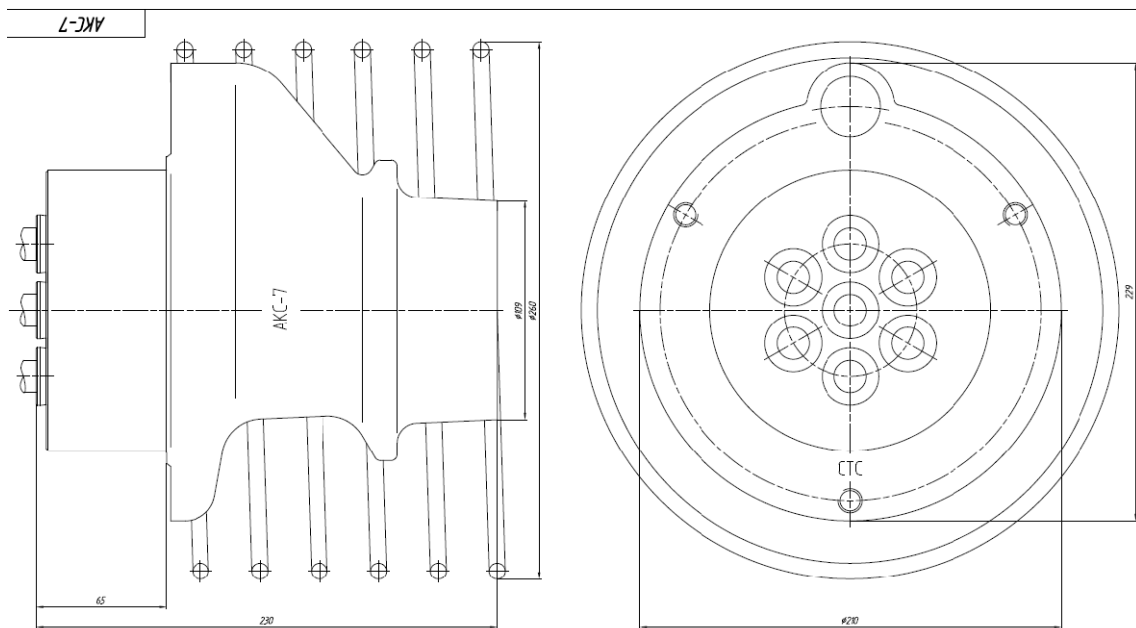


Рис. 3. Анкер клиновйй стаканнйй 7-мипрядевйй (ООО «СТС», г. Москва)



Рис. 4. Опорные стаканы и спирали косвенного армирования



ДН-7

Рис. 5. Домкрат для натяжения арматурных пучков ДН-7

Для инъектирования каналов цементным раствором предназначена инъекционная установка. Процесс приготовления цементного раствора: наполнение смесительного бака нужным объемом воды, цементом с добавками, перемешивание раствора, наполнение накопительного бака готовым инъекционным раствором, инъектирование с помощью насоса.

При использовании способа преднапряжения со сцеплением с бетоном можно сократить количество канатов и анкеров до 30 % в сравнении со способом без сцепления с бетоном. Но для этого способа дополнительно нужны каналообразователи, дополнительно появляются расходы на их монтаж и инъектирование каналов. Для прокладки коммуникаций также выгоден способ со сцеплением с бетоном, т.к. появляется возможность делать отверстия в плите с натянутой арматурой без потери несущей способности.

Применение технологии устройства железобетонной фундаментной плиты рамной конструкции с предварительным напряжением арматуры в построечных условиях имеет ряд преимуществ:

- снижение расхода бетона и формообразующей арматуры,
- обеспечение прочности и повышение трещиностойкости;
- сокращение сроков возведения фундаментной плиты;
- снижение трудоемкости фундаментных работ;
- повышение точности возводимой фундаментной конструкции;
- обеспечение монолитности укладки массива бетона в фундаментную плиту рамной конструкции.

Качественная конструкция может быть получена только при соблюдении всех рекомендаций и технологической последовательности работ, при использовании качественных материалов, рационально подобранной бетонной смеси и инъекционного раствора. Также стоит отметить трудоемкость и сложность работ, для которой требуются квали-



фицированные специалисты – бетонщики 5–6 разряда, арматурщики 5–4 разряда, плотники 4–5 разряда.

Приведенное технологическое предложение может быть дополнено либо изменено для конкретных условий строительства и при проведении конструкторского расчета с учетом всех действующих нагрузок.

### Литература

1. *Леонович С. Н., Передков И. И., Сидорова А. И.* Технология предварительного напряжения железобетонных конструкций в построечных условиях. Минск: БНТУ, 2018. 279 с.
2. Post-Tensioning Manual / Theodore L. Neff [and others]. – 6th edition – PTI, 2006. 354 p.
3. *Латыш В. В., Леонович С. Н.* Технология предварительного напряжения монолитных железобетонных конструкций в построечных условиях: учебное пособие для специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство». Минск: БНТУ, 2006. 55 с.
4. *Леонович С. Н., Сидорова А. И.* Область эффективного применения технологии пост-напряжения при устройстве плитных фундаментов на просадочных грунтах для предотвращения температурных и усадочных трещин // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 16-й Международной научно-технической конференции. Минск: БНТУ, 2018. Т. 2. 439 с.
5. *Леонович С. Н., Передков И. И.* Технология устройства облегченных пустотообразователями железобетонных плит перекрытия с предварительным напряжением арматуры в построечных условиях = Technology for Installation of Reinforced Concrete Floor Slabs Lightened by Core Drivers with Preliminary Reinforcement Stress // Наука и техника. 2015. № 6. С. 54-62.
6. Следящие тест-системы [Электронный ресурс] / ООО «СТС». 2019. Режим доступа: <http://www.sts-hydro.ru/about/downloads/drawings-components/>
7. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84\* (с Изменением № 1), М.: ОАО «ЦНИИС», 2011. 341с.
8. ГОСТ 13840-68. Канаты стальные арматурные 1х7. Технические условия (С Изменениями № 1, 2, 3), М.: МЧМ СССР, 1969. 12с.
9. Пат. 2379424 Российская Федерация, Е 02 D 27/01. Способ возведения фундаментной плиты рамной конструкции / Цехановский А. Н. ; заявитель и патентообладатель Цехановский А. Н.; заявл. 27.05.08, опубл. 20.01.10, – 3 с.: ил.
10. *Бортницкая А. И.* Физико-технические свойства листов цементно-поризованных, армированных стеклотекстурой, и область их применения в строительстве // Актуальные проблемы технологии бетона и строительных материалов : материалы 68-й студенческой научно-технической конференции, 3 мая 2012 г. / Белорусский национальный технический университет. Минск: БНТУ. 2012. С. 9–13.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАДСТРОЙКИ ЭТАЖЕЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ ПЕРВЫХ МАССОВЫХ СЕРИЙ

### IMPROVING THE TECHNOLOGY OF SUPERSTRUCTURE OF FLOORS DURING THE RECONSTRUCTION OF BUILDINGS OF THE FIRST MASS SERIES

В статье рассматриваются существующие наиболее прогрессивные и современные технологии эффективного увеличения полезной площади зданий без уплотнения застройки с помощью надстройки этажей при производстве работ по реконструкции жилых зданий первых массовых серий, обеспечивающие совершенствование объемно-планировочных решений и архитектурных качеств, снижение трудозатрат, экономию ресурсов, сокращение сроков работ и улучшение условий проживания жителей. В результате работы были выявлены и уточнены особенности технологий, которые помогут определить четкие пути дальнейших исследований.

*Ключевые слова:* реконструкция и модернизация жилого фонда, методы реконструкции, надстройка этажей, мансарда, технические решения.

In the article the existing most progressive and modern technologies of effective increase of useful area of buildings without building consolidation by means of superstructure of floors are considered by means of works on reconstruction of inhabited buildings of the first mass series, providing improvement of volume-planning decisions and architectural qualities, decrease in labour inputs, economy of resources, reduction of terms of works and improvement of living conditions of inhabitants. As a result of the work, the peculiarities of technologies were identified and clarified, which will help define clear ways of further research.

*Keywords:* reconstruction and modernization of housing stock, reconstruction methods, superstructure of floors, attic, technical solutions.

Проблема жилых домов, сооруженных промышленным способом в 50–90-х годах двадцатого века, стоит в России очень остро. Строящиеся требуют незамедлительной реконструкции, модернизации и ремонта. По нынешним меркам, застройка прошлого столетия очень далека от комфортности как на уровне градостроительства, так и в масштабах отдельно взятого дома и жилой квартиры. Также стоит отметить, что энергоэффективность подобных строений находится на минимальном уровне. Но, несмотря на это, конструкции старых зданий могут еще долго находиться в эксплуатации, так как обладают достаточным запасом прочности.

Реконструкция возможна и целесообразна, но только в том случае, если жилищный фонд будет обновляться, затрагивая дома массовых серий. Огромный жилой фонд с объемно-планировочными, конструктивными типовыми решениями зданий позволяет внедрить стандартизированные научно-технические и инновационные решения, которые были отработаны на полупроизводственных объектах модернизации. Повторное применение проверенных практикой и временем проектов способно сэкономить не только трудовые ресурсы на проектирование, но и денежные средства.

Большое социально-экономическое значение имеет реконструкция именно первых массовых серий застройки домов жилого фонда. Основной задачей в данном вопросе

является ликвидация морального и физического износа сооружения, кроме этого, при перестройке существенно продляется срок эксплуатации построек, условия проживания становятся более совершенными. Во время реконструкции все дома старого жилого фонда оснащаются новым инженерным оборудованием, при этом повышаются эксплуатационные характеристики, постройки наделяются архитектурной выразительностью.

Как показывает опыт отечественный и зарубежный при проведении подобного рода работ встречается много трудностей инженерно-технического и социально-экономического характера.

Существует очень много методов перестройки и причин этому несколько: демографические, экономические, политические, социальные.

На сегодняшний день можно выделить два основных пути решения для ранее застроенных территорий. Первый, предполагает модернизацию индустриального жилого фонда – это реконструкция, санация, облагораживание и модернизация территории застройки, улучшение инфраструктуры. Этот метод был впервые применен в Германии и реализован с особым успехом. Основной целью программы наряду с улучшением жилищных условий, является приведение построек к современным нормам по энергосбережению, тепло- и гидроизоляции панельных строений. В результате применения данной программы основная часть панельных домов в Германии были реконструированы полностью (60 %) или частично (25 %), а это немного немало 2,1 млн. квартир. Некоторые жилые постройки были полностью снесены, но причиной этому было не техническое состояние конструкций, а экономические и демографические изменения в отдельно взятых регионах [1].

Второй путь, по которому пошла наша страна и реализуется он в Москве. Заключается он в полной реновации кварталов: жилой фонд первых серий застройки полностью сносится, а на освободившейся территории полностью меняются старые коммуникационные системы, обустраивается новая инфраструктура и строится современное жилье с большой плотностью заселения. Это трудный путь, у которого есть множество ограничений – это юридические, экономические, градостроительные аспекты и увеличение нагрузки на уже существующие инженерные системы и инфраструктуру [1].

Проанализировав имеющийся опыт проведения подобного рода мероприятий, было выявлено четыре основных метода реализации реконструкции:

- реконструкция строений без переселения жильцов с частичной перепланировкой квартир или без нее. В существующем доме меняются все коммуникационные системы и сантехническое оборудование, укрепляют и утепляются фасады и несущие конструкции и надстраивают дополнительные этажи;

- реконструкция домов без отселения жильцов, но при этом проводятся работы по перепланировке квартир, пристраиваются дополнительные помещения с торца здания, надстраиваются этажи, проводится полное утепление ограждающих конструкций, реставрируется или меняется сантехническое оборудование и коммуникационные линии;

- реконструкция с отселением жителей. Меняется все оборудование, проводится перепланировка квартир по всему дому, производится надстройка верхних этажей и пристройка дополнительных помещений с торцов здания, производится замена всего оборудования и утепление несущих стен;

- снос домов старого жилого фонда, с переселением проживающих в них жильцов и на освободившейся площадке производят возведение нового жилья, но такой способ применим только к тем домам, которые не имеют никакой культурной ценности.

Мероприятия по реконструкции жилого фонда 1-й серий постройки приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Мероприятия по реконструкции жилого фонда 1-х массовых серий [2]**

Без отселения жильцов	С отселением жильцов
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Модернизация с заменой инженерно-коммуникационных систем.</li> <li>2. Пристройка дополнительных площадей с незначительной перепроектировкой.</li> <li>3. Пристройка небольших объемов с перепроектировкой квартир и заменой инженерно-коммуникационного оборудования.</li> <li>4. Возведение мансардных этажей с перепроектировкой квартир в 2-х уровневые, замена сантехнического оснащения.</li> <li>5. Утепление несущих конструкций и фасадов.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дополнительное возведение 2-х и более этажей с полной перепланировкой всех помещений.</li> <li>2. Относ несущих стен 1–2 этажей с перепроектировкой квартир.</li> <li>3. Надстройка до 7–9 этажей с обустройством самостоятельных выносных систем, увеличением ширины корпусов.</li> <li>4. Сооружение вставок с целью объединения корпусов, надстройка этажей и т.п.</li> <li>5. Снос корпусов не подлежащих реставрации и надстройка новых этажей с качественными характеристиками.</li> </ol>

Проведя сравнительный анализ объективных характеристик и ранее накопленного опыта при реализации обеих концепций успешных и не успешных, то можно предположить, что самым оптимальным вариантом будет комбинированный метод с особым индивидуальным подходом к развитию и планированию отдельных градостроительных территорий с частичным сносом строений и реконструкцией оставшихся домов жилого фонда. Стоит отметить, что комплексное решение задач подобного рода требует тщательных расчетов и подготовки, но обеспечивает гибкость, которая необходима для успешного завершения процесса.

Дома, построенные по типовым проектам первых серий, морально устарели, особенно на фоне того, что за последние 10 лет стандарт жилища претерпел сильные изменения. На данный момент строящиеся дома обладают высокой функциональностью, отличными архитектурными и объемно-планировочными качествами [3].

Самой целесообразной и эффективной на данный момент является реконструкция, предусматривающая надстройку этажей на уже существующие конструкции, особенно это касается густонаселенного центра города. Цены на земельные участки в данном случае очень высокие и появляется возможность построить дополнительный жилой фонд на уже подготовленной в инженерном плане территории с хорошо развитой инфраструктурой, при этом экономия финансов и ресурсов не вызывает сомнения.

Как правило, решение об надстройке дополнительных этажей принимают по градостроительным соображениям. Определяется высота, на которую можно надстроить то или иное здание, при этом должны быть соблюдены все нормативные разрывы между рядом стоящими постройками, определена плотность населения, проживающего на данной территории, и жилого фонда.

После принятия решения об увеличении высоты здания, необходимо провести тщательные расчеты и составить подробную проектную документацию. Вес от надстройки



должен распределяться равномерно на все несущие конструкции, не допускаются перекосы, перегрузки отдельных элементов остова здания ранней постройки. Чтобы решить эту задачу, проводят определенные манипуляции. В первую очередь определяют несущую способность стен и фундамента существующего строения, его обследуют современными приборами и проводят необходимые изыскания. После этого выбирают одну из конструктивных концепций для надстройки, она должна соответствовать параметрам помещения, используемых конструкций, монтажно-технологическому процессу, чтобы обеспечить четкое сочетание дома подлежащего реконструкции и надстраиваемых этажей. После проведения подготовительных работ, описанных выше определяют места в конструкции, на которых можно будет передать дополнительную нагрузку, и производят повторные расчеты. В результате расчетов появляется возможность найти оптимальное, компромиссное решение, которое позволит конструктивно совместить надстраиваемые этажи и планировочные параметры имеющегося помещения.

Если несущая способность элементов здания или его конструктивные особенности не позволяют надстроить один или несколько этажей, то желаемого результата можно достичь, применяя способ независимой пристройки, когда площадь помещений увеличивается за счет расширения конструкции со всех сторон посредством заливки дополнительного фундамента (рис. 1). Процесс проводится следующим образом: вокруг многоэтажного дома до 5 этажей за пределами несущих конструкций, производят сжатие почвы, и заливается новое основание, на которое впоследствии устанавливают каркас. После этого на каркас надстраивают этажи, включая мансардный [4].

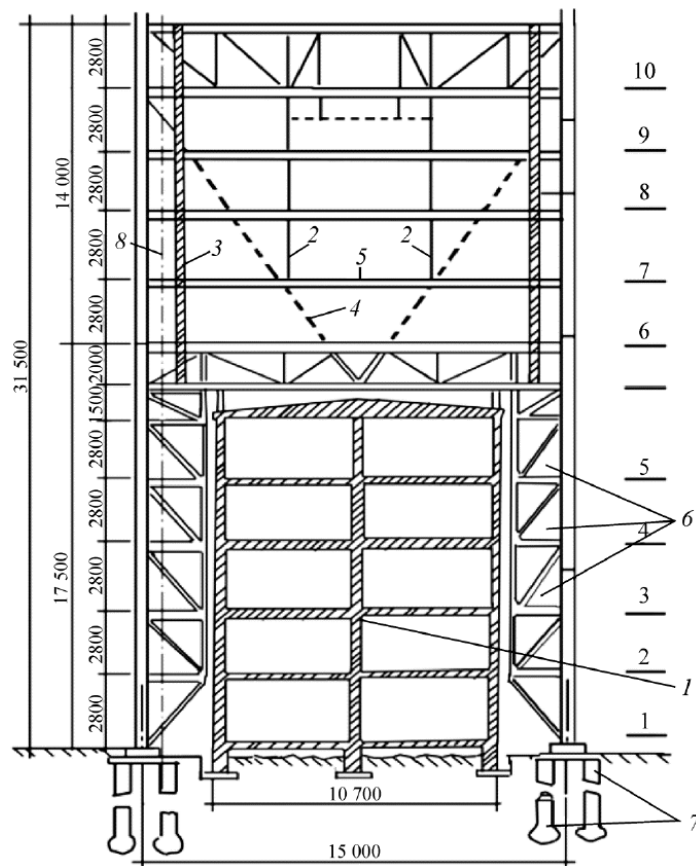


Рис. 1. Схема независимой надстройки здания (вертикальный разрез):  
 1 – надстраиваемое здание; 2 – подвески; 3 – наружная стена; 4 – диагональ жесткости;  
 5 – междуэтажные балки; 6 – лоджии; 7 – буронабивные сваи; 8 – ось лифта

Мансардный этаж дает возможность не только использовать дополнительный запас несущей способности грунта, основания здания, но и получить дополнительную жилплощадь путем обустройства 2-х уровневых квартир. Как правило, мансардный этаж вносится в проектную документацию еще на этапе планирования строительства здания и находится в тесной связке со всеми несущими конструкциями дома. В кирпичных строениях стены данного помещения возводятся из кирпича, в крупноблочных и крупнопанельных конструкциях из монолитного облегченного бетона. Для облегчения нагрузки на основание, перекрытия в строениях при возведении мансардного этажа должны быть выполнены из легких материалов, например, сборные из многопустотного или легкого бетона. Опалубку монтируют из профилированного настила, после чего устраивают подшивной потолок.

Сложнее выполнить надстройку дополнительного этажа с мансардой. С одной стороны – это оптимальный вариант увеличения жилой площади дома, появляется возможность спланировать несколько многоуровневых квартир, при этом стоимость одного квадрата будет значительно меньше, чем в новостройке. С другой стороны, дополнительная нагрузка может сильно повлиять на несущие конструкции строения, при этом облик сооружения будет изменен до неузнаваемости. Например, если подлежит реконструкции памятник архитектуры, то ни одна комиссия или инспекция не утвердит такую перестройку.

Но в градостроительстве часто встречаются такие ситуации, когда силуэт здания сильно покосился и его необходимо выровнять с использованием технологии надстройки нескольких этажей. И если в старом строении стены сильно изношены, а сама несущая конструкция очень слабая, при этом усилить ее не представляется возможной, то принимают решение, возвести дополнительное основание. Обустройство фундаментов следует вести с максимальной осторожностью без ударных нагрузок, на него устанавливают специальные опоры, на которые и отстраивают новое сооружение, вход в которое будет через старый дом. Стоит отметить, что при такой реконструкции необходимо соорудить не только новое перекрытие, но и новую межэтажную лестницу, а в ряде случаев, когда этажность дома сильно увеличивается, придется организовывать лифт, что влечет за собой дополнительные сложности.

Если говорить о мансардных этажах, то в качестве материалов для их сооружения могут быть использованы: металл, дерево, полый бетон или комбинированные конструкции заводского изготовления. Также может применяться конструкция ручной или производственной сборки – все зависит от назначения мансарды ее допустимой долговечности и стоимости в конечном итоге. Для удешевления строительства часто применяют местные материалы, которые сильно отличаются от материала возведенных стен старого здания, при этом легкие сборные конструкции не требуют применения специальной строительной крановой техники.

Именно по этой причине при реконструкции строений необходимо учитывать все нюансы. Создание четкой системы, в которую входит сравнительная оценка технологически-организационных решений и многое другое.

Целесообразность использования сборных конструкций при реставрационных работах с применением надстройки описывается в публикациях [5–8]. В труде [7] отмечается, что «в Финляндии была проведена национальная программа исследований для изучения концепции реконструкции многоквартирных домов. Разработка экономически

оправданной индустриальной и эффективной концепции по обновлению, расширению многоквартирных домов». Как говорит автор [7], эта система связана с использованием объемного блочного материала, да и другие авторы утверждают, что при формировании работ по реконструкции в стесненных условиях использование сборных систем является наиболее оптимальным и правильным решением. По их мнению, именно предварительная сборка позволяет быстро и качественно провести реконструкцию, даже если возникнут непредвиденные обстоятельства во время строительства. В стесненных условиях частой городской застройки лучше применить, по мнению автора, «монтаж с колес», когда по согласованию с производителями и поставщиками модули привозят на место строительства, собираются и устанавливаются прямо с кузова большегруза [9].

На рис. 2 показаны вариации усовершенствования 3-х этажного здания путем надстройки одного или нескольких этажей с применением модульных конструкций, при этом морально устаревшее строение приобретает новый современный вид [9].

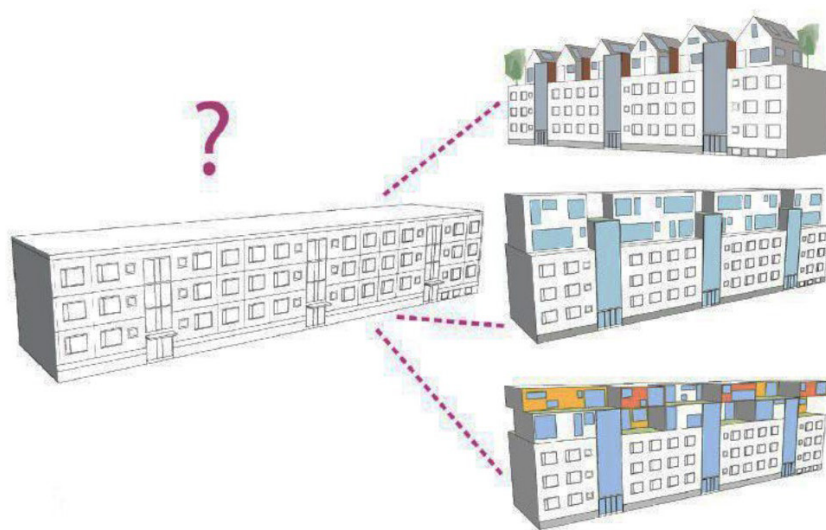


Рис. 2. Варианты надстройки трехэтажного здания модульными блоками [8]

Современное строительство не стоит на месте и сейчас очень широко используется новейшие технологии надстройки дополнительных этажей с применением легких металлоконструкций (ЛМК) и легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК). Обе данных технологии имеют как свои плюсы, так и недостатки. ЛМК-технологию стали применять первой, при реконструкции или строительстве строений любого назначения. Сооружение выполняют из черного металлопроката горячей обработки или из сварных тонкостенных профилей разного сечения (рис. 3) [10].

Достоинствами данного метода являются: надежность, ремонтпригодность, долговечность, высокие эксплуатационные и прочностные характеристики, возможность полностью демонтировать конструкцию и собрать на другом месте. Минусами технологии является неустойчивость к коррозированию – за конструкцией необходимо постоянно ухаживать, покрывая ее различными противокоррозионными составами и низкий уровень огнестойкости.

ЛСТК-технология предполагает использование оцинкованных холоднокатаных, гнутых профилей в качестве несущего каркаса с различным сечением. Большинство производителей данного строительного материала активно продвигают его на рынок, мотивируя это тем, что он экономичен, имеет небольшой удельный вес, что является огромным

преимуществом при реконструкции старых строений, отмечается высокая скорость возведения, точность и экологическая безопасность. Но и отрицательных сторон у данной технологии предостаточно: сложность в монтаже, недолговечность, тонкий металл, скрученный между собой жестким креплением, при увеличении нагрузки на соединения может порваться, и конструкция рухнет как картонный домик, помимо этого, материал не наделен высоким уровнем пожаробезопасности.



Рис. 3. Надстройка этажа по технологии ЛМК

Если рассматривать ЛМК для надстройки, то она будет более предпочтительна и надежна, так как выдерживает значительные нагрузки. Но даже если допустимая нагрузка превышена, вся конструкция вначале деформируется и только потом произойдет обрушение. Помимо этого, оцинкованная сталь быстро окисляется на воздухе, что со временем снижает несущую способность всей конструкции. Несмотря на то, что оцинкованный профиль стоит дешевле, необходимо учесть – шаг профиля не должен превышать трех метров [11], а в раме из ЛМК он составляет от 6 до 12 м. Исходя из вышеперечисленного стоит отметить, что ЛМК намного надежнее, долговечнее и безопаснее по всем показателям, чем ЛСТК. Проанализировав данные, можно отметить, что в плане экономики эти технологии стоят на одном уровне. ЛМК-технология предпочтительней еще и потому, что с ней работают строители много лет, и все недочеты и несовершенствования технологического процесса давно изучены и устранены.

Исходя из опыта различных стран, можно судить о том, что в деревянных домах старой постройки целесообразно возводить мансардные этажи из древесины. Деревянные конструкции имеют массу достоинств: небольшой удельный вес элементов сооружения (20-40 кг/м<sup>2</sup>), стойкость к появлению коррозии, простота монтажа, транспортабельность, надежность, долговечность, экологическая чистота, архитектурная выразительность и экономичность в сравнении с другими современными материалами. Преимущества древесины очевидны, поэтому многие авторы трудов считают целесообразным ее применение при надстройке зданий любой этажности и сборку мансардных этажей. Благодаря небольшой массе самого материала и конструкций из него производимых, можно увеличить площадь мансардного этажа, при этом нагрузка на основные элементы конструкции здания будет минимальной. В последнее время широко развивается производство клееных деревянных изделий, которые по своим показателям не уступают современным, дорогим отделочным и строительным материалам. Появилась техническая воз-



возможность применения в малоэтажном строительстве для возведения мансардных этажей использовать ребристые панели на деревянном каркасе, плиты больших габаритов, при условии возможности транспортировки. Деревянные клееные панели можно применять для обустройства мансардных этажей не только в деревянных и панельных домах, но и в зданиях из кирпича (см. рис. 1). В случае надстройки мансардного этажа без выселения жильцов из квартир, важно соблюдать сроки строительства, так как кровля вскрывается, и внутрь строения могут попасть атмосферные осадки, поэтому целесообразно использовать готовые плиты промышленного производства.

Мансардные конструкции могут быть сделаны из сборно-разборных рам, включающих в себя 2 ригеля, две стойки и четыре подкоса, которые выполнены из клееного древесного материала П-образного поперечного сечения, состоящих из двух продольных ребер и полки, смонтированной внутрь рамы и жестко соединенной с продольными ребрами. Вертикальные подкосы, прилегающие к ребрам плит ригелей и наклонных стояков в пределах длины консолей за счет тупого угла между ригелем и стойкой внутри рамы, образуют со стороны консольного участка рамы жесткий треугольник, который обеспечивает геометрическую неизменяемость рамы в поперечном направлении. Вследствие того, что ширина плит, ригелей и стоек составляет не менее  $1/10$ – $1/12$  от пролета рамы, в такой ситуации нет необходимости дополнительного предохранения рамы от перекоса. Плиты, изготовленные на заводе, выполнены таким образом, что после сборки всей конструкции получается помещение с гладкими стенами и потолками, что существенно уменьшает расходы на отделку мансардного этажа [13].

Стоит также отметить, что сборка конструкций из готовых плит позволяет снизить трудоемкость процесса надстройки мансардного этажа в 2–3 раза, при этом вес здания по сравнению с другими строительными материалами для надстройки будет ниже на 15–20 %, отказ от пространственных связей, обеспечивающих жесткость всей конструкции позволяет сэкономить время на обустройство на 20–23 %, при этом габариты помещения можно увеличить на 4–7 %, и сократить расходы на реконструкцию на 20–35 % [13].

Использование современных технологий, средств механизации и хорошо обученных рабочих позволяет в плановые сроки выполнять комплекс работ по реконструкции многоэтажного жилого дома без отселения жильцов. Организация работ представляет собой объектный поток, включающий ряд специализированных. Совмещение технологических процессов путем разбивки объекта на вертикальные и горизонтальные захваты с учетом технологической последовательности производства работ обеспечивает ритмичный посекционный ввод [14].

Рассмотренные выше технологии имеют свои положительные характеристики и недостатки. Сейчас очень важно найти такие технологии и организационные решения, которые позволят вести реконструкцию жилого фонда в условиях тесной застройки без расселения жильцов и без применения крупногабаритной строительной техники.

### **Литература**

1. *Иванов Д. С.* Анализ опыта реновации индустриальной жилой застройки некоторых постсоциалистических // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. 2016. № 7
2. *Лебедеенко П. В., Прядко Н. В.* Проблемы реконструкции жилых домов первых массовых серий в странах СНГ // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, сб. науч. тр. Макеевка.: ДонНАСА. 2017. 4 (126). С. 32 – 35.

3. ТСН 13-301-2004 Состав и порядок разработки, согласования и утверждения проектной документации на ремонт и техническое перевооружение жилых домов первых массовых серий в Санкт-Петербурге. СПб.: 2004.
4. Исследование панельной жилой и общественной застройки 1950-80-х годов и возможности ее реконструкции и реновации в современных условиях (на примере застройки Санкт-Петербурга). Научно-исследовательская работа / Под общей ред. С. Г. Головиной // СПб.: 2016. 228 с.
5. *Дорош Д. М.* Эффективность надстройки жилых домов объемно-блочным методом (на примере Волгоградской области): дис. канд. экон. наук: 08.00.05. СПб., 2004. 157 с.
6. *Зильберова И. Ю., Петров К. С., Едигарян Р. А., Курочкин И. А.* Оценка актуальности применения технологии надстройки зданий из объемных блоков в современных условиях стесненной городской застройки // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 2. С. 60-61.
7. *Soikkeli A.* Additional floors in old apartment blocks. Sustainable Built Environment Tallinn and Helsinki Conference SBE16 Build Green and Renovate Deep. Energy Procedia. 2016. Volume: 96; pp. 815-823. DOI: 10.1016/j.egypro.2016.09.143.
8. *Pihelo P., Lelumees M., Kalamees T.* Influence of Moisture Dry-out on Hygrothermal Performance of Prefabricated Modular Renovation Elements. Sustainable Built Environment Tallinn and Helsinki Conference SBE16 Build Green and Renovate Deep. Energy Procedia. 2016. Volume: 96; pp. 745-755. DOI: 10.1016/j.egypro.2016.09.137.
9. *Абрамян С. Г., Улановский И. А.* Модульное строительство и возможность применения модульных конструкций при надстройке зданий // ИВД. 2018. № 4 (51).
10. Металлические конструкции: учебник для вузов / под ред. Е.И. Беленя. М.: Стройиздат, 1986. 560 с.
11. Стройтрэдинг: сайт проектно-строительной компании. URL: <http://stroy-trading.ru> (дата обращения: 22.07.2019).
12. *Блиновский Е. А., Кульков С. А.* Использование легких металлических конструкций при надстройке этажей реконструируемых зданий // Теоретические исследования и экспериментальные разработки студентов и аспирантов: сборник научных трудов: в 2 ч. Ч. 1 / под ред. ТБ Новиченковой. Тверь: Тверской государственный технический университет, 2019. 264 с.
13. *Жаданов В. И., Васильев В. В.* Применение деревянных клееных рам при возведении мансардных этажей. 2016.
14. *Афанасьев А. А., Матвеев Е. П.* Реконструкция жилых зданий. Часть I. Технологии восстановления эксплуатационной надежности жилых зданий. М.: 2008.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗНОСА СТРОИТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

### DETERMINING THE WEAR OF A CONSTRUCTION OBJECT

Целью настоящей публикации является оценка фактического состояния здания с расчетом степени его физического износа и определением срока службы.

В статье описана последовательность действий, необходимых к осуществлению. Кроме того, был обозначен план-схема проводимых работ. Фактический износ конструктивных элементов изучался на основании ВСН 53-86 (р) «Правила оценки физического износа жилых зданий». Была исследована формула определения физического износа объекта.

Результаты исследования показали, каким образом определить оставшийся срок службы здания и его фактический износ.

*Ключевые слова:* физический износ, срок службы, строительный объект.

The purpose of this publication is to assess the actual condition of the building with a calculation of the degree of its physical deterioration and determination of the service life. The article describes the sequence of actions necessary for implementation. In addition, a plan was outlined for ongoing work. Actual wear of structural elements was studied on the basis of ВСН 53-86 (р) «Rules for assessing the physical deterioration of residential buildings.» The formula for determining the physical depreciation of an object was investigated. The results of the study showed how to determine the remaining service life of the building and its actual wear.

*Keywords:* physical deterioration, service life, construction object.

Для любого строительного объекта наступает момент, когда необходимо провести обследование его износа. Причем это не зависит от того, будет ли это большое строение, вмещающее тысячи человек либо односемейный дом. Существует достаточно много причин для осуществления подобного обследования. Например, намерение продать интересующий объект.

Основной целью настоящей статьи является представление последовательности и состава работ по обследованию зданий, а также определение степени их износа и срока службы.

Представленная ниже блок-схема представляет необходимую последовательность осуществляемых работ:

1. проведение экспертизы технической документации;
2. общий осмотр объекта;
3. визуальный осмотр здания и выявление дефектов;
4. инструментальный осмотр здания (испытание исследуемых конструкций неразрушающим методом и геодезический мониторинг);
5. обработка полученных результатов;
6. составление выводов по результатам анкетирования.

Прежде чем приступить к собственно исследованию, необходимо получить информацию о здании.

Необходимо изучить всю имеющуюся проектно-техническую документацию, в том числе:

1. Технические паспорта с поэтажными планами;
2. Рабочие и исполнительные чертежи;
3. Акты на скрытые работы;
4. Акты ввода объекта в эксплуатацию;
5. Рабочие журналы;
6. Паспорта и сертификаты на материалы и готовые конструкции;
7. Информация о ранее проведенных ремонтах и проверках;
8. Дефектные ведомости;
9. Инструкции проверяющих государственных органов.

Обычно вышеперечисленные данные передаются заказчиком или организацией, построившей объект. Если последние не были переданы, то для их определения необходимо провести дополнительные исследования. Необходимо получить основные документы, такие как акты приема-передачи в эксплуатацию и дефектные выписки. Остальные могут быть либо определены, либо они не настолько важны, чтобы препятствовать дальнейшей работе.

После этого необходимо выполнить следующий комплекс работ:

- 1) провести предварительный осмотр объекта;
- 2) ознакомиться с его объемно-планировочными и конструктивными решениями, — это основной аспект, влияющий на стоимость работ;
- 3) определение возможных аварийных участков;
- 4) определение фактического возраста;
- 5) наличие технической документации;
- 6) изучение условий эксплуатации, технологии производства, температурно-влажностного режима, агрессивности окружающей среды;
- 7) определение ожидаемых изменений в работе.

В настоящем исследовании прежде всего необходимо рассмотреть оценку физического износа строительного объекта.

Оценка износа строительных конструкций проводилась в соответствии с ВСН 53-86 (р) «Правила оценки физического износа жилых зданий».

Физический износ конструкции, элемента или системы, имеющих различные скорости износа отдельных секций, должен определяться по следующей формуле:

$$F_k = \sum_{i=1}^{i=n} F_i \frac{P_i}{P_k}$$

где:  $F_k$  – физический износ конструкции, элемента или системы, %;  $F_i$  – физический износ секции конструкции, элемента или системы, %;  $P_i$  – размеры (кв.м или м.);  $P_k$  – размеры самой цельной структуры (кв.м или м.);  $n$  – количество поврежденных секций.

Как видно, при определении износа здания важную роль играет не только износ самого элемента, но и его объемный размер относительно размеров объекта.

Зачастую становится сложно определить степень износа здания, так как его значения находятся в пограничной зоне. В этом случае необходимо учитывать дату постройки и прибавить несколько процентов, так как не всегда удается добраться до некоторых строительных элементов.



Состояние здания, в зависимости от износа, по формуле, указанной выше, оценивается как хорошее (износ от 0–10 %).

С учетом нормативного срока эксплуатации общественных зданий для 1-й группы капитальности 175 лет, теоретический остаточный ресурс здания по линейной интерполяции, с учетом износа, составляет 162 года.

Отметим, что основными факторами, влияющими на индекс физического износа здания и его остаточный срок службы, являются:

- 1) периодичность проведения ремонтных работ;
- 2) качество проектных решений для капитального и любого текущего ремонта: в том случае, если качественный ремонт не был проведен, то конструкция здания будет разрушаться быстрее, и, соответственно, его оставшийся срок службы будет сокращен;
- 3) качество строительных материалов, используемых в работе;
- 4) качество технической эксплуатации;
- 5) плотность «населения» строительства: если в здании ежедневно находится большое количество людей, если оно плотно заселено, то износ будет происходить быстрее. В такой ситуации ремонтные работы следует проводить чаще.

В целях дальнейшей безопасной эксплуатации и соблюдения расчетного остаточного ресурса здания необходимо учитывать обозначенные факторы и придерживаться следующих рекомендаций:

1) Не допускать утечек инженерных коммуникаций в здании: данное правило применимо для всех зданий и сооружений, так как влажность является опасным фактором в увеличении износа и износа оборудования.

2) Осуществлять геодезический мониторинг по ранее установленным расчетным отметкам и наблюдать трещины в период любых строительных работ и динамических воздействий вблизи здания: в основном он зависит от местоположения обследуемого здания.

3) Проводить периодический технический осмотр здания в соответствии с периодичностью и регламентами, установленными нормативными документами: довольно часто данная процедура осуществляется для зданий, которые являются густонаселенными, в то время как для небольших зданий (коттедж, односемейный дом, гараж и т. д.) периодический технический осмотр проводится по усмотрению жителей или собственников.

4) Любая перепланировка помещений или изменение их функционального назначения должна осуществляться только на основании специально разработанной и согласованной проектной документации и выполняться профессионалами своего дела.

5) Выносимые из строя путепроводы отдельных конструктивных элементов здания и его инженерных систем: данная рекомендация подходит для зданий, которые являются густонаселенными.

Подводя итоги анализа, отметим, время от времени необходимо осуществлять обследование любого здания. Эта процедура необходима не только для больших, но и для малых строительных объектов.

Самое главное, что должно быть выявлено, – это соответствие между проектными чертежами и реальностью. Этому следует уделять особое внимание в процессе обследования. Точно так же необходимо проводить более детальный осмотр в местах, где внешняя среда может повлиять на сооружение. Необходимо уделять больше внимания влажности в помещении в целом.

Отдельно хотелось выделить определение физического износа объекта. При его исследовании важен не только износ самого элемента, но и его размер относительно размеров объекта в целом.

### Литература

1. *Корольков Д. И., Корольков Д. Д.* Выявление закономерности и описание зависимости величины остаточного ресурса от хронологического (фактического) возраста строительных конструкций // Вестник евразийской науки. 2019. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vyyavlenie-zakonomenosti-i-opisanie-zavisimosti-velichiny-ostatochnogo-resursa-ot-hronologicheskogo-fakticheskogo-vozrasta> (дата обращения: 02.05.2020).

2. *Кутнякова В. В., Морозова Н. Е., Весовая К. Ю., Воробьева М. А.* Определение технического состояния строительных конструкций для реконструкции здания поликлиники // Вестник евразийской науки. 2019. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-tehnicheskogo-sostoyaniya-stroitelnyh-konstruktsiy-dlya-rekonstruktsii-zdaniya-polikliniki> (дата обращения: 02.05.2020).

3. *Микулина Ю. А.* Анализ экспертиз жилых зданий // e-scio. 2019. № 4 (31). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-ekspertiz-zhilyh-zdaniy> (дата обращения: 03.05.2020).

4. *Харитонова О. В.* Методические аспекты определения износа и устаревания зданий и сооружений для целей оценки // научный вестник: финансы, банки, инвестиции. 2019. №1 (46). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-aspekty-opredeleniya-iznosa-i-ustarevaniya-zdaniy-i-sooruzheniy-dlya-tseley-otsenki> (дата обращения: 03.05.2020).

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ИЗ ОБЪЕМНЫХ БЛОКОВ

### ANALYSIS OF EFFICIENCY OF THE METHOD OF CONSTRUCTION OF RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS FROM VOLUMETRIC BLOCKS

В данной статье будет рассмотрен метод строительства жилых домов из объемных блоков, который является актуальным для российской строительной области по причине повеления возможности его внедрения и развития данного метода. Будет рассмотрены отличия этого подхода от традиционных методов строительства и его преимуществ.

*Ключевые слова:* монтаж строительных конструкций, объемные блоки, технология производства работ, сборные конструкции, архитектура.

In given article the method of building of apartment houses from volume blocks which is actual for the Russian building area because of a command of possibility of its introduction and development of the given method will be considered. Differences of this approach from traditional construction methods and its advantages will be considered.

*Keywords:* installation of building constructions, volumetric blocks, technology of works, prefabricated constructions, architecture.

В настоящее время в России при производстве монтажа конструкций жилых домов мы сталкиваемся с такими факторами, как: замусоренность строительных площадок отходами производства, сложность складирования строительных материалов, слишком большое количество рабочих на строительной площадке, большим количеством поставок материалов в день. Это создает сложности с организацией процесса, незапланированный расход материалов, длительный процесс монтажа и в целом сложность контроля качества возводимых конструкций.

Монтаж из объемных блоков при правильном использовании может решить большинство из вышеприведенных проблем. Основные цели, которые планируется достигнуть, развивая данные методы монтажа:

1. Ускорения процесса строительства.
2. Улучшение качества готовой продукции.
3. Повышение производительности.
4. Снижение затрат на транспортировку.
5. Обеспечение нового уровня безопасности производства строительных работ.

Метод монтажа из объемных блоков переносит все сложные операции, связанные с конструкциями с строительной площадки на завод, что значительно повышает контроль за качеством, но также ограничивает работу, выполняемую на строительной площадке. В результате метод монтажа из объемных блоков может помочь сократить количество отходов на площадке до 90 % по сравнению с традиционным строительством. Исход из опыта использования метода, было доказано, что образование отходов может быть огра-

ничено менее чем 1,8 % от общего веса используемых материалов, и что соответствующие меры могут ограничить отходы, отправляемые на свалку, до менее чем 0,6 % [2].

Метод строительства из объемных блоков основано на рациональном процессе проектирования и закупок, который оптимизирует использование материалов и обеспечивает лучшее управление ресурсами. Благодаря сокращению сроков строительства, застройщики могут быстрее выводить на рынок объекты недвижимости, снижая затраты.

Согласованность процесса также повышает качество. Проекты с объемными модулями продемонстрировали на 80 % меньше дефектов и значительно сократили количество препятствий по сравнению с традиционно построенными зданиями. Потребители также чувствуют выгоду, потому что модули имеют тенденцию быть хорошо изолированными и более воздухонепроницаемыми. Подсчитано, что объемная конструкция может снизить потребление энергии зданием на 20 % [1].

Размер модулей, как правило, ограничен логистикой: они часто проектируются достаточно маленькими, чтобы избежать необходимости сопровождения при транспортировке. Однако это не обязательно ограничивает размер законченной комнаты: модули могут быть соединены вместе, а внутренние стены удалены.

Поскольку сектор расширяется, чтобы удовлетворить прогнозируемый рост спроса, производители, как ожидается, увеличат инвестиции в автоматизацию. Методы массового производства позволят им предлагать больше вариантов стандартизированных конструкций, что может расширить привлекательность объема в таких областях, как малоэтажное жилье.

### **Преимущества использования технологии строительства из объемных блоков по сравнению с традиционными методами**

Есть множество причин, по которым популярность технологии набирает популярность:

#### **1. Скорость строительства**

- Уменьшение продолжительности нахождения элементов конструкции на площадке до установки их в проектное положение.
- Более надежные способы доставки.
- Меньше зависимость от погодных условий.



Рис. 1. Процесс монтажа жилого дома из объемных блоков



## 2. Качество конечной строительной продукции

- Повышение качества строительных конструкций из-за переноса контроля качества на завод.
- Уменьшение количества ошибок при монтаже. Качество строительных конструкций, произведенных на заводе по статистике на 70–80 % качественнее, чем строительные конструкции, собранные на площадке.
- Уменьшение необходимого количества высококвалифицированных рабочих на площадке.



Рис.2. Вывоз готового объемного блока на строительную площадку

## 3. Безопасность производства работ

- Уменьшение количества поставок строительных элементов на площадку.
- Уменьшение времени, которое рабочие проводят на опасных высотах.

## 4. Уменьшение стоимости строительства

Ранний возврат капитала.

- Увеличение типовых решений для фундаментов и оснований, что значительно снижает стоимость строительства.
- Снижение затрат на оплату труда рабочих из-за снижения их количества на площадке.

## 5. Экологические преимущества

- Снижение выбросов CO<sub>2</sub> из-за снижения количества поставок строительных элементов на площадку.
- Легкость в демонтаже и смене локации.
- Снижение отходов строительного производства.

## **Задачи для развития технологии**

Главные задачи развития объемно-блочного домостроения заключаются в следующем: продолжить отработку планировочной объемно-пространственной композиции зданий, приемов и способов фактурной отделки и цветовых решений, обеспечивающих создание комфортных квартир и разнообразных пластических, художественно выразительных решений отдельных домов и районов жилой застройки, с полным использова-

нием специфических особенностей и возможностей блоков, как первичных структурных ячеек. улучшить номенклатуру и систему применяемых типоразмеров блоков за счет ограничения количества их типоразмеров и путем создания блоков с гибким (непрямоугольным) планом, с открытыми частично или полностью боковыми стенами и т. п.

Недостатком известных традиционных способов является низкая оперативность и точность монтажа здания, обусловленная применением железобетонных конструкций, которые имеют большие погрешности при изготовлении и монтаже, необходимостью устройства монолитного железобетонного перекрытия на каждом этаже, что, в свою очередь, значительно увеличивает трудоемкость монтажа и стоимость возведения здания в целом.

Эти проблемы будут решены с использованием технологии возведения жилых зданий из объемных блоков. Так как одной из главных причин, тормозящей развитие технологии строительства из объемных блоков, является сложность их транспортировки. Объемный блок может достигать 4 м в ширину и 8–10 м в длину, поэтому в обжитых и сформированных кварталах города подъезд крупногабаритного специализированного автотранспорта к стройплощадке будет затруднен и неминуемо вызовет недовольство жителей соседних домов. То же самое можно сказать и про необходимость размещать на строительной площадке гораздо более мощное крановое оборудование. Вес объемного блока достигает 20 т, а для производства большинства работ из кирпича или монолитна, например, достаточно грузоподъемности 5–8 т [3].

### **Перспективы использования технологии**

Намерение статьи не в том, чтобы сказать, что технология монтажа из объемных блоков является подходящей для реализации любого проекта. Технология эффективна для определенных типов зданий, строительных организаций и площадок строительства. Но эти рекомендации стоит учитывать при рассмотрении целесообразности этой технологии для конкретного проекта.

Здесь приведены некоторые примеры, для которых выбор технологии строительства из объемных блоков целесообразно;

1. Проекты, которые ограничены по времени: школы и общежития, которые должны открыться на новый учебный год или семестр. Посольства, которые должны быть построены оперативно на территории другого государства.

2. Типовые проекты, такие как идентичные учебные блоки, общежития, офис подразделения, лаборатории, коммуникационные сооружения. Но некоторые не типовые проекты тоже могут использовать преимущество технологии. Заводы могут обеспечить пространство для создания новых подходящих типов и контроль качества их производства.

3. Возможность транспортировки элементов конструкции может играть решающую роль в выборе технологии. Наиболее подходящим вариантом является размещение площадки в относительной близости от места производства требуемых строительных конструкций. Тем не менее, при наличии доступа к нужному транспорту и возможности подвоза к площадке (зависит от плотности застройки на пути к площадке строительства) технология может быть экономически выгоднее традиционных способов строительства даже при большом расстоянии от производства.

## **Вывод**

Технология объемных блоков может использоваться в строительстве различных типов зданий и сооружений, таких как образование здания, жилые здания, здания здравоохранения, офисы, общежития, здания для торговли и гостиничного бизнеса. Если, предварительно проанализировав все связанные факторы, технология принята верно, она может сократить сроки и стоимость строительства, повысить безопасность производства работ и положительно влияет на экологию. Метод наиболее выгоден для типового строительства и строительства в условиях ограниченных сроков.

## **Литература**

1. *Асаул А. Н., Казаков Ю. Н., Быков В. Л., Князев И. П., Ерофеев П. Ю.* Теория и практика использования быстровозводимых зданий. Санкт-Петербург: «Гуманистика», 2004. 472 с.
2. *Мушинский А. Н., Зимин С. С.* Строительство быстровозводимых зданий и сооружений // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 4 (31).
3. Модульная архитектура будущего. Начало положено URL: <http://ardexpert.ru>

## УДК 692

*Егор Дмитриевич Соковиков, магистрант  
Дарья Сергеевна Бабаева, магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: dariababaeva95@gmail.com,  
E-mail: EgorSokov96@gmail.com*

*Egor Dmitrievich Sokovikov, undergraduate  
Daria Sergeevna Babaeva, undergraduate  
(Saint-Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: dariababaeva95@gmail.com,  
E-mail: EgorSokov96@gmail.com*

## ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ ИЗ МОРСКИХ КОНТЕЙНЕРОВ

### BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS WITH USE OF SHIPPING CONTAINERS

В данной статье будет рассмотрен метод строительства зданий и сооружений с использованием морских контейнеров, который является актуальным для российской строительной области по причине появления в стране надобности в постройке зданий с минимальными затратами и максимальной скоростью возведения, как для торговых площадей, так и для жилых зданий. Будет рассмотрены его преимущества и недостатки, и примеры использования.

*Ключевые слова:* объемные блоки, морские контейнеры, архитектура, контейнерные дома, технология строительного производства

In the given article the method of building of constructions with use of shipping containers which is actual for the Russian building area because of occurrence in the country of need in buildings with the minimum expenses and the maximum speed of erection, both for trading areas, and for inhabited buildings will be considered. Its advantages and disadvantages as well as examples of its use will be considered.

*Keywords:* volumetric units, shipping containers, architecture, container house, construction technology

Зданий и сооружения из морских контейнеров — это разновидность архитектуры, использующая стальные контейнеры (транспортные контейнеры) в качестве структурного элемента. Ее также называют «arkitainer». Использование контейнеров в качестве строительного материала стало популярно за последние несколько лет благодаря присущей им прочности, широкой доступности и относительно невысокой стоимости. Дома также строятся с контейнерами, потому что они рассматриваются, как более экологически чистые, чем традиционные строительные материалы, такие как кирпич и цемент.

Вопреки ожиданиям, категория зданий, которые попадают под строительство морских контейнеров, достаточно велика. Архитектура зданий и сооружений из морских контейнеров почти превратилась в свою собственную область, и архитекторы по всему миру показывают, насколько инновационными здания с использованием этого метода могут быть.

Существуют однокомпонентные контейнерные отсеки, контейнерные дома на колесах, а также крупные контейнерные дома, построенные с удалением смежных стен для больших внутренних пространств. Так же возможны гибридные типы зданий, в которых контейнеры сочетаются с традиционными методами строительства: здания, возведенные традиционными методами, может находиться поверх конструкции из контейнеров, конструкция из контейнеров может возводиться поверх привычных сооружений, так же контейнеры могут выступать из них или быть их частью. Так же существуют здания с использованием данного метода с наружной обшивкой и внутренними стенами.



## Преимущества использования морских контейнеров в строительстве

### 1. Удобство в проектировании и монтаже

Транспортные контейнеры имеют типовые габаритные размеры. Если рассматривать контейнеры одного размера, то они представляют собой модульные элементы, которые могут быть объединены в более крупные конструкции. Это упрощает проектирование, планирование и транспортировку. Так как они уже сконструированы так, чтобы соединяться между собой для удобства мобильности во время транспортировки. Процесс монтажа заключается в простой установке их на проектное положение. Контейнеры так же можно монтировать друг на друга, как подтверждает практика, до 12 штук [3].

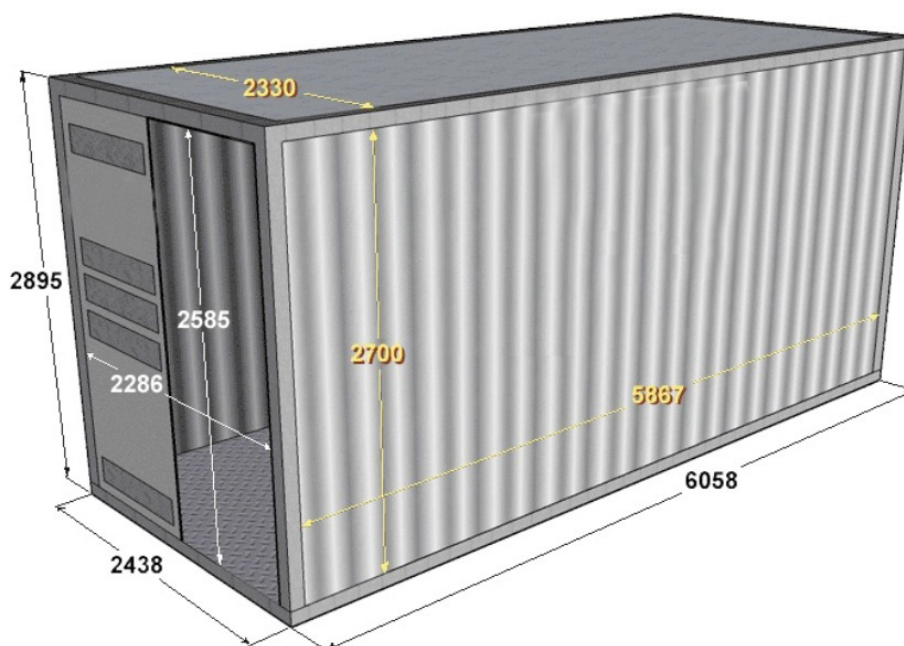


Рис. 1. Размерные параметры 20 футового морского контейнера

Внутренние размеры контейнера 20 т равны  $2,33 \times 5,86 \times 2,19$  м. Имея подобные габариты, конструкция располагает  $29,5 \text{ м}^3$  полезного объема. За вычетом места, отведенного на монтаж обшивки и утепления, это и будет приблизительный размер внутреннего пространства помещения.

Обычно для строительства зданий применяются грузовые контейнеры стандартного размера длиной 40 футов. Внутренние размеры такой конструкции –  $2,4 \times 12 \times 2,35$  м. Одного контейнера будет достаточно для создания:

- подсобного помещения;
- просторной пристройки;
- хранилища;
- мастерской [1].

### 2. Гибкость в назначении при использовании

В большинстве случаев контейнеры имеют прямоугольную форму, хотя встречаются и квадратные варианты с увеличенной высотой) и материалу (сварная сталь), транспортные контейнеры могут быть легко модифицированы для различных целей.

### 3. Наличие

Благодаря их широкому использованию, новые и бывшие в употреблении морские контейнеры доступны по всему миру.

#### 4. Относительная дешевизна метода

Цена блоков для строительства дома из контейнеров зависит от разных факторов. В большей степени на нее оказывают влияние конфигурация и размер конструкции. Кроме этого, стоимость зависит от того, является ли контейнер новым или же он использовался ранее. Если изделие подержанное, то его цена будет зависеть от состояния. Стоимость морских контейнеров, которые хорошо сохранились и имеют нормальную геометрию, будет значительно выше, чем у дефектных изделий.

Таблица 1

Средние расценки на контейнеры 40 футов [1]

Тип контейнера	Особенности изделия	Цена, руб.
Новые контейнеры		
40 HCDD	высокий, двойные двери	305000
40 DV	стандартный	330000
40 HC	высокий	360000
Контейнеры б/у		
40 DV	стандартный	150000
40 HC	высокий	155000

Строительство дома на основе контейнерных блоков обойдется примерно на 30 % дешевле, чем стоимость стационарного жилья, выполненного из кирпича.

Купить дом из контейнеров общей площадью около 90 м<sup>2</sup> можно примерно за 360–450 тыс. руб. Подобный проект предполагает монтаж трех блоков в одной плоскости. Если же выполнить надстройку второго этажа, используя при этом дополнительные 2–3 контейнера, стоимость жилья возрастет вдвое [1].

#### 5. Забота об экологии

Строительство грузовых контейнеров является отличным примером «повторного использования» материала или продукта. Она вводит второй полезный жизненный цикл для использованных транспортных контейнеров, которые больше не подходят для перевозки грузов по назначению.

#### 6. Надежность

Учитывая, что морские контейнеры выполняются из материалов, предназначенных для дальних путешествий по открытому океану, ни для кого не секрет, что контейнеры создаются, чтобы быть чрезвычайно прочными. Их способность выдерживать износ, выдерживать экстремальные нагрузки и прочность в течение десятилетий также означает, что грузовые контейнеры имеют соответствующие преимущества при использовании в строительстве.

Контейнеры имеют сейсмически устойчивую конструкцию, поэтому постройки подобного типа нередко сооружаются в тех регионах, где наблюдаются различные природные катаклизмы, например, ураганы или землетрясения.

#### 7. Уникальность архитектурного стиля

Не смотря на кажущуюся ограниченность форм, из подобного материала, как показала практика, можно выполнять уникальные дизайнерские проекты [4].



Рис. 2. Кофейня Старбакс из морских контейнеров

### **Недостатки использования морских контейнеров в строительстве**

#### **8. Ограничения в создании внутренней планировки помещений.**

Грузовые контейнеры можно объединять вместе для создания больших пространств, но создание пространств, отличных от их размера по умолчанию, является дорогостоящим и трудоемким делом. Контейнеры, обладающие значительной длиной, будет трудно перемещать в некоторых жилых районах.

#### **9. Сложности с размещением теплоизоляции.**

Сталь очень хорошо проводит тепло; контейнеры, используемые для людей в среде с экстремальными колебаниями температуры, как правило, должны быть лучше изолированы, чем большинство кирпичных, блочных или деревянных конструкций.

Гофрированная металлическая оболочка обычно является неотъемлемой частью конструкции. Это означает, что внутри стен нет пространства, в которое можно было бы поместить теплоизоляцию. Поэтому изоляция должна размещаться внутри или снаружи металлической гофрированной оболочки. В связи с тем, что большинство изоляционных материалов, как правило, неприглядны для фасада и не очень прочны, требуется наносить облицовочный слой на утеплитель.

Под влиянием влаги металл покрывается ржавчиной. Чтобы не допустить преждевременного разрушения постройки, желательно регулярно осматривать здание на предмет появления коррозии и тщательно ухаживать за ним. Низкие потолки – один из наиболее существенных недостатков. Если выполнить утепление потолка и пола, максимальная высота помещения будет составлять 2,35 м. [1].

#### **10. Возможные сложности с размещением инженерных сетей**

Из-за небольшого пространства внутри контейнера сложно сделать скрытую проводку инженерных сетей.

#### **11. Сложности с использованием строительных норм и правил**

Сложность с поиском квалифицированного строительного подрядчика для работы с подобным типом зданий.



## 12. Слабые места в крыше

Несмотря на то, что края верхней плоскости контейнера очень прочные, по центру рекомендуется ограничение нагрузки в 300 кг.

## 13. Возможный вред для здоровья, при нарушении технологии подготовки контейнеров к использованию в строительстве

Контейнер может перевозить самые разнообразные грузы в течение всего срока службы. Разливы или загрязнения могли произойти на внутренних поверхностях, и их необходимо будет очистить перед размещением. Так же растворители, выделяющиеся из красок и герметиков, используемых в производстве, могут быть вредными.

## 14. Проблема освещения

Контейнеры, наставленные друг на друга, если мы говорим о большой постройке, как ТЦ, создают места с отсутствием естественного солнечного света, но эту проблему можно решить с помощью технологии *Solros*.

### Примеры использования метода

Ярким примером является дизайн домов, разработанный архитектором Адамом Калкиным. Согласно задумке, создается некое подобие «дома в доме». Несколько контейнеров, стоящие друг на друге, создают внутренние помещения, а сверху все контейнеры запечатаны в металлическую оболочку, напоминающую форму обычного дома. Стекланные витражи и большие раздвигающиеся двери позволяют объединить жилое пространство с внешним видом, наполняя большое пространство легкостью и светом.

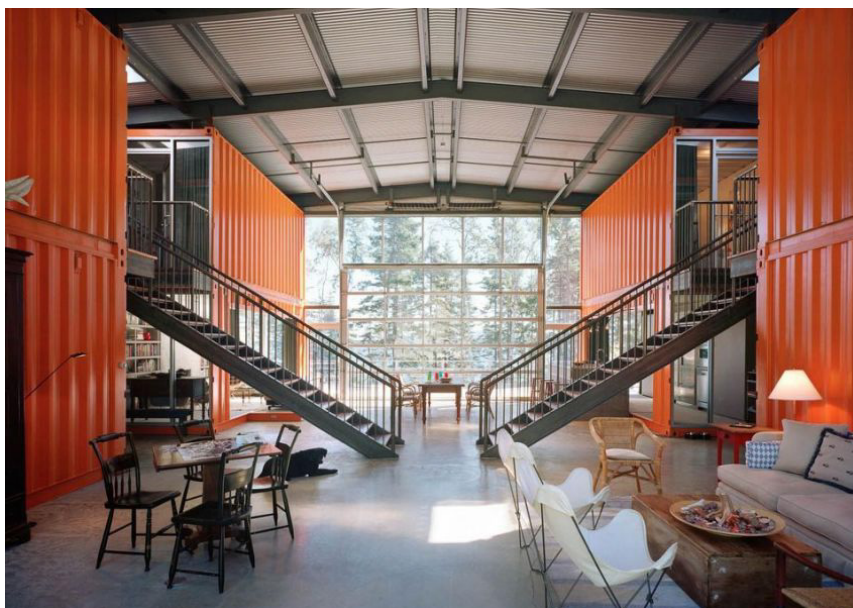


Рис. 3. Двухэтажный просторный дом, разработанный архитектором Адамом Калкиным

В таком доме легко можно разместить всё необходимое: гостиную, несколько спален, кухню и санузлы.

### Технология возведения зданий из морских контейнеров

Перед установкой контейнерных блоков в проектное положение, после снятия защитной пленки, которая часто используется для транспортирования контейнеров, нужно демонтировать ненужные стенки.



Здание может устанавливаться на сваи, фундаментные блоки ФБС, ленты. Выбор основания зависит от рельефных особенностей участка и свойств почвы. Не рекомендуется устанавливать блоки без фундамента, поскольку грунт под весом здания будет проседать, а в зимний период здание будет промерзать.

Для беспрепятственного соединения контейнеров рекомендуется выдерживать зазор между ними в размере 2 см и использовать резиновый уплотнитель, который вкладывается между контейнерами, затем вбивается рабочим на небольшую глубину. Конечная фиксация контейнеров с зазором в 15 мм между собой может производиться с помощью стяжных винтов. Пустое пространство в районе стоек заполняется теплоизоляционным материалом. Стыки пола могут изолироваться специальным уплотнительным шнуром, после чего рекомендуется покрывать стыки листовым порогом из нержавеющей стали в комбинации с изоляционным материалом.

Контейнерные стыки обшиваются с помощью уже заполненных изоляционным материалом боковых и потолочных туннелей. Боковой туннель может состоять из 2 и более составных частей, монтируемых внахлест, что позволяет использовать их при любой высоте контейнера. Для лучшей изоляции и обеспечения многократного применения на краях туннеля прикрепляется резиновый уплотнитель. Потолочные стыки фиксируются стяжной струбциной, после чего устанавливается потолочный туннель. Возможные щели после выполнения данных работ заполняются силиконом.

Для ускорения процесса монтажа можно использовать крепежный болт с резиновым дюбелем:

1. Необходимо монтировать стяжные струбцины на потолочный стык.
2. Просверлить отверстия в середине туннеля.
3. Монтируются подготовленные для этого крепежные болты.
4. Монтируется боковой туннель, начиная с нижней части. Резиновые дюбели крепежных болтов должны находиться между двумя угловыми стойками.

По аналогичной технологической последовательности монтируются потолочные туннели.

При использовании 40-футовых морских контейнеров для монтажа потребуются автокран.



Рис. 4. Использование автокрана для монтажа контейнеров

Для создания крупных помещений будут использоваться соединения внутренних пространств нескольких контейнеров, с заранее удаленными стенками. В этом случае

должны быть соблюдена технология и очередность соединения: в первую очередь соединяются контейнеры с примыканием с лицевой стороны, после чего выполняется технология изоляции, описанная выше в статье, затем производится соединение контейнеров с торцевой стороны и аналогичные работы по изоляции стыков.

При многоэтажном соединении применяются внутренние стяжные болты в местах, специально подготовленных до начала монтажа контейнера. Для формирования внутренних межкомнатных перегородок рекомендуется использовать гипсокартонные листы, так же может использоваться профильные листы. После чего можно приступить к созданию проемов под окна и двери. Для этого может использоваться болгарка. После выполнения данных работ, следует аккуратно обработать краевую часть среза изоляционными средствами [1].

Поскольку конструкция грузового контейнера не рассчитана на наличие отверстий, жесткость блока в результате монтажных работ значительно снизится. Чтобы укрепить несущую конструкцию в слабых местах, а именно в оконных и дверных проемах, необходимо по всему периметру приварить ребра жесткости (трубы или швеллеры). Сделать это нужно так, чтобы ребра жесткости проходили от пола до потолка.

Для соединения всех элементов несущей конструкции желательно использовать сплошной шов. Скрепление корпуса контейнера с ребрами жесткости лучше выполнить методом точечной сварки.

### **Литература**

1. Дом из морского контейнера: интересные проекты и технология строительства URL: <http://remo.ru/stroitelstvo/dom-iz-morskogo-kontejnera#i-4> (дата обращения: 30.04.2020).
2. Официальный сайт SolarTube URL: <https://solatube.su/> (дата обращения: 30.04.2020).
3. 14 Things To Know About Building With Shipping Containers [https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Fwww.discovercontainers.com%2Ffundamentals%2F&cc\\_key](https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Fwww.discovercontainers.com%2Ffundamentals%2F&cc_key) (дата обращения: 30.04.2020).
4. 11 Tips You Need To Know Before Building A Shipping Container Home [https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Fwww.archdaily.com%2F625449%2F11-tips-you-need-to-know-before-building-a-shipping-container-home&cc\\_key=](https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Fwww.archdaily.com%2F625449%2F11-tips-you-need-to-know-before-building-a-shipping-container-home&cc_key=) (дата обращения: 30.04.2020).

**УДК 624.155.113.3**

*Маргарита Альвидовна Степанова*, магистрант  
*Антон Николаевич Гайдо*,  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: margarita\_st@list.ru, gaidoan@mail.ru*

*Margarita Alvidovna Stepanova*, undergraduate  
*Anton Nikolaevich Gajdo*,  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: margarita\_st@list.ru, gaidoan@mail.ru*

## **ОПЫТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ШТИФТОВОГО СТЫКА СВАЙ**

### **EXPERIMENTAL JUSTIFICATION OF APPLICATION PIN JOINT OF PILES**

Стремительный рост городов с увеличивающимся количеством городского населения заставляет прибегать к разработке инновационных технологий строительного производства с целью уменьшения сроков возведения зданий и сооружений с сохранением качественных и прочностных характеристик. Для достижения этих целей, на этапе устройства фундаментов из свай заводского изготовления все чаще рассматривают альтернативные варианты традиционному стыку свай на сварке стальных накладок, поскольку устройство стыка занимает продолжительную часть времени, что не позволяет выполнять работы с максимальной производительностью. В связи с этим стоит задача в определении наиболее оптимального стыка. Особое внимание уделяется соединению штифтового типа.

В данной работе рассматриваются конструктивные особенности штифтового стыка свай, анализируются результаты, полученные при проведении испытаний данных свай на строительных объектах Санкт-Петербурга и делается вывод об эффективности применения соединения свай при помощи штифтов.

*Ключевые слова:* свая, свайный фундамент, стык свай, штифтовой стык, соединение свай, сварной стык.

The rapid growth of cities with increasing number of urban population makes use innovative construction technologies to reduce construction time of buildings and structures, preserving the quality and strength characteristics. To achieve these goals, at the stage of installation of foundations from factory-made piles, alternatives to the traditional joint of piles for welding steel plates are increasingly considered, since the joint device takes a long time, which does not allow you to perform work with maximum productivity. In this regard, the task is to determine the most optimal joint. Special attention is paid to the pin type connection.

This paper discusses the design features of the pin joint of piles, analyzes the results obtained during testing of these piles on construction sites in St. Petersburg, and concludes on the effectiveness of the use of the joint of piles when using pins.

*Keywords:* pile, pile Foundation, the piles junction, pin junction, the connection of piles, the weld joint.

На фоне развития многоэтажного и высотного домостроения, особую значимость приобретает использование свайных технологий, позволяющих при достижении сваями плотных грунтов получать надежные конструкции высокой несущей способности. Достичь уровня высокоплотных грунтов, которые зачастую залегают на глубине 20, 30 и более метров, можно двумя технологиями: при устройстве буронабивных свай и при погружении готовых заводских железобетонных свай, состоящих из нескольких соединяющихся элементов. Погружение сборных свай имеет ряд преимуществ перед буронабивными сваями. Этот способ эффективнее по срокам и финансам: стоимость практически в два раза ниже буронабивной сваи. Также заводом гарантируется качество

материала ствола сваи при изготовлении. В связи с этим, применение составных заводских свай получило широкое распространение в жилом и промышленном строительстве.

Для увеличения производительности свайных работ отечественными НИИ и зарубежными фирмами были предложены различные конструктивно-технологические решения стыковки свай. В настоящее время повышенное внимание приковано к штифтовому соединению секций свай, которое является наиболее перспективным и целесообразным для применения по сравнению со сварным стыком.

В ходе экспериментального погружения свай со штифтовым стыком на строящемся объекте в г. Санкт-Петербург был произведен хронометраж всех сопутствующих работ при устройстве стычных свай с традиционным стыком на сварке и свай с штифтовым стыком с целью сравнения трудозатрат и показателей эффективности. Результаты измерений приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Хронометраж погружения свай с различным видом соединения составных частей**

№	Параметр	Погружение сваи со сварным стыком	Погружение сваи с штифтовым стыком
1	Время работы в смену	8 ч (480 мин)	8 ч (480 мин)
2	Количество погружаемых свай в смену	5 шт	9 шт
3	Длина свай	22 м	30 м
4	Нормативное время устройства стыка	40 мин	10 мин
5	Среднее (фактическое) время устройства стыка	42 мин	13 мин
6	Время погружения одной сваи (с учетом всех подготовительных работ)	$480 : 5 = 96$ мин	$480 : 9 = 54$ мин
7	Время погружения сваи без устройства стыка	$96 - 38 = 58$ мин	$54 - 13 = 41$ мин
8	Темпы погружения сваи	$58/22 = 2,6$ мин/п.м.	$41/30 = 1,4$ мин/п.м.
9	Необходимое время на погружение одной сваи длиной 25м	$2,6 \times 26 + 42 = 107$ мин	$1,4 \times 25 + 13 = 48$ мин

На основании полученных данных видно, что в среднем, для погружения 25-метровой сваи со сварным стыком потребуется 107 минут, а для сваи со штифтовым стыком около 48 мин. В таком случае, использование штифтового соединения позволило бы увеличить скорость производства работ в дважды.

В конечном итоге, рассматриваемый в данной работе вариант соединения свай на штифтах дает существенную экономию трудовых и материальных ресурсов, а также позволяет сократить общие сроки производства работ за счет сокращения времени на устройство стыка.



## Конструктивные решения штифтового соединения свай

Штифтовые соединения для составных железобетонных свай «LEIMET ABB PLUS», разработанное финской компанией *Leimet Oy* представляет собой соединение торцов металлических оголовников каждой секции железобетонных свай, на которых располагаются фиксирующие штыри и гнезда для заводки штырей. Соединение секций свай выполняется при стыковке оголовников путем заведения штырей в гнезда. Затем в боковые отверстия оголовника сваи забиваются четыре стальных штифта диаметром 19 мм, которые заклинивают штыри в гнездах.

Данное конструктивное решение прошло сертификацию соответствия ГОСТ Р (№ 0339936), имеет разработанное и принятое техническое условие «Соединение штифтовое для свай» ТУ 25.11.23-001-92894761-2018 на применение технологии стыка, а также имеет техническое свидетельство о пригодности для применения в строительстве (№ 5785-19 от 05.07.2019 г).

Пример соединения штифтового типа представлен на рис. 1.

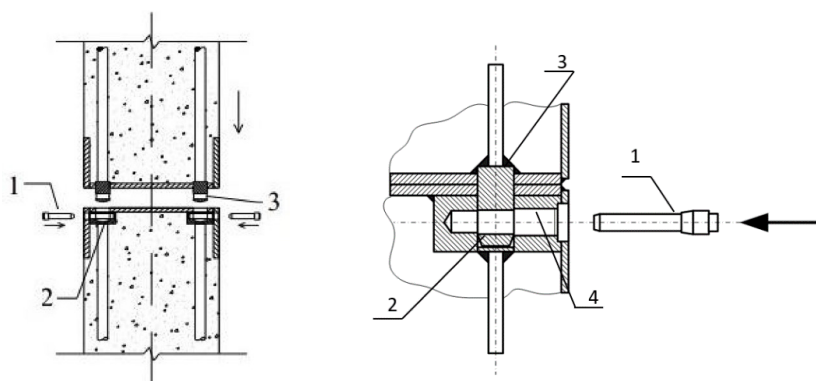


Рис. 1. Соединение штифтового типа:

1 – штифт; 2 – гнездо; 3 – фиксирующий штырь; 4 – закладная деталь в наголовнике сваи

Для определения технической возможности погружения свай со штифтовым стыком на строительной площадке Василеостровского района в г. Санкт-Петербург выполнялось экспериментальное погружение свай с новым технологическим решением стыка и проводились испытания грунтов сваями статической вдавливающей нагрузкой.

Основной целью проведения испытаний было:

- обоснование технологической возможности устройства свай с новым стыком и возможности их погружение методом вдавливания;
- определение влияния нового конструктивного решения стыка свай на несущую способность свай по грунту.

### Методика проведения эксперимента

В ходе предпроектного погружения свай выполнялось погружение 4-х кустов свай со штифтовым решением стыков (рис. 2) и 10-ти кустов свай с традиционным решением стыка на сварных накладках (рис. 3). Традиционное решение стыка на сварных накладках выполняется по типовой серии 1.111.10-8 выпуск «Сваи забивные железобетонные составные сплошные трапецидального сечения».

Схема штифтового стыка верхней и нижней частей составных свай С300.40-Шт.Вд

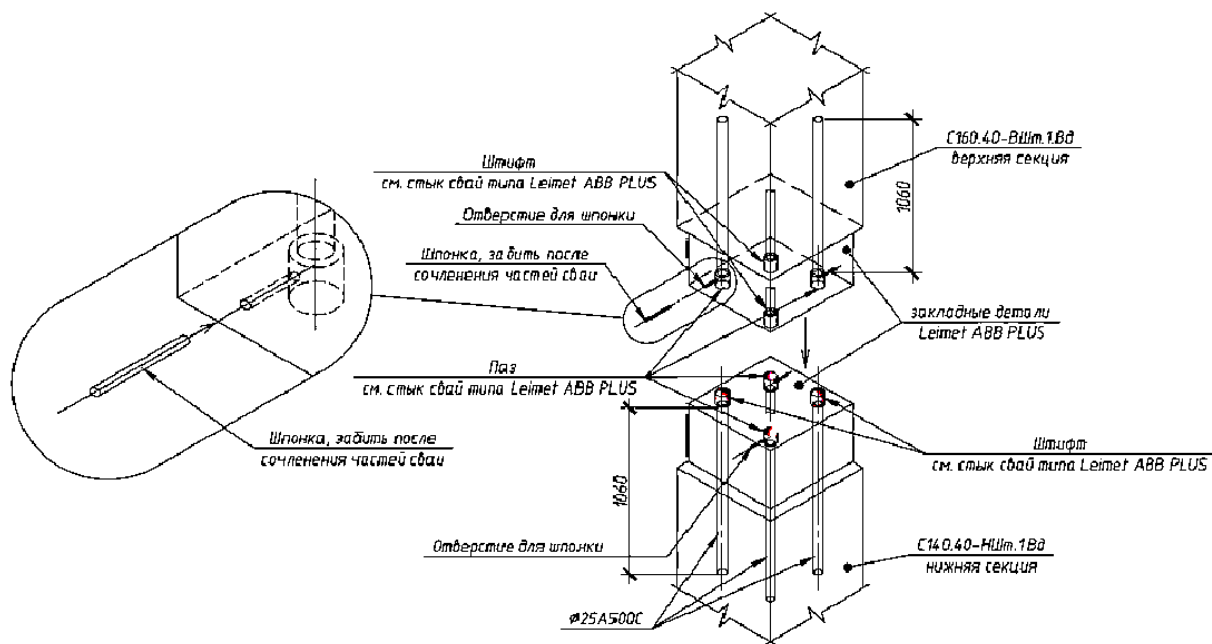


Рис. 2. Схема штифтового стыка верхней и нижней частей составных свай

Схема сварного стыка верхней и нижней частей составных свай С220.40-СВ.ВП, С230.40-СВ.ВП, С250.40-СВ.ВП, С270.40-СВ.ВП

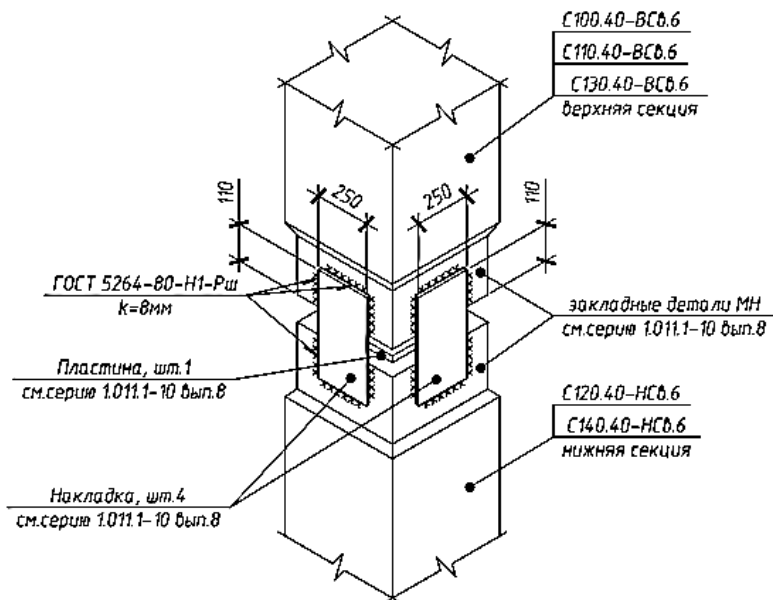


Рис. 3. Схема сварного стыка верхней и нижней частей составных свай

После отдыха свай в грунте 20 суток, согласно ГОСТ 5686-94, выполнялись статические испытания грунтов на вертикальные вдавливающие и выдергивающие нагрузки. Марки испытываемых свай и расчетные нагрузки приведены в табл. 2. Схема расположения испытываемых свай показана на рис. 4.

Таблица 2

**Марки испытываемых свай и расчетные нагрузки**

Обозначение свайного куста	Марка свай	Кол-во, шт	Расчетная нагрузка, т
Спецификация составных вдавливаемых свай со сварным стыком			
№ 4с2-4, 5с2-5	С270.40-Св.Вдт (С130.40-ВСв.6 + С140.40-НСв.6)	10	180
№ 6с2-6, 7с2-7	С250.40-Св.Вд (С110.40-ВСв.6 + С140.40-НСв.6)	10	180
№ 8с2-8, 9с2-9, 10с2-10, 18с2-18,	С220.40-Св.Вд (С100.40-ВСв.6 + С120.40-НСв.6)	20	180
№ 10с2-10, 21с2-21	С230.40-Св.Вд (С110.40-ВСв.6 + С120.40-НСв.6)	10	180
Спецификация составных вдавливаемых свай с штифтовым стыком			
№ 26с2-А3, 27с2-А4, 28с2-А5, 9с2-А5	С300.40-Шт.Вд (С160.40-ВШт.1.Вд + С140.40- НШт.1.Вд)	20	180

При производстве работ для каждой сваи в кустах фиксировалось время и глубина погружения, усилие вдавливания на метр погружения каждой сваи и конечный отказ. Испытания грунтов статической вдавливающей нагрузкой проводятся в соответствии с программой испытаний, согласованной с Заказчиком, и соответствующими нормативными документами.

Нагрузки при испытании свай создавались при помощи гидравлического домкрата грузоподъемностью 200 тонн. Для вдавливающей нагрузки упором для домкратов использовалась металлическая балка, скрепленная при помощи специальных захватов с 4-мя анкерными сваями (рис. 5). Схема испытаний на выдергивающие нагрузки была аналогичной испытаниям свай вдавливающей нагрузкой, при которой испытываемой сваей была анкерная свая. Измерение величины вертикального перемещения сваи от нагрузки приводилось двумя прогибомерами ПАО-6 с точностью отсчета 0,01 мм.

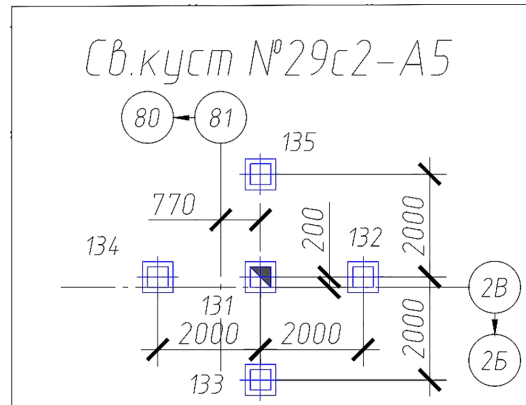
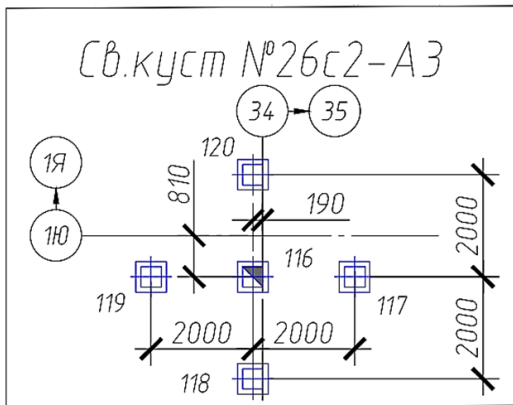
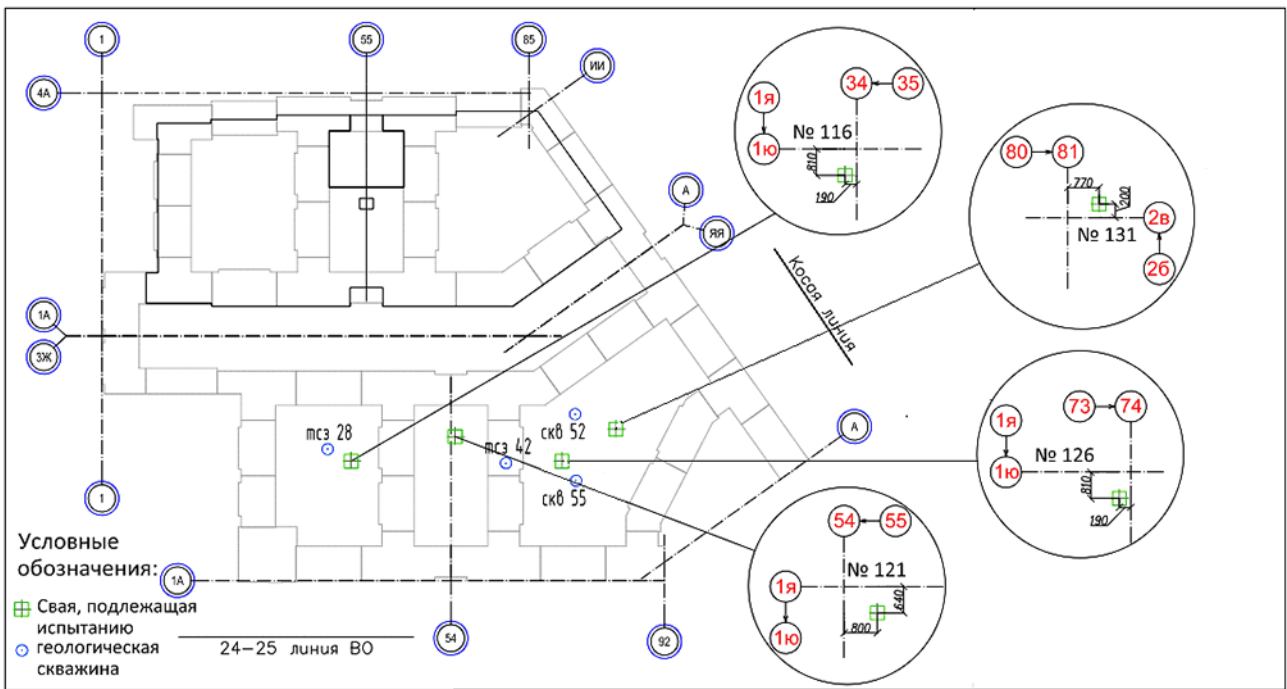


Рис. 4. Схема расположения испытываемых свай со штифтовым стыком



Рис. 5. Устройство анкерной системы балок для проведения статических испытаний грунтов вдавливающей нагрузкой



На каждой ступени загрузки сваи отсчёты по прогибомерам снимались следующей последовательности: нулевой отсчёт – сразу после приложения нагрузки, затем последовательно в течение первого часа через каждые 15 минут и далее через 30 минут до затухания перемещения сваи.

За условную стабилизацию принималась скорость осадки сваи в грунте не более 0,1 мм за последний час измерений на ступени нагрузки. Разгрузку испытываемых свай производилась после достижения максимальной нагрузки. Испытание на вдавливающую нагрузку производилось до 270 тс, испытания на выдергивающую нагрузку производилось до 68 тс.

Необходимость рыхления грунта или выполнения лидерных скважин перед погружением сваи определяется проектом и инженерно-геологическими условиями конкретного объекта. На объекте исследования инженерно-геологические условия строительной площадки предполагают погружение свай без предварительного лидерного рыхления грунта. В геологическом строении грунты площадки строительства представлены напластованием слоев, изображенных на инженерно-геологическом разрезе (рис. 6). Нормативные значения показателей физико-механических свойств грунтов приведены на рис. 7.

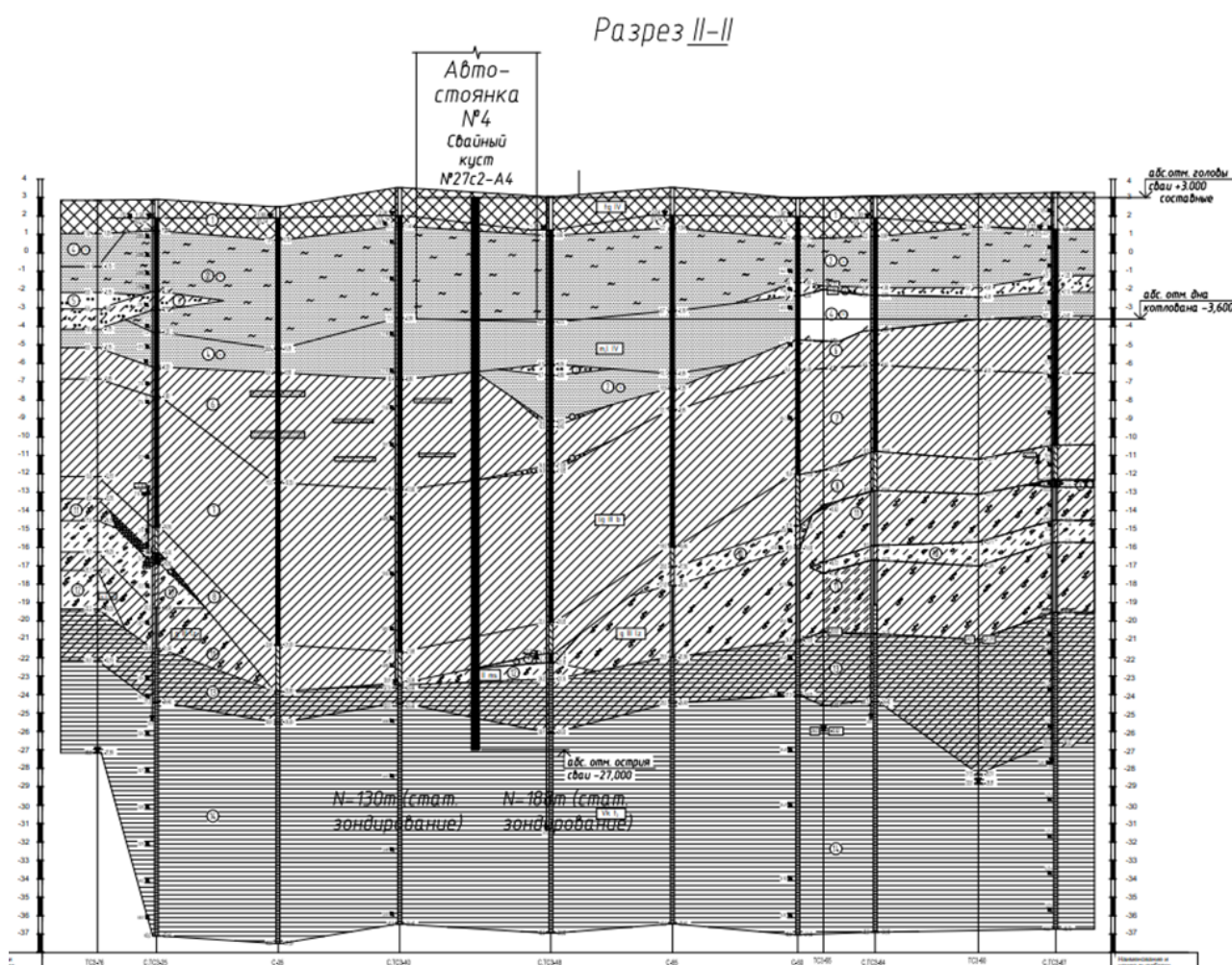


Рис. 6. Инженерно-геологический разрез строительной площадки

Объект: строительство жилого комплекса со встроенно-пристроенными помещениями по адресу: Санкт-Петербург, Василеостровский район, квартал, ограниченный Косой линией, 25 линией В.О., Масляным каналом, Кожевенной ул., 26 линией В.О.

ТАБЛИЦА нормативных и расчетных значений характеристик грунтов

Стратиграфический индекс	ИГЭ	Номенклатура грунта	Природная влажность $W_n$	Показатель текучести $I_L$	Коэффициент пористости $e$	Плотность $\rho^{т/см^3}$			Угол внутреннего трения $\varphi$			Удельное сцепление $c$ , МПа			Модуль общей деформации $E$ , МПа
						норм.	I	II	норм.	I	II	норм.	I	II	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
tg IV	①	Насынный грунт.	Расчетное сопротивление $R_0 = 0,1$ МПа												
m IV	②	Пески пылеватые с иловатыми прослойками, с прослойками супеси насыщенные водой средней плотности.	-	-	0.750	1.94	1.92	1.94	26	24	26	0.002	0.001	0.002	11.0
	③	Супеси пылеватые с прослойками пылеватого песка, с растительными остатками текучие.	0.30	1.38	0.793	1.94	1.91	1.92	21	18	19	0.011	0.004	0.007	8.0
	④	Пески пылеватые насыщенные водой плотные.	-	-	0.550	2.06	2.04	2.06	34	31	34	0.005	0.004	0.006	28.0
	⑤	Заторфованные грунты.	0.52	-	1.368	1.68	-	-	17	15	16	0.012	0.009	0.010	2.0
	⑥	Суглинки легкие пылеватые неяснослоистые текучие.	0.30	1.22	0.823	1.93	1.91	1.92	17	14	15	0.011	0.005	0.007	9.0
lg III b	⑦	Суглинки тяжелые пылеватые легочные текучие.	0.39	1.14	1.063	1.84	1.82	1.83	11	8	9	0.007	0.002	0.004	6.0
	⑧	Суглинки легкие пылеватые неяснослоистые текучежидкие.	0.30	0.82	0.827	1.94	1.92	1.93	20	17	18	0.017	0.011	0.013	10.0
g III lz	⑨	Пески крупные с гравием и галькой насыщенные водой средней плотности.	-	-	0.600	2.03	2.01	2.03	39	35	39	0.001	0.001	0.001	35.0
	⑩	Супеси пылеватые с гравием и галькой, линзами песка пластичные.	0.13	0.49	0.354	2.25	2.21	2.23	20	17	19	0.017	0.011	0.013	8.5
	⑪	Суглинки легкие пылеватые с гравием и галькой тугопластичные.	0.23	0.40	0.623	2.05	2.04	2.04	25	23	24	0.027	0.019	0.022	15.0
g II ms	⑫	Супеси пылеватые с гравием, галькой и валунами твердые.	0.13	-0.13	0.359	2.22	2.16	2.19	31	27	29	0.038	0.022	0.028	25.0
	⑬	Валуново-галечные грунты	$R_0=450$ кПа (4.5 кг/см <sup>2</sup> )												
Vkl <sub>2</sub>	⑬	Глины пылеватые со щебнем песчаным твердые дислоцированные.	0.20	-0.21	0.589	2.07	2.06	2.06	18	16	17	0.073	0.054	0.062	25.0
	⑭	Глины пылеватые тонкослоистые твердые.	0.16	-0.38	0.487	2.14	2.13	2.14	21	19	20	0.115	0.100	0.106	36.0

Рис. 7. Нормативные характеристики грунтов строительной площадки

### Результаты испытания грунтов статической вдавливающей нагрузкой

На основании данных, получаемых в процессе испытания, строятся графики зависимости осадки сваи от прилагаемой нагрузки  $S = f(P)$  и график изменения осадки сваи во времени  $S = F(t)$  (по ступеням нагружения).

В ходе выполненных испытаний грунтов статической вдавливающей нагрузкой, для свай со сварным стыком осадка при нагрузке, равной 270,00 тс не превышала максимально допустимой (выполнялось условие СП 24.13330.2011 п. 7.3.5 б) и в результате была определена несущая способность сваи.

В результате испытаний всех четырех свай со штифтовым стыком, испытания были остановлены до достижения нагрузки, при которой произошли бы непрерывное возрастания осадки  $s$  без увеличения нагрузки по причине разрушения головы анкерной сваи. В связи с этим, определить несущую способность сваи по грунту не является возможным. Однако последующие тестирования штифтовых свай на сплошность, рассмотренные в данной работе, подтвердили целостность стволов свай и замковых соединений после проведения статических испытаний.

## Результаты статических испытаний составных вдавливаемых свай

№ сваи по проекту	Длин сваи, м	Сечение сваи, мм	Конечное усилие вдавливания, т	Результаты испытаний		
				Максимальная нагрузка при испытании, тонн	Осадка при максимальной нагрузке, мм	Несущая способность сваи по грунту, по результатам испытания, тонн
Сваи со штифтовым стыком						
116	30	400 × 400	160	243	11,85	–
121	30	400 × 400	160	216	8,57	
126	30	400 × 400	160	162	5,36	
131	30	400 × 400	160	108	2,01	
Сваи со сварным стыком						
13	27	400 × 400	160	270	29,43	270
26	25	400 × 400	160	270	23,85	270
41	22	400 × 400	160	270	34,17	270
86	23	400 × 400	160	270	32,09	270

**Тестирование свай на сплошность неразрушающим способом по методике SIT**

В ходе экспериментального погружения свай ООО «Строительный трест № 28» провело тестирование свай на сплошность неразрушающим способом по методике *SIT* с целью контроля целостности материала в стволе сваи, а также целостности штифтового стыка анкерных свай после проведения испытаний статической вдавливающей нагрузкой.

Тестированию подлежали сваи заводского изготовления длиной 28,00 м (длина после срубки), сечением 40 × 40 см, со штифтовым стыком, погруженные методом статического вдавливания.

Для каждой сваи тестирование проводилось в виде серии измерений, по результатам которых был выбран наиболее характерный график. Перед началом измерений прибор был настроен на проектную длину, в соответствии с которой и определялась фактическая длина свай, в пределах погрешности измерений.

Результаты тестирования представлены в виде графиков упругой волны (рефлектограмм) (рис. 8). Графики представляют собой зависимость скорости колебания оголовка сваи от длины (получаемой переходом от временных показателей). Локальные минимумы на графике распространения сигнала (зона ниже оси абсцисс) означают изменение скорости распространения сигнала и возможный дефект материал. Изменение на глубине 0,0–2,0 м связано со срубкой свай.

В результате повторного тестирования, проведенного после испытаний грунтов статической вдавливающей нагрузкой на объекте заметных дефектов материала, а также дефектов в районе штифтового стыка не отмечено.

Испытания подтвердили надёжность и более качественное соединение секций свай, за счет плотного прилегания верхних и нижних оголовков друг к другу и точного совмещения граней свай, что намного надежнее, чем при сварном соединении стыков свай, требующих непрерывного контроля и соответствующей квалификации сварщиков.

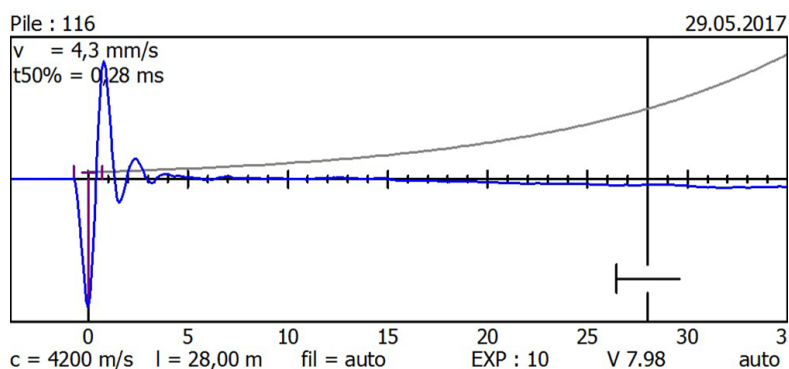


Рис. 8. График упругой волны (рефлектограмма)

### Выводы по результатам проведенных экспериментов

При погружении свай с новым (штифтовым) стыком, характер изменения усилий вдавливания по глубине погружения сваи по сравнению с традиционным решением не менялся, никаких отклонений в качестве погружения не обнаружено.

По результатам проведения испытаний делаем вывод, что штифтовое соединение обеспечивает равнопрочный стык составных свай. Применение штифтового стыка исключает применение стальных пластинчатых прокладок, приводящих к отступлению от проектной передачи нагрузок от верхней секции свай на нижнюю ввиду неплотного прилегания торцов соединяемых секций свай.

В сравнении со сварной технологией стыковки свай, штифтовой стык не требует сварки, гидроизоляционных операций и привлечения высококвалифицированного персонала, а учитывая сокращение сроков производства работ следует учесть отсутствие простоя вспомогательной техники, а также сокращение срока сдачи объекта в эксплуатацию в целом.

В соответствии с проведенными испытаниями свай со штифтовым типом соединения секций свай, можно рекомендовать штифтовой тип соединения для массового применения. При этом следует обратить внимание на соблюдение качества погружения свай, имея в виду вертикальность свай в пределах существующих норм. В случае отклонений от нормативных требований, при необходимости, по решению автора проекта следует произвести соединение секций свай путем сварки.

В этой связи следует вывод о перспективности дальнейших разработок и практическом применении технологии устройства штифтового стыка заводских свай, которая позволит увеличить производительность работ без потери качества и эксплуатационной надежности.

### Литература

1. Верстов В. В., Гайдо А. Н., Иванов Я. В. Производство шпунтовых и свайных работ. – СПб.: СПбГАСУ, 2011. – 292 с.
2. Свайные работы / М. И. Смородинов, А. И. Егорова, Е. М. Губанова. Под ред. М. И. Смородинова. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1988. – 233 с.: ил. – Справочник строителя.
3. Мангушев Р. А., Готман А. Л., Знаменский В. В., Пономарев А. Б. Сваи и свайные фундаменты: конструкции, проектирование и технологии / под ред. Р. А. Мангушева. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2015. – 311 с.
4. Мангушев Р. А., Осокин А. И. Геотехника Санкт-Петербурга / под ред. Р. А. Мангушева. М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2010. – 259 с.
5. Электронный ресурс фирмы Леймет. <http://www.leimet.fi>. (Leimet OY, FIN-27230 LAPPI, Phone: +358 2 8387 3300, Fax: +358 2 8387 3370).



## УДК 624.1

Камал Ильхамович Сулейманов, магистрант  
Артур Евгеньевич Артемьев, магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: inkamalphy@yandex.ru,  
arturanspb@me.com

Kamal Ikhamovich Suleimanov, undergraduate  
Artur Evgenevich Artemev, undergraduate  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: inkamalphy@yandex.ru,  
arturanspb@me.com

# УСТРОЙСТВО МЕЖДУЭТАЖНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЙ МЕТОДОМ «СВЕРХУ ВНИЗ»

## DEVICE OF INTER-STORED REINFORCED-CONCRETE COVERINGS WHEN ESTABLISHING THE UNDERGROUND PART OF BUILDINGS BY THE «TOP-DOWN» METHOD

В статье описывается технология возведения подземных частей зданий методом «*Top-Down*». Дано описание производства работ по устройству железобетонных перекрытий различными методами по технологии «сверху-вниз». Представлен перечень достоинств и недостатков применения технологий при устройстве железобетонных перекрытий при возведении подземных частей зданий методом «сверху-вниз». Приведены примеры практического применения этих методов в г. Санкт-Петербург. Описаны проблемы, возникшие в ходе производства работ, и решения, которые применили для их устранения. Представлены возможные решения для сохранения конструкций.

*Ключевые слова:* плотная застройка, подземная часть, *Top-Down*, междуэтажные железобетонные перекрытия, грунтоцементная диафрагма.

The article describes the technology of the construction of underground parts of buildings using the «*Top-Down*» method. A description of the production of works on the installation of reinforced concrete floors by various methods using «*Top-Down*» technology is given. A list of the advantages and disadvantages of technologies for the installation of reinforced concrete floors during the construction of underground parts of buildings using the top-down method is presented. Examples of the practical application of these methods in St. Petersburg are given. The problems that arose during the course of the work and the solutions that were used to eliminate them are described. Possible solutions for preserving structures are presented.

*Keywords:* dense building, underground part, *Top-Down*, reinforced concrete floors, cement diaphragm.

В условиях плотной городской застройки разработка котлована открытым способом становится невозможным.

Одним из методов, позволяющих вести работы в ограниченных условиях, является метод «*Top-Down*». Основными этапами производства работ при данном методе являются устройство ограждения котлована; постоянных или временных опор; поуровневое устройство железобетонных монолитных перекрытий с необходимыми технологическими проемами; разработка грунта с поверхности земли до необходимой отметки экскавации; фундамента; возведение надземной части.

Для ограждения котлована при использовании данной технологии применяется «стена в грунте», которая устраивается по периметру котлована и доходит до плотных малофильтрующих грунтов. В качестве распорок для железобетонных конструкций «стены в грунте» работают железобетонные междуэтажные перекрытия. Благодаря им мини-

мизируются горизонтальные смещения, уменьшается осадка фундаментов окружающей застройки. [1].

Используются три технологии при разработке грунта и работам по устройству перекрытий:

- опережающее возведение перекрытий с дальнейшей разработкой грунта в котловане по ярусам; бетонирование производится по грунтовому основанию без применения опалубки (рис. 1);

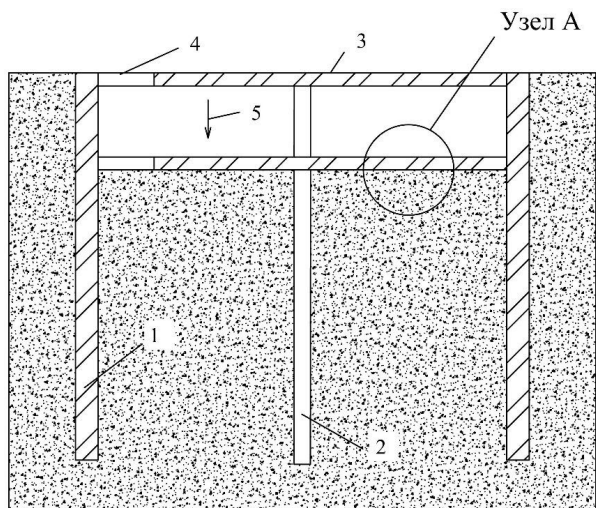


Рис. 1. Опережающее возведение перекрытий: 1 – ограждающая конструкция котлована; 2 – временная или постоянная опора; 3 – междуэтажное железобетонное перекрытие; 4 – технологический проем в перекрытии; 5 – направление производства работ

- опережающая разработка грунта в котловане по ярусам с дальнейшим устройством перекрытий с применением инвентарной опалубки, укладываемой на грунтовое основание (рис. 2);

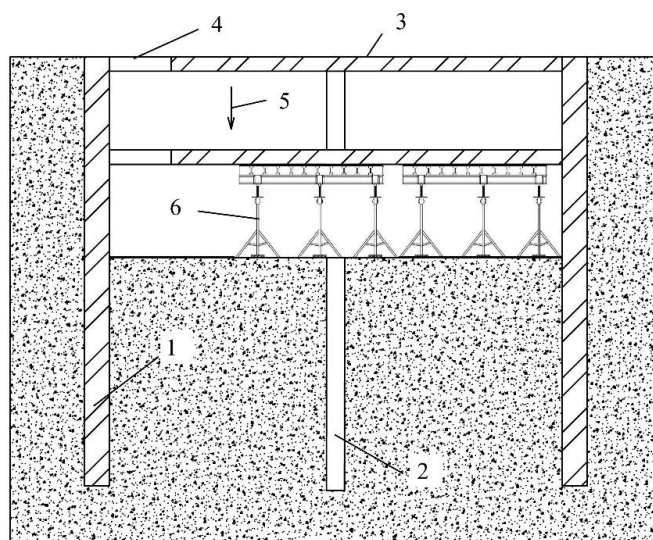


Рис. 2. Опережающая разработка грунта по ярусам: 1 – ограждающая конструкция котлована; 2 – временная или постоянная опора; 3 – междуэтажное железобетонное перекрытие; 4 – технологический проем в перекрытии; 5 – направление производства работ; 6 – инвентарная опалубка перекрытия

- комбинированный метод – сочетание первых двух методов.

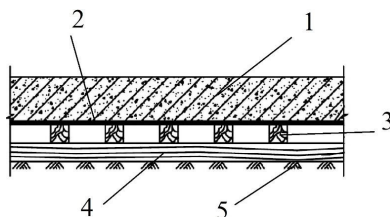


Рис. 3. Узел А: 1 – монолитное железобетонное перекрытие; 2 – щиты опалубки; 3 – деревянные лежни; 4 – щебень; 5 – песчаная подготовка

Первый метод включает в себя несколько этапов (рис. 1,3):

- подготавливается грунтовое основание с устройством песчаного слоя с уплотнением и бетонной подготовки;
- устраивается слой из полиэтиленовой пленки;
- армируются и бетонируются перекрытия;
- после набора требуемой прочности бетона, производится разработка грунта на следующем ярусе;

Второй метод включает в себя:

- разработку грунта по ярусам;
- подготовку основания для монтажа стоек опалубки;
- укладка деревянных лежней на уплотненный грунт с щебнем;
- установка стоек и монтаж опалубки;
- армирование и бетонирование перекрытий;
- после набора необходимой прочности бетона производят демонтаж опалубки [2].

Подготовка основания для устройства перекрытий в первом методе имеет значительную трудоемкость. Преимуществом данного метода является то, что снижаются нагрузки на ограждения за счет уменьшения горизонтальных усилий. Следствием этого является уменьшение расходов материала ограждения котлована.

Второй метод является менее трудоемким, но за счет уменьшения пассивного давления грунта со стороны котлована на ограждающие конструкции значительно возрастают горизонтальные усилия в ограждении.

Из перечисленных технологий вторая технология считается наиболее эффективной по причине того, что уменьшается продолжительность и трудоемкость выполняемых работ. Также снижается стоимость земляных работ. [2].

На практике обычно применяют комбинированный метод устройства железобетонных перекрытий. С учетом сложных инженерно-геологических условий площадки строительства в Санкт-Петербурге был использован первый метод, предполагающий устройство перекрытий, а затем разработку грунта. Для этого рассмотрим объекты в Санкт-Петербурге, возведенные методом «*Top-Down*» с использованием первого метода устройства перекрытий.

Устройство подземного объема торгового комплекса «Стокманн» (*Stockmann*). Изначально было запроектировано погружение металлического шпунта «Ларсен-IV» длиной 25 метров с использованием высокочастотных вибропогружателей. Предназначение шпунта заключалось в ограждении конструкции подземной части. В дальнейшем, в связи с влиянием работ на близлежащую застройку, было принято решение вместо метал-



лического шпунта применить технологию «стена в грунте» с одной из сторон котлована (рис. 4, 5).



Рис. 4. Устройство ограждения котлована по технологии «стена в грунте»

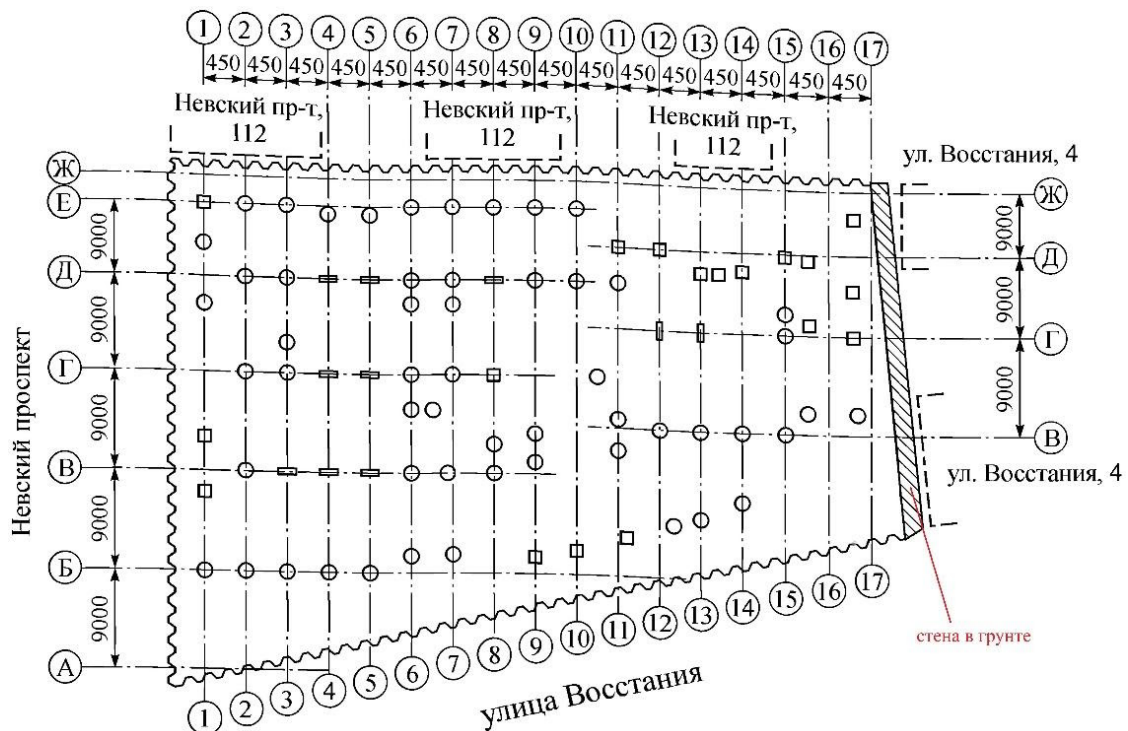


Рис. 5. План подземной части торгового комплекса *Stockmann*

С учетом примененной схемы выполнения работ: жесткий шпунт с трех сторон и стена в грунте с четвертой стороны, жесткость ограждения оказалась недостаточной для слабых грунтов данной площадки строительства. Новый проект включал в себя закрепление нижней части шпунта на глубине до 20 метров распорной грунтоцементной ди-



афрагмой, выполненной по технологии струйной цементации. [3] Данные изменения способствовали исключению разрушительного воздействия нового строительства на близлежащие постройки и станцию метро «Площадь Восстания», а также способствовали остановке развития осадок.

Строительство подземной части второй сцены Государственного академического Мариинского театра (ГАМТ-2) в Санкт-Петербурге. При устройстве подземной части второй сцены Государственного академического Мариинского театра (ГАМТ) было выполнено ограждение из металлического шпунта *Arcelor AU18* длиной 21 м по периметру всего котлована и трех участков («островов») внутри строительной площадки. Проблемными факторами при строительстве стали слабые тиксотропные грунты и плотная близлежащая застройка.

При выполнении работ по устройству котлована близлежащие здания, находящиеся на расстоянии 15 метров от ограждения котлована, получили дополнительные осадки до 35 мм. Из-за расструктурирования слабых водонасыщенных тиксотропных грунтов по причине вибрационных воздействий при погружении шпунта и возможных нарушений технологий при устройстве свайного основания, возникли трещины в стенах соседних зданий с шириной раскрытия до 1,5 мм.

При проведении испытаний на опытном котловане обнаружилось, что гибкость шпунтовой стены значительно больше, чем предполагали расчеты. Горизонтальные перемещения стены котлована также превышали расчетные значения. На глубине проектной отрывки котлована (–11,5 м) инклинометрами зафиксирован интервал перемещений 95...155 мм при расчетной величине – 38 мм [4].

Для предотвращения дальнейших разрушений близлежащей постройки при дальнейшей разработке котлована на проектную отметку применялась технология «*jet-grouting*» (рис. 6.) Она заключалась в струйной цементации грунтового массива и позволила закрепить массив слабых грунтов на глубине до 14 метров с дальнейшим исключением возможных максимальных горизонтальных перемещений [5].

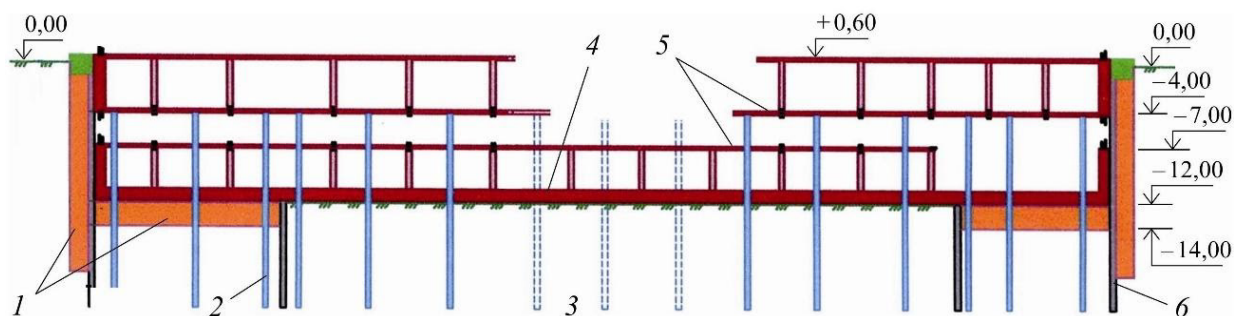


Рис. 6. Конструктивная схема разработки подземного пространства второй сцены Государственного академического Мариинского театра: 1 – вертикальные и горизонтальные грунтоцементные диафрагмы; 2 – временные буронабивные сваи; 3 – постоянные буронабивные сваи; 4 – железобетонная плита днища; 5 – железобетонные перекрытия; 6 – шпунтовое ограждение

Разработка котлованов в условиях тиксотропных грунтов чрезвычайно сложна и часто приводит к значительным деформациям ограждений, зданий и сооружений соседней застройки и даже к аварийным последствиям. Опыт производства работ при устройстве открытых котлованов в инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга показыва-

ет, что фактическое напряженно-деформированное состояние гибких ограждений в условиях тиксотропных грунтов оказывается значительно сложнее, чем получаемое при численном моделировании. Следствием недоучета реального напряженно-деформированного состояния ограждений являются деформации, значительно превышающие предельно допустимые и развитие дополнительных осадок зданий окружающей застройки.

Стоит отметить, что деформации окружающей застройки начали развиваться еще на этапе устройства ограждения котлована. Так как применялся первый метод устройства междуэтажных перекрытий, пассивное давление грунта на стенки ограждающих конструкций несущественно снижалось, также, благодаря созданию грунтоцементной диафрагмы, удалось избежать дальнейших деформаций окружающей застройки и ограждения котлована.

На основании вышеописанных объектов можно сказать, что технология струйной цементации может быть решением для снижения дальнейших деформаций окружающей застройки и ограждающих конструкций котлована. Но сама технология ведет к удорожанию строительства, поэтому необходимо разработать конструктивные решения, которые будут менее трудоемкими и затратными при строительстве подземных частей зданий в сложных инженерно-геологических условиях города Санкт-Петербург.

#### **Литература**

1. Проектирование и устройство подземных сооружений в открытых котлованах: Учеб. пособие / Р. А. Мангушев, Н. С. Никифорова, В. В. Конюшков, А. И. Осокин, Д. А. Сапин. – М., СПб.: Изд-во АСВ, 2016.

2. Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов. Руководство. М.: ГУП НИИАЦ, 2004.

3. Метод TOP-DOWN: Впервые в Санкт-Петербурге. URL: <http://www.d-c.spb.ru/archiv/40/18.html> (дата обращения: 30.03.2020).

4. *Богданов В. В., Сливец К. В.* О результатах комплексного мониторинга, проведенного на опытной площадке строительства второй сцены Государственного академического Мариинского театра. Межвуз. темат. сборник трудов «Актуальные научно-технические проблемы современной геотехники». Том 1. – СПб.: СПбГАСУ. – С. 41–48.

5. *Мангушев Р. А., Ильичев В. А.* Справочник геотехника. М.: Изд. Ассоциации строительных вузов (АСВ). 1031 с.

6. *Верстов В. В., Гайдо А. Н., Иванов Я. В.* Технологии устройства ограждений котлованов в условиях городской застройки и акваторий; СПбГАСУ. – СПб., 2014. – 368 с.

## ИСПОЛНЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННЫХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ КОНТРАКТОВ: КОНТРОЛЬ, ОРГАНИЗАЦИЯ И ОТЧЕТНОСТЬ

### EXECUTION OF STATE AND MUNICIPAL CONTRACTS: CONTROL, ORGANIZATION AND REPORTING

Рассмотрены особенности заключения государственного и муниципального контрактов в строительстве, на основе зависимости условий контракта от процедуры его заключения, показаны различные формы заключения контракта. Также оговорены сроки заключения контракта, раскрыта сущность протокола разногласий и особенности контроля за выполнением исполнения контракта. Показаны технические особенности приемки товаров и услуг по государственным и муниципальным контрактам, включая различные виды финансового обеспечения исполнения контракта. Приведены возможные причины расторжения контрактов или признания их недействительными. Все данные приведены с указанием законодательной базы по данному вопросу.

*Ключевые слова:* государственный и муниципальный контракт, протокол разногласий, обеспечение исполнения контракта, контроль за выполнением контракта, неустойки, расторжение контракта, приемка товаров и услуг, законодательная база.

The article discusses the features of concluding state and municipal contracts in construction, on the basis of the dependence of the terms of the contract on the procedure for concluding it, shows various forms of concluding a contract. The terms of conclusion of the contract are also specified, the essence of the protocol of disagreements and the features of monitoring the implementation of the contract are disclosed. The technical features of the acceptance of goods and services under state and municipal contracts, including various types of financial support for contract execution, are shown. Possible reasons for terminating the contracts or invalidating them are given. All data are given indicating the legislative framework on this issue.

*Keywords:* state and municipal contract, protocol of disagreements, enforcement of the contract, control over the execution of the contract, forfeits, termination of the contract, acceptance of goods and services, legislative framework.

Работы при выполнении государственных и муниципальных контрактов требуют особенно грамотного и аккуратного подхода к их контролю и отчетности. В данной статье подлежат рассмотрению следующие связанные с этой темой вопросы:

- Процесс заключения контракта: его основные нюансы. Способы обеспечения исполнения контракта. Ведение реестра контрактов.
- Организация исполнения контракта сторонами.
- Условия необходимые и достаточные для расторжения контракта.
- Контроль за исполнением обязательств всеми сторонами контракта.
- Результаты исполнения контракта, отчетность.

Существует множество различных видов контракта, нас же будут интересовать в первую очередь два вида контрактов: государственный или муниципальный контракт и гражданско-правовой договор (контракт). Оба они описаны в 44 Федеральном Законе. В соответствии с этим законом, «государственный или муниципальный контракт – это

договор, заключенный от имени РФ, субъекта РФ (государственный контракт), муниципального образования (муниципальный контракт) государственным или муниципальным заказчиком для обеспечения государственных нужд, муниципальных нужд» – говорится в п. 2. Ст. 3 44 ФЗ. «Гражданско-правовой договор (контракт) – это договор, заключенный бюджетным учреждением, либо иным юридическим лицом» – говорится в п. 3 ч. 1 ст.1 44 ФЗ.

Поскольку самым первым шагом любых работ в правовом поле является заключение контракта, следует обратить внимание на тот факт, что в нашем случае подготовка проекта контракта осуществляется заказчиком. Условия же будут напрямую зависеть от процедуры заключения контракта. В табл. 1 приведены условия составления проекта контракта в зависимости от процедуры его заключения в соответствии с указанным выше 44 ФЗ с указанием статьи регламентирующей данное условие.

Таблица 1

**Условия подготовки проекта для заключения контракта**

Процедура заключения контракта	Условия для подготовки проекта
Электронный аукцион	«Проект контракта составляется путем включения цены контракта, предложенной победителем, информации о товаре указанном в заявке участника в проект контракта, прилагаемый к документации о таком аукционе» – гласит ч. 2 ст. 70 44 ФЗ
Конкурс	«Контракт заключается на условиях, указанных в заявке на участие в конкурсе, поданной участником конкурса с которым заключается контракт и в конкурсной документации» – говорится в ч. 1 ст. 54 ФЗ 44
Запрос	«Проект контракта составляется путем включения в него условий исполнения контракта, предусмотренным извещением и цены, предложенной победителем» – говорится в ч 8 ст. 78 вышеуказанного закона
Запрос предложений	«Контракт заключается на условиях, предусмотренных извещением и окончательным предложением победителя запроса предложений» – говорится в ч. 17 ст. 83 ФЗ 44

Кроме различных условий подготовки проекта контракта, следует обратить внимание на формы, которые позволяют нам считать договор заключенным. Итак, договор может считаться заключенным в двух случаях. Во-первых, если между двумя или более сторонами в надлежащей для данного случая форме было достигнуто соглашение по всем существенным для договора условиям. Во-вторых, в случае если документация о торгах, извещение о запросе котировок и содержащейся в ней проект контракта, направленный заказчиком, являются офертой, а заявка, соответствующая требованиям документации и направленная участником определения поставщика – акцептом.

Тем не менее, стоит отметить, что существуют исключительные случаи, описанные законодательно, когда проект контракта подготавливается поставщиком. Все эти случаи, обусловленные единственным поставщиком, указаны в табл. 2 представленной ниже с указанием пункта и статьи 44 ФЗ.



## Случаи подготовки проекта контракта поставщиком

Пункт и статья 44-ФЗ	Случай подготовки проекта контракта поставщиком
П. 1 ч 1 ст. 93	Закупка у естественных монополистов
П. 8 ч 1 ст. 93	Услуги по водоснабжению, водоотведению, теплоснабжению, газоснабжению
П. 16 ч 1 ст. 93	Мероприятия для нужд нескольких заказчиков
П. 23 ч 1 ст. 93	Ремонт и содержание нежилых помещений, услуг по водоснабжению, теплоснабжению, газоснабжению или электроснабжению, а также все услуги, предоставляемые по охране, Кроме того, услуги, предоставляемые по вывозу бытовых отходов. Все это в случае если эти услуги оказываются другому лицу или лицам
П. 23 ч 1 ст. 93	Договоры электроснабжения или договоры связанные с продажей или куплей электроэнергии

Немаловажную роль играет также срок заключения контракта, который должен четко укладываться нормы законодательства. Оно описывает как сроки подписания контракта поставщиком, так и заказчиком и зависит напрямую от процедуры для определения поставщика. Так в случае проведения электронного аукциона на выполнение государственного или муниципального контракта договор должен быть подписан стороной поставщика в течение 5 календарных дней с момента размещения заказчиком проекта контракта в ЕИС, но не как не позднее этого срока. Об этом говорится в части 3 статьи 70 44 ФЗ. Подписание контракта заказчиком при проведении электронного аукциона для выбора поставщика должно произойти в течение 3 рабочих дней с момента размещения подписанного проекта контракта в Единой Информационной Системе, на основании 7 части той же статьи, но не ранее 10 календарных дней, с даты размещения протокола (статья 70 часть 9 44 ФЗ). В случае если поставщик определялся посредством конкурса, то подписание контракта поставщиком должно состояться на протяжении 10 календарных дней с момента размещения заказчиком проекта в Единой Информационной Системе – статья 54 ФЗ 44. Заказчик в этом случае подписывает контракт «в срок 10 календарных дней с даты получения подписанного контракта (часть 7 статья 54 ФЗ 44). Интересно заметить, что со сроками заключения контракта нельзя не только опоздать, но и поторопиться. В законе сказано, что не должно пройти 20 дней с момента размещения протокола в ЕИС, но и ранее 10 дней до этого момента контракт также заключен быть не может.

Становится понятно, что в процессе составления контракта могут возникать разногласия сторон, которые должны быть урегулированы на стадии подписания контракта. Именно этим фактом вызвано появление протокола разногласий, который регламентируется в отношении электронного аукциона. В соответствии с регламентом аукциона его победитель должен зафиксировать в описанном выше протоколе разногласий все замечания к положениям, содержащимся в проекте контракта, которые не соответствуют содержанию извещения о проведении аукциона, или любой другой документации об аукционе или собственной заявке на участие в данном аукционе. При этом следует указать все соответствующие положения перечисленных выше документов. В соответствии

с тем же регламентом, ответ на замечания должен быть получен победителем аукциона не позднее 13 дней с даты размещения в ЕИС протокола (часть 5 статьи 70 ФЗ 44). При этом сроки подписания контракта могут быть изменены в силу обстоятельств непреодолимой силы. Обстоятельства непреодолимой силы в данном случае является не просто оборотом речи, а четкой юридической формулировкой. Причем обстоятельства непреодолимой силы должны быть определены судом. Если имеются такие обстоятельства, которые были приняты судом общей юрисдикции или арбитражным судом в виде судебных актов или возникли какие-то обстоятельства непреодолимой силы, которые препятствуют подписанию данного контракта любой и эти обстоятельства были установлены в срок, который оговорен в законе, то сторона должна поставить в известность все прочие стороны контракта об этом. На уведомление сторон в этом случае по закону отводится один день.

Без сомнения, выполнение государственного контракта еще до заключения договора должно иметь под собой некое обеспечение исполнения данного контракта. Обеспечение по выполнению контракта может быть двух видов: это могут быть как денежные средства, так и банковские гарантии.

Если в качестве обеспечения исполнения контракта выступают денежные средства, они должны быть перечислены на специальный счет, открытый для обеспечения исполнения контракта и имеет ограничения по возможности снятия этих средств со счета. В этом случае также должны быть прописаны возможные и допустимые сроки возврата денежным средств.

Если в качестве обеспечения исполнения контракта выступают банковские гарантии, они должны быть внесены в специальный реестр банковских гарантий. Кроме того, должны быть определены сумма и срок банковской гарантии для обеспечения исполнения данного контракта. Особые требования в данном случае предъявляются и к самому банку, который предоставляет вышеозначенные банковские гарантии. Они должны входить в число банков гарантов, которым разрешено эти гарантии предоставлять, репутация банка в данном случае должна быть безупречна.

Все государственные или муниципальные контракты, которые в итоге были заключены должны быть занесены в специальный реестр контрактов. По постановлению правительства РФ от 28.11.2013 № 1084 должен вестись реестр подобных контрактов. В этом постановлении также прописаны правила, по которым должен вестись реестр контрактов. Ведение данного реестра контракта осуществляет Федеральное казначейство. Для этого формируются или изменяются реестровые записи, в них включаются информация и документы, которые предоставляют заказчики. Список этих заказчиков прописан в пункте 7 статьи 3 ФЗ 44. Ведение реестра осуществляется в электронном виде.

После заключения контракта необходимо организовать контроль за исполнением контракта.

Как гласит все тот же ФЗ 44: «Исполнение контракта – это комплекс мер реализуемых после заключения контракта и направленных на достижение целей осуществления закупки путем взаимодействия заказчика с поставщиком в соответствии с гражданским законодательством»

В частности, исполнение контракта предусматривает:

- приемка работы или отдельных ее этапов, предусмотренных контрактом, включая проведение экспертизы ТРУ.

- оплата заказчиком ТРУ
- при изменении или в случае расторжения контракта – применение к нарушителю мер ответственности и совершение прочих действий в случае нарушения поставщиком либо заказчиком условий подписанного контракта.

Для возможности оперативного контроля исполнения контракта необходимо иметь график исполнения контракта. Особенно актуально наличие подобного графика при выполнении работ в области строительства, поскольку данные работы традиционно являются достаточно продолжительными по времени. График исполнения контракта должен содержать в себе следующие сведения:

- сроки начала исполнения обязательств поставщиком, подрядчиком, исполнителем
- сроки начала и окончания этапов выполнения работ, поставки товара, оказания услуг
- сроки окончания исполнения обязательств сторон

Именно наличие графика исполнения контракта и своевременное его исполнение позволяет уменьшать размер обеспечения исполнения контракта уже на этапе его исполнения (часть 7 статьи 96 ФЗ 44). В свою очередь именно это позволяет использовать высвободившиеся средства для реализации других проектов и повышает оборачиваемость денег, что всегда экономически выгодно. Таким образом, в процессе исполнения контракта исполнитель в нашем случае подрядчик, имеет право предоставить заказчику обеспечение исполнения контракта, которое уменьшено на размер выполненных ранее обязательств, предусмотренных контрактом вместо ранее предоставленного обеспечения по исполнению контракта. Кроме того, может также измениться и способ обеспечения данного контракта.

Иногда уже в момент исполнения контракта возникает необходимость изменения условий его исполнения. Такая необходимость может возникнуть, например, при изменении цен (тарифов) на ТРУ, которые регулируются в соответствии с действующим законодательством РФ.

В соответствии с законодательством регулируются следующие товары/работы/услуги в соответствии со следующими постановлениями правительства:

- ПП РФ от 29.12.2011 № 1179 (ред. От 31.12.2015 № 1522) (электроэнергетика)
- ПП РФ от 31.12.2013 № 1205 (ред. 04.09.2015) (газ)
- ПП РФ от 13.05.2013 № 406 (ред. От 24.12.2015) (водоснабжение и водоотведение).

Контроль исполнения контракта не только позволяет уменьшать обеспечения по исполнению контракта. Иногда бывают противоположные случаи. В случае неисполнения пунктов контракта предусмотрены выплаты неустойки. Размер и сроки выплат прописываются в контракте. Данный пункт контракта, также регламентируется законодательно, а именно постановлением правительства №190 от 14.03.2016 года. Это же постановление регламентирует и возможные отсрочки по уплате неустойки. В некоторых случаях долг по уплате неустойки и вовсе может быть списан. Действия заказчика в данном случае напрямую зависят от суммы невыплаченной неустойки. Так если общая сумма невыплаченной неустойки составляет менее 5 % от стоимости контракта, то заказчик осуществляет списание неуплаченных сумм неустоек. При сумме невыплаченной неустойки от 5 % до 20 % от цены контракта исполнителю контракта может быть предоставлена отсрочка до 50 % до конца финансового года. А в случае уплаты 50 % от общей суммы неустойки до окончания финансового года, другая половина неустойки может быть списана с долга. Если сумма невыплаченной неустойки превышает 20 % от цены контракта, то может быть предоставлена отсрочка до конца финансового года.

Кроме того, в процессе исполнения контракта он может быть признан недействительным. Контракт может признаваться недействительным по суду, например, по требованию Контролирующего Органа в сфере закупок, в том случае если будет установлена любая личная заинтересованность со стороны: руководителя заказчика, одного или нескольких членов комиссии по осуществлению закупок, контрактного управляющего.

Что принято понимать под понятием заинтересованность? Заинтересованность – это возможность получения любого дохода, который может быть представлять собой деньги, ценности, любое имущество, в том числе имущественные права, или услуги имущественного характера, а также любая выгода для себя или третьих лиц.

Надо заметить, что контракт может быть расторгнут на любой из стадий его исполнения. Его расторжение допускается:

- по обоюдному соглашению сторон;
- по решению суда;

- в случае отказа одной из сторон контракта от исполнения предписанных контрактом обязанностей. Все эти случаи также строго регламентируются законом. По закону решение заказчика об отказе в одностороннем порядке от исполнения условий контракта вступает в силу через 10 дней с того момента как он предупредил об этом. Предупреждение должно быть сделано надлежащим способом и задокументировано. В этом случае контракт будет считаться расторгнутым. Надо заметить, что, если заказчик принял решение об расторжении контракта, но оно еще не вступило в силу и за период этих 10 дней подрядчик принял меры и устранил нарушения условий контракта, которые послужили причиной расторжения данного контракта, такое решение должно быть отменено. В этом случае заказчику должны быть компенсированы все затраты, например, на экспертизу. Это правило применимо только единожды, если нарушение выявлено повторно его не применяют.

Приемка товаров и услуг осуществляется комиссией. Для приемки создается комиссия в составе не менее 5 человек. Непосредственно приемка оформляется документ о приемке и подписывается заказчиком. При этом заказчик может отказать в приемке. В этом случае подрядчику отправляется в письменной форме мотивированный отказ от подписания документа о приемке.

Последним этапом при выполнении государственного или муниципального контракта является отчет об его исполнении. Содержание отчета регулируется также ФЗ 44. Любой отчет должен содержать в себе следующие сведения: во-первых все сведения об исполнении данного контракта (или его этапа) включая данные о соблюдении сроков как окончательных так и промежуточных, во-вторых сведения о том насколько надлежащим образом исполнен контракт (в данном разделе должны быть указаны все допущенные нарушения и санкции которые были применены к подрядчику), в-третьих любая информация об изменениях или расторжении данного контракта в процессе его исполнения.

Отчет оформляется в соответствии с 10 частью 94 статьи ФЗ 44. К этому отчету должны быть приложены заключения и/или результаты экспертиз о результатах этапов или всего контракта. Также к отчету прикладываются документ о приемке. Отчет должен быть размещён в ЕИС в течение 7 рабочих дней с момента: либо оплаты заказчиком контракта и подписания им документа о приемке, либо расторжения данного контракта.

Следует отметить что отчеты, которые содержат сведения, которые составляют государственную тайну, не размещаются в ЕИС или любых других публичных источниках [8].



Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что с самого начала, еще с момента составления проекта контракта (то есть еще до момента его заключения) и до самого его окончания муниципальные и государственные контракты, которые заключаются на выполнение, например, договоров подряда при выполнении ремонтов многоквартирных домов, очень строго регулируются российским законодательством. Поэтому и контроль качества выполнения данных договоров подряда будет строго регулироваться законом. Это в свою очередь требует грамотного юридического сопровождения на всем протяжении «жизни» договора.

### **Литература**

1. Федеральный закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 05.04.2013 № 44-ФЗ
2. Гражданский кодекс Российской Федерации (ГК РФ) от 30 ноября 1994 года № 51-ФЗ
3. Постановление Правительства РФ от 28.11.2013 № 1084 (ред. от 27.12.2019) «О порядке ведения реестра контрактов, заключенных заказчиками, и реестра контрактов, содержащего сведения, составляющие государственную тайну» (вместе с «Правилами ведения реестра контрактов, заключенных заказчиками», «Правилами ведения реестра контрактов, содержащего сведения, составляющие государственную тайну») (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2020)
4. Постановление Правительства РФ от 29.12.2011 № 1179 (ред. от 15.05.2019) «Об определении и применении гарантирующими поставщиками нерегулируемых цен на электрическую энергию (мощность)» (вместе с «Правилами определения и применения гарантирующими поставщиками нерегулируемых цен на электрическую энергию (мощность)»)
5. Постановление Правительства РФ от 31.12.2010 № 1205 (ред. от 04.09.2015) «О совершенствовании государственного регулирования цен на газ»
6. Постановление Правительства РФ от 13.05.2013 № 406 (ред. от 30.11.2019) «О государственном регулировании тарифов в сфере водоснабжения и водоотведения» (вместе с «Основами ценообразования в сфере водоснабжения и водоотведения», «Правилами регулирования тарифов в сфере водоснабжения и водоотведения», «Правилами определения размера инвестированного капитала в сфере водоснабжения и водоотведения и порядка ведения его учета», «Правилами расчета нормы доходности инвестированного капитала в сфере водоснабжения и водоотведения»)
7. Федеральный закон от 25.12.2008 г № 273 ФЗ «О противодействии коррупции».
8. Strategic priorities for development of housing construction and renovation sector. Voskresenskaya E., Vorona-Slivinskaya L., Achba L. В сборнике: E3S Web of Conferences 2019. С. 05010.

УДК 693.546.3

Юрий Иванович Тилинин,  
канд. техн. наук, доцент  
Анастасия Геннадьевна Боровикова,  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: [tilinin.yu.i@lan.spbgasu.ru](mailto:tilinin.yu.i@lan.spbgasu.ru),  
E-mail: [anastasiyab1997@yandex.ru](mailto:anastasiyab1997@yandex.ru)

Yuri Ivanovich Tilinin,  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
Anastasiya Gennadijevna Borovikova,  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: [tilinin.yu.i@lan.spbgasu.ru](mailto:tilinin.yu.i@lan.spbgasu.ru),  
E-mail: [anastasiyab1997@yandex.ru](mailto:anastasiyab1997@yandex.ru)

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОНОЛИТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ

### IMPROVING THE MONOLITHIC TECHNOLOGY FOR THE CONSTRUCTION OF APARTMENT BUILDINGS

В настоящее время при проектировании в центре Санкт-Петербурга новых жилых многоквартирных домов приоритет отдаётся монолитному домостроению, нежели чем сборному железобетонному. Монолитная технология открывает большие возможности для разнообразия объемно-планировочных решений и развития высотного строительства.

Сегодня на строительной площадке применяются как традиционный способ подачи бетонной смеси бадьями, перемещаемыми строительными кранами, так и современный способ перекачки бетонной смеси по трубопроводам при помощи бетононасосов.

Несмотря на изученность и массовость применения монолитной технологии по-прежнему актуален вопрос совершенствования подачи бетонной смеси в опалубку.

Целью данной статьи является предложение усовершенствовать подачу бетонной смеси с помощью агрегата из стационарного бетононасоса, шахтного подъемника с лифтом и распределительной стрелы, которая установлена на самоподъемную головку.

*Ключевые слова:* жилой многоквартирный дом, монолитная технология, подача бетонной смеси, бетононасос, бетоновод, распределительная стрела, шахтный подъемник, самоподъемная головка.

Currently, when designing new residential apartment buildings in the center of St. Petersburg, priority is given to monolithic housing construction rather than prefabricated reinforced concrete. Monolithic technology offers great opportunities for a variety of space-planning solutions and the development of high-rise construction.

Today, at the construction site, both the traditional method of supplying concrete mixture with tubs moved by construction cranes and the modern method of pumping concrete mixture through pipelines using concrete pumps are used. Despite the knowledge and mass application of monolithic technology, the issue of improving the supply of concrete mixture to the formwork is still relevant.

The purpose of this article is to propose to improve the supply of concrete mixture using an aggregate of a stationary concrete pump, a mine hoist with an elevator and a distribution boom, which is mounted on a self-lifting head.

*Keywords:* residential multi-apartment building, monolithic technology, concrete supply, concrete pump, concrete conduit, distribution boom, shaft hoist, self-elevating head.

Применение технологий возведения многоквартирных жилых домов в условиях городского строительства имеет свои предпосылки, связанные в первую очередь с местом строительства, характеризуемым сложившейся застройкой, наличием инженерного обеспечения, геологическими условиями и производственными мощностями строительного комплекса [1].

В жилищном строительстве Санкт-Петербурга наиболее частое применение имеют следующие домостроительные технологии: традиционная ручной кладки, крупнопанельная, монолитная и сборно-монолитная технология. Исследование технологий кирпичных доходных домов исторического центра Санкт-Петербурга выявило прочностные особенности традиционной кладочной технологии за счет характера совместной работы материала стен [2].

В странах западного мира доля монолитного домостроения превышает 55 %, а сборного железобетонного домостроения составляет от 14 до 38 % от общего объема жилищного строительства [3]. Монолитная технология возведения многоквартирных домов стала часто использоваться в России только последние 20 лет, хотя появилась в 30-е годы прошлого века. Стимулом к развитию монолитного строительства послужило повышение качества бетонных работ при появлении современной опалубки из новой ламинированной, водостойкой фанеры [4, 5].

Именно благодаря монолитному строительству имеется возможность строить жилые многоквартирные дома различной формы в плане и высокой этажности, применять монолитные технологии освоения подземного пространства, в том числе строительство подземных паркингов в жилых домах [6]. При использовании монолитных технологий для возведения несущих остовов многоквартирных домов с перекрытиями на несущих колоннах, с несущими продольными стенами, с несущими поперечными стенами актуальным остается повышение этажности зданий, что ограничивается затратами на подачу бетонной смеси в опалубку [9].

В том числе, одной из проблем монолитного домостроения является тяжелый ручной труд бетонщиков при подаче бетонной смеси бадьями, что характеризуется высокой трудоемкостью процесса. Основным направлением снижения трудоемкости монолитного строительства является совершенствование способа подачи бетонной смеси в опалубку [7]. Наиболее распространена традиционная технологическая схема подачи бетонной смеси бадьями (рис. 1, а) или при помощи стационарного бетононасоса (рис. 1, б).

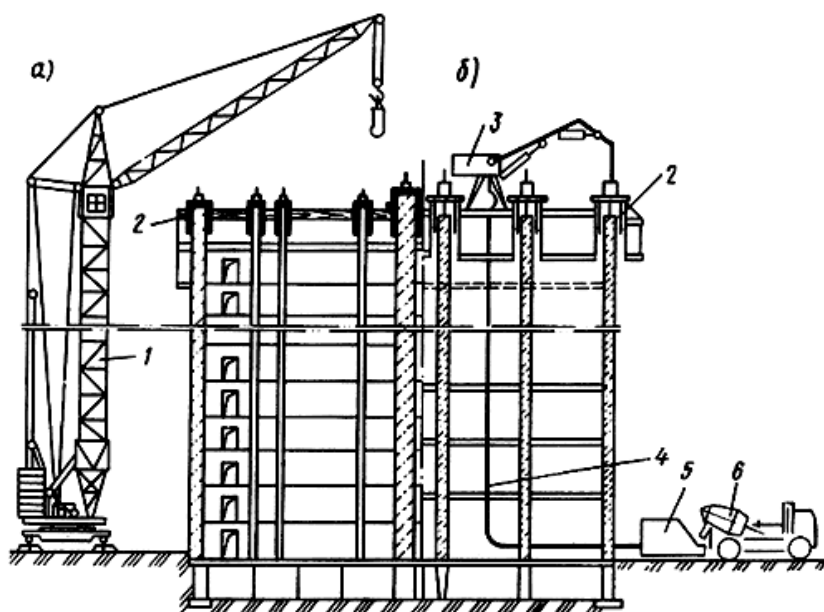


Рис. 1. Схема возведения здания в скользящей опалубке с подачей смеси на высоту  
а) башенным краном, б) бетононасосом: 1 – башенный кран; 2 – скользящая опалубка;  
3 – распределительная стрела; 4 – бетоновод; 5 – бетононасос; 6 – автобетоносмеситель [5]

Традиционный способ подачи бетонной смеси в опалубку заключается в перемещении бадьи или неповоротного бункера с бетонной смесью при помощи строительного крана. Недостатками этого способа являются: низкая интенсивность бетонирования, составляющая около 27 м<sup>3</sup> бетонной смеси в смену [7]. Для интенсификации процесса монолитного строительства применяют стационарные бетононасосы и распределительные стрелы на различных опорах.

С целью совершенствования технологического процесса подачи бетонной смеси в опалубку в работе [8] проведена экспертная оценка применения различных способов транспортирования бетонной смеси к месту укладки в процессе бетонирования. В результаты были определены области применения различных способов подачи бетона в опалубку.

Автобетононасосы эффективнее всего применять при подаче бетона до 40 м, на большую высоту лучше перекачивать смесь стационарным бетононасосом и распределять при укладке стрелой с опорой в виде рамы.

При выборе бетононасоса часто пользуются приблизительными расчетами, заключающимися в приведении всех вертикальных перемещений смеси к горизонтальному эквиваленту путем трехкратного увеличения суммы всех вертикальных участков бетонопровода и прибавления к ним длин горизонтальных бетонопроводов. Затем выбирается бетононасос с дальностью горизонтальной перекачки не ниже расчетной. По производительности бетононасос выбирают, ориентируясь на объем бетонирования, так при объеме бетонирования до 1500 м<sup>3</sup> выбирают насос с производительностью 10 м<sup>3</sup>/час, при объеме от 1600 до 4000 м<sup>3</sup> – 20 м<sup>3</sup>/час, а при объеме 10 000 м<sup>3</sup> – 40 м<sup>3</sup>/час [8].

Технология подачи бетонной смеси в опалубку при помощи строительного крана, поднимающего смесь в бадьях или неповоротных бункерах, является наиболее универсальной при возведении монолитных фундаментов и особенно надземной части жилых зданий повышенной этажности. Однако наличие холостого хода крюка крана снижает его производительность при подаче бетонной смеси на высоту более 40 м [10].

На основании проведенных ранее исследований [7, 8, 10] области применения способов подачи бетона, авторы предлагают использовать для строительства многоквартирных домов высотой 18–30 этажей бетононасос с распределительной стрелой на шахтном подъемнике, который может быть расположен внутри секции здания.

Шахтный подъемник, который традиционно используется при строительстве железобетонных труб, устанавливается в специальных проемах в междуэтажных перекрытиях (рис. 2). В нём располагаются грузовые и пассажирские лифты, что значительно упрощает вертикальную транспортировку рабочих и малогабаритных грузов в строящемся объекте.

Таким образом, мы видим, что монолитное домостроение стало наиболее распространенным видом возведения жилых зданий особенно в застроенной части города. Но в ходе проведенного исследования авторами было установлено, что традиционные способы подачи бетонной смеси в опалубку для высотного строительства малоэффективны. Что наводит на мысль создания новой технологии, например, предложенной в этой статье – шахтного подъемника с самоподъемной головкой и распределительной стрелой. В перспективе было бы интересно изучить данный метод совершенствования монолитного домостроения более подробно и увидеть его применение на деле.



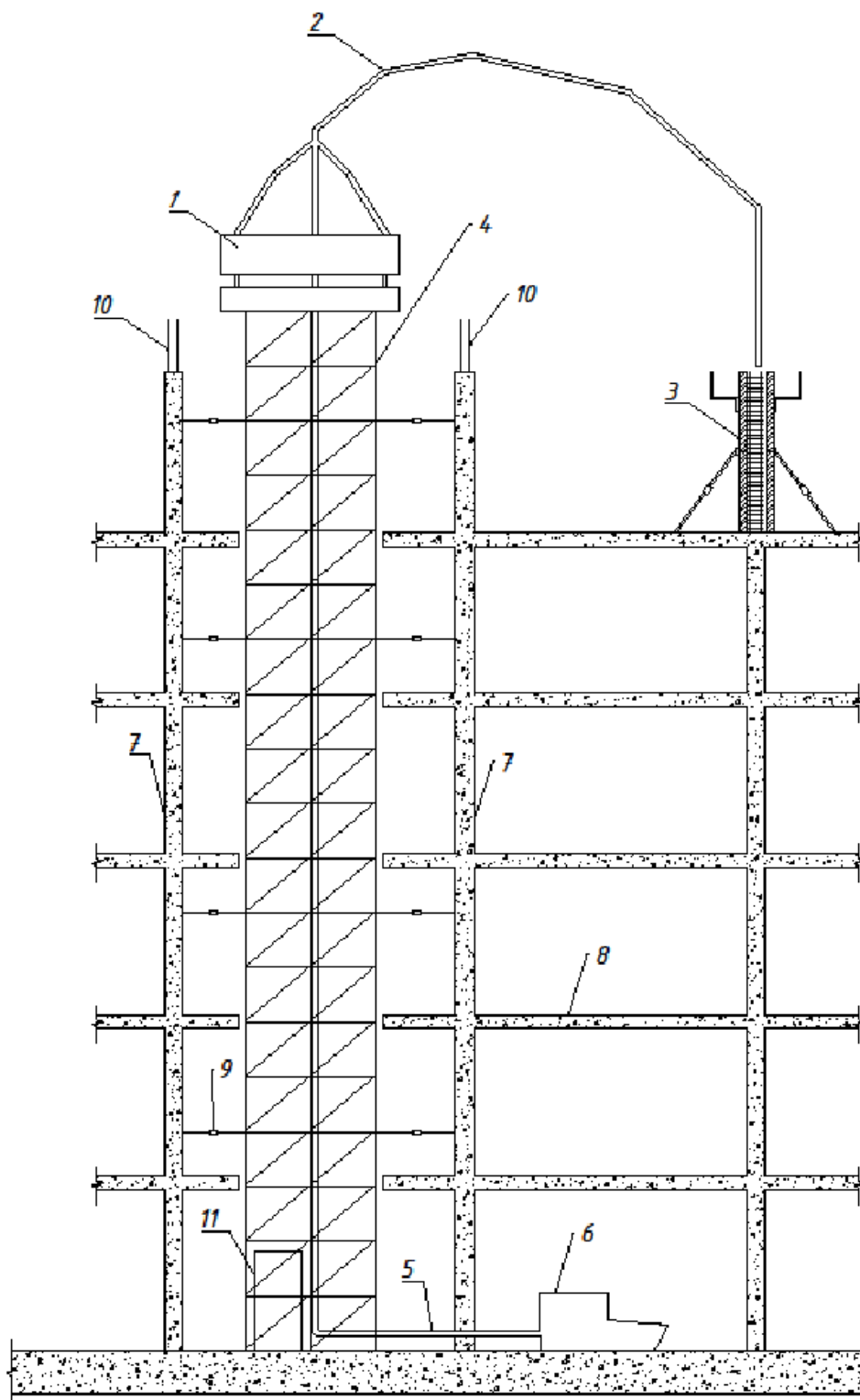


Рис. 2. Шахтный подъемник с самоподъемной головкой и распределительной стрелой при возведении монолитного высотного здания: 1 – самоподъемная головка; 2 – распределительная стрела; 3 – сборно-разборная щитовая опалубка стен; 4 – собираемый из трубчатых элементов многоклеточный шахтный подъемник; 5 – бетоновоз; 6 – бетононасос; 7 – железобетонная монолитная стена; 8 – железобетонное монолитное перекрытие; 9 – натяжная муфта центrovочного троса; 10 – стержни вертикальной арматуры стен; 11 – лифт для подъема людей и грузов

## Литература

1. Рыбнов Е. И., Егоров А. Н., Хайдуцкий З., Гдимиян Н. Г. Организация и планирование работы производственных структур при крупномасштабном жилищном строительстве // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 3 (68). С. 98-102.
2. Головина С. Г., Сокол Ю. В. К вопросу исследования совместной работы строительных материалов в наружных ограждающих конструкциях в бывших доходных домах исторического центра Санкт-Петербурга // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 3 (68). С. 112-117.
3. Юдина А. Ф., Евтюков С. А., Тилинин Ю. И. Развитие технологий жилищного строительства в Санкт-Петербурге // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 1 (72). С. 110-119.
4. Дьячкова О. Н., Тилинин Ю. И., Ратушин В. А. Рациональное применение домостроительных технологий // Жилищное строительство. 2020. № 1–2. С. 11–15. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-1-2-11-15>
5. Юдина А. Ф., Тилинин Ю. И. Выбор критериев сравнительной оценки технологий жилищного домостроения // «Architecture and Engineering» (ISSN: 2500-0055) 2019. № 1. СПб.: СПбГАСУ, 2019.
6. Гайдо А. Н., Верстов В. В., Иванов Я. В. Технологии устройства ограждений котлованов в условиях городской застройки и акваторий. СПб.: СПбГАСУ, 2014. 368 с.
7. Евтюков С. А., Тилинин Ю. И., Щербаков А. П. К вопросу автоматизации процессов монолитного домостроения с учетом исследования статей в строительной робототехнике // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 3 (74). С. 60–64.
8. Тилинин Ю. И., Летова Т. А. Совершенствование технологических процессов бетонирования и армирования монолитных конструкций // Коллоквиум-журнал № 25 (49), 2019 Часть 2 (Варшава, Польша), С. 61-65.
9. Ворона-Сливинская Л. Г., Макаридзе Г. Д. Анализ конструктивных и технологических особенностей применения несъемной опалубки для устройства монолитных перекрытий объектов малоэтажного строительства. Перспективы науки. 2019. № 10 (121). С. 141–144.
10. Тилинин Ю. И., Огурцов Н. А., Тимощук С. А. Современные технологии монолитного домостроения с использованием электропрогрева бетона в зимних условиях // Коллоквиум-журнал № 23 (47), 2019 Часть 2 (Варшава, Польша), С. 66–69.

УДК 624.016, 693.955, 691.714

*Юрий Иванович Тилинин,*

канд. техн. наук, доцент

*Александр Павлович Щербakov,* ассистент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: tilsp@inbox.ru,*

*shurbakov.aleksandr@yandex.ru*

*Yury Ivanovich Tilinin,*

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

*Aleksandr Pavlovich Scherbakov,* assistant

(Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: tilsp@inbox.ru,*

*shurbakov.aleksandr@yandex.ru*

## МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ МОНОЛИТНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ С УЧЕТОМ ПРОБЛЕМ СТРОИТЕЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

### MECHANIZATION AND AUTOMATION OF MONOLITHIC HOUSING CONSTRUCTION TO MEET THE CHALLENGES OF BUILDING ROBOTICS

Современное строительство характеризуется растущей долей работ, выполняемых с применением комплексной механизации с элементами автоматизации. Комплексно-механизированные процессы строительства подчинены интенсивности подачи строительных материалов на рабочие места и развиваются за счет внедрения новых строительных кранов, подъемников, бетононасосов и другой строительной техники.

С увеличением высоты подъема грузов кранами растет этажность жилых домов и как следствие снижаются удельные затраты на подготовку территории к строительству, но повышаются затраты времени на вертикальный транспорт. В связи с этим большое значение имеет развитие процессов автоматизированной подачи материалов, особенно в монолитном домостроении.

*Ключевые слова:* строительный кран, бетононасос, автоматизация, комплексная механизация, монолитное домостроение, робототехника, конструкционная сталь, распределительная стрела.

Modern construction is characterized by a growing share of work carried out using complex mechanization with automation elements. Complex mechanized construction processes are subordinate to the intensity of supply of building materials to workplaces and are developed through the introduction of new construction cranes, hoists, concrete pumps and other construction equipment.

With an increase in the lifting height of cranes, the number of storeys of residential buildings increases and, as a result, the unit costs for preparing the territory for construction decrease, but the time spent on vertical transport increases. In this regard, the development of automated material supply processes, especially in monolithic housing construction, is of great importance.

*Keywords:* construction crane, concrete pump, automation, complex mechanization, monolithic house-building, robotics, structural steel, distribution boom

В жилищном строительстве Санкт-Петербурга наиболее часто используют следующие домостроительные технологии: традиционная кладочная, крупнопанельная, монолитная и сборно-монолитная технология. Выбор технологии домостроения определяется местом строительства, окружающей застройкой, геологическими условиями, производственными мощностями и инженерным обеспечением строительного комплекса [1].

Современные технологии кладки используют многолетний технологический опыт кирпичной кладки в сочетании с подбором новых материалов из пористых бетонов и пустотных керамических камней.

Прочностные особенности традиционной кладочной технологии достигаются за счет характера совместной работы материала стен [2].

Крупнопанельные здания возводят из сборных железобетонных элементов: бригада строителей с помощью монтажного крана монтирует вентиляционные и лифтовые шахты, санитарно-технические кабины и стеновые панели, которые привозят на строительную площадку с домостроительного комбината [3].

В 1992 году ДСК-2 был реорганизован в ДСК «БЛОК». Он выпускает конструкции 137-й серии, оснащенной грузовым и пассажирским лифтами. В период 2006–2012 гг. на комбинате была проведена модернизация производства. В 2011 году к ЗАО «Домостроительный комбинат «Блок» было присоединено ОАО «Гатчинский ДСК», который с 1973 по 2005 годы выпускал 121 серию сборного панельного 17-этажного железобетонного дома с однокомнатными, двухкомнатными и трехкомнатными квартирами. Высота жилых помещений 2,7 м, площадь кухонь 12 м<sup>2</sup>. В 2002 году ЗАО «ДСК «Блок» вошло в состав группы компаний «ЛСР» [4].

Широкое распространение монолитные технологии домостроительства получили благодаря автоматизации и механизации производства. Так, закупка строительными организациями автобетоносмесителей позволила решить проблему доставки бетонной смеси на объекты, находящиеся далеко от бетоносмесительных заводов. Применение бетононасосов позволило механизировать подачу бетонной смеси в опалубку.

Так же, как и полносборная технология строительства, для монолитной технологии необходим монтажный кран, например, поворотный башенный кран на рельсовом ходу КБ–503 грузоподъемностью 9 т с максимальным вылетом стрелы 31 м, высотой подъема 67,5 м. С помощью подобного крана производится установка щитов опалубки, подачи в рабочую зону строительной арматуры [5].

Мощные строительные краны, например, автомобильный кран *GROVE GMK 4100L* с грузоподъемностью 100 тонн и высотой подъема стрелы 60 м, позволяют проводить такие работы, как опускание строительной техники в котлован, монтаж строительных кранов и тяжелого технологического оборудования. Таким образом, появилась возможность строительства глубоких котлованов [6].

Башенный кран *Liebherr High Top 280 EC-H 12 Litronic*, устанавливаемый на анкеры, с высотой подъема стрелы 52,7 м и максимальным вылетом 75 м, позволяет удерживать на этом вылете груз массой 2,5 т. На вылете 21 м этот кран может поднять груз в 12 т, а на вылете 43 м – 5 т. Возведение жилых зданий высотой 23 и более этажей на слабых грунтах Санкт-Петербурга стало возможным благодаря применению современного грейферного оборудования и буровых установок [7].

Еще в конце 1960-х гг. были разработаны конструкции безбалочного перекрытия, не имеющего капители, а позже появились модифицированные варианты систем сборно-монолитного безригельного каркаса КУБ 2,5, КУБ-3V.

В работах [3, 4] Юдиной А. Ф., Евтюковым С. А., Тилининым Ю. И. была проведена экспертная оценка указанных выше домостроительных технологий и сделан вывод о том, что технология монолитного домостроения является наиболее универсальной в городских условиях. В качестве перспективного направления развития указанной технологии можно выделить автоматизацию процессов армирования и бетонирования конструкций монолитного здания, возводимого в скользящей опалубке из самоуплотняющегося бетона [10].



**Скользящая опалубка** применяется при возведении монолитных железобетонных конструкций, зданий и сооружений высотой более 40 м, при толщине конструкций не менее 12 см и постоянном по высоте сечении (рис. 1).

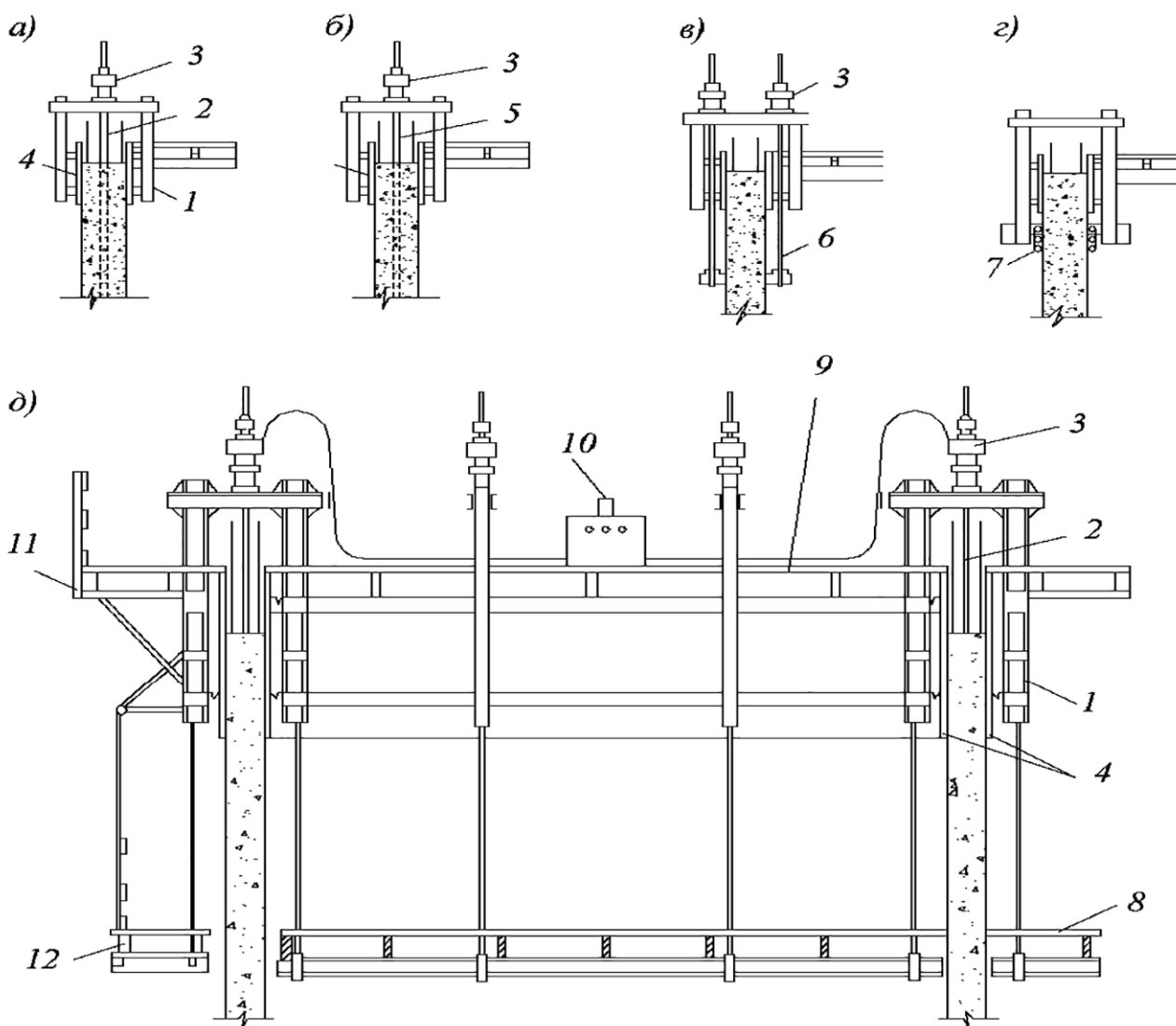


Рис. 1. Скользящая опалубка: а – с несъемными домкратными стержнями; б – со съемными домкратными стержнями; в – с домкратными стержнями вне конструкции; г – со специальным механизмом подъема; д – общий вид опалубки; 1 – домкратная рама; 2 – домкратный стержень несъемный; 3 – домкрат; 4 – щит опалубки; 5 – домкратный стержень съемный; 6 – домкратный стержень вне конструкции; 7 – специальный механизм подъема; 8, 12 – внутренние и наружные навесные подмости; 9 – рабочий настил; 10 – насосная станция; 11 – защитный козырек

Преимущества скользящей опалубки с точки зрения автоматизации процесса монолитного домостроения заключается в отсутствии опалубочных работ, в сравнении с использованием сборно-щитовой опалубки.

Бетоновод распределительной стрелы соединяется с бетоноводом вертикальной опоры стрелы.

На рис. 2 приведены несколько наиболее распространенных типов опор распределительных стрел.

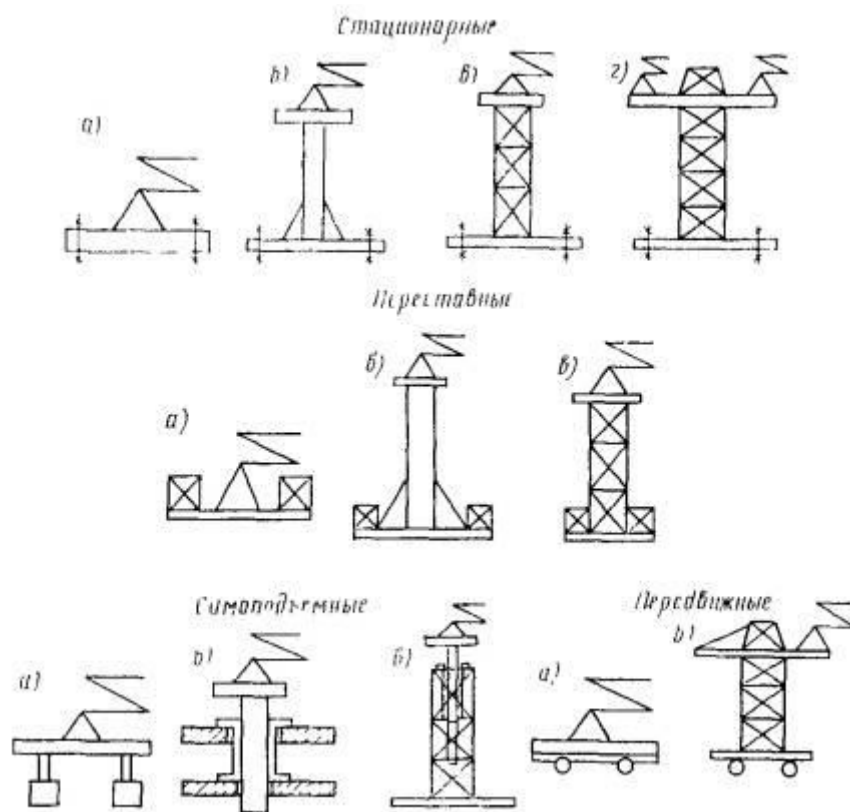


Рис. 2. Основные типы опор автономных распределительных стрел:  
*а* – на рамной опоре, *б* – на трубчатой колонне, *в* – на башенной опоре;  
*г* – на башенно-стреловой одно- или двухконсольной установке

Особый интерес для автоматизации бетонирования представляет, по мнению авторов, самоподъемная трубчатая опора, собираемая из звеньев длиной 4 м, 6 м, 10 м, которая применяется немецкой фирмой «SCHWING» (рис. 3).

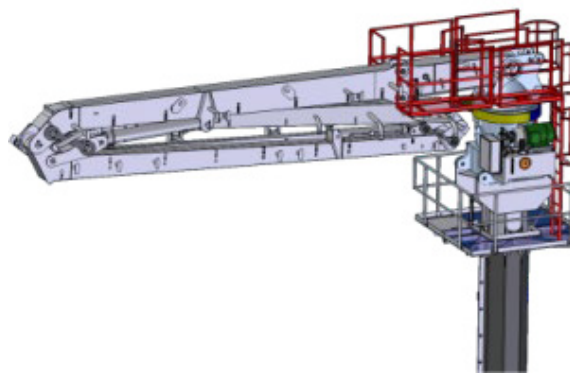


Рис. 3. Самоподъемная трубчатая опора распределительной стрелы

Трубчатая опора в нижней части крепится к крестовине, на которую укладываются специальные бетонные блоки в качестве утяжеляющегося груза (рис. 4).

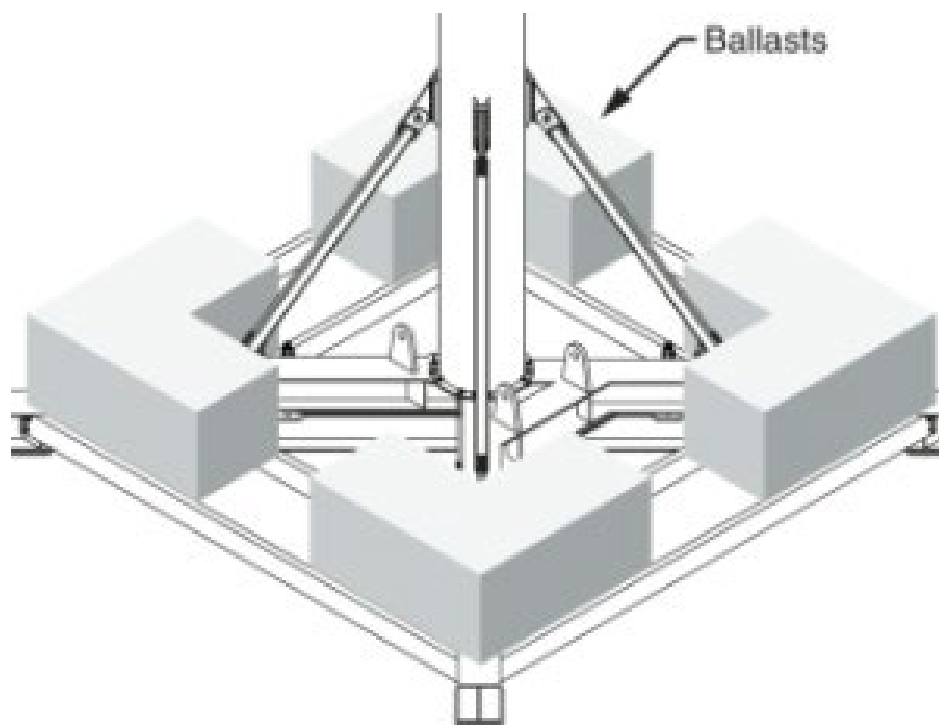


Рис. 4. Крепление в нижней части самоподъемной трубчатой опоры распределительной стрелы к опорной крестовине

Самоподъемная трубчатая опора проходит через технологический проем и крепится в проеме к перекрытию (рис. 5).

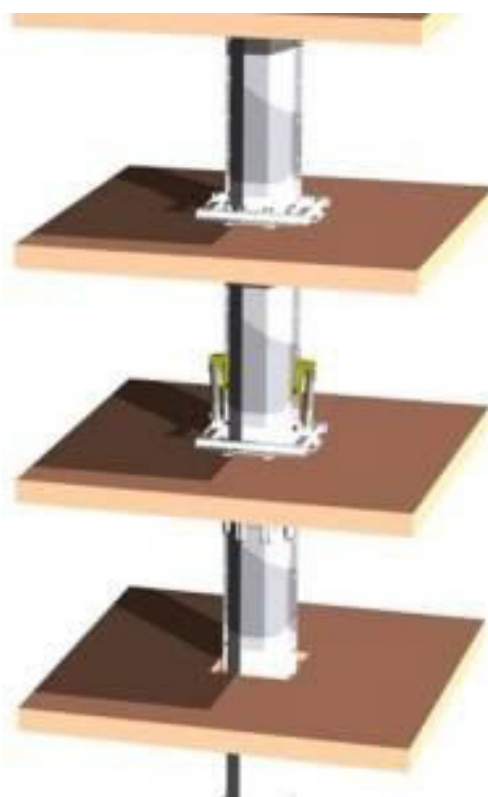


Рис. 5. Крепление самоподъемной трубчатой опоры распределительной стрелы в технологических проемах перекрытий (размер проема 1045 × 1045 мм)

Роботизированные строительные машины-манипуляторы широко применяются для автоматизации технологических процессов строительства [10].

На стадии нулевого цикла широко используются стационарные бетононасосы и распределительные стрелы (рис. 6), а также передвижные бетононасосы, размещаемые на автомобиле, оборудованном распределительными складывающимися стрелами с бетоноводами (рис. 7).



Рис. 6. Распределительная стрела на трубчатой опоре

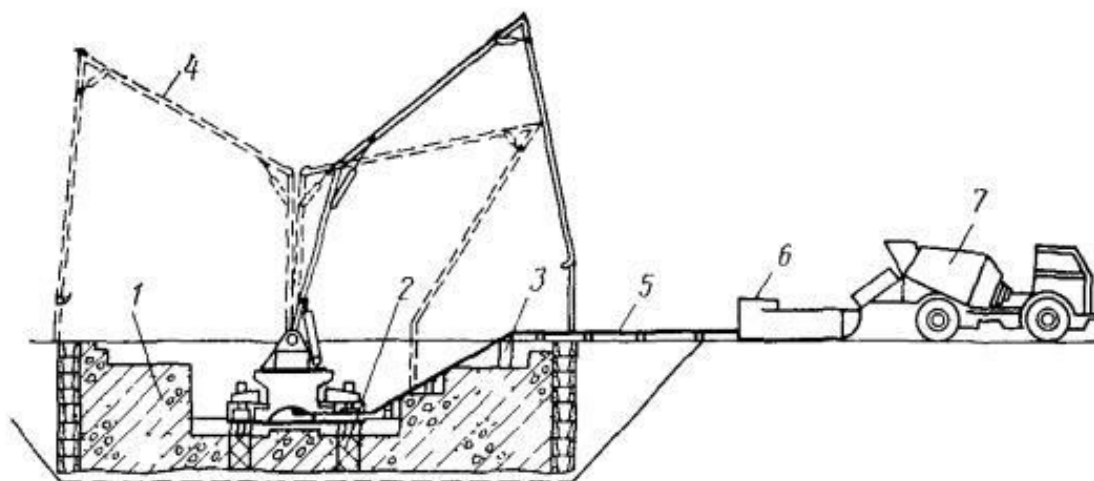


Рис. 7. Монтаж монолитных конструкций нулевого цикла с применением бетононасоса и распределительной стрелы вылетом 25 м:

- 1 – массивный железобетонный фундамент; 2 – опорное устройство;
- 3 – опорные стойки для бетоновода; 4 – стрела; 5 – бетоновод;
- 6 – бетононасос; 7 – автобетоносмеситель



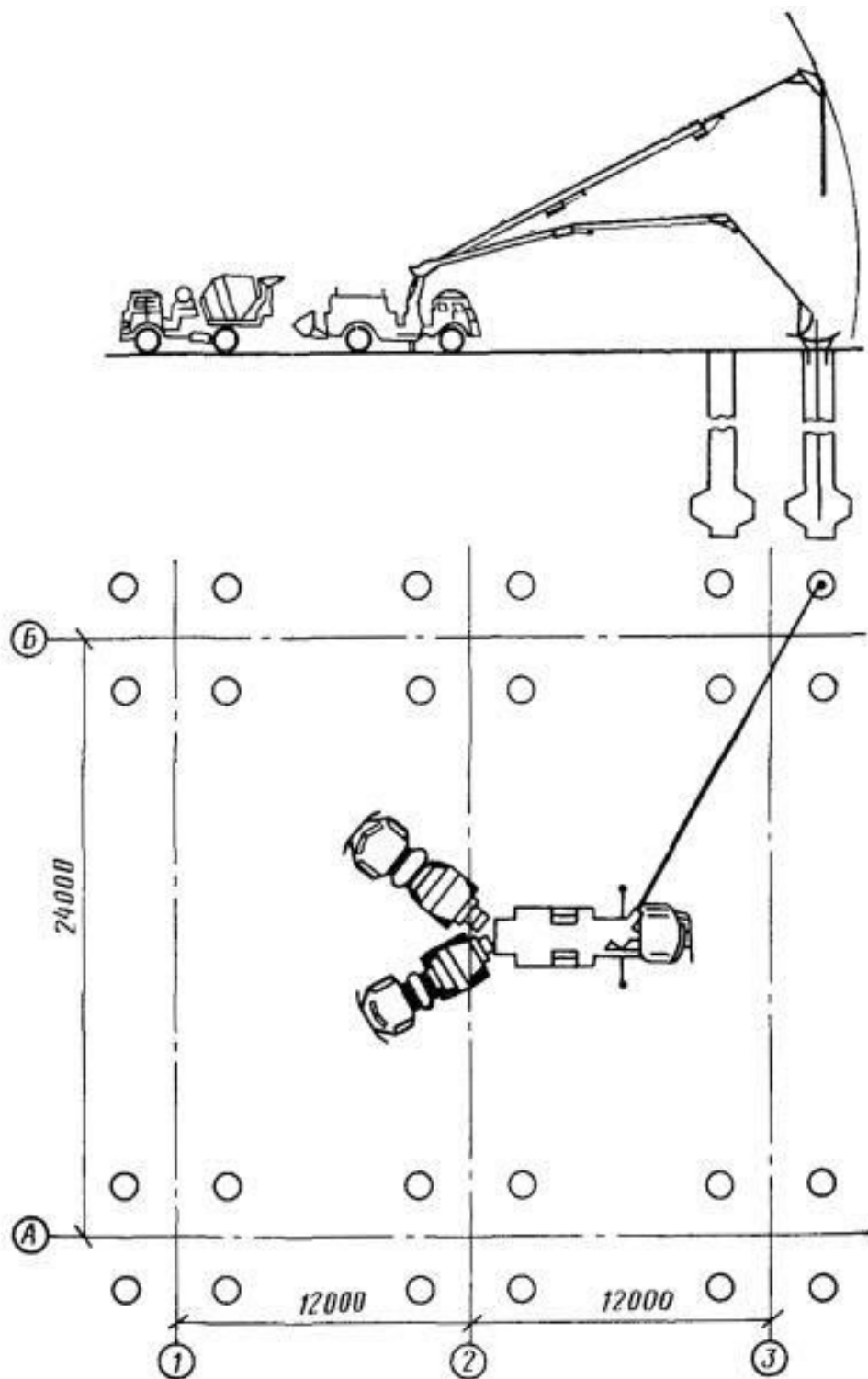


Рис. 7. Схема бетонирования буронабивных свай напорным методом с применением автобетононасоса

Бетонную смесь подают манипулятором на основе башенного строительного крана (рис. 7).

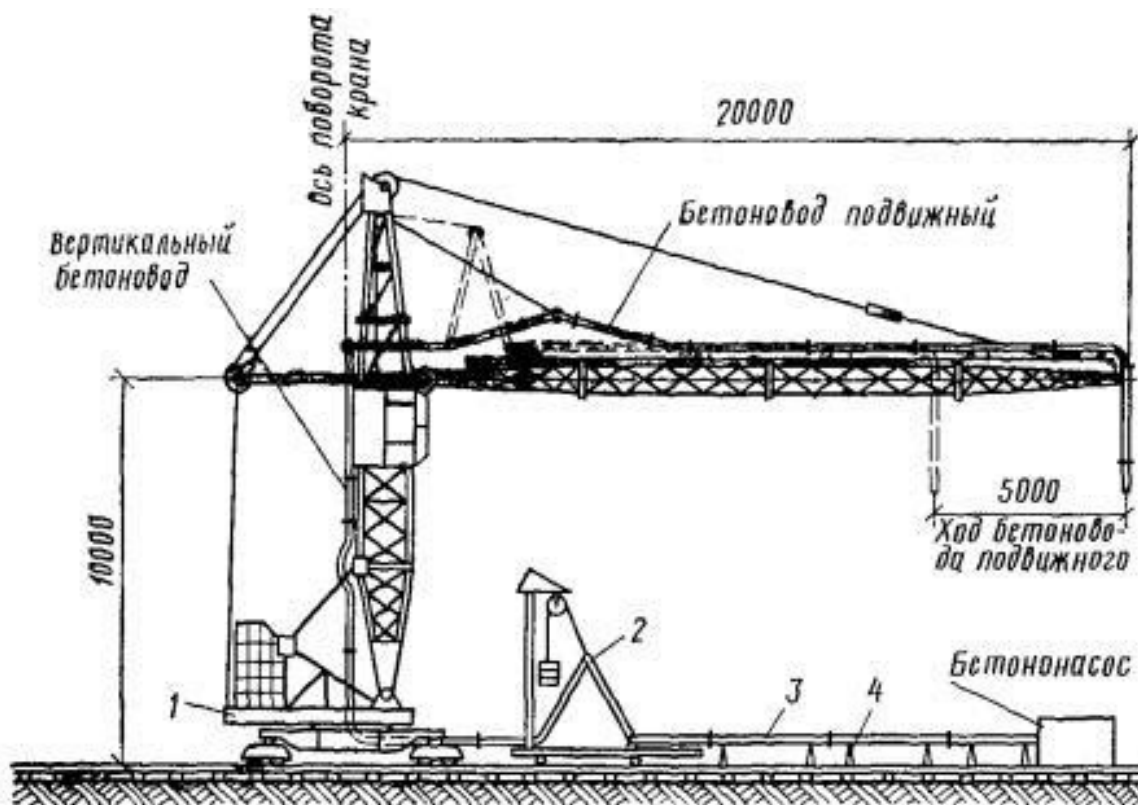


Рис. 8. Распределительная стрела на базе крана КБ-100:  
 1 – крановая установка; 2 – компенсационное устройство;  
 3 – магистральный бетоновод; 4 – регулируемая опора

Башенный манипулятор также должен осуществлять подъем арматуры и других элементов общим весом до 2 т.

При эксплуатации автоматизированных стрел-манипуляторов возникает серьезная проблема – быстрый выход из строя элементов их конструкций по причине износа. Особенно это касается сварных соединений [15].

Как известно, сталь – это железоуглеродистый сплав, который содержит до 2 % углерода, а также примеси, например, марганец и кремний. В состав легированных сталей могут входить хром, никель, молибден, вольфрам, ванадий и др. Чем больше углерода в стали, тем выше прочностные свойства стали. С понижением концентрации углерода возрастает пластичность и вязкость.

Для снятия остаточных напряжений и придания стали необходимого по условиям эксплуатации комплекса свойств после закалки сталей проводят отпуск. В процессе отпуска сталь становится более вязкой и менее твердой.

Существует ещё одна операция, называемая отжигом. Её применяют в тех случаях, когда стальную заготовку требуется обработать режущим инструментом. Сталь нагревают до температуры 850...900 °С и затем медленно охлаждают. После этого сталь разупрочняется и хорошо поддается механической обработке.

Для исследований были выбраны малоуглеродистые стали Ст3, 08пс, 10, 20, 30 и низколегированные 09Г2С и 10ХСНД [11-14], широко применяемые в строительстве и других отраслях промышленности. Их химический состав приведен в табл. 1.

## Химический состав малоуглеродистых сталей

Марка стали	Химический состав, %							
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
Ст3	0,14–0,22	0,15–0,30	0,40–0,65	0,050–0,045	0,040–0,035	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30
08пс	0,05–0,12	0,17–0,37	0,35–0,65	≤ 0,040	≤ 0,035	≤ 0,10	≤ 0,30	≤ 0,30
10	0,08	0,09	0,45	0,02	0,014	0,03	0,02	0,04
20	0,17–0,24	0,17–0,37	0,35–0,65	≤ 0,040	≤ 0,030	≤ 0,25	≤ 0,30	≤ 0,30
30	0,27–0,35	0,17–0,37	0,50–0,80	≤ 0,040	≤ 0,035	≤ 0,25	≤ 0,30	≤ 0,30
09Г2С	0,11	0,68	1,33	0,008	0,015	0,03	0,02	0,03
10ХСНД	0,10	0,64	0,56	0,006	0,013	0,65	0,53	0,44

Исследуемые стали имели различную исходную структуру. Часть образцов находилась в состоянии поставки, другие образцы подвергали отжигу, нормализации, закалке с отпуском. На третьей серии образцов проводили термоциклическую обработку (ТЦО) после отжига и нормализации, а также ТЦО на зернистый перлит. Режимы термической и термоциклической обработки приведены в табл. 2.

Таблица 2

## Режимы термической и термоциклической обработки стали

Марка стали	Отжиг, °С	Нормализация, °С	Закалка + отпуск, °С	Отжиг + ТЦО, °С		Нормализация + ТЦО, °С		Обработка на зернистый перлит (нормализация + ТЦО), °С	
				3 цикла	6 циклов	3 цикла	6 циклов	3 цикла	6 циклов
Ст3	900	900	–	780	780	780	780	–	–
08пс	900	900	–	780	780	780	780	–	–
10	920	920	–	780	780	780	780	–	–
20	900	900	880 + 600	780	780	780	780	–	–
30	880	880	880 + 600	780	780	780	780	Нормализация + 780 °С, охлаждение до 630 °С на воздухе + вода	
09Г2С	900	900	–	780	780	780	780	–	–
10ХСНД	900	900	–	780	780	780	780	–	–

Обработку на зернистый перлит проводили на стали 30 по следующему режиму: после нормализации выполняли ТЦО при 780 °С в количестве 3 и 6 циклов, далее сталь охлаждали на воздухе до 630 °С и затем в воде. В последних циклах охлаждение проводили на воздухе.

Как было показано в работе [14], термоциклирование приводит к формированию сверхмелкозернистой структуры, которую нельзя получить при обычной термической обработке. Отжиг на зернистый перлит с применением ТЦО привел к измельчению структуры и сфероидизации цементитных частиц [16].

Сфероидизирующая обработка сталей 30, 40, 45 и 60 с термоциклированием привела к существенному повышению механических свойств: предела текучести на 6...15 %, пластичности на 10...25 % и ударной вязкости на 70...110 % по сравнению с нормализованным состоянием.

Отличие легированных сталей от углеродистых состоит в меньшей диффузионной подвижности атомов углерода. Однако к низколегированным сталям с суммарным количеством легирующих элементов не более 5 % можно применять те же режимы термоциклической обработки, что и к углеродистым. При этом отмечается существенное повышение механических свойств [16]. В низколегированной стали 20X после ТЦО было зафиксировано повышение прочностных свойств на 20...35 %, а ударной вязкости – вдвое по сравнению с изотермической обработкой.

Термоциклическую обработку следует применять для повышения прочности конструкционных сталей в сварных соединениях металлоконструкций. Если провести ТЦО и измельчить зерно в заготовках до сварки, то в сварном шве будет сформирована более мелкая литая структура с меньшей структурной неоднородностью, что позволит увеличить равнопрочность зон сварных соединений [16].

Для обеспечения одинаковых условий при изготовлении сварных образцов было разработано и изготовлено специальное приспособление. В дальнейшем на идентичных сварных образцах из сталей с различной исходной структурой будут проведены исследования структуры, механических свойств и выполнены коррозионные испытания.

## **Выводы**

1. Разработка автоматизированных башенных манипуляторов с поворотной распределительной стрелой даст возможность усовершенствовать технологический процесс подачи и укладки бетонной смеси в опалубку.

2. Необходимо повысить стойкость сварных соединения автоматизированных манипуляторов к износу и коррозии.

3. Для увеличения работоспособности сварных соединений автоматизированных манипуляторов могут быть применены малоуглеродистые стали Ст3, 08пс, 10, 20, 30 и низколегированные стали 09Г2С и 10ХСНД после термической и термоциклической обработки.

## **Литература**

1. Рыбнов Е. И., Егоров А. Н., Хайдуцкий З., Гдмидян Н. Г. Организация и планирование работы производственных структур при крупномасштабном жилищном строительстве // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 3 (68). С. 98–102

2. Головина С. Г., Сокол Ю. В. К вопросу исследования совместной работы строительных материалов в наружных ограждающих конструкциях в бывших доходных домах исторического центра Санкт-Петербурга // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 3 (68). С. 112–117.

3. Юдина А. Ф., Евтюков С. А., Тилинин Ю. И. Развитие технологий жилищного строительства в Санкт-Петербурге // Вестник гражданских инженеров. – 2019 – № 1 (72). – С. 110–119.

4. Юдина А. Ф. Тилинин Ю. И. Выбор критериев сравнительной оценки технологий жилищного домостроения // Architecture and Engineering (ISSN: 2500-0055). – 2019 – № 1. – С. 47–52.



5. *Гайдо А. Н.* Технологии устройства ограждений котлованов в условиях городской застройки и акваторий / А. Н. Гайдо, В. В. Верстов, Я. В. Иванов. – СПб.: СПбГАСУ, 2014. – 368 с.
6. *Верстов В. В.* Технология и комплексная механизация шпунтовых и свайных работ / Верстов В. В., Гайдо А. Н., Иванов Я. В. СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 288 с.
7. Руководство по укладке бетонных смесей бетононасосными установками // Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт организации, механизации и технической помощи строительству. Народное предприятие строительного-монтажного комбината «ОСТ» ГДР). М.: Стройиздат, 1978. – 144 с.
8. *Анпилов С. М.* Технология возведения зданий и сооружений из монолитного железобетона. М.: Ассоциация строительных вузов. 2010. – 576 с.
9. *Васьковский А. М.* Строительные роботы: реальность и перспективы // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2012. № 2. С. 79-83.
10. *Гордиенко В. Е.* Магнитный контроль и расчет МК с учетом структурной неоднородности сварных соединений и коррозионных повреждений: монография. СПб.: СПбГАСУ, 2008. – 114 с.
11. *Федюкин В. К.* Термоциклическая обработка металлов и деталей машин / В. К. Федюкин, М. Е. Смагоринский. Л.: [Машиностроение], 1989. – 255 с.
12. *Баранов А. А.* Фазовые превращения и термоциклирование металлов. Киев: Наукова думка, 1974. – 230 с.
13. *Гордиенко В. Е., Иванов И. А., Абросимова А. А., Щербаков А. П.* К вопросу влияния исходного состояния сварных заготовок на структуру и свойства сварных соединений // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 4 (69). С. 150–155.
14. *Евтюков С. А., Тилинин Ю. И., Щербаков А. П.* К вопросу автоматизации процессов монолитного домостроения с учетом исследования конструкционных сталей в строительной робототехнике // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 3 (74). С. 72–79.
15. *Ворона-Сливинская Л. Г., Макаридзе Г. Д.* Анализ конструктивных и технологических особенностей применения несъемной опалубки для устройства монолитных перекрытий объектов малоэтажного строительства. Перспективы науки. 2019. № 10 (121). С. 141–144.
16. *Гордиенко В. Е., Абросимова А. А., Трунова Е. В., Щербаков А. П.* К выбору конструкционных сталей для изготовления сварных металлических конструкций строительных машин // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 6 (65). С. 233–238.

## УДК 69.04

*Лада Владиславовна Толубаева*, магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*Гончарова Анна Сергеевна*, магистрант  
(Воронежский государственный  
технический университет)

*E-mail: ladatolubaeva2@gmail.com,*  
*goncharova.a.s.2332@gmail.com*

*Lada Vladislavovna Tolubaeva*, undergraduate  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*Goncharova Anna Sergeevna*, undergraduate  
(Voronezh State  
Technical University)

*E-mail: ladatolubaeva2@gmail.com,*  
*goncharova.a.s.2332@gmail.com*

# ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИНЪЕЦИРОВАНИЯ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

## TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF SOLUTIONS BASED ON VARIOUS MATERIALS FOR INJECTION OF BRICK MASONRY TO INCREASE ITS STRENGTH

Статья посвящена комплексному исследованию современных видов растворов используемых для производства ремонтно-восстановительных работ кирпичной кладки с трещинами и пустотами методом инъектирования. Проанализировав важные свойства составов, выявлены их основные прочностные характеристики, а также произведен сравнительный анализ по данным показателям, в ходе которого выявлен наиболее эффективный материал.

*Ключевые слова:* раствор, кирпичная кладка, инъектирование, трещина, конструкция.

The article is devoted to a comprehensive study of modern types of mortars used for the repair and restoration of masonry with cracks and voids by injection. After analyzing the important properties of the compositions, their basic strength characteristics were identified, and a comparative analysis was performed according to these indicators, during which the most effective material was identified.

*Keywords:* solution, brick masonry, injection, crack, construction.

Любые здания и сооружения в процессе эксплуатации подвергаются негативному воздействию множества факторов. Даже если не учитывать затопления, пожары и прочие проблемы, которые люди сами себе создают, то все равно остаются моменты, на которые человек повлиять не может. Главным разрушителем является природа. Дожди, колебания земной поверхности, перепады температур весной и осенью, так же вибрация от постоянного движения транспортных потоков, сверление и штробление стен. В следствие этого в кирпичной кладке появляются пустоты и трещины, в них скапливается влага и разрушения только усугубляются.

Еще совсем недавно для ремонта необходимо было решить сложную задачу, которая подразумевала полное удаление поврежденного участка и отстройки его заново. Понятно, что при подобной методике часто возникали серьезные сложности, особенно если дело касалось кирпичной кладки. На сегодняшний день проблема ремонта практически решена: инъектирование кирпичной кладки позволяет убрать трещины и пустоты и при этом укрепить саму строительную конструкцию. При этом нет необходимости разбирать стену, достаточно ввести рабочие вещества, которые сами заполняют все доступные для попадания влаги полости.

Для начала кратко коснемся технологии инъектирования [4,5]: перед производством работ кирпичную кладку необходимо отчистить от загрязнений: пыли/сажистых наслоений/остатков отделочных материалов. После чего обязательно увлажняем кладку водой, это улучшает адгезию инъекционного состава к поверхности и повышает эффективность всего процесса.

Фактический расход материала зависит от толщины стены/наличия пустот в полости клаки/впитывающей способности основания и определяется в каждом конкретном случае опытным инъектированием. Основные отверстия рекомендуется располагать в крупных трещинах (с наибольшей шириной раскрытия) или в пустых швах, в шахматном порядке. В мелких трещинах, которые не соединяются с крупными, можно располагать резервные отверстия, они будут использоваться в случае, если через них не будет выходить раствор при подаче через основные. Диаметр шпуров варьируется от 10 до 25 мм, глубина от 300 до 1000 мм.

После подготовки поверхности и расчете необходимого количества шпуров, в них устанавливаются инъекционные трубки для более равномерного стекания инъекционного состава в шпур. Заключительным этапом считается нагнетание при помощи специального насоса раствора в трещины через подготовленные шпуров с пакерами.

Давление в насосе не должно превышать 8 Атм, в процессе работы запрещено резко его повышать. Нельзя допустить избыточного давления попадания материала в строительную конструкцию. Инъектирование происходит непрерывно до тех пор, пока в соседних шпурах или трещинах раствора, либо до увеличения давления в насосе.

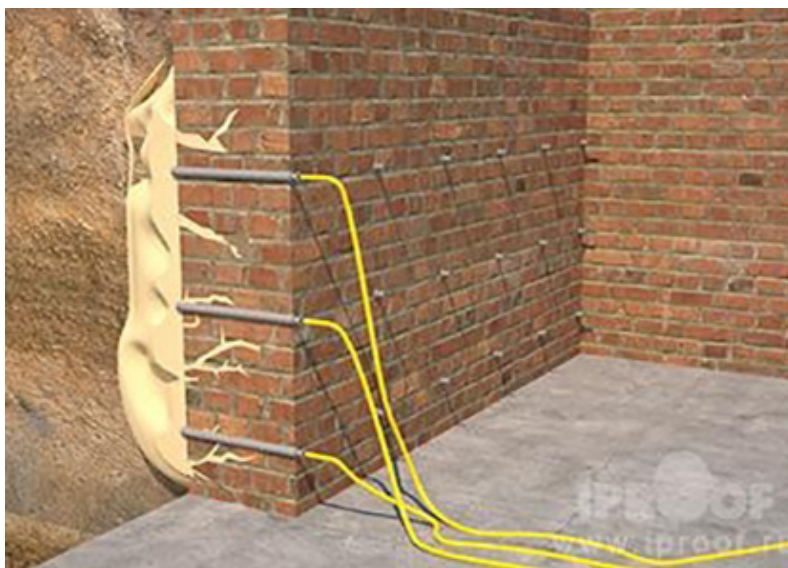


Рис. 1. Инъектирование раствора через пакеры в кирпичную кладку

После завершения нагнетания раствора проводят допрессовывающее инъектирование. Оно необходимо для восполнения потерь материала, ушедшего в капилляры и вытекшего наружу. Данную работу нужно проводить уже в проинъектированные пакеры для всех видов инъекционных работ. После чего растворные швы кирпичной кладки расчищают на глубину 5–10 см и затирают цементно-песчаным раствором марки М100. Если данные работы производятся на объекте культурного наследия и кладка выполнена на известковом растворе, то состав раствора для заделки швов требует согласование с соответствующими органами контроля.

Далее мы рассмотрим наиболее часто применяемые инъекционные материалы для повышения несущей способности кирпичной кладки.

1. Раствор на основе полиуретана (в качестве примера возьмем *Resmix PU-F* двухкомпонентная полиуретановая инъекционная композиция для герметизации и усиления).

Вопросы усиления и упрочнения конструкции можно решить с помощью двухкомпонентных инъекционных смол: их повышенная текучесть под давлением помогает заполнять мельчайшие трещины, а при долгом застывании позволяет заполнить даже самые труднодоступные места. Однако стоит отметить высокую чувствительность составов на основе полиуретана к температурным условиям.

2. Раствор на основе эпоксиды (в качестве примера Ханзакрил ЕП 1 Фаст двухкомпонентная композиционная эпоксидная смола).

Растворы на основе эпоксиды обладают высокой химической стойкостью и имеют высокую прочность после схватывания. Обычно его применяют на инженерных подземных и надземных сооружениях. Прочность эпоксидного раствора составляет 40–50 МПа, что существенно выше прочности кирпичной кладки (она составляет порядка 20 МПа). Важным показателем данного раствора является вязкость и время жизни, низковязкие смолы способны не только проникать в мельчайшие трещины, но и пропитывать такие материалы как бутовый камень/пористый кирпич/межкладочный раствор. Эпоксидная смола очень долговечна и разрушается только при приложении разрушающего напряжения. В отличие от полимерных растворов, можно подобрать такой состав смолы на основе эпоксиды, который сможет загерметизировать трещину с большой шириной раскрытия с устойчивостью к механическим нагрузкам. Однако данный раствор применим только для инъектирования в сухую кирпичную кладку с надежным креплением пакеров. Еще одним недостатком является сложность проведения повторных инъекций и длительное время ожидания отверждения материалов.

3. Минеральные растворы на основе цемента с добавками (в качестве примера возьмем *Resmix ZL-F* – смесь сухая ремонтная инъекционная на микроцементном вяжущем).

Данный раствор представляет собой смесь, состоящую из цемента, тонкодисперсного минерального наполнителя и модифицирующих добавок. Максимальная фракция наполнителя не превышает 10–15 мкм, это позволяет проникать раствору в труднодоступные пустоты. Марку раствора определяют размер зерен/пластифицирующие добавки. Обычно используют фракцию, совпадающую по степени прочности с кирпичной кладкой. Данная смесь рассматривается как альтернатива жидкому стеклу и полимерным композициям, т. к. обладает текучестью сравнимую с текучестью воды, даже при минимальном водоцементном соотношении. Преимуществом является абсолютная совместимость матрицы и инъектируемого материала, т.к. раствор по составу аналогичен обычному портландцементу.

4. Минеральный раствор на основе извести с добавками (в качестве примера возьмем *Resmix IL-F* смесь сухая ремонтная инъекционная на известковом вяжущем).

Основным показателем вышеописанных растворов является показатель прочности кирпичной кладки после введения инъекционного раствора.

Предел прочности кирпичной кладки при сжатии, усиленной инъектированием раствора в трещины, принимается по [2].

Несущую способность конструкций из каменной кладки, усиленной инъекцией раствора под давлением, определяют по формулам:

$$N \geq N_f$$

где  $N$  – расчетное усилие;  $N_f$  – фактическая несущая способность конструкции с учетом имеющихся в ней дефектов, определяемая по формуле:

$$N_f = k_{mc} N_c,$$

где  $N_c$  – расчетная несущая способность конструкций, определяемая в соответствии с [1] без учета понижающих факторов (коэффициентов  $k_{тс}$ ) подстановкой в соответствующие расчетные формулы фактических значений прочности (марок) материалов, площади сечения кладки, арматуры и т. п.;  $k_{тс}$  – коэффициент технического состояния конструкций, учитывающий снижение несущей способности каменных конструкций при наличии дефектов, трещин, повреждений, при увлажнении материалов и т. п.

При этом расчетное значение сопротивления кладки, усиленной инъекцией раствора под давлением, принимают по [1] с коэффициентом условий работы  $m_i$  для кладки простенков, столбов и стен с множественными трещинами от силовых воздействий, расположенных на расстоянии 15–20 см друг от друга:

- усиленных цементными и полимерцементными растворами  $m_i = 1,1$ ;
- усиленных раствором на основе метилметакрилата  $m_i = 1,3$ ;
- усиленных раствором на основе гидравлической извести с минеральными добавками  $m_i = 1,0$ ;
- усиленных раствором на основе эпоксидной смолы коэффициент  $m_i$  определяется по графику на рис. 2.

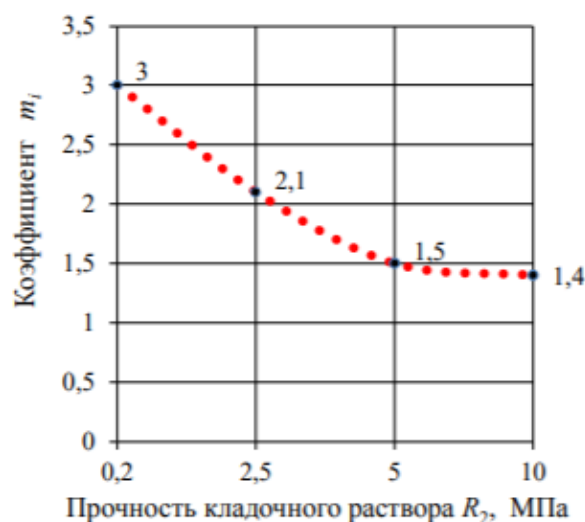


Рис. 2. Зависимость коэффициента  $m_i$  от прочности кладочного раствора  $R_2$  при инъекции раствора эпоксидной смолы для кладки простенков, столбов и стен с множественными трещинами от силовых воздействий, расположенных на расстоянии 15–20 см друг от друга

В остальных случаях коэффициент  $m_i$  принимают равным 1.0, либо по результатам испытаний кирпичной кладки на сжатие.

Нами был произведен технический анализ наиболее часто используемых материалов (рис. 3). В качестве сравнительных показателей использованы прочностные характеристики кирпичной кладки после введенных растворов: прочность на сжатие/прочность на растяжение/прочность на изгиб.



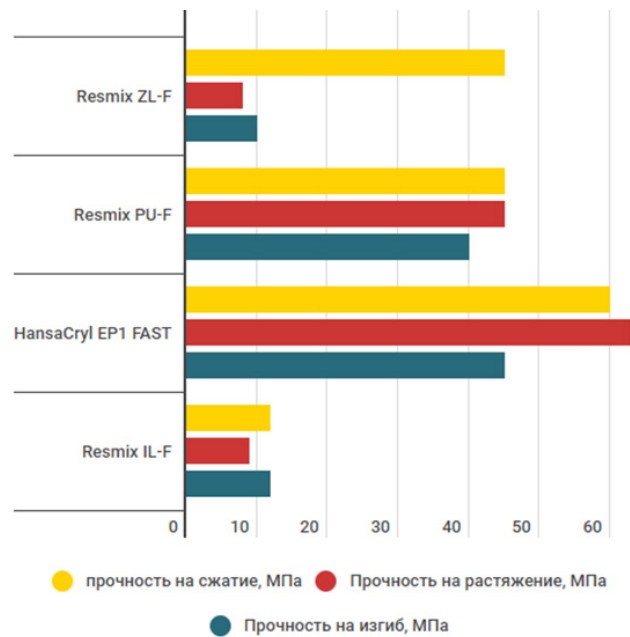


Рис. 3. Сравнение прочности кирпичной кладки после введения инъекционного раствора при прочих одинаковых исходных данных

При прочих одинаковых исходных данных самым эффективным оказался раствор на основе эпоксидной смолы. Однако стоит понимать: отсутствие качественной нормативной базы и точных методов расчета в области усиления кирпичной кладки методом инъектирования в российских и зарубежных нормативных документах ставит сложную задачу индивидуального поиска оптимального выбора раствора в каждом конкретном случае.

### Литература

1. СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции».
2. СП 427.1325800.2018 «Каменные и армокаменные конструкции. Методы усиления».
3. Рекомендации по усилению каменных конструкций зданий и сооружений / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1984. 38 с.
4. Методические рекомендации. Технология инъекционного укрепления каменных кладок памятников архитектуры // Проектный институт по реставрации памятников истории и культуры «Спецпроектреставрация» Всесоюзного производственного объединения «Союзреставрация». – М., 1991. – 40 с.
5. Бедов А. И., Габитов А. И. Проектирование, восстановление и усиление каменных и армокаменных конструкций: Учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2008. 568 с.
6. Гроздов В. Т. Дефекты каменных зданий и методы их устранения / СПбВВИСУ. – СПб, 1994. – 146 с.
7. Шилин А. А. Ремонт строительных конструкций с помощью инъектирования. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: изд-во «Горная книга», 2009. – 170 с.

УДК 69.057

*Мкртич Мкртичевич Тонакян,*  
аспирант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: tonakanian93@mail.ru*

*Mkrtich Mkrtichevich Tonakanyan,*  
postgraduate student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: tonakanian93@mail.ru*

## **МЕТОДИКА НАЗНАЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ МОНТАЖА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗДАНИЙ. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАЗНАЧЕНИЮ ТОЧНОСТИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

### **METHOD FOR ASSIGNING ACCURACY ACCURACY FOR CONSTRUCTION STRUCTURES TAKING INTO ACCOUNT INDICATORS OF RESPONSIBILITY OF BUILDINGS. RECOMMENDATIONS FOR PRESCRIBING ACCURACY IN THE MANUFACTURE OF STEEL STRUCTURES**

С середины XX в. вопросу геометрической точности при возведении строительных конструкций уделяется огромное внимание. Это связано со стремительным увеличением темпов строительства и развитием в области монтажа как металлических, так и железобетонных сборных конструкций. Результаты исследований отечественных и иностранных специалистов в данном сегменте в дальнейшем послужили фундаментом для разработки нормативных документов. В ходе глубокого и детального изучения данного вопроса были сформулированы методика назначения точности с учетом различных параметров, а также рекомендации по ее назначению.

*Ключевые слова:* геометрическая точность, назначение точности, геометрические параметры, монтаж строительных конструкций.

From the middle of the 20<sup>th</sup> century the issue of geometric accuracy in the construction of building structures is given great attention. This is due to the rapid increase in the pace of construction and the development in the field of installation of both metal and reinforced concrete prefabricated structures. The research results of domestic and foreign experts in this segment subsequently served as the foundation for the development of regulatory documents. In the course of a deep and detailed study of this issue, a method for assigning accuracy was formulated taking into account various parameters, as well as recommendations for its purpose.

*Keywords:* geometric accuracy, precision assignment, geometric parameters, installation of building structures.

Точность возведения строительных конструкций – параметр, на прямую зависящий от погрешностей, возникающих при изготовлении отдельных сборочных единиц, при проведении разбивочных и строительно-монтажных работ на площадке.

Анализируя труды ученых, занимающихся данным вопросом, стоит отметить, что погрешности распределяются между составляющими элементами размерной цепи в соответствии с нормальным законом распределения.

Установлено:

1. Происходит суммирование элементарных погрешностей в положении сборочных единиц.
2. Получившиеся суммарные погрешности регламентируют отдельно взятые конструктивные параметры элементов в нормативных документах.

В случае, когда суммарные погрешности не превышают заявленных в нормативных документах допусков, условие сопряжения строительных конструкций обеспечивается.

Отсюда делаем вывод, что есть необходимость более детального рассмотрения вопроса о вероятности попадания этой самой нормальной величины в допустимый интервал.

$$P(-\infty < x < +\infty) = 1.$$

Иными словами, вероятность попадания случайной величины в интервале от  $-\infty$  до  $+\infty$  равна 100 %.

Далее следует уменьшить интервал попадания нормальной величины в допустимые значения, так как изменение несущей способности, прочности и долговечности всей конструкции зависит от положения строительных элементов, точнее от данной погрешности. Следовательно, вероятность  $P$  будет уменьшаться. Интервалы погрешностей напрямую зависят от принятой доверительной вероятности  $P$ .

Суммарные погрешности положения элементов друг относительно друга  $\delta$  являются продуктом погрешностей различных операций отдельных сборочных единиц.

На практике на стадии проектирования рассматривается вероятность попадания среднего значения (математическое ожидание), а наши предельные отклонения в заданном интервале можно выразить, как  $x_{\max}$  и  $x_{\min}$ , следовательно допуск равен:

$$\Delta = x_{\max} - x_{\min}.$$

В итоге выяснено, что граничные условия заданного интервала находятся в прямой зависимости от вероятности попадания случайной величины в данный интервал. В свою очередь, размеры площадок опирания, зазоры между сборочными единицами взаимосвязаны с расчетной доверительной вероятностью, находятся, как бы, под ее влиянием. Поэтому установление границ допуска напрямую зависит от показателя надежности здания по назначению.

Стоит отметить, что надежность возведенной строительной конструкции – это ее способность во время эксплуатации избежать появления недопустимых предельных состояний, которые приведут к аварийному состоянию конструкции или к ее разрушению.

Основным методом расчета конструкций является метод по 1-ой группе предельных состояний, то есть по разрушающим нагрузкам.

Коэффициенты, учитывающие фактические условия работы конструкции, использовавшиеся при расчете по предельным состояниям, такие коэффициенты:

1. Перегрузок (коэффициент запаса)
2. Однородности материалов
3. Условий работы

Основной причиной затрат на возведение зданий являются такие виды затрат, как: расходы на материалы, строительную технику и рабочую силу и в меньшей степени от показателя надежности здания или ответственности. Показатели ответственности здания и назначения объектов в полной мере влияют на показатель надежности конструкции.

В ходе все большего углубления в данный вопрос работа над обоснованием коэффициентов точности не останавливалась. В 1981 г. появились рекомендации по системе частных коэффициентов, в которой было пять групп:

1. Надежности по нагрузке
2. Надежности по материалу

3. Условий работы
4. Ответственности зданий и сооружений
5. По точности геометрических параметров конструкций

Последняя группа – группа коэффициентов по точности геометрических параметров еще не досконально изучена. Считают, что определяющий фактор для их назначения – это показатель ответственности зданий и сооружений.

Далее в нормативном документе «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету» были сформированы группы по ответственности зданий, в зависимости от различных факторов (отказы зданий по причине социальных, экономических либо экологических причин):

Класс сооружений	Уровень ответственности	Минимальные значения коэффициента надежности по ответственности $\gamma_n$
КС-3	Повышенный	1,1
КС-2	Нормальный	1,0
КС-1	Пониженный	0,8

Примечание. Для зданий высотой более 250 м и большепролетных сооружений (без промежуточных опор) с пролетом более 120 м – коэффициент надежности по ответственности следует принимать не менее 1,2 ( $\gamma_n = 1,2$ )

### **Точность изготовления металлического каркаса.**

Основные параметры, по которым необходимо определить точность изготовления сборочных единиц:

#### 1. Колонны

- полная длина
- длина подкрановой ветви
- расстояние от опоры подкрановой балки до опорного столика стропильной фермы
- расстояние от оси подкрановой ветви до оси подкрановой балки
- высота сечения подкрановой и надкрановой ветви колонны
- расстояние между отверстиями для крепления опор ригелей, в нашем случае ферм
- отклонения оси колонны от вертикали
- отклонение осей в плане

#### 2. Подкрановые балки

- длина
- расстояние между отверстиями
- смещение отверстий от оси

#### 3. Стропильные фермы

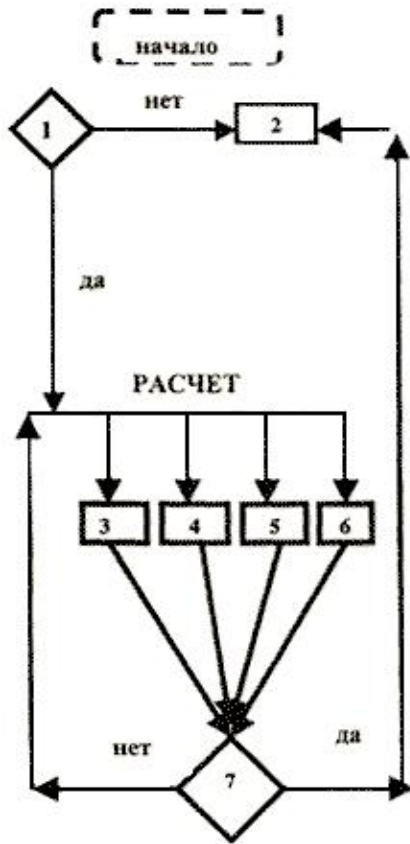
- пролет
- длина верхнего пояса
- высота на опоре
- расстояние между отверстиями

#### 4. Пргоны

- длина

- расстояние между группами отверстий
- расстояние между отверстиями в группе

Порядок назначения точности возводимых объектов. Блок-схема (рис. 1).



№ п/п этапа	Содержание этапа	Ответственный исполнитель
1	Анализ исходных данных. Определение необходимости расчета точности	ГИП
2	Внести в чертежи и общие данные указания по точности изготовления и монтажа	ГИП, бригадир
3	Задать уровень собираемости $K_c$	ГИП
4	Определить параметры, по которым нужен расчет	ГИП
5	Задать значения функционального допуска $\Delta_{\phi}$ по таблице приложения А	ГИП
6	Задать значения технологических допусков и определить $\sum \Delta_T$	бригадир
7	Провести вычисления. Установить соответствие $\sum \Delta_{\phi} : \sum \Delta_T \leq K_c$	бригадир

Рис. 1. Блок-схема

### Рекомендации по назначению точности

Необходимо выполнить следующие требования для того, чтобы собираемость конструкции была обеспечена

1. Точность геодезических разбивочных работ должна быть не менее 4 класса согласно ГОСТ 21779-82, например, погрешность при разбивке точек при  $l = 12$  м,  $\delta = \pm 5$  мм.

2. Точность монтажных работ должна соответствовать 4 классу точности, при которой параметры:

- $\Delta_{кн} = 12$  мм.
- $\Delta_{кв} = 30$  мм.

3. Колонны следует монтировать с точностью  $\delta = \pm 20$  мм, соответствуют 4 классу точности.

4. Прогонны изготовить с точностью, соответствующей 5 классу точности. Для прогона  $l = 6000$  мм  $\Delta A = \pm 6$  мм.

5. Расстояние между группами отверстий  $\pm 1$  мм. При диаметре отверстий  $d = 23$  мм,  $\delta = \pm 0,5$  мм.

6. Профнастил. Размеры заготовок соответствуют 5 классу точности.

7. Связи должны быть изготовлены в соответствии с 5 классом точности. Расстояние



между группами монтажных отверстий  $\delta = \pm 3$  мм. Данной точности можно добиться при производстве сверлильных работ при помощи кондуктора  $d_{\text{отв}} = 23$  мм;  $\delta = \pm 0,5$  мм.

8. Фермы с фланцевыми соединениями. Расстояние между поверхностями фланцев при  $l = 12$  м,  $\delta = \pm 3$  мм, что соответствует 3 классу точности. Расстояние до центров монтажных отверстий в собранной ферме  $\delta = \pm 6$  мм.

#### **Литература**

1. *Авиром Л. С.* Надежность конструкций сборных зданий и сооружений. Л.: Стройиздат, 1971. 216 с.
2. *Беляев Б. И.* О точности изготовления и монтажа стальных конструкций // Промышленное строительство. 1961. № 4.
3. *Вытшис А. П., Парасонис И. И., Клевцов В. А.* Обеспечение точности геометрических параметров монтажа конструкций одноэтажных каркасов промышленных зданий // Промышленное строительство. 1988. № 6. С. 37–38.
4. *Гмурман В. Е.* Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 1977. 479 с.
5. Рекомендации по расчету точности сборки конструкций зданий // ЦНИИОМТП Госстроя СССР. М.: Стройиздат, 1983. 134 с.
6. *Столбов Ю. В.* Основы расчета и анализа точности возведения сборных зданий и сооружений // Учебное пособие. Омск: СибАДИ, 1981. 63 с.
7. *Столбов Ю. В.* Статистические методы контроля качества строительно-монтажных работ. М.: Стройиздат, 1982. 87 с.

**УДК 692.232.4.: 693.98**

*Алина Дмитриевна Тришина*, магистрант  
*Александр Петрович Васин*,  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: alinatrishina96@gmail.com,*  
*vasin-57@mail.ru*

*Alina Dmitrievna Trishina*, undergraduate  
*Aleksandr Petrovich Vasin*,  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: alinatrishina96@gmail.com,*  
*vasin-57@mail.ru*

## **ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТА НАРУЖНЫХ СТЕН В УСЛОВИЯХ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ**

### **FEATURES OF ORGANIZING REPAIR OF EXTERIOR WALLS UNDER CONDITIONS OF RECONSTRUCTION OF BUILDINGS, TAKING INTO ACCOUNT THERMAL PHYSICAL PROPERTIES**

В данной статье обуславливается актуальность рассмотрения вопроса, касающегося увеличения теплоэффективности и энергоэффективности зданий и сооружений посредством утепления наружных стен. Приводится анализ основных способов проведения дополнительного утепления с некоторыми характерными особенностями каждого из них. Кратко рассматриваются изоляционные материалы, которые могут применяться для утепления наружных стен. Так же в статье дается информация о жидких утеплителях и краткое описание технологии их нанесения. Делается вывод о дороговизне и достаточной трудоемкости мероприятия по утеплению наружных стен, отмечаются преимущества.

*Ключевые слова:* утепление наружных стен, теплоэффективность, изоляционный материал, жидкий утеплитель.

This article determines the relevance of considering the issue of increasing the heat efficiency and energy efficiency of buildings and structures by means of insulation of external walls. The analysis of the main methods of additional insulation with some characteristic features of each of them is given. Insulation materials that can be used for external wall insulation are briefly considered. The article also provides information about liquid heaters and a brief description of their application technology. The conclusion is made about the high cost and sufficient labor intensity of measures for insulation of external walls, the advantages are noted.

*Keywords:* external wall insulation, heat efficiency, insulation material, liquid insulation.

В настоящее время строительные нормы и правила развиваются с огромной скоростью, требования ужесточаются, к примеру, к теплозащите зданий и сооружений, уменьшение, которое может быть вызвано различными причинами. В результате этого жилые здания перестают отвечать современным требованиям энергоэффективности и теплозащиты.

Жилые здания массовых серий отличаются не только моральным, но и физическим износом ограждающих конструкций и узлов, которые соединяют их между собой, в результате этого проблемы, касающиеся изучения и улучшения теплотехнических показателей, данных элементов зданий, становятся все более актуальными.

При проектировании реконструкции зданий учитываются термическое сопротивление существующей кирпичной кладки наружных стен, выполненных, как правило, из полнотелого кирпича керамического на известково-песчаном, реже, на цементно-пес-

чаном растворе. В исторической части г. Санкт-Петербург толщина кирпичной кладки наружных стен колеблется в значительных пределах, от 1,5 м до 0,63 м, в зависимости от этажности.

В строительстве жилых и общественных зданий применяется различного типа кирпич, полнотелый, пустотелый, одинарный полуторный и т. д., но самое важное состоит в следующем – в необходимости поддержания оптимального микроклимата внутри помещений. Для утепления кирпичной кладки можно применять минеральную вату, пенополиуретан, пенопласт и т. д. (рис. 1).

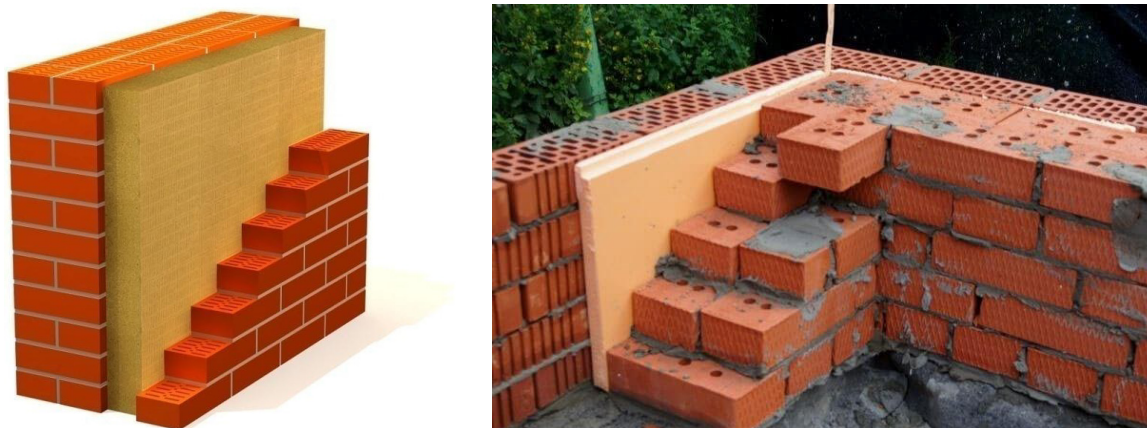


Рис. 1. Кирпичная стена с утеплителем

Ниже предлагается рассмотреть примерный расчет толщины теплоизоляции стены, которая выполнена под штукатурку (рис. 2) [1].

#### Утеплительный пирог с использованием минеральной ваты

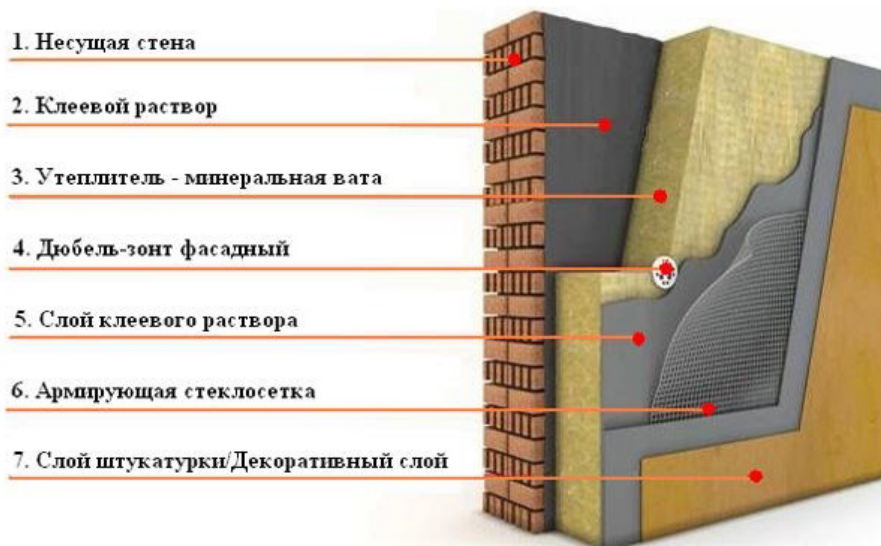


Рис. 2. Утеплительный пирог с использованием минеральной ваты

Принимается толщина несущей стены – 380 мм (кладка в полтора кирпича), кирпич полнотелый керамический, тип здания – жилое, утеплитель – минеральная вата.

СП 131.13330.2012, СП 50.13330.2012 принимаются все необходимые для расчета данные, включая продолжительность отопительного периода, среднюю температуру

наружного воздуха отопительного периода, зону влажности и т. д. То есть принимаются и рассчитываются данные по климатическим условиям, температуре и влажности внутри помещения, а также теплопроводности элементов ограждения.

Далее необходимо рассчитать необходимую толщину утепления:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}})z_{\text{от}} = (21 - (-6)) \cdot 209 = 5643 \quad (1)$$

По формуле табл. 3 СП 50.13330.2012 определяется требуемое термическое сопротивление ограждающей конструкции:

$$R_a^{\text{тп}} = a \cdot \text{ГСОП} + b = 0,00035 \cdot 5643 + 1,4 = 3,37505 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт} \quad (2)$$

где  $a = 0,00035$ ,  $b = 1,4$  параметры для стен здания из СП 50.13330.2012.

После того, как вычислено требуемое термическое сопротивление, необходимо постепенно увеличивать толщину утепления с целью достижения величины фактического термического сопротивления, которое было бы не меньше полученного числа.

Термическое сопротивление участка стены (без учета утеплителя) определяется по формуле Е.6 СП 50.13330.2012:

$$R_0^{\text{учл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_s R_s + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} = \frac{1}{8,7} + 0,543 + \frac{1}{23} = 0,7 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт} \quad (3)$$

где  $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции,  $\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции,  $R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s} = \frac{0,38}{0,7} = 0,543 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$  – термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента (кирпич).

Исходя из этого, получается, что термическое сопротивление слоя теплоизоляции должно быть не менее

$$R_{\text{тп}} - R_0 = 3,375 - 0,7 = 2,675 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}.$$

Из формулы Е.7 СП 50.13330.2012 вычисляется минимальная толщина теплоизоляции:

$$\delta_{\text{тепл}} \geq R \cdot \lambda_{\text{тепл}} = 2,675 \cdot 0,043 = 0,115 \text{ м} \quad (4)$$

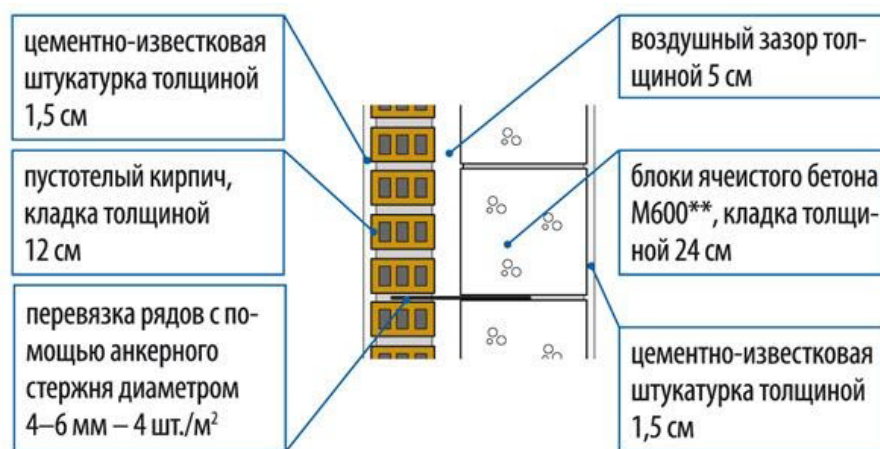
Толщина утеплителя принимается 120 мм, так как утеплителя 115 мм – нет. В конце проверочный расчет по формуле Е.6 СП 50.13330.2012:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,7} + \frac{0,12}{0,043} + \frac{1}{23} = 3,49 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт} \quad (5)$$

$$3,49 \geq 3,375$$

Проектирование тепловой защиты строящихся или реконструируемых жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных и складских зданий общей площадью более 50 м<sup>2</sup> (далее – зданий), в которых необходимо поддерживать определенный температурно-влажностный режим, выполняется в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012. Свод правил. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (рис. 3) [2].

Требуемое сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций (за исключением светопрозрачных), отвечающим санитарно-гигиеническим и комфортным условиям, рассчитывают с учетом требований СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* (с Изменениями № 1, 2) [3].



### Как утеплить?

Пенополистирол EPS 50 042*	Значение R стены, м²·К/Вт	Минеральная вата	Значение R стены, м²·К/Вт
толщ. 10 см	3,521	толщ. 10 см	3,413
толщ. 11 см	3,745	толщ. 12 см	3,861
толщ. 12 см	3,984	толщ. 14 см	4,310

Рис. 3. Теплоизоляция конструкций: толщина утеплителя стен [4]

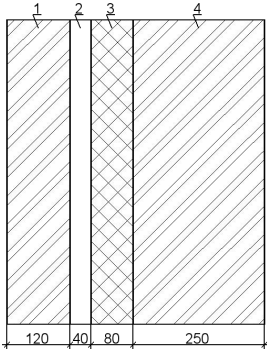
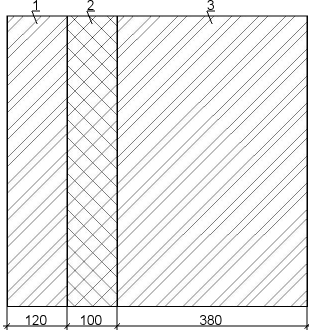
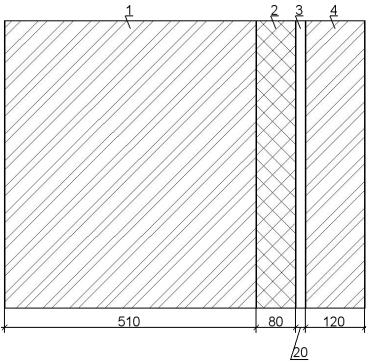
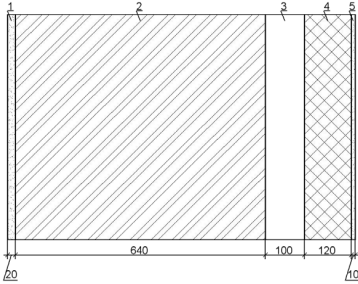
Так же предлагается рассмотреть итоговые результаты теплотехнического расчета нескольких ограждающих конструкций с различной толщиной кирпичной кладки при помощи сайта «Теплотехнический расчет онлайн» (табл.1). [5] Населенный пункт – Санкт-Петербург, здание – жилое.

Таблица 1

### Результат теплотехнического расчета конструкций ограждающей конструкции

Схема конструкции ограждающей конструкции	Результат расчета
<p>1 – облицовка из кирпича; 2 – утеплитель; 3 – воздушная прослойка; 4 – кладка из кирпича</p>	<p>Величина приведённого сопротивления теплопередаче <math>R_0^{пр}</math> меньше требуемого <math>R_0^{норм}</math> (<math>2,46 &lt; 2,99</math>) следовательно, представленная ограждающая конструкция не соответствует требованиям по теплопередаче.</p>



Схема конструкции ограждающей конструкции	Результат расчета
 <p>1 – облицовка из кирпича; 2 – воздушная прослойка; 3 – утеплитель; 4 – кладка из кирпича</p>	<p>Величина приведённого сопротивления теплопередаче <math>R_0^{пр}</math> меньше требуемого <math>R_0^{норм}</math> (<math>2,1 &lt; 2,99</math>) следовательно, представленная ограждающая конструкция не соответствует требованиям по теплопередаче</p>
 <p>1 – облицовка из кирпича, 2 – утеплитель, 3 – кладка кирпичная</p>	<p>Величина приведённого сопротивления теплопередаче <math>R_0^{пр}</math> меньше требуемого <math>R_0^{норм}</math> (<math>2,4 &lt; 2,99</math>) следовательно, представленная ограждающая конструкция не соответствует требованиям по теплопередаче</p>
 <p>1 – кладка из кирпича; 2 – утеплитель; 3 – воздушная прослойка; 4 – облицовка из кирпича</p>	<p>Величина приведённого сопротивления теплопередаче <math>R_0^{пр}</math> меньше требуемого <math>R_0^{норм}</math> (<math>2,18 &lt; 2,99</math>) следовательно, представленная ограждающая конструкция не соответствует требованиям по теплопередаче.</p>
 <p>1 – раствор цементно-песчаный, 2 – кладка из кирпича на ц.-п. р-ре, 3 – воздушная прослойка, 4 – утеплитель (пенополистирол), 5 – раствор цементно-песчаный</p>	<p>Для данной ограждающей конструкции величина приведённого сопротивления теплопередаче <math>R_0^{пр}</math> больше требуемого <math>R_0^{норм}</math> (<math>3,11 &gt; 2,99</math>), следовательно, представленная ограждающая конструкция соответствует требованиям по теплопередаче.</p>

Как видно из результатов, приведенных в таблице 1, кирпичная кладка за исключением большой толщины стен, что не очень рационально, не проходит по теплопроводности по новым требованиям. Исходя из этого, предлагается рассмотреть альтернативные и более актуальные методы утепления.

Для более детального изучения данного вопроса, следует обратить внимание на работы отечественных и иностранных ученых, которые выполнили большую работу по рассмотрению теоретических и технических проблем, касающихся вопросов энергоэффективности зданий и сооружений. Среди них можно выделить, к примеру, Д. В. Немова и А. С. Горшкова, которые обосновали с технико-экономической стороны вопрос утепления наружных стен многоквартирного здания посредством устройства вентилируемого фасада, или И. А. Гааса, который, проведя численное моделирование стационарного теплообмена участка панельного здания, определил каковы потери через поврежденные швы соединения элементов.

Большая часть жилой застройки России в настоящее время нуждается в проведении капитального ремонта, при котором необходимо увеличить теплоэффективность здания. Подобная тенденция, касающаяся, вопроса повышения энергоэффективности может быть объяснена посредством удорожания энергоносителей, которое наблюдается в последнее время. Так, к примеру, стоимость на электроэнергию увеличилась на 46 %, что так же обуславливает необходимость и актуальность увеличения энергоэффективности зданий. [6]

Преследуя цель увеличения теплозащиты жилищного фонда, в настоящее время рекомендуется дополнительное утепление зданий. Оно может быть представлено двумя типами теплоизоляционных систем, в зависимости от того, как будет располагаться утеплительная конструкция по отношению к ограждению:

1. утеплитель может располагаться снаружи ограждающей конструкции;
2. утеплитель может располагаться с внутренней стороны ограждающей конструкции.

Рассматривая более детально наружное утепление, можно выявить, что оно так же представлено двумя основными группами:

- утеплитель прикрепляется к поверхности стены клеем или дюбелями с нанесением на него защитно-отделочного покрытия. Это может быть полимерный или полимерцементный состав, который армируется одним или двумя слоями стеклосетки (рис. 4);

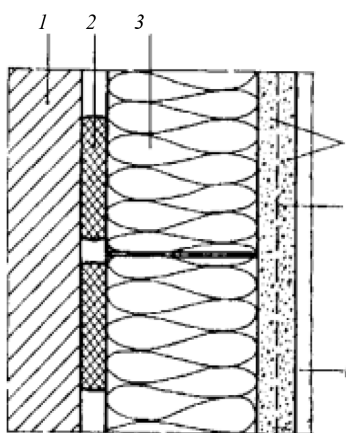


Рис. 4. Конструкция стены с наружной теплоизоляцией с оштукатуриванием плитного утеплителя: 1 – кирпичная или каменная стена; 2 – клей; 3 – плитный утеплитель; 4 – армирующая сетка; 5 – штукатурное покрытие; 6 – наружный декоративный слой покрытия



В настоящее время все большее внимание уделяется технологиям нанесения жидких утеплителей, которые требуют наличия специальных навыков, знаний и оборудования. К примеру, при работе с полиуретаном процедура совершается в несколько этапов, включающих в себя подготовку стен, нанесение самой изоляции, армирование и финишные мероприятия и отделочные работы. Оборудование для работы с полиуретаном состоит из двух баллонов, которые предназначены для составов, впоследствии превращающихся в пену (рис. 7), из шлангов, которые непосредственно соединяют баллон и пистолет-распылитель, сам распылительный пистолет, комплект насадок и набор ключей с техническими смазками [9].



Рис. 7. Утепление наружных стен напылением

Для повышения теплоизоляционных свойств стеновых ограждений так же применяется и энергосберегающая краска, согласно проведенным исследованиям ее нанесение дает возможность сберечь около 40 % тепла. На рисунке 8 представляется принцип работы энергосберегающей краски.

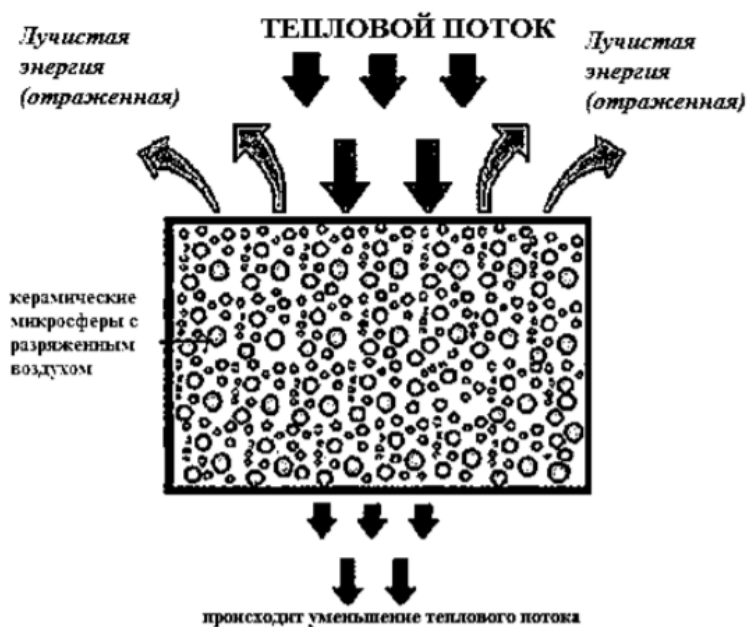


Рис. 8. Принцип работы энергосберегающей краски



Энергосберегающая краска является одним из уникальных теплосберегающим материалом, не пропускающим холод снаружи строения. То есть принцип ее работы заключается в накоплении тепла, выходящего из помещения, для последующего отдачи его обратно. Так же она отличается отличными показателями сцеплениями, то есть может покрыть совершенно разные поверхности: дерево, металл, бетонную, кирпичную и даже резиновую поверхности. Краску можно наносить как валиком, так и распылителем.

Утепление наружных стен довольно затратное и трудоемкое мероприятие, однако эффективное. Среди основных преимуществ можно выделить уменьшение потери тепла и энергии, сквозняков, повышение чувства комфорта, отсутствие уменьшения внутренней площади, увеличении «жизни» стены, уменьшение конденсации на внутренних стенах, а также улучшение атмосферостойкости и повышение звукоизоляции, и многое другое [10].

### Литература

1. Пример расчета толщины утепления стены. URL: <http://buildingbook.ru/reschetuteplsteni.html> (дата обращения: 30.03.2020).
2. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением № 1).
3. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* (с Изменениями № 1, 2).
4. Теплоизоляция конструкций: толщина утеплителя. URL: <https://1poteply.ru/montazh/obshhee/dlya-sten-uteplitelya.html> (дата обращения: 30.03.2020).
5. Теплотехнический расчет онлайн. URL: <http://rascheta.net/> (дата обращения: 01.04.2020).
6. *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.).
7. *Евсеев Л. А.* Преимущества и недостатки внутреннего и наружного утепления строительных ограждающих конструкций в свете новых нормативных документов по теплоизоляции зданий // СТРОЙ-ИНФО, № 19, 2004.
8. *Бобрышев В. В.* Основные способы утепления зданий, их достоинства и недостатки // Молодой ученый. – 2018. – № 47. – С. 31–34. – URL <https://moluch.ru/archive/233/54195/> (дата обращения: 25.03.2020).
9. *Королев Д. Ю., Семенов В. Н.* Современные методы повышения тепловой защиты зданий // Молодой ученый, 2010. № 3. С. 26–29.
10. *Силаенков Е. С.* Системы утепления наружных стен «Урал» // Жилищ. стр.-во. – 2000. – № 7. – С. 14–16: ил.



## УДК 624.05

Артур Алимович Тугушев, магистрант  
Данила Сергеевич Носов, магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: tugushev1996@mail.ru,  
E-mail: dan-nosov@yandex.ru

Arthur Alimovich Tugushev undergraduate  
Danila Sergeevich Nosov, undergraduate  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: tugushev1996@mail.ru,  
E-mail: dan-nosov@yandex.ru

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ИНВЕРСИОННОЙ КРОВЛИ

## USE OF MODERN TECHNOLOGIES IN RECONSTRUCTION OF INVERSION ROOF

Рассмотрены современные технологии при реконструкции существующей плоской кровли жилого здания, с применением верхнего слоя для функциональной зоны. В работе предложен процесс устройства инверсионной плоской кровли с применением тротуарной плитки. Были выделены преимущества вариантов крыш, разработаны технологические схемы производства работ реконструкции с послойным устройством кровли, дана последовательность выполнения работ. Продемонстрированы оптимальные решения для элементов, разработаны альтернативные кровельные материалы. На основе приведенных решений была определена область их применения.

*Ключевые слова:* реконструкция, устройство кровли, кровля, инверсионная кровля, пирог кровли, функциональная зона.

Modern technologies are considered during the reconstruction of the existing flat roof of a residential building, using the top layer for the functional area. The paper proposes a process for the construction of an inverse flat roof using paving slabs. The advantages of roof options were highlighted, technological schemes for reconstruction work with a layered roofing device were developed, the sequence of work was given. The optimal solutions for the elements are demonstrated, alternative roofing materials are developed. Based on the above solutions, the scope of their application was determined.

*Keywords:* reconstruction, roofing, roofing, inverse roofing, roofing pie, functional area.

Инверсионная кровля – это разновидность плоской крыши. В неё входят материалы, которые способны оказывать сопротивление физическим нагрузкам, а также истиранию. Данный вид кровли эффективен для покрытия зданий с большой площадью: торговые и бизнес центры, школы, заводы, жилая застройка. Пирог – основное отличие инверсионной кровли от традиционной плоской.

- **верхний облицовочный слой;**
- **слой фильтрации;**
- **теплоизоляция;**
- **гидроизоляция.**

Каждый слой выполняет свою функцию. Верхний лицевой (дренажный) слой служит для отвода излишек дождевой и талой воды. Так же он является защитой для теплоизоляции от физических и механических повреждений. Слой фильтрации (геотекстиль) используется для недопущения вредных элементов химических веществ в зону теплоизоляции. При устройстве теплоизоляции требуется материал с нулевым водопоглощением. Наиболее предпочтительным материалом является экструдированный пенополистерол. Для гидроизоляции применяются материалы относительно новые на ос-

нове этиленпропиленового каучука и полипропилена. Для армирования используется стекловолоно.

В ходе разработки статьи были определены основные и оптимальные решения производства разных видов инверсионной кровли, а также разработана технологическая схема.

- **Кровли с зелеными насаждениями;**
- **кровли для автопарковки;**
- **пешеходной поверхности [2].**

При производстве «зеленой» кровли (рис. 1) гидроизоляция может быть устроена из наплавляемых материалов, ТПО- и ПВХ-мембран. Наиболее экономичным и простым выбором являются рулонные и наплавляемые материалы. Во многих случаях в качестве гидроизоляции применяется стеклоизол.

Теплоизоляция должна обладать водоотталкивающими качествами и сохранять свои теплоизоляционные характеристики. В качестве теплоизоляционных материалов данного вида кровли применяют высококачественные плиты из экструдированного пенополистирола.

Дренажный слой отвечает за ликвидацию застоя воды в верхних слоях пирога и нижних частях верхнего эксплуатируемого слоя [3]. В качестве дренажа используется щебень или гравий (20–40 мм), а также геотекстильное-дренажное покрытие.

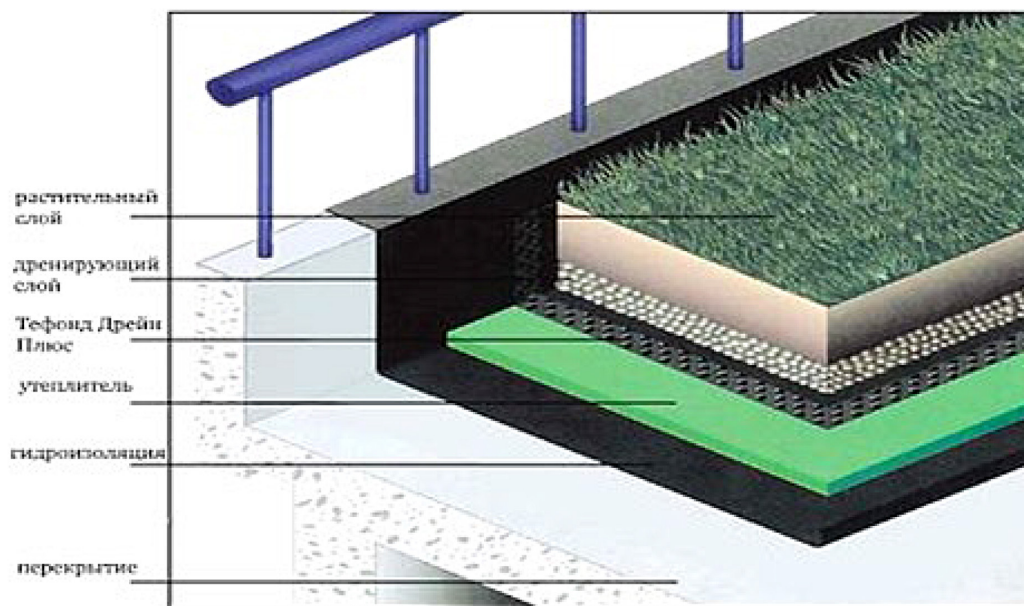


Рис. 1. «Пирог» инверсионной «зеленой» кровли  
(ссылка:<https://krovgid.com/rmnt/rekonstrukciya-ploskoj-krovli.html>)

Главными особенностями для кровли-автопарковки являются: усиленная защита материала гидроизоляционного слоя, плит из экструдированного пенополистирола и другие, связанные с большой интенсивностью испытываемых нагрузок.

Уклонообразующий слой изготавливают из керамзитобетона. При заливке цементное молочко может проникнуть в стыки между утеплителем, поэтому поверх укладывают разделительный слой из ПЭ-пленки, геотекстиля или строительного картона. После чего устраивают железобетонную плиту и два слоя асфальтобетона.

Теплоизоляция должна обладать необходимой прочностью для автомобильных нагрузок. Таким свойством обладает экструзионный пенополистирол.

Для гидроизоляции необходимо использовать долговечные материалы. Полимерные мембраны толщиной более 1,5 мм с сигнальным слоем, скрепляемые двойным швом со свободным каналом для контроля качества шва, композитные мембраны толщиной 3 мм.

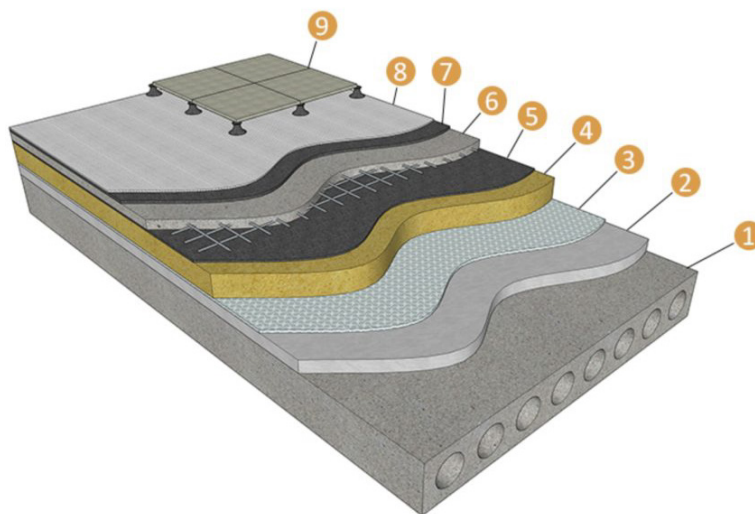


Рис. 2. Пример инверсионной эксплуатируемой кровли для паркинга:  
 1 – плита перекрытия; 2 – цементно-песчаная стяжка; 3 – пароизоляция;  
 4 – утеплитель; 5 – гидроизоляция; 6 – армированная стяжка; 7 – основная гидроизоляция;  
 8 – геотекстиль; 9 – плитка на пластиковых опорах  
 (ссылка: <https://krovgid.com/rmnt/rekonstrukciya-ploskoj-krovli.html>)

В случае устройства пешеходной поверхности кровли из тротуарной плитки (рис. 3), отличия начинаются с гравийного слоя, из которого выходят пластиковые опоры. Они предназначены для монтажа тротуарной плитки. Для засыпки используется гравий (фракции 5–15 мм) толщиной 30 мм. Для надежности добавляют песок. В первом случае состав бетонной смеси содержит меньшую часть воды. Рекомендуется применять тротуарную плитку толщиной от 2,5 до 3 см.

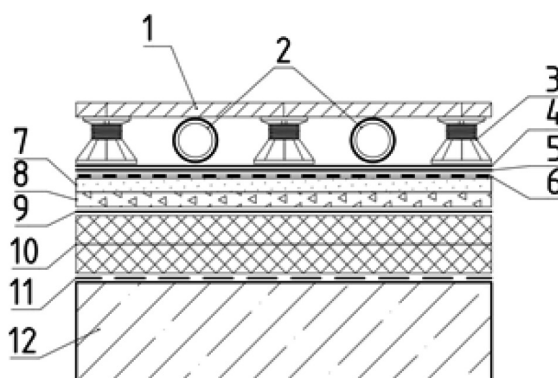


Рис. 3. Пример кровельного пирога инверсионной эксплуатируемой кровли для зоны отдыха с тротуарной плиткой: 1 – тротуарная плитка; 2 – трубы пластиковые с горячей водой для обогрева; 3 – регулируемая пластиковая опора; 4 – верхний слой гидроизоляции с крупнозернистой подсыпкой; 5 – нижний слой гидроизоляции; 6 – битумный праймер; 7 – армированная цементно-песчаная стяжка; 8 – разуклонка; 9 – разделительный слой; 10 – утеплитель плитный в 2 слоя; 11 – мембрана пароизоляционная; 12 – бетонная плита перекрытия

Рассмотрим процесс реконструкция здания исторической застройки путем устройства эксплуатируемой инверсионной кровли с применением тротуарной плитки на условном примере жилого здания размерами  $12 \times 30$  м.

Первым этапом производится демонтаж старых конструкций крыши.

Далее выполняется устройство основного несущего слоя кровли — монолитной железобетонной плиты покрытия. Стоит предусмотреть удаление цементного молочка с бетонной стяжки шлиф-машинкой. Перед устройством следующих слоев кровельного пирога необходима подготовка основы — очистка поверхности от мусора и пыли с применением компрессора или щёток.

Следующим этапом происходит укладка пароизоляционного материала. Кроме того, такой вид материала позволяет работать с кровлей любой сложности и геометрии. На пароизоляционный слой укладывается утеплитель в виде плит из экструдированного пенополистирола, расположенным в два слоя.

Далее укладывается разделительный слой из синтетической плёнки толщиной более 200 мкм и геотекстиля.

Затем укладывается слой гидроизоляции техноэласт. Его получают путем двустороннего нанесения на стекло- или полиэфирную основу битумно-полимерного вяжущего, состоящего из битума, СБС (стирол-бутадиен-стирол) полимерного модификатора и минерального наполнителя (тальк, доломит и др.). В качестве защитного (верхнего) слоя для такого вида кровли используется крупнозернистая подсыпка [5].

Следующим этапом размещается слой из сухого цементно-песчаного раствора марки более 100 и морозостойкостью  $F150$ , с армированной сеткой в среднем слое с ячейками  $100 \times 100$  мм из проволоки диаметром 5 мм. Толщина данного слоя стяжки должна составлять более 30 мм.

По слою цементно-песчаной стяжки наносится слой битумной мастики для дополнительной гидроизоляции подстилающих слоев кровельного пирога.

На следующем этапе производится монтаж пластиковых опор тротуарной плитки зоны отдыха совместно с монтажом самих плит, которые могут быть сделаны из тяжелого и мелкозернистого бетона толщиной до 3 см или из мягкого полиуретанового покрытия. Выбор материалов должен исходить из максимального облегчения для снижения собственного веса кровельного «пирога», технологичности монтажа конструкции (рис. 4), а также достаточной теплоизоляции конструкций [6].

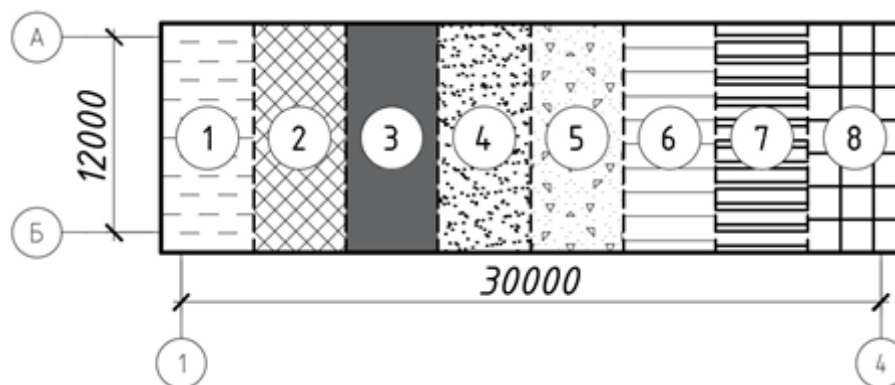


Рис. 4. Послойная схема кровельных работ для одной захватки здания:

- 1 – устройство слоя мембранной пароизоляции; 2 – укладка теплоизоляционных плит;
- 3 – устройство разделительного слоя из синтетической плёнки; 4 – устройство слоя разуклонки;
- 5 – устройство ЦПС с битумным праймером; 6 – устройство слоя техноэласта; 7 – размещение пластиковых труб и водоотвода; 8 – монтаж пластиковых опор и тротуарных плит

В ходе работы был проведен анализ ключевых технологических конструктивов инверсионных кровель. Применение приведенных в исследовании решений способствует наиболее оптимальному выбору материалов и эффективному выполнению кровельных работ при реконструкции зданий. Дальнейшие вопросы намечены к исследованию для формирования конструктивно-технологических решений и параметров оценки реконструкции инверсионных кровель жилых домов.

### Литература

1. *Мейер-Бое В.* Строительные конструкции зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1993. 408 с.
2. Устройство эксплуатируемой плоской кровли. URL: <https://intellect-profstroy.com/ustroystvo-ekspluatiruemoj-ploskoj-krovli> (дата обращения: 10.02.2020).
3. *Еропов Л. А.* Покрытия и кровли гражданских и промышленных зданий. М.: 2004. 248 с.
4. *Петров К. С.* Проблемы повышения энергоэффективности строительной отрасли в Российской Федерации // Инженерный вестник Дона. 2018. № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5485](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5485)
5. *Sam C. M. Hui.* Development of technical guidelines for green roof systems in Hong Kong. URL: <https://hub.hku.hk/bitstream/10722/140385/1/Content.pdf?accept=1> (дата обращения: 05.02.2020).
6. *Хайруллин И. З.* Эксплуатируемая плоская кровля. URL: <https://novainfo.ru/pdf/057-3.pdf> (дата обращения: 25.01.2020).
7. *Казаков Ю. Н., Адам Ф. М.* Реконструкция и реставрация архитектурного наследия: монография. СПб.: СПбГАСУ, 2016. 120 с.
8. *Егоров А. Н., Шприц М. Л., Гдимиян Н. Г.* Инновационные технологии в строительстве // Строительство и реконструкция. 2015. № 3 (59). С. 130–137.
9. *Шерешевский И. А.* Конструирование гражданских зданий М: Архитектура, 2005.
10. *Любин Н. С.* Строительные мембраны, используемые в современных фасадах зданий // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5688](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5688)
11. *Теличенко В. И.* Кровля. Современные материалы и технология. Асв. 2012. 817 с.



## КОНЦЕПЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С НИЗКИМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ

### CONCEPT AND TECHNICAL SOLUTIONS FOR MULTI-STOREY RESIDENTIAL BUILDINGS WITH LOW ENERGY CONSUMPTION

В статье рассматриваются технические решения по энергосбережению, сравниваются серии домов, а также их тепло- и энергопотребление до капитального ремонта и после. Как различные меры по увеличению энергосбережения влияют на процент экономии энергии. Также как практический пример приводится энергоэффективное здание на Красностуденческом проспекте, 6 в городе Москва. Рассматриваются системы, применяемые в доме, например, монтаж системы отопления и ее уникальность. Даны требования к системе вентиляции и кондиционирования. А также сделаны выводы о возможности экономии энергии после применения энергосберегающих мероприятий.

*Ключевые слова:* здание с низким энергопотреблением, энергоэффективность, экономия энергии, теплопотери.

The article discusses technical solutions for energy saving, compares the series of houses, as well as their heat and energy consumption before and after major repairs. How various measures to increase energy savings affect the percentage of energy savings. Also, as a practical example, an energy-efficient building at 6 Krasnostudencheskiy Prospekt in Moscow is given. We consider the systems used in the house, for example, the installation of a heating system and its uniqueness. The requirements for the ventilation and air conditioning system are given. Conclusions are also made about the possibility of saving energy after applying energy-saving measures.

*Keywords:* building with low energy consumption, energy efficiency, energy saving, heat loss.

В современной строительной практике большое внимание уделяется как снижению энергопотребления зданий, экологической безопасности, так и обеспечению высокого качества среды обитания. Существуют проекты, в которых большое внимание уделяется минимизации капитальных затрат, удобству дальнейшей эксплуатации сложного инженерного оборудования и так далее.

Департамент капитального ремонта Москвы провело оценку энергосберегающих мероприятий, а именно:

- Улучшение показателей теплозащиты наружных ограждающих конструкций;
- Улучшение показателей теплозащиты окон;
- Повышение теплозащиты чердачных перекрытий;
- Проверка наличия в доме индивидуального теплового пункта;
- Проверка наличия в доме регуляторов на отопительных приборах.

При помощи способа, учитывающего теплопотери через стены включая проектные значения, а также расход энергии на нагрев воздуха и все бытовые тепловыделения, и поступления было рассчитано расчетное теплопотребление.

Ниже в табл. 1 и 2 произведена оценка возможностей энергосбережения на основе различных показателей теплозащиты до капитального ремонта и после. Также рассмо-

трена возможности экономии энергоресурсов на примере наиболее распространенных типовых серий.

Таблица 1

**Удельное теплотребление здания за отопительный период до и после капитального ремонта, кВт\*ч/м<sup>2</sup>, экономия энергии в %**

Здание, экономия энергии	Удельное теплотребление здания за отопительный период, кВт*ч/м <sup>2</sup> по строительным сериям			
	П-18-01/12	П-49-04/9	ПЗ/16	П44/16
Здание до капитального ремонта	227	199	198	229
Здание после капитального ремонта	87	80	85	100
Экономия энергии за счет внедрения энергосберегающих мероприятий, %	62	60	57	56

Таблица 2

**Экономия энергии в процентах за отопительный период после капитального ремонта по отдельным энергосберегающим мероприятиям**

Энергосберегающее мероприятие	Экономия энергии за отопительный период, %, по строительным сериям			
	П-18-01/12	П-49-04/9	ПЗ/16	П44/16
Повышение теплозащиты наружных ограждающих конструкций, включая окна	38	34	35	35
Применение окон с низкой воздухопроницаемостью	6	6	6	5
Устройство автоматизированного узла управления системой отопления и установка термостатов на отопительных приборах	18	20	16	16
Общая экономия энергии с учетом устройства автоматизированного узла управления системой отопления	62	60	57	56

В результате рассмотрения выше указанных таблиц мы можем говорить об эффективности различных энергосберегающих мероприятий. Например, установка автоматизированного управления системой отопления позволяет сберечь до 59 % тепловой энергии. В то же время остекленные лоджии и балконы никак не могут сократить потери, так как пропускают какое-то количество воздуха.

Если рассматривать вопрос применения энергосберегающих технологий с практической точки зрения, то самым известным примером является энергоэффективный дом в Москве, по адресу: Красностуденческий проспект, 6.



Рис. 1. Жилой дом на Красностуденческом проспекте,6

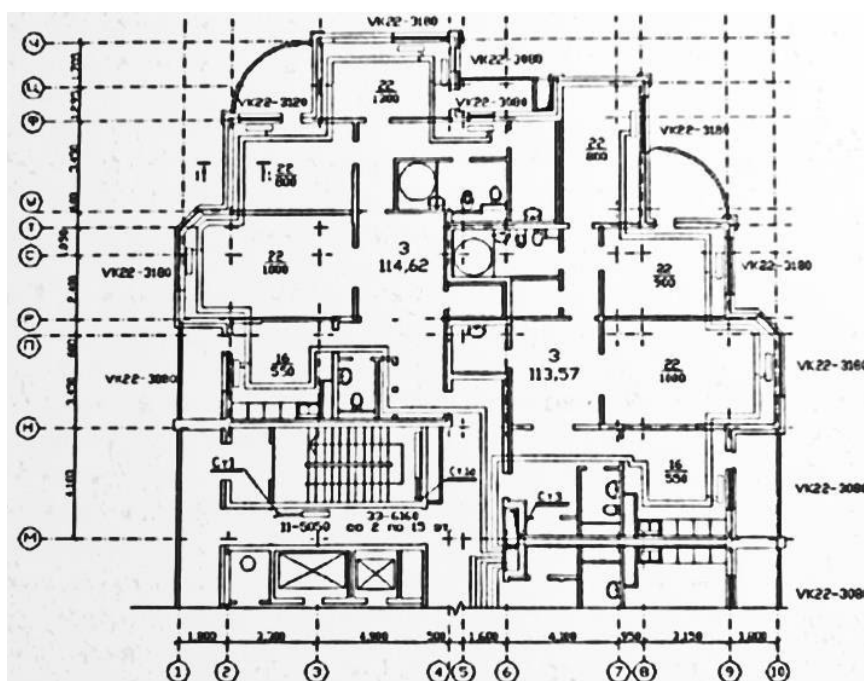


Рис. 2. План жилого дома

Дом был сдан в эксплуатацию в 2003 году, он 18-этажный и рассчитан на 260 квартир. Проект разработан таким образом, что в нем взаимосвязаны как архитектурно-планировочные, так и конструктивные энергосберегающие решения. Есть парковка на цокольном этаже. Первый этаж отдан под магазины, а верхние под оздоровительный комплекс.

Наружные ограждающие конструкции дома – монолитные с утеплением. Фасад дома – кирпичный. Окна – двухкамерные стеклопакеты, балконы – трехкамерные с тонировкой, защищающей от солнца.

Расчетные сопротивления ограждающих конструкций:

- Стены –  $3,33 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ;
- Окна –  $0,61 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ;
- Верхнее покрытие –  $4,78 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ .

На системы отопления и вентиляции направлена большая часть решений по энергосбережению.

Разводка трубопроводов в доме периметральная горизонтальная поквартирная. Тепловые счетчики расположены в шкафах, но жильцы и УК имеют к ним доступ.

Такая система разводки очень удобна в монтаже, так монтаж системы производился зимой параллельно с строительством здания, что помогло сократить сроки возведения дома. Также не так важна последовательность монтажа, мы можем монтировать систему как снизу-вверх, так и сверху вниз. А для пуска всей системы даже в зимних условиях нам достаточно просто тепловыми пушками нагнать тепло в квартиры 1–2 этажа в которых происходит запуск.

Само собой, дом оборудован индивидуальным тепловым пунктом, который полностью автоматизирован. Управление им происходит из помещения диспетчера.

Также в этом доме реализована учетно-биллинговая система. Она предполагает, что за все потребляемые ресурсы жители будут платить по факту. То есть ровно за то количество, которое они потребляют.

Что касается вентиляции, то к ней на основе теплоэнергетического анализа установлены следующие требования:

- Вентиляция – один из основных факторов, влияющих на комфорт проживания собственников квартир. Так как неблагоприятный тепло-влажностный режим может вызывать различные заболевания в переходные сезоны (весна/осень);

- В ряде случаев расход тепла на вентиляцию превышает трансмиссионные теплопотери;

- Режим эксплуатации квартир требует широкого диапазона воздухообмена, в зависимости от помещения, а также времени суток;

- Механические системы вентиляции с центральной разводкой не надежны, так как их сложнее регулировать, и проектировщики часто завышают воздухообмены;

- Система воздухообмена и вентиляции непосредственно связана с защитой дома от городского шума, а также от шума генерируемого самой вентиляцией.

### Характеристики и сравнение

В таблице 3 приведены показатели эффективности дома в сравнении с требованиями МГСН 2.01-99.

Таблица 3

#### Характеристики энергоэффективности дома на Красностуденческом пр. 6

№ п/п	Характеристика	Дом на Красностуденческом проспекте, 6	МГСН 2.01-99
1	Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, м <sup>2</sup> *°С/Вт: – стен – окон – покрытия	3,33 0,61 4,78	3,16 0,54 4,71
2	Отношение поверхности окон к поверхности стен, включая окна:	0,17	0,18
3	Показатель компактности здания	0,19	0,25
4	Удельный расход тепловой энергии системами отопления и вентиляции, кВт*ч/м <sup>2</sup> за отопительный период	67/58*	95

На основе анализа таблицы можно сделать вывод о том, что дом может экономить до 30 % тепловой энергии, а при регулировке системы вентиляции даже до 40 %. Необходимо следить за тем, чтобы в период ремонтных работ жильцы дома не пытались как-то реконструировать систему.

### **Выводы**

Мероприятия по достижению энергоэффективности в различных сериях домов иногда достигает значений в 59 %. За счет возможности регулировать воздухообмен мы можем обеспечить комфорт для жителей домов.

Также экономия энергии позволяет нам наносить меньший вред экологии, за счет уменьшения выбросов углерода в атмосферу.

Из-за применения мер для повышения энергосбережения у нас появляются свободные энергогенерирующие мощности, в результате дому не требуются какие-либо дополнительные мощности на ввод зданий в эксплуатацию.

Также, проведенное в 2008–2009 гг. обследование тепло- и энергопотребления здания в отопительный сезон показало экономию этих ресурсов на 43 %.

### **Литература**

1. *Ливчак В. И., Табунчиков Ю. А.* Экспресс-энергоаудит теплопотребления жилых зданий: особенности проведения // Энергосбережение. 2009. № 2.
2. *Табунчиков Ю. А., Ливчак В. И., Гагарин В. Г., Шилкин Н. В.* Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий // АВОК. 2009. № 5.
3. *Дмитриев А. Н., Ковалев И. Н., Табунчиков Ю. А., Шилкин Н. В.* Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия // АВОК-ПРЕСС, 2005.
4. *Наумов А. Л., Агафонова И. А., Иванихина Л. В.* Инженерные системы энергоэффективного жилого дома // АВОК. 2003. № 8.
5. *Наумов А. Л., Шилкин Н. В.* Многоэтажное здание в Москве в Красностуденческом проезде // АВОК. 2016. № 8



## ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ ЗДАНИЙ: МЕТОДЫ АНАЛИЗА

### ENERGY CONSUMPTION OF BUILDINGS: METHODS OF ANALYSIS

В данной статье рассматриваются методы анализа энергопотребления зданий, а также проведение оценки энергоэффективности и определения класса энергетической эффективности здания. Рассказывается о Приложении 53 Международного энергетического агентства и его основные задачи. Приводятся примеры классификации домов согласно приказам Российской Федерации и рассматривается европейская классификация.

*Ключевые слова:* энергосбережение, энергия, класс энергетической эффективности, энергоэффективность зданий.

This article discusses methods for analyzing energy consumption of buildings, as well as evaluating energy efficiency and determining the energy efficiency class of a building. It describes Annex 53 of the International energy Agency and its main tasks. Examples of classification of houses according to the orders of the Russian Federation are given and the European classification is considered.

*Keywords:* energy saving, energy, energy efficiency class, energy efficiency of buildings.

В результате мирового экономического кризиса 1974 года и осознания человечеством ценности энергоресурсов, в 70-х годах XX века в строительстве стала популяризироваться идея энергоэффективного строительства. Все это было связано с неоднородностью развития строительных технологий, относящихся к ограждающим конструкциям.

Современные исследования в этой области чаще сконцентрированы на энергопотреблении зданий, не беря во внимание жизненный цикл здания и то, какое влияние на энергопотребление могут оказывать люди из-за того, что данная область еще мало изучена. Широкий и подробный анализ мог бы позволить, как минимум облегчить решение этой проблемы, а также выявить новые способы для экономии энергии. Однако, отсутствие какого-либо общего метода исследования может препятствовать осуществлению анализа.

В решении этой проблемы может помочь Международное энергетическое агентство (IEA), в обязанности которого входят исследования в области энергопотребления. Также агентство способствует популяризации проблем, связанных с энергетической эффективностью зданий и сооружений. Этим целям служим Приложение 53 «Полное энергопотребление зданий – методы анализа и оценки».

С его помощью мы можем:

1. Давать точные термины с точки зрения энергопотребления и факторов, оказывающих влияние на энергетическое потребление зданий.
2. Узнавать о существующих, способах количественной оценки влияния поведения пользователей на потребление энергии.
3. Просматривать базу данных потребления энергии и факторах воздействия для существующих моделей зданий.
4. Методы и приемы контроля общего энергопотребления в зданиях.

5. Составлять модель национальных и региональных энергоданных для зданий с учетом поведения пользователей, на основе собранной статистики.

6. Составлять методики общего энергопотребления в зданиях и давать оценку воздействия политики и методов энергосбережения.

### Термины в области энергопотребления и факторы, влияющие на энергоэффективность

Когда мы проводим анализ факторов, влияющих на фактическое использование энергии, мы сталкиваемся с такой проблемой как неточность или несоответствие терминологии.

Для этого выработаны точные определения, которые затрагивали энергетические пределы (границы) зданий, типологию факторов энергопотребления, а также показатели энергетической эффективности здания.

Существуют три энергетических предела (границы) зданий:

1. Энергия, поддерживающая требуемые параметры воздуха в здании;
2. Энергия, для функционирования инженерных систем здания, а также от альтернативных источников энергии внутри самого здания;
3. Энергия от централизованных и/или районных источников тепла.

Также эти границы при необходимости могут комбинироваться между собой.

Показатели энергоэффективности могут определяться тремя способами, которые могут помочь показать энергопотребление. Для определения факторов влияния была составлена типология, имеющая три уровня: простой, промежуточный и сложный. Простой уровень – крупномасштабный/широкий и не подробный анализ, промежуточный для исследования конкретных ситуаций и сложный для общего моделирования или подробного анализа. Ниже приведена таблица, в которой различные факторы воздействия распределены по уровням.

Таблица 1

#### Трехуровневая типология факторов для жилых и офисных зданий

Уровень	Данные по энергопотреблению	Категории факторов воздействия			
		I	II	III	IV
Простой	Ежегодно/ ежемесячно	Климат. Ограждающие конструкции здания и прочие характеристики. Служебные и энергетические системы здания	Эксплуатация здания	–	Косвенные факторы
Промежуточный	Ежемесячно/ ежедневно	Те же категории, что и на простом уровне, но более глубоко	Эксплуатация здания.	Поведение пользователей	Косвенные факторы
Сложный	Ежедневно/ ежечасно		Качество внутренней среды		

В таблице показаны различные факторы, разбитые по четырем категориям, а также в зависимости от уровня влияния. Встречаются как какие-то общие качества, так и узконаправленные конкретные, которые меняются и уточняются при переходе от простого уровня к сложному.

### **Поведение пользователей и энергопотребление**

Поведение пользователей может влиять на энергопотребление зданий. Чтобы доказать это, нам необходимо определить факторы, которые напрямую зависят поведения пользователя. Это какие-либо действия или эмоциональные реакции на внешние и внутренние раздражители в условиях окружающей среды. Получив эти данные, мы сможем смоделировать энергопотребление и проследить степень влияния пользователей на него.

Проще всего проследить влияние пользователей на энергопотребление на примере использования искусственного освещения в офисных зданиях. Например, использование осветительных приборов в офисных зданиях Китая и Норвегии мало зависит от уровня естественного освещения. Так как обычно сотрудники всегда используют искусственный свет в рабочее время. Исследования в этой области показывают, что более 80 % осветительных приборов используются с 10:00 до 17:00 и всего 20 % во вне рабочее время.

Важной характеристикой при исследовании энергопотребления в жилых зданиях является график времени присутствия людей в помещениях. На основании этого графика, а также результатов опроса жителей можно выделить три категории энергопотребления: «режим энергосбережения», «нормальный режим», а также «режим перерасхода энергии». Как итог, уменьшение времени работы внутридомовых систем в соответствии с категориями энергопотребления может снизить потребление энергии на 40–46 %.

### **Оценка энергоэффективности**

Для повышения эффективности использования моделирования энергопотребления здания были разработаны методики, которые учитывают жизненный цикл здания. Все эти методики дополняют основные инструменты при моделировании энергопотребления, например, можно провести анализ чувствительности или вероятности, также может быть проведена калибровка данных для их уточнения и адаптации под конкретные случаи. Также эти методы позволяют проводить более точный и реальный учет влияния поведения людей на энергопотребление.

Ниже представлены основные области применения моделирования энергопотребления зданий:

- Для установления причинно-следственных связей между факторами, оказывающими воздействие на энергоэффективность;
- Формирование модели, показывающей энергоэффективность здания через основные параметры. Параметрам можно присваивать конкретные значения или же диапазон.
- Моделирование при помощи метода «Монте-Карло».

Если говорить о Российской Федерации, то 21 августа 2016 года был принят приказ Министерства строительства и ЖКХ № 399/пр «Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов». В нем установлена последовательность и правила присвоения многоквартирным домам классов энергоэффективности, а также базовые нормы удельного годового расхода энергоресурсов, учитывающих отопление, вентиляцию и водоснабжение.

Класс энергоэффективности назначается зданию согласно величине отклонения удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня. И не назначается, если в доме не имеется общедомовых приборов учета, также не могут быть назначены классы энергетической эффективности A++/A+/A, если дом не имеет собственного теплового пункта с функцией автоматического регулирования температуры теплоносителя в зависимости от температуры окружающей среды, а также энергосберегающего (светодиодного) освещения общественных мест и отдельных измерительных приборов.

Ниже дана таблица обозначения классов, данных в приказе.

Таблица 2

### Классы энергетической эффективности

Обозначение класса энергетической эффективности	Наименование класса	Величина отклонения фактического значения от базового, %
A++	Высочайший	-60 включительно и менее
A+	Высочайший	От -50 включительно до -60
A	Очень высокий	От -40 включительно до -50
B	Высокий	От -30 включительно до -40
C	Повышенный	От -15 включительно до -30
D	Нормальный	От 0 включительно до -15
E	Пониженный	От +25 включительно до 0
F	Низкий	От +50 включительно до +25
G	Очень низкий	Более +50

В документе сказано, что после процедуры установления класса энергетической эффективности, на доме должна быть закреплена табличка с указанием присвоенного класса. На ней дается минимальная информация о присвоенном доме классе, более подробная же информация может быть размещена внутри подъездов на информационных стендах.

В Европе же существует своя классификация зданий в зависимости от уровня их энергетической эффективности. Так, старое строение имеет годовой расход, равный 300 кВтч/м<sup>3</sup>\*год, типовые дома 1970-х и 1980-х годов постройки – 200 и 150 кВтч/м<sup>3</sup>\*год соответственно. В 1990-х годах появились дома так называемого низкого энергопотребления, они расходуют от 0 до 70 кВтч/м<sup>3</sup>\*год. Дом с ультранизким потреблением расходует от 15 до 30 кВтч/м<sup>3</sup>\*год. А дома построенные по технологии «пассивного дома» потребляют меньше 15 кВтч/м<sup>3</sup>\*год. Но стоит отметить, что в Европе также принята система классов энергетической эффективности от A++ до G.

### Выводы

Если говорить о Приложении 53, разработанным Международным энергетическим агентством, то можно сделать вывод о полезности его использования. Приложение позволяет понять сделать прогноз возможности мер по улучшению энергоэффективности зданий. Указанные в нем определения, разработаны как для офисных, так и для жилых зданий. Все это может быть использовано как основа для создания общей базы данных

для исследования и анализа энергоэффективности зданий в разных странах, а также для оценки влияния пользователей и разработки новых методов по улучшению энергоэффективности.

Совместно с Приказом № 399/пр появляется понимание о реальной энергоэффективности зданий в контексте оценки и разработки новых мер и новых энергосберегающих технологий. Также предоставляется возможность для разработки энергосберегающих технологий, учитывающих факторы влияния пользователей на энергопотребление, а также для прогнозирования энергопотребления в новых зданиях.

### Литература

1. International Energy Agency, Programme on Energy in Buildings and Communities, Total Energy Use in Buildings: Analysis and Evaluation Methods, Final report of Annex 53, 2014. 11.
2. ISO 12655 Energy performance of buildings – Presentation of real energy use of buildings. 2013.
3. E3Portal Information for the building energy management in municipalities/ <http://e3portal.vtt.fi/>
4. Приказ Министерства строительства и ЖКХ №399/пр «Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».
5. Правила определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов // АВОК. 2016. № 7. С. 32–35.
6. *Shuqin Chen, Hiroshi Yoshino*. Энергопотребление зданий: методы анализа // АВОК. 2014. № 8, С. 34–38.
7. *Shuqin Chen, Hiroshi Yoshino*. Энергопотребление зданий: методы анализа // АВОК. 2015. № 1, С. 56–60.
8. *Бродач М. М., Ливчак В. И.* Здание с близким к нулевому энергетическим балансом// АВОК. 2011. № 5., С. 5–8.
9. *Табунщиков Ю. А.* Энергосбережение и энергоэффективность – мировая проблема предельной полезности // Энергосбережение. 2010. № 6.
10. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.



УДК 621.644

Анастасия Маратовна Хамедзянова,  
магистрант  
Гела Духунаевич Макаридзе,  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: khamedzyanova@gmail.com

Anastasiia Maratovna Khamedzyanova,  
undergraduate  
Gela Duchunaevich Makaridze,  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: khamedzyanova@gmail.com

## АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ С КОМБИНИРОВАННЫМ ПОДХОДОМ К ГОРИЗОНТАЛЬНО-НАПРАВЛЕННОМУ БУРЕНИЮ

### ANALYSIS OF EQUIPMENT WITH A COMBINED APPROACH TO HORIZONTAL-DIRECTIONAL DRILLING

В данной статье рассмотрено оборудование немецкой компании «*MTS Perforator*», которая продолжает 100-летние традиции такого производителя, как «*Schmidt, Kranz Group (SK)*», начавший строительство горных и туннельных систем в 19 веке.

Рассмотренное оборудование показывает, как при комбинированном подходе к прокладке трубопроводов бестраншейным способом можно достигать целей при различных гидрогеологических условиях, а также при условиях тесной городской застройки и в тех случаях, когда необходимо максимальная точность соблюдения проектных отметок при устройстве подземных инженерных коммуникаций без возможности ведения раскопок траншей.

*Ключевые слова:* комбинированный метод бестраншейных технологий, горизонтально-направленное бурение, горизонтально-шнековое бурение, управляемое шнековое бурение.

This article describes the equipment of the German company «*MTS Perforator*» which continues the 100-year-old tradition of such a manufacturer as the «*Schmidt, Kranz Group (SK)*», which began the construction of mining and tunnel systems in the 19th century.

«*MTS Perforator*» in its equipment combines the time-tested trenchless methods of laying tunnels and wells of large and small diameters with innovative developments that increase accuracy and efficiency when laying underground utilities, as well as solve environmental problems and save resources.

The equipment under consideration shows how, with a combined approach to laying pipelines using a trenchless method, it is possible to achieve goals under various hydrogeological conditions, as well as under conditions of close urban development and in cases where maximum accuracy is required to comply with design marks when constructing underground utilities without the possibility of excavating trenches.

*Keywords:* combined method of trenchless technologies, horizontal directional drilling, horizontal screw drilling, guided auger drilling.

**Управляемое шнековое бурение** – трехступенчатый метод, включающий в себя последовательность направляющих штанг, управление которыми происходит непосредственно во время процесса проходки, а направление контролируется с проектной точностью.

Данный метод позволяет вводить бентонит в разбуренное отверстие с целью закрепления грунта и предотвращения дальнейшего его обрушения.

Управляемое шнековое бурение возможно применять при прокладке коммуникаций ниже уровня грунтовых вод с использованием не вращающихся наружных оболочек. [1]

После проходки скважины пилотные штанги заменяются на стальные кожухи многооразового использования, в которые загоняют трубы. Подробное описание процесса по шагам описано ниже.

### 1. Устройство пилотной скважины

На первом этапе цепочка из направляющих штанг устанавливается путем бурения грунта рулевой бурильной головкой, которая наводится на определенную цель.

Позиционирование бурильной головки осуществляется при помощи оптико-электронной навигационной системы *Perfocam-Nova* через центральную ось направляющей штанги.

Применяемая навигационная система позволяет выводить бурильную головку направляющей штанги в проектное положение с максимальной точностью. На рис. 1 представлен 1 этап работы управляемого шнекового оборудования.

### 2. Расширение скважины

На данном этапе работ для расширения скважины используется устройство, соответствующее условиям грунта.

Расширитель подключается к проложенной в грунте цепочке направляющих штанг.

К расширителю крепится цепочка из кожухов для будущего трубопровода. На рис. 2 представлен 2 этап работы управляемого шнекового оборудования.

### 3. Устройство трубы с одновременным удалением кожухов.

После этапа расширения скважины, начинается этап устройства трубопровода с одновременным удалением кожухов. На рис. 3 представлен 3 этап работы управляемого шнекового оборудования.

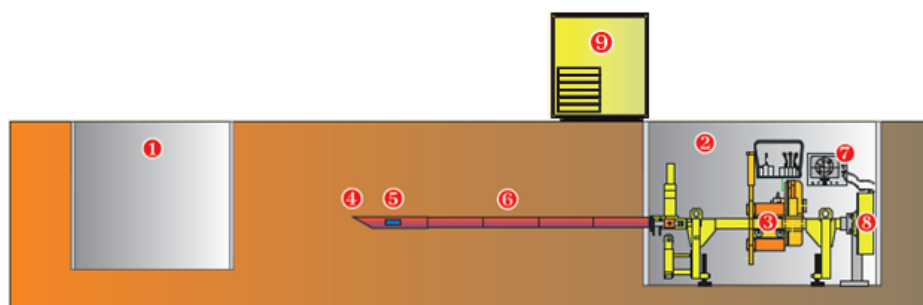


Рис. 1. Первый этап работы управляемого шнекового оборудования:

- 1 – принимающий котлован; 2 – стартовый котлован; 3 – сверлильный станок;
- 4 – рулевая головка; 5 – мишень навигационной системы; 6 – пилотная штанга;
- 7 – монитор навигационной системы; 8 – камера навигационной системы;
- 9 – гидравлический блок питания

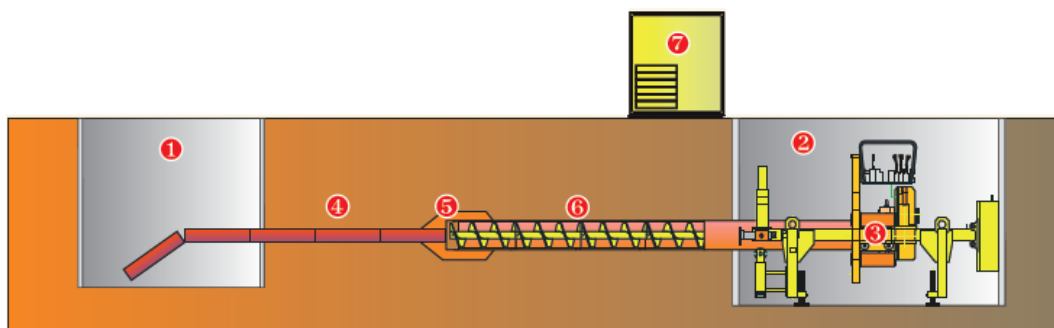


Рис. 2. Второй этап работы управляемого шнекового оборудования:

- 1 – принимающий котлован; 2 – стартовый котлован; 3 – сверлильный станок;
- 4 – рулевая головка; 5 – расширитель; 6 – шнек;
- 7 – гидравлический блок питания

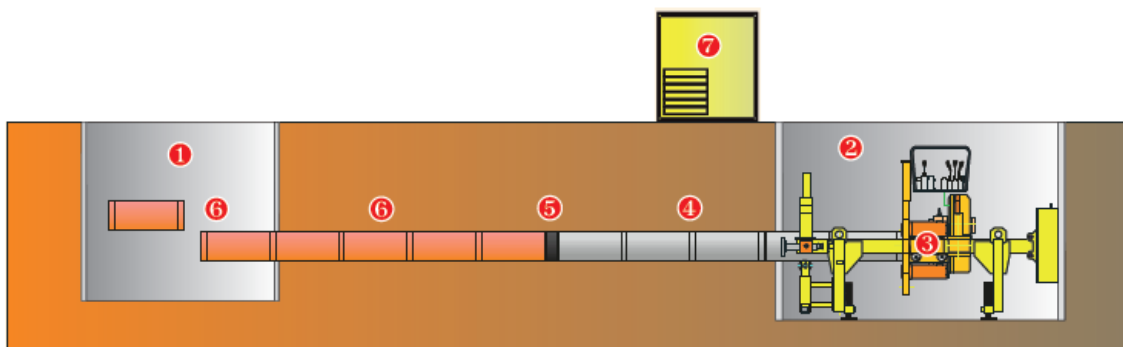


Рис. 3. Третий этап работы управляемого шнекового оборудования  
 1 – принимающий котлован; 2 – стартовый котлован; 3 – сверлильный станок;  
 4 – устанавливаемый трубопровод; 5 – адаптер-соединитель; 6 – кожухи;  
 7 – гидравлический блок питания

**Управляемая прокладка полиэтиленовых труб** может быть выполнена классическим методом горизонтально-направленного бурения с применением расширителя и бентонита.

При данном способе используется оптико-навигационная система для точного наведения бурильной головки вдоль проектной линии и с требуемым уклоном с последующей установкой пилотных штанг.

На рис. 4 представлен этапы работы при монтаже полиэтиленовой трубы методом горизонтально-направленного бурения с завинчиванием пилотных штанг.

В правой части рис. 4 отображен 1 этап работы, а именно пилотирование направляющих штанг при помощи навигационной системы в направлении принимающего котлована.

В левой части рис. 4 отображен 2 этап работы – расширение пилотной скважины задним расширителем в направлении стартового котлована по точной заданной траектории.

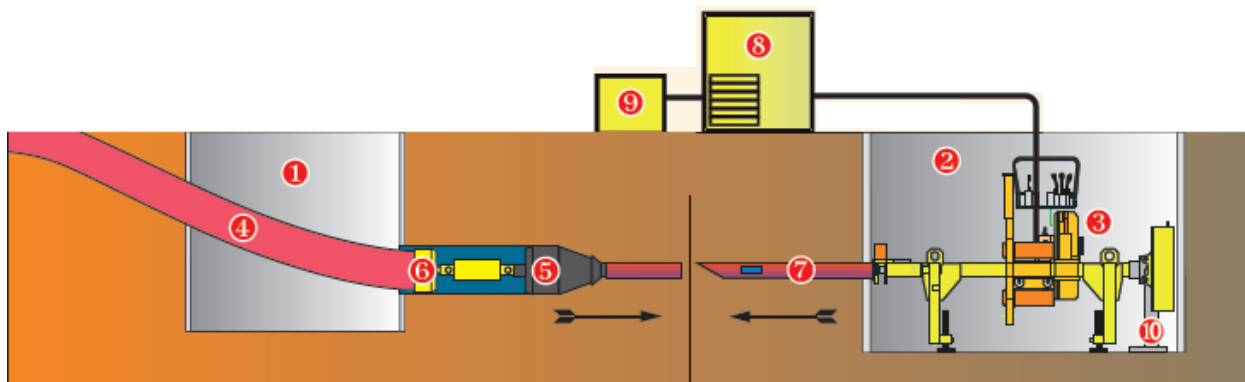


Рис. 4. Этапы работы при монтаже полиэтиленовой трубы методом горизонтально-направленного бурения с завинчиванием пилотных штанг:  
 1 – принимающий котлован; 2 – стартовый котлован; 3 – сверлильный станок;  
 4 – устанавливаемый трубопровод; 5 – задний расширитель с поворотным устройством;  
 6 – буксирная головка; 7 – пилотные штанги; 8 – гидравлический блок питания;  
 9 – система смешивания бентонита; 10 – оптико-навигационная система

**Вертикальное и горизонтально-вертикальное комбинированное рулевое управление бурения** – данный метод позволяет прокладывать трубопроводы в проектом направлении диаметром от 500 до 1200 мм в рыхлых грунтах и твердой породе.

При вертикальном рулевом бурении возможно управление положения трубы только в вертикальной плоскости при помощи датчиков наклона и гидростатических выравнивающих устройств.

При горизонтально-вертикальном комбинированном управлении бурения используется оптико-навигационная система в сочетании с датчиком наклона и угла, которые при совместной работе позволяют контролировать направление бурения как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. На рис. 5 представлен этап работы при вертикальном и горизонтально-вертикальном комбинированном управлении бурения [1].

**Активный расширитель с прямым приводом** – в данном методе блок активного расширителя подключается к предварительно установленным стальным кожухам, внутри которых находятся шнеки.

Затем к блоку активного расширителя присоединяют трубы будущего трубопровода в то время, как по мере продвижения начального шнека расширяется скважина и весь отработанный грунт транспортируется по шнеку в принимающий котлован. При данном способе возможно расширение и устройство трубопровод с номинальным диаметром до 1200 мм. На рис. 6 представлен этап работы при использовании активного расширителя с прямым приводом.

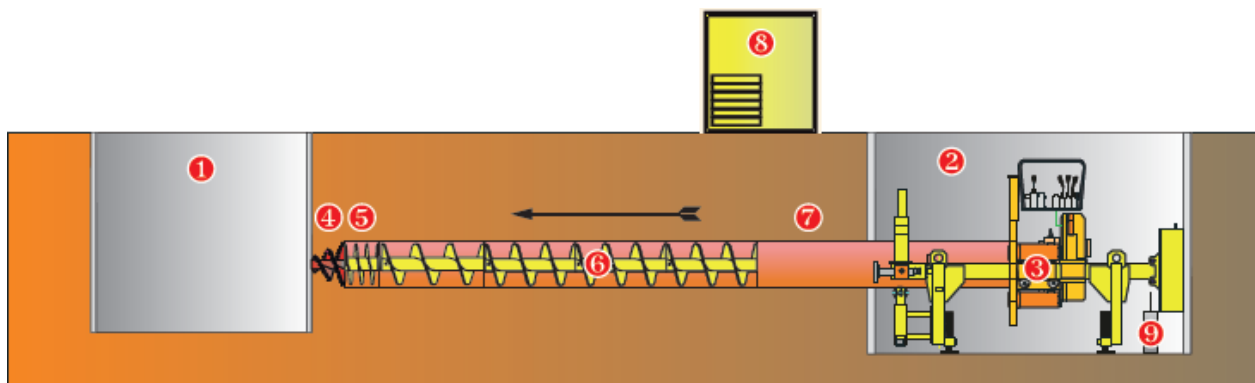


Рис. 5. Этап работы при вертикальном и горизонтально-вертикальном комбинированном управлении бурения:

1 – принимающий котлован; 2 – стартовый котлован; 3 – сверлильный станок; 4 – фреза со стартовым шнеком; 5 – устройство управления трубой; 6 – шнек; 7 – защитный стальной кожух; 8 – гидравлический блок питания; 9 – система контроля вертикального управления руления

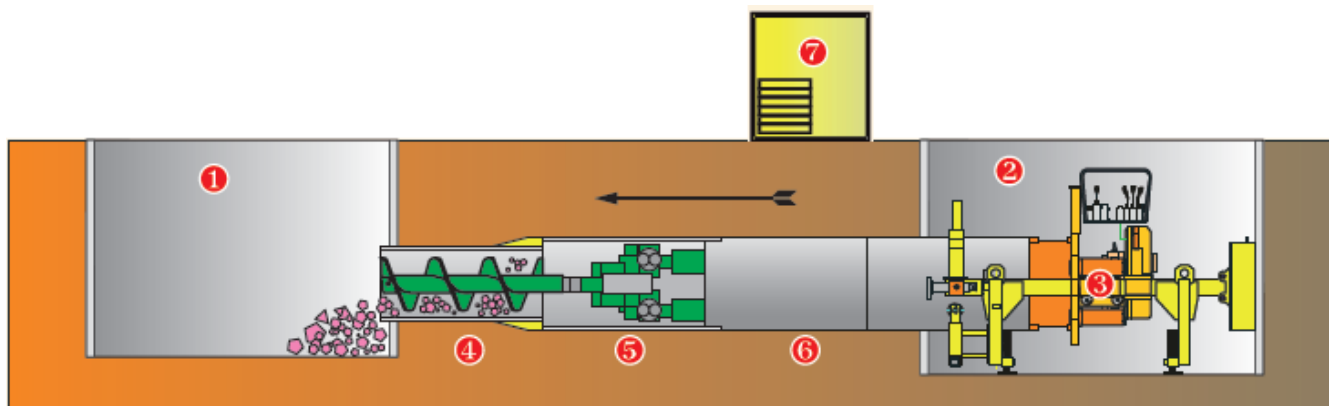


Рис. 6. Этап работы при использовании активного расширителя с прямым приводом:  
1 – принимающий котлован; 2 – стартовый котлован; 3 – сверлильный станок; 4 – шнек; 5 – блок активного расширителя; 6 – трубопровод; 7 – гидравлический блок питания

**Оптико-электронная навигационная система «Perforcam – Nova»** используется для всех операций при пилотировании и контроле трубы в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Система состоит из:

- оптической цели для наведения
- камеры с элементом зарядовой связи
- монитора для регистрации данных движения
- системы измерения расстояния
- GPS приемника
- ряда кабелей питания.

Направление и угол наклона камеры и сверлильного блока устанавливаются в соответствии с требованиями проекта.

Во время работы установки ведется контроль за соблюдением требуемых параметров направления и угла скважины.

Регулировка данных параметров производится при помощи оптической цели, расположенной в буровой головке.

Все данные по рулевому управлению записываются и хранятся в регистраторе данных. Все параметры и операции хранятся в регистраторе в виде изображений.

Данные регистрируются каждые 10 сек или каждые 10 см проходки наклонной скважины.

Запись и хранение данных позволяют в дальнейшем использовать их в качестве исполнительной документации, что упрощает процесс сдачи выполненной работы заказчику.

**Измерительная система «Perfordat PBA»** предназначена для регистрации расстояний проложенного трубопровода и сил подъема, которые были приложены к устанавливаемому трубопроводу. [2]

Информация по приложенным усилиям подъема поступает через датчик давления, установленный над напорным цилиндром установки.

Измерения расстояния проложенного трубопровода обеспечиваются с помощью измерительного колеса с вращающимся измерителем скорости.

Усилие подъема регистрируется и сохраняется с помощью регистратора данных. При превышении допустимого давления запускается оптический или акустический сигнал.

Значения измерений представлены таким образом, что могут быть задокументированы после завершения работы.

На рис. 7 представлена измерительная система «Perfordat PBA».



Рис. 7. Измерительная система «Perfordat PBA»

**Расширители** устанавливаются при работе на легко разрабатываемых типах грунтов. Используемый тип расширителя зависит от пробуренной пилотной скважины с на-



правляющими штангами и предназначен для установки и привода кожухов с резцами и шнеками внутри них. [3]

В случаях, когда требуется больший диаметр, используются дополнительные промежуточные расширители.

На сегодняшний день не существует метода бестраншейной прокладки, который бы отвечал всем факторам, сопровождающих строительство инженерных систем, но есть оборудование и инструменты, которые позволяют с применением комбинированных приемов бестраншейной прокладки коммуникаций повысить эффективность, результативность и точность проведения работ. «*MTS Perforator*» в своем оборудовании объединяет проверенные временем бестраншейные методы прокладки тоннелей и скважин большого и малого диаметра с инновационными разработками, которые позволяют увеличить точность и эффективность при прокладке подземных инженерных коммуникаций, а также решают проблемы экологического характера и экономят ресурсы.

### Литература

1. Horizontal Thrust Boring Machines URL: <https://www.mtsperforator.de/en/products/thrust-boring-machines.html> (дата обращения: 24.03.2020).

2. Thrust boring technology PBA 95 URL: <https://www.mtsperforator.de/en/references/references-europe.html> (дата обращения: 24.03.2020).

3. Augers & cutters URL: <https://www.mtsperforator.de/en/products/augers-cutters.html> (дата обращения 24.03.2020).

4. О новых достижениях в области бестраншейных технологий URL: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-340303.html> (дата обращения 24.03.2019).

5. Бабина Л. А., Шутова О. А. Исследование применимости закрытого способа прокладки инженерных коммуникаций // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2018. Т. 1. С. 395–401.

6. Супонев В. Н., Вивчар С. М., Балесный С. П. Тенденции развития технологий и оборудования для бестраншейной прокладки подземных коммуникаций в городских условиях // Научные вести Далековского университета. 2017. № 12. С. – 8 с.

**УДК 699.86**

*Антонина Фёдоровна Юдина,*  
д-р техн. наук, профессор  
*Элеонора Сергеевна Головина,* магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: yudinaantonina2017@mail.ru,*  
*golovina.es26@gmail.com*

*Antonina Fedorovna Yudina,*  
Dr. Sci. Tech., Professor  
*Eleonora Sergeevna Golovina,* undergraduate  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: yudinaantonina2017@mail.ru,*  
*golovina.es26@gmail.com*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

### **OPTIMIZATION OF DATA SELECTION TO ENSURE THE THERMOPHYSICAL CHARACTERISTICS OF BUILDING ENVELOPES**

Обсуждается возможность создания алгоритма, воспроизводимого языком программирования *JavaScript*, для подбора исходных данных, которые оказывают влияние на теплофизические характеристики материалов ограждающей конструкции. В результате была разработана часть алгоритма, отвечающая за определение влажностных условий эксплуатации ограждающих конструкций. Для установления условий эксплуатации были задействованы температура внутреннего воздуха и относительная влажность внутреннего воздуха. Часть данных, которые получены посредством автоматизированного извлечения из массива, сформированного на базе нормативных документов и включающего данные температур наружного воздуха, представлены в виде диаграммы, построенной и визуализированной с помощью подключения библиотеки *Google Chart API*.

*Ключевые слова:* *HTML, JavaScript, CSS*, тепловая защита здания, микроклимат помещения, температура внутреннего воздуха, относительная влажность, влажностный режим, условия эксплуатации ограждающих конструкций.

The article discusses the possibility of creating an algorithm reproduced by the *JavaScript* programming language to select the source data that affect the thermophysical characteristics of the materials of the building envelope. As a result, part of the algorithm was developed, which is responsible for determining the humidity conditions of operation of building envelopes. Indoor air temperature and relative humidity are used to establish operating conditions. Some of the data that was obtained by automated extraction from an array generated on the basis of regulatory documents and including data on outdoor temperatures is presented in the form of a diagram constructed and visualized using the *Google Chart API* library.

*Keywords:* *HTML, JavaScript, CSS*, thermal protection of building, indoor climate, indoor air temperature, relative humidity, humidity mode, building envelope operating conditions.

В современном мире компьютеры и гаджеты занимают не последнее место, и спектр применения таких сложных устройств расширился намного сильнее с появлением интернета. Возможности технических средств сегодня позволяют не только оперировать большим количеством чисел, но и реализовывать сложные сценарии, сформулированные языками программирования. А наличие браузера практически на каждом из устройств, позволяет использовать их в качестве среды, реализующей логические и вы-

числительные операции, благодаря веб-технологиям. Выполнение алгоритмов и расчетов на страницах браузера в отличие от специализированных программ расширяет границы для пользователей с разными операционными системами. Выполнение требуемых инструкций в браузере позволяет добиться язык программирования *JavaScript*, что делает возможным его применение и для сферы строительства, которая имеет необходимость осуществления расчетов. Актуальность темы исследования заключается в практической ценности написанного кода, который помогает познакомить широкий круг людей с вычислениями параметров ограждения, решая вопрос тепловой защиты здания.

Цель работы – оптимизировать процесс получения исходных данных, входящих в систему расчета при участии теплофизических характеристик ограждения.

К задачам исследования относятся:

- написание части алгоритма, отвечающего за определение влажностных условий эксплуатации ограждающих конструкций, на языке *JavaScript*.

формирование рабочей области на основе написания кода посредством языка разметки *HTML*.

- создание визуального отображения страницы с помощью языка стилей *CSS*.

В качестве метода решения задач используется текстовый редактор *Notepad++*, в котором прописываются все инструкции для выполнения на странице. Значения из массива приводятся частично для рационального распределения объема статьи. Формирование поля для выполнения необходимых алгоритмов происходит благодаря подключению к файлу формата *.html* других с форматом *.css* и *.js*. Страница в браузере (см. рис. 1, рис. 5, рис. 6) для осуществления подбора исходных параметров образована с помощью языка разметки *HTML*, который создает элементы на странице, а за их форму, цвет и расположение отвечает *CSS*. Основополагающим является файл *middleTemp.js*, в котором содержится сценарий кода, вмещающий различные переменные, функции, логические типы данных, команды проверки условий и числовые значения. *JavaScript* может добавлять новый *HTML*-код на страницу, изменять существующее содержимое, модифицировать стили [1].

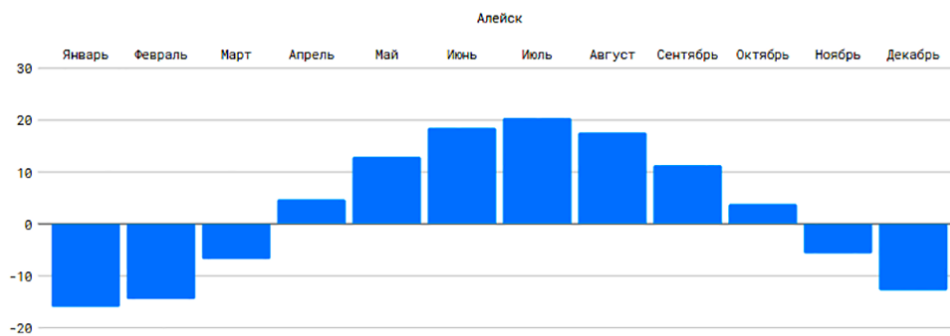
Итак, рассмотрим более детально операции, осуществляемые сценарием, при введении исходных данных на примере города Алейска (рис. 1). При выборе города появляются данные из массива (рис. 2), заданного переменной *middleTemp*. Переменные – это участки памяти, используемые программой для хранения данных [2]. Вводится переменная встроенным ключевым словом *var*, т.е. *var middleTemp* сохраняет в себе значения (см. строку 1 на рис. 2). На рис. 1 голубым цветом указаны появляющиеся значения.

В массиве каждая позиция имеет свой индекс, благодаря чему можно обратиться к конкретному числу. На позиции с индексом 0 находится город, индексы с 1 по 12 – это средние месячные температуры; индекс 13 – абсолютно минимальная температура воздуха; 14 – средняя наиболее холодной пятидневки; 15, 16 – средние температуры отопительного периода; 17, 18, 19 – продолжительность периодов в сутках.

### Температура воздуха, °C:

абсолютно минимальная **-47**  
средняя наиболее холодной пятидневки **-35**  
средняя температура отопительного периода(8 ≤°C) **-7.4**  
средняя температура отопительного периода(10 ≤°C) **-6.3**

Средняя месячная температура в градусах Цельсия  
СП 131.13330.2018



### Продолжительность периода, сут. :

влажнакопительного **160**  
отопительного(8 ≤°C) **209**  
отопительного(10 ≤°C) **225**

Рис. 1. Отображение данных из массива на web-странице

```
F:\магистратура\коды\js\middleTemp.js - Notepad++
Файл Правка Поиск Вид Кодировки Синтаксисы Опции Инструменты Макросы Запуск Плагины Вкладки ?
test.html contextMenu.xml JavaScriptiff.html lerpla.js battleship.js code.js middleTemp.js consoleMassive.html basic.html страница.html mobile.css сайнса.css bigp
1 var middleTemp=[
2   ['Майкоп', -0.1, 0.9, 5.4, 11.9, 16.4, 20.1, 22.9, 22.5, 17.7, 11.8, 6.4, 1.9, -34, -17, 2.5, 3.3, 32, 146, 166],
3   ['Алейск', -16.1, -14.6, -6.9, 4.8, 13.0, 18.6, 20.5, 17.7, 11.4, 3.9, -5.8, -12.9, -47, -35, -7.4, -6.3, 160, 209, 225],
4   ['Барнаул', -16.4, -14.7, -6.9, 4.0, 12.2, 17.9, 19.8, 17.0, 10.9, 3.4, -6.5, -13.5, -52, -36, -7.5, -6.3, 163, 214, 231],
```

Рис. 2. Начало массива из значений температур, продолжительностей отопительных периодов

Построение диаграммы осуществлено с помощью подключения *Google Chart*. Которая берет значения из массива *middleTemp* и вставляет в свой собственный – строки с 388 по 400 на рис. 3. Предварительно массив подвергается сортировке функцией *alf\_Function* строка 220 (рис. 4), чтобы в выпадающем списке населенные пункты были в алфавитном порядке т.к. изначально города в массиве расположены также, как в таблицах 3.1 и 5.1 из СП 131.13330.2018 [3]. Выпадающий список – это подходящий способ для представления значений в алфавитном порядке [4].

С помощью циклов реализуется перебор значений по всей длине массива – строка 224 (см. рис. 4).

```

384 google.charts.load('current', {'packages':['bar']});
385 google.charts.setOnLoadCallback(drawStuff);
386 function drawStuff() {
387     var data = new google.visualization.arrayToDataTable([
388         ['Месяц', 'Температура'],
389         ['Январь', middleTemp[middleTemp.findIndex(b_a)][1]],
390         ['Февраль', middleTemp[middleTemp.findIndex(b_a)][2]],
391         ['Март', middleTemp[middleTemp.findIndex(b_a)][3]],
392         ['Апрель', middleTemp[middleTemp.findIndex(b_a)][4]],
393         ['Май', middleTemp[middleTemp.findIndex(b_a)][5]],
394         ['Июнь', middleTemp[middleTemp.findIndex(b_a)][6]],
395         ['Июль', middleTemp[middleTemp.findIndex(b_a)][7]],
396         ['Август', middleTemp[middleTemp.findIndex(b_a)][8]],
397         ['Сентябрь', middleTemp[middleTemp.findIndex(b_a)][9]],
398         ['Октябрь', middleTemp[middleTemp.findIndex(b_a)][10]],
399         ['Ноябрь', middleTemp[middleTemp.findIndex(b_a)][11]],
400         ['Декабрь', middleTemp[middleTemp.findIndex(b_a)][12]]
401     ]);
402     var options = {
403         fontFamily:'Roboto Mono',
404         fontSize: 19,
405         width: 900,
406         legend: { position: 'none' },
407         chart: {
408             title: 'Средняя месячная температура в градусах Цельсия',
409             subtitle: 'СП 131.13330.2018' },
410         axes: {
411             x: {
412                 0: { side: 'top', label: middleTemp[middleTemp.findIndex(b_a)][0]} // Top x-axis.
413             }
414         },
415         bar: { groupWidth: "92%" },
416         colors:['#63C8FF']
417     };
418     var chart = new google.charts.Bar(document.getElementById('top_x_div'));
419     // Convert the Classic options to Material options.
420     chart.draw(data, google.charts.Bar.convertOptions(options));
421 };
422 };
423 };

```

Рис. 3. Построение диаграммы из значений средних месячных температур с помощью библиотеки *Google Chart API*

Передача значений для вывода их на странице осуществляется путем поиска нужного элемента по идентификатору и присваивания с помощью команды равенства (см. строки 227, 228 на рис. 4).

```

208 ['Сусуман', -37.2, -33.7, -24.7, -11.7, 2.8, 11.9, 14.3, 10.5, 2.4, -13.4, -29.4, -37.4, -61, -54, -19.9, -18.4, 227, 276, 291],
209 ['Йошкар-Ола', -12.1, -11.4, -4.6, 4.7, 12.0, 16.5, 18.6, 16.1, 10.3, 3.4, -3.7, -9.4, -47, -33, -4.9, -3.8, 154, 215, 232]
210 ];
211 //Сортировка по алфавиту средней месячных температур
212 function alf_Function(a,b){
213     if (a[0]>b[0])
214         return 1;
215     else if (a[0]<b[0])
216         return -1;
217     else
218         return 0;
219 }
220 middleTemp.sort(alf_Function);
221 /*проверка*/
222 //массив городов на страницу
223 var tara='';
224 for (let i=0; i<middleTemp.length; i++)
225     if (middleTemp[i][0]!==undefined) tara+=' '+ middleTemp[i][0]+'<br>';
226 }
227 var temporary=document.getElementById('temporary');
228 temporary.innerHTML=tara;
229
230 var select = document.getElementById("to_choose_city");
231
232 for(var i = 0; i < middleTemp.length; i++) {
233     var opt = middleTemp[i][0];
234     var el = document.createElement("option");
235     el.textContent = opt;
236     el.value = middleTemp[i][0];
237     select.appendChild(el);
238 }

```

Рис. 4. Функция *alf\_Function* для расстановки городов в алфавитном порядке в выпадающем списке и передача данных на страницу



Далее выбирается температура внутреннего воздуха в зависимости от типа здания и помещения (рис. 5). Выводится автоматически. В данном случае температура составляет 20 °С по ГОСТ 30494-2011[5].

### Температура внутреннего воздуха, °С:

Жилые здания и общежития / табл.1 ГОСТ 30494-2011

- Жилая комната
- Кухня
- Помещения для отдыха и учебных занятий

Детские дошкольные учреждения / табл.2 ГОСТ 30494-2011

- Групповая раздевальная для ясельных и младших групп
- Групповая раздевальная для средних и дошкольных групп
- Спальня для ясельных и младших групп
- Спальня для средних и дошкольных групп
- Кухня

Общественные и административные / табл.3 ГОСТ 30494-2011

- Люди в положении лежа или сидя в состоянии покоя и отдыха
- Люди заняты умственным трудом, учебной
- Массовое пребывание людей без уличной одежды
- Массовое пребывание людей в уличной одежде
- Массовое пребывание людей в положении стоя без уличной одежды
- Занятие подвижными видами спорта
- Раздевалки, процедурные кабинеты, кабинеты врачей
- Временное пребывание людей

Производственные / табл.1 СанПиН 2.2.4.548-96

- Незначительное физическое напряжение при работе
- Некоторое физическое напряжение в положении сидя, стоя, при ходьбе
- Постоянная ходьба, перемещение изделий до 1 кг
- Ходьба, перемещение тяжестей до 10 кг - умеренное физическое напряжение
- Постоянное перемещение, передвижение и переноска тяжестей > 10 кг - большие физические усилия

Другое

15  16  17  18  19  20  21  22  23  24  25

$t_{в} = 20^{\circ}\text{C}$

Рис. 5. Выбор температуры внутреннего воздуха

Значение относительной влажности вводится с клавиатуры (рис. 6). Проверка условия со строки 318 по 325 (рис. 7), сформулированные языком программирования из таблицы 1 [6], код выводит переменную со значением «сухой». Это означает, что выполнена проверка в строке 318, где показано, что температура попала в интервал от 12 до 24 градусов, а значение влажности не превысило 50 %. Таким образом, влажностный режим помещения определяется на основании выполнения инструкции *if*, которые имеют следующую структуру: *if* (условие) {код, выполняемый при значении *true*}. В нашем случае условие приняло результат *true*, поэтому выполнен именно этот алгоритм, а не другой.

Для получения значения условий эксплуатации следует выбрать зону влажности по карте. Карта открывается в модальном окне при нажатии на кнопку «Карта» (см. рис. 6). Далее происходит аналогичная проверка условий *if* – строки 346-360 (рис. 8), интерпретируемые языком программирования по данным таблицы 2 [6].

На рис. 9 приведена часть файла разметки на языке *HTML*, в которой можно увидеть элементы, созданные на странице и получающие значения из кода *JavaScript*, а именно элементы `<span>` с `id = otn1` и `id = usloviya` – строки 155 и 179 соответственно.

Таблица 1

**Влажностный режим помещений зданий**

Режим	Влажность внутреннего воздуха, %, при температуре, °С		
	до 12	свыше 12 до 24	свыше 24
Сухой	До 60	До 50	До 40
Нормальный	Свыше 60 до 75	Свыше 50 до 60	Свыше 40 до 50
Влажный	Свыше 75	Свыше 60 до 75	Свыше 50 до 60
Мокрый	-	Свыше 75	Свыше 60

**О**тносительная влажность воздуха, %:

[info](#)

$\Phi_B = 35\%$

**В**лажностный режим:

сухой

Зона влажности(выберите по карте)

Сухая зона(3)  Нормальная зона(2)  Влажная зона(1)

**У**словия эксплуатации:

A

Рис. 6. Выбор влажности внутреннего воздуха. Автоматическое определение влажностного режима и условий эксплуатации

Таблица 2

**Условия эксплуатации ограждающих конструкций**

Влажностный режим помещений зданий	Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности		
	сухой	нормальной	влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

```

310 var s_1="сухой";
311 var n_1="нормальный";
312 var v_1="влажный";
313 var m_1="мокрый";
314 var elPro2=Number(document.getElementById('pro').innerHTML);
315 var elPro3=Number(document.getElementById('otnvlaga').innerHTML);
316 var reGime;
317
318 if ((elPro2<24 && elPro2>=12) && (elPro3<50)) {reGime=s_1;}
319 if ((elPro2<24 && elPro2>=12) && (elPro3<60 && elPro3>=50)) {reGime=n_1;}
320 if ((elPro2<24 && elPro2>=12) && (elPro3<75 && elPro3>=60)) {reGime=v_1;}
321 if ((elPro2<24 && elPro2>=12) && (elPro3>=75)) {reGime=m_1;}
322 if (elPro2>=24 && elPro3<40) {reGime=s_1;}
323 if ((elPro2>=24) && (elPro3<50 && elPro3>=40)) {reGime=n_1;}
324 if ((elPro2>=24) && (elPro3<60 && elPro3>=50)) {reGime=v_1;}
325 if (elPro2>=24 && elPro3>=60) {reGime=m_1;}
326 document.getElementById('otn1').innerHTML=reGime;
327
328 var reGime1=document.getElementById('otn1').innerHTML;
329
330 document.vT7.onclick=function(){
331   reGime1=document.getElementById('otn1').innerHTML;
332   var radVal3 = document.vT7.tempervnytri7.value;

```

Рис. 7. Интерпретация таблицы 1 из СП 50.13330.2012 на языке *JavaScript*

```

334 var A_1="А";
335 var B_1="Б";
336 var ysLovi;
337 var s_11="сухой";
338 var n_11="нормальный";
339 var v_11="влажный";
340 var m_11="мокрый";
341
342 var t_2="15";
343 var t_3="16";
344 var t_4="17";
345
346 if (reGime1==s_11 && radVal3==t_2) {ysLovi=A_1;}
347 if (reGime1==s_11 && radVal3==t_3) {ysLovi=A_1;}
348 if (reGime1==s_11 && radVal3==t_4) {ysLovi=B_1;}
349
350 if (reGime1==n_11 && radVal3==t_2) {ysLovi=A_1;}
351 if (reGime1==n_11 && radVal3==t_3) {ysLovi=B_1;}
352 if (reGime1==n_11 && radVal3==t_4) {ysLovi=B_1;}
353
354 if (reGime1==v_11 && radVal3==t_2) {ysLovi=B_1;}
355 if (reGime1==v_11 && radVal3==t_3) {ysLovi=B_1;}
356 if (reGime1==v_11 && radVal3==t_4) {ysLovi=B_1;}
357
358 if (reGime1==m_11 && radVal3==t_2) {ysLovi=B_1;}
359 if (reGime1==m_11 && radVal3==t_3) {ysLovi=B_1;}
360 if (reGime1==m_11 && radVal3==t_4) {ysLovi=B_1;}
361 document.getElementById('ysloviya').innerHTML=ysLovi; }
362 };

```

Рис. 8. Интерпретация таблицы 2 из СП 50.13330.2012 на языке *JavaScript*

Данная работа рассматривает лишь часть целого расчета, поэтому написание дальнейших инструкций в сценарии кода *JavaScript* безусловно является совершенствованием алгоритма в общем.

Оптимизация разработанной структуры выражена в сокращении времени поиска нужных параметров из данных нормативных документов и обладает практической ценностью, а также имеет интуитивно понятное представление расчета.

Дальнейшее улучшение может быть продолжено и способно проявиться в добавлении новых переменных, циклов, операций сравнения, инструкций и универсальных

функций, способствующих рациональному подбору характеристик утеплителя, т. к. утепление является эффективным и выгодным мероприятием, позволяющим существенно сэкономить расходы [7].

```
154 <h3>Влажностный режим:</h3>
155 <div class="tem"> <span id="otn1"> </span></div>
156 <p>
157 <details>
158 <summary>Зона влажности(выберите по карте)</summary>
159 <form id="vT7" name="vT7">
160 <p>
161 <input type="radio" name="tempervnytri7" class="v3" value="15"/> Сухая зона(3)
162 <input type="radio" name="tempervnytri7" class="v3" value="16"/> Нормальная зона(2)
163 <input type="radio" name="tempervnytri7" class="v3" value="17"/> Влажная зона(1)
164 </p>
165 </form>
166 </details>
167 </p>
168 <button id="btn_modal_window"> Карта <sup>&#8623;</sup> </button>
169 <div id="my_modal" class="modal">
170 <div class="modal_content">
171 <span class="close_modal_window">×</span>
172 
173 <p>Зоны влажности</p>
174 </div>
175 </div>
176 </div>
177 <h3>Условия эксплуатации:</h3>
178 <div class="tem"> <span id="ysloviya"> </span></div>
179
```

Рис. 9. Элементы страницы, получающие значения влажностного режима и условий эксплуатации при выполнении инструкции *JavaScript*

Таким образом, автором был разработан алгоритм в виде кода, написанный на *JavaScript*, задействовавший язык разметки *HTML* и язык стилей *CSS*, который интерпретирует часть расчета в функциональные четкие операции и инструкции, позволяя точно и быстро получать необходимую информацию, которая является важной составной частью при выборе теплофизических характеристик материалов. Решение поставленных задач, представленное в формате динамичной веб-страницы, позволяет просмотреть каждый этап, что делает процесс расчета интерактивным и информативным для людей с самым разным уровнем знаний в вопросах тепловой защиты зданий благодаря простой последовательности и наглядности.

## Литература

1. Современный учебник JavaScript: [сайт]. URL: <https://learn.javascript.ru/logical-ops> (дата обращения: 24.03.2020).
2. Прохоренок Н. А. HTML, JavaScript, PHP и MySQL. Джентельменский набор Web-мастера. – 5-е изд., перераб. и доп. / Н. А. Прохоренок, В. А. Дронов. – СПб.: БВХ-Петербург, 2019. 912 с.
3. СП 131.13330.2018. Строительная климатология. Актуализированная версия «СНиП 23-01-99\*». М.: Минстрой России, 2018.
4. Goran Bidjovski, “Types of Navigation from Websites and Analyzing Their Characteristics”, International Journal of Image, Graphics and Signal Processing(IJIGSP), Vol.10, No.11, pp. 65-79, 2018. DOI: 10.5815/ijigsp.2018.11.07.
5. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Стандартинформ, 2013.
6. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная версия СНиП 23-02–2003. М.: Минрегион России, 2012.
7. Толтегина С. О., Кузин Н. Я. Утепление здания в период строительства — путь к экономии энергоресурсов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=19071> (дата обращения: 24.03.2020).

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Алина Сергеевна Аншукова</i> Применение технологии устройства монолитных перекрытий с неизвлекаемыми пустотообразователями . . . . .	3
<i>Вадим Вадимович Арнаут</i> Совершенствование технологии панельного домостроения . . . . .	9
<i>Артур Евгеньевич Артемьев</i> Сравнение технологических параметров прокладки инженерных коммуникаций методом горизонтально-направленного бурения и методом микротоннелирования. . . . .	15
<i>Дарья Сергеевна Бабаева</i> Обзор современного устройства солнечного освещения в здании . . . . .	22
<i>Екатерина Владимировна Белле</i> Совершенствование технологии кладки из мелких силикатных блоков. . . . .	32
<i>Глеб Андреевич Белов</i> Основные принципы работы системы управления охраной труда в компании SPD . . . . .	37
<i>Артем Александрович Беспалов</i> Оценка и сравнительное исследование современных теплоизоляционных систем. . . . .	42
<i>Юрий Александрович Бирюков</i> <i>Евгений Олегович Добрышкин</i> <i>Никита Владимирович Курашев</i> Планирование капитального ремонта объектов силового компонента государства . . . . .	50
<i>Наталья Игоревна Болгарева</i> <i>Олег Александрович Тимощук</i> Выбор оптимального метода монтажа сэндвич-панелей для зданий . . . . .	60
<i>Владислав Владимирович Веретенников</i> <i>Иван Николаевич Ершов</i> Организация работ нулевого цикла путем создания 4D BIM моделей . . . . .	71
<i>Иван Игоревич Гасенко</i> <i>Павел Леонидович Тимин</i> 3D-печать стен зданий полистиролбетоном . . . . .	83
<i>Валерия Игоревна Голова</i> <i>Валерия Станиславовна Сорокина</i> Практическое применение технологии <i>Jet Grouting</i> на территории Российской Федерации. Применение данной технологии в качестве распорки и противофильтрационной завесы в условиях плотной городской застройки. . . . .	90
<i>Анна Сергеевна Гончарова</i> Виды обследования и факторы, влияющие на разрушение несущих металлических конструкций, на примере балок перекрытия и косоуров лестничных маршей зданий в г. Санкт-Петербурге . . . . .	104
<i>Владислав Вадимович Григорьев</i> Вентилируемые фасады . . . . .	113
<i>Роман Владимирович Гусев</i> <i>Михаил Андреевич Абрамов</i> Ускоренное возведение монолитно-каркасных многоэтажных жилых зданий. . . . .	118
<i>Ярослав Сергеевич Демичев</i> Сухая пространственно-конструктивная система каркасно-панельного здания . . . . .	124



<i>Виктор Николаевич Денисов</i> <i>Назар Юрьевич Шатков</i> Устройство тонких теплозащитных покрытий наружных стен при текущем ремонте . . . . .	131
<i>Виктор Николаевич Денисов</i> <i>Владимир Андреевич Александров</i> Технология текущего ремонта рулонных кровель . . . . .	135
<i>Ютта Леонидовна Дик</i> Возможности BIM-технологий при разработке проекта производства работ . . . . .	139
<i>Андрей Олегович Жакевич</i> <i>Анна Алексеевна Царенко</i> Факторы, влияющие на успешность организации строительства . . . . .	144
<i>Жасарал Шахмарданович Жетруов</i> Облицовка дома из газобетона кирпичом . . . . .	152
<i>Дмитрий Андреевич Животов</i> <i>Валерий Валерьевич Латуца</i> Изучение опыта возведения геодезических куполов . . . . .	157
<i>Александр Александрович Завальнюк</i> <i>Ксения Сергеевна Попова</i> Устройство скважин грунтовых тепловых насосов . . . . .	161
<i>Елена Витальевна Занина</i> <i>Владимир Вячеславович Сокольников</i> Способы повышения организационно-технологической надежности строительства . . . . .	168
<i>Альбина Викторовна Иконникова</i> <i>Татьяна Эдуардовна Сенокопенко</i> Решение многокритериальных задач оптимизации современного строительства на примере парадокса Браесса . . . . .	172
<i>Элина Валерьевна Ишкильдина</i> Влияние технико-экономической обстановки в СССР на жилищное домостроение . . . . .	177
<i>Юрий Николаевич Казаков</i> <i>Олег Александрович Тимощук</i> <i>Антон Славикович Антаносян</i> Анализ существующих конструктивных решений крупнопанельных зданий . . . . .	182
<i>Юрий Николаевич Казаков</i> <i>Антон Славикович Антаносян</i> Многофункциональный анализ конструктивно-технологических систем возведения зданий . . . . .	188
<i>Юрий Николаевич Казаков</i> <i>Наталья Юрьевна Груша</i> <i>Олег Александрович Тимощук</i> Способ монтажа светопрозрачных куполов над дворами зданий . . . . .	193
<i>Дмитрий Сергеевич Киркин</i> Анализ энергоэффективности различных конструктивных систем при возведении многоэтажных зданий . . . . .	200
<i>Владимир Викторович Конюшков</i> <i>Николай Николаевич Олейник</i> <i>Сабина Наилевна Сулейманова</i> <i>Илья Сергеевич Колюкаев</i> Сравнение расчетной осадки фундаментов здания с результатами длительного геодезического мониторинга . . . . .	205

<i>Александра Евгеньевна Копосова</i> <i>Валерий Валерьевич Латута</i> Освоение подземного пространства при реконструкции зданий в исторической застройке Санкт-Петербурга. . . . .	209
<i>Яна Игоревна Кукушкина</i> <i>Антонина Федоровна Юдина</i> Разработка технологической модели строительства малоэтажных зданий в прибрежной зоне и на акватории . . . . .	214
<i>Александр Андреевич Лазарев</i> <i>Елизавета Владимировна Гармс</i> Моделирование технологии зимнего бетонирования точными решениями дифференциального уравнения, полученного методом группового анализа . . . . .	219
<i>Мария Андреевна Лангольф</i> Метод восстановления теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций панельных зданий. . . . .	232
<i>Максим Алексеевич Левченко</i> Совершенствование конструктивно-технологических решений возведения монолитных жилых зданий . . . . .	238
<i>Сергей Александрович Лукин</i> К вопросу совершенствования технологии погружения в грунт стального шпунта . . . . .	243
<i>Ксения Константиновна Мирко</i> <i>Гела Духунаевич Макаридзе</i> Противопожарные мероприятия для навесных вентилируемых фасадов. . . . .	250
<i>Даниил Анатольевич Миронов</i> <i>Елизавета Сергеевна Лосева</i> Технологии устройства глубоких котлованов на территории Санкт-Петербурга. . . . .	255
<i>Даниил Анатольевич Миронов</i> <i>Елизавета Сергеевна Лосева</i> Применение сейсмоакустического метода для контроля набора прочности бетонной смеси в теле буровой сваи. . . . .	264
<i>Вера Андреевна Мосокина</i> Проблемы технологии энергосберегающих зданий . . . . .	269
<i>Вера Андреевна Мосокина</i> Использование БПЛА в строительстве. . . . .	274
<i>Андрей Викторович Пламадяла</i> <i>Наталья Леонидовна Лукина</i> Исследование процесса монтажа стен гипсокартонными листами . . . . .	280
<i>Андрей Викторович Пламадяла</i> Монтаж декоративных внутренних стеновых панелей. . . . .	284
<i>Илья Вячеславович Платонов</i> Капитальный ремонт междуэтажных перекрытий в зданиях старого жилого фонда . . . . .	288
<i>Анна Григорьевна Погода</i> Исследование структуры трудозатрат при вдавливании свай и подготовке исполнительной документации . . . . .	292
<i>Вячеслав Михайлович Полуни</i> Численное моделирование процесса динамического погружения свай различного типа с учетом их технологических особенностей в условиях водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов . . . . .	298

<i>Ксения Сергеевна Попова</i> Солнечные панели в архитектуре . . . . .	307
<i>Ксения Сергеевна Попова</i> Обзор современных солнечных панелей . . . . .	312
<i>Сергей Сергеевич Решетников</i> Применение многолопастных винтовых свай в различных инженерно-геологических условиях и особенности технологии монтажа. . . . .	317
<i>Александра Олеговна Романова</i> Применение жидкой теплоизоляции при строительстве зданий и сооружений. . . . .	324
<i>Сергей Павлович Рыжов</i> Усиление каменных конструкций композитными материалами . . . . .	330
<i>Антон Юрьевич Сазонов</i> <i>Дмитрий Андреевич Животов</i> <i>Валерий Валерьевич Латута</i> Извлечение грунта из полости горизонтальной трубы при бестраншейной прокладке инженерных коммуникаций с применением вибрационной технологии . . . . .	335
<i>Анастасия Александровна Сапунова</i> <i>Станислав Алексеевич Захрятин</i> Исследование процесса структурообразования легкого бетона на магнизиальном вяжущем с древесным наполнителем. . . . .	339
<i>Петр Семенович Сивцев</i> <i>Олег Александрович Тимощук</i> Современные проектные решения по повышению тепловой защиты стыков трехслойных железобетонных панелей 112-й серии в г. Якутске . . . . .	343
<i>Алина Игоревна Сидорова</i> Технологическое предложение по устройству железобетонной фундаментной плиты рамной конструкции с постнапряжением. . . . .	348
<i>Кирилл Павлович Силиванов</i> Совершенствование технологии надстройки этажей при реконструкции зданий первых массовых серий . . . . .	354
<i>Светлана Андреевна Скворцова</i> Определение износа строительного объекта . . . . .	363
<i>Егор Дмитриевич Сокоиков</i> Анализ эффективности метода строительства жилых и общественных зданий из объемных блоков . . . . .	367
<i>Егор Дмитриевич Сокоиков</i> <i>Дарья Сергеевна Бабаева</i> Здания и сооружения из морских контейнеров . . . . .	372
<i>Маргарита Альвидовна Степанова</i> <i>Антон Николаевич Гайдо</i> Опытное обоснование применения штифтового стыка свай . . . . .	379
<i>Камал Ильхамович Сулейманов</i> <i>Артур Евгеньевич Артемьев</i> Устройство междуэтажных железобетонных перекрытий при возведении подземной части зданий методом «сверху вниз». . . . .	389
<i>Татьяна Юрьевна Тарасова</i> Исполнение государственных и муниципальных контрактов: контроль, организация и отчетность . . . . .	395

<i>Юрий Иванович Тилинин</i> <i>Анастасия Геннадьевна Боровикова</i>	
Совершенствование монолитной технологии строительства многоквартирных домов . . . . .	402
<i>Юрий Иванович Тилинин</i> <i>Александр Павлович Щербаков</i>	
Механизация и автоматизация процессов монолитного домостроения с учетом проблем строительной робототехники . . . . .	407
<i>Лада Владиславовна Толубаева</i> <i>Гончарова Анна Сергеевна</i>	
Технико-экономический анализ растворов на основе различных материалов для инъектирования кирпичной кладки с целью повышения ее несущей способности. . . . .	418
<i>Мкртич Мкртичевич Тонаканян</i>	
Методика назначения точности монтажа строительных конструкций с учетом показателей ответственности зданий. Рекомендации по назначению точности при изготовлении стальных конструкций. . . . .	423
<i>Алина Дмитриевна Тришина</i> <i>Александр Петрович Васин</i>	
Особенности организации ремонта наружных стен в условиях реконструкции зданий с учетом теплофизических свойств. . . . .	428
<i>Артур Алимович Тугушев</i> <i>Данила Сергеевич Носов</i>	
Использование современных технологий при реконструкции инверсионной кровли. . . . .	437
<i>Юлия Андреевна Филатова</i>	
Концепция и технические решения для многоэтажных жилых зданий с низким энергопотреблением . . . . .	442
<i>Юлия Андреевна Филатова</i>	
Энергопотребление зданий: методы анализа . . . . .	447
<i>Анастасия Маратовна Хамедзянова</i> <i>Гела Духунаевич Макаридзе</i>	
Анализ оборудования с комбинированным подходом к горизонтально-направленному бурению . . . . .	452
<i>Антонина Фёдоровна Юдина,</i> <i>Элеонора Сергеевна Головина</i>	
Оптимизация выбора данных для обеспечения теплофизических характеристик ограждающих конструкций . . . . .	458

Научное издание

## **ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Материалы I Всероссийской межвузовской  
научно-практической конференции молодых ученых,  
посвященной 80-летию основания кафедры «Строительное производство»

Компьютерная верстка *О. Н. Комиссаровой*

Подписано к печати 18.06.2020. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бум. офсетная.

Усл. печ. л. 54,87. Тираж 300 экз. Заказ 71. «С» 43.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.  
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Отпечатано на МФУ. 198095, Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 32, лит. А.



ДЛЯ ЗАПИСЕЙ