



# МАГИСТЕРСКИЕ ЧТЕНИЯ

Сборник статей участников  
регионального научно-практического семинара

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, 2024

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

## **МАГИСТЕРСКИЕ ЧТЕНИЯ**

Сборник статей участников  
регионального научно-практического семинара

Санкт-Петербург  
2024

УДК 69

*Рецензенты:*

канд. техн. наук, доцент *Н. В. Миклашевский* (Санкт-Петербургский государственный аграрный университет);

канд. техн. наук, доцент *Г. А. Богданова* (Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I)

**Магистерские чтения** : Сборник статей участников регионального научно-практического семинара / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2024. – 225 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1416-7

Представлены научные статьи студентов, молодых ученых и сотрудников Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета по актуальным проблемам современного строительства.

*Печатается по решению Научно-технического совета СПбГАСУ*

*Редакционная коллегия:*

д-р экон. наук, канд. техн. наук, профессор *А. А. Руденко* (председатель);

канд. техн. наук, завкафедрой *Р. В. Мотылев*;

канд. техн. наук, доцент *С. В. Бовтеев*;

канд. техн. наук, доцент *М. В. Молодцов* (отв. секретарь)

ISBN 978-5-9227-1416-7

© Авторы статей, 2024

© Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2024

УДК 69.003

*Асмик Перчевна Барбарян,*  
магистрант  
*Юрий Николаевич Казаков,*  
д-р техн. наук, профессор  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: asmikbarbaran@gmail.com,*  
*kazin@lan.spbgasu.ru*

*Asmik Perchevna Barbaryan,*  
Master's degree student  
*Yuri Nikolaevich Kazakov,*  
Dr Sci. Tech., Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: asmikbarbaran@gmail.com,*  
*kazin@lan.spbgasu.ru*

## **ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ПРИНЦИПОВ БЕРЕЖЛИВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА. LEAN CONSTRUCTION**

### **BENEFITS OF APPLYING LEAN CONSTRUCTION PRINCIPLES. LEAN CONSTRUCTION**

В данной статье рассматривается эффективность использования принципов бережливого строительства в отрасли строительства и его влияние на улучшение качества работ, снижение стоимости проектов и сокращение времени строительства. Описываются основные принципы и инструменты бережливого строительства, а также приводятся результаты исследований компаний, которые уже успешно внедрили эти принципы. В заключении делается вывод о том, что бережливое строительство является эффективным инструментом управления строительными проектами, способствующим повышению производительности и снижению затрат. Особое внимание уделяется обучению и вовлечению всех участников процесса строительства в идеи и принципы бережливого строительства, что позволяет достичь наилучших результатов.

*Ключевые слова:* оптимизация строительства, внедрение инноваций, эффективное управление, повышение устойчивости и эффективности производства, цифровизация процессов, сокращение издержек, улучшение качества и условий труда, увеличение энергоэффективности, использование экологически чистых источников энергии, интеграция бережливых методов в строительные процессы.

This article examines the effectiveness of lean construction in the construction industry and its impact on improving work quality, reducing project costs and reducing construction time. The basic principles and tools of lean construction are considered. The article also describes the results of studies of companies that have already implemented lean construction in their practice, and provides examples of successful projects. In conclusion, the conclusion is that lean construction is an effective tool for managing construction projects, contributing to increased productivity and reduced costs. It is also important to educate and involve each participant in the construction process in the ideas and principles of lean construction, which allows achieving the best results.

*Keywords:* lean construction involves implementing innovative management practices to improve efficiency, sustainability, and optimization in construction projects. This includes digitalization to enhance productivity, reduce costs, and eliminate wasteful activities. By improving quality and working conditions, as well as focusing on energy efficiency and the use of renewable energy sources, lean construction aims to promote environmental sustainability.

В сфере управления строительством бережливое строительство стало одной из наиболее актуальных и перспективных тем. Этот новаторский подход к управлению строительством основан на принципах устранения излишков, экономии ресурсов и повышении эффективности работы. В данной научной публикации будет рассмотрено понятие бережливого строительства, его преимущества и применение в строительной отрасли.

Lean Construction (LC) методология IPD – это подход к управлению проектами в строительной отрасли, основанный на принципах эффективности, минимизации потерь и повышении качества работы.

Инновационный метод строительства, известный как бережливое строительство или «лизинговое» строительство, предполагает использование различных подходов и стратегий для оптимизации процессов строительства. Основная идея этого метода заключается в уменьшении потерь ресурсов и времени путем исключения неэффективных операций и процессов.

Применение концепции бережливого строительства в современной отрасли строительства способствует сокращению расходов и увеличению прибыльности проекта. Основанная на принципе «безотходного производства», эта методика подразумевает использование каждого ресурса наиболее эффективным способом. Например, это может включать в себя переработку строительных отходов вторичных материалов или оптимизацию логистики для минимизации лишних транспортных перевозок.

Давайте выясним, какие преимущества предлагает данный подход. Преимущество бережливого строительства включает в себя:

- экономия расходов: при использовании принципов бережливого строительства возможно сократить расходы на строительные материалы, ресурсы и транспортные услуги, что способствует увеличению прибыльности проекта.

- повышение результативности: применение эффективных стратегий, оптимизация процессов и логистики позволяет увеличить результативность и сократить время выполнения проектов.

- повышение уровня качества: применение методов бережливого строительства предполагает постоянное наблюдение и совершенствование процессов, что в свою очередь способствует улучшению качества выполнения строительных работ.

- строительство, основанное на принципах бережливости и экологической ответственности, следует за современными тенденциями, уделяя особое внимание устойчивости проектов и их минимальному воздействию на окружающую среду.

Для исследования данного подхода, рассмотрим сравнение между Россией и другими странами. Опыт внедрения принципов бережливого производства в строительстве в России и за рубежом имеет свои уникальные особенности.

В России концепция бережливого строительства не так широко распространена и не так интегрирована в практику строительства, как, например, в Японии или Германии. Однако некоторые компании и организации начали постепенно внедрять принципы бережливого строительства в свою работу.

Один из примеров российской практики в области бережливого строительства – это проект строительства ЖК «Аэробус-Сити» в Москве. В рамках данного проекта были применены методы сокращения отходов, оптимизации ресурсов и увеличения энергоэффективности.

Зарубежные нации, включая Японию, Германию и Соединенные Штаты, обладают обширным опытом в области Lean Construction и активно внедряют его, в отличие от нашей страны.

В Японии бережливое строительство укоренилось на протяжении многих лет и стало неотъемлемой частью культуры и философии этой страны. Здесь применение новаторских материалов, энергоэффективных технологий и уменьшение отходов уже стали стандартной практикой.

В Германии имеется множество крупных сертификационных систем и стандартов, включая LEED, BREEAM и DGNB, которые проводят оценку экологической и энергетической эффективности строительных проектов.

Методы оценки уровня экологической устойчивости зданий и инфраструктуры, такие как LEED, BREEAM и DGNB, представляют собой сертификационные системы и стандарты.

Давайте рассмотрим эти системы более детально, чтобы лучше понять их принципы работы.

- Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) – это американская система сертификации, созданная для оценки и признания экологической устойчивости зданий. Она оценивает энергоэффективность, использование материалов и ресурсов, качество внутренней среды и инновации.

- BRE Environmental Assessment Method: это британская система сертификации, созданная для оценки устойчивости зданий путем анализа их энергоэффективности, выделения вредных веществ, управления водными ресурсами и экологического управления.

- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – это немецкая система сертификации, специально разработанная для оценки устойчивости зданий и инфраструктуры. Она анализирует энергоэффективность, управление ресурсами, качество внутренней среды и социальные аспекты, предоставляя сертификаты соответствия.

Эти системы сертификации и стандарты способствуют улучшению экологической эффективности, повышению энергоэффективности, уменьшению отрицательного воздействия на окружающую среду и обеспечению здоровой внутренней среды для пользователей. Они также могут служить источником вдохновения для архитекторов и строителей, стимулируя инновации и передовые практики в области эко-строительства, что является в настоящее время очень важным.

В Соединенных Штатах также можно найти множество успешных примеров экологически чистого строительства, включая здание «Нью Бейлор Госпитал» в Хьюстоне. Этот объект был разработан с учетом принципов энергоэффективности, использования возобновляемых источников энергии и снижения объема отходов.

Ясно видно, что опыт применения принципов бережливого строительства в России и за рубежом показывает, что использование современных технологий и инновационных методов в строительстве помогает не только уменьшить негативное воздействие

на окружающую среду, но также снизить расходы на эксплуатацию зданий.

Давайте исследуем возможности и направления внедрения концепции бережливого строительства как новаторского подхода к управлению проектами в строительной сфере.

1. Повышение энергоэффективности зданий путем внедрения новейших технологий и материалов, включая утепление, вентиляцию, солнечные панели и энергосберегающие системы. Это позволит сократить расходы на энергию и улучшить экологическую устойчивость строительства.

2. Применение цифровых инноваций: внедрение компьютерного моделирования, виртуальной и дополненной реальности, автоматизированных систем управления и мониторинга с целью оптимизации строительных процессов, уменьшения затрат времени и денег, а также повышения уровня качества и безопасности выполнения проектов.

3. Применение модульного и промышленного строительства: внедрение уже готовых модулей и конструкций, изготовленных на заводе, способствует сокращению времени и затрат на строительство, а также повышению качества благодаря стандартизации и автоматизации процессов;

4. Стимулирование развития экологического строительства: поощрение применения безопасных для окружающей среды материалов, внедрение передовых технологий переработки строительных отходов, возведение жилых и коммерческих зданий, способствующих сохранению экологии и повышению комфорта проживания.

5. Улучшение системы управления строительством: разработка и внедрение новаторских подходов к организации рабочих процессов, стандартизация и централизация управления проектами, применение облачных сервисов для обмена и хранения информации.

6. Продление жизненного цикла зданий: учет долгосрочной перспективы при проектировании и строительстве, обеспечение возможности модернизации и реконструкции, создание программ управления и обслуживания зданий на протяжении всего их существования.

7. Привлечение инвестиций и поощрение экономии ресурсов в строительстве: разработка налоговых и финансовых механизмов,



которые будут стимулировать компании и инвесторов применять экологически чистые практики, а также поддержка финансирования исследований и разработок в области инновационного строительства [9].

В заключении данного анализа можно сделать вывод о том, что бережливое строительство – это инновационный подход к управлению строительными процессами, основанный на принципах эффективности, минимизации потерь и оптимизации работы. Применение этого метода позволяет сократить затраты, увеличить производительность и улучшить качество работ, а также способствует экологической устойчивости проектов. Бережливое строительство является важным направлением развития строительной отрасли, неотъемлемой частью современных тенденций в этой сфере.

### Литература

1. Lean Construction Institute. <http://www.leanconstruction.org>.
2. *Vlachos I.* Lean thinking in the European hotel industry / I. Vlachos, A. Bogdanovic // *Tourism Management*. – 2013. – Т. 36. – № 3. – Pp. 354–363.
3. Research conducted by Gurevich U. and Sacks R. investigated how the implementation of a KanBIM production control system influenced subcontractors' choices of tasks in interior construction projects. The study was published in the journal *Automation in Construction* in 2014, Volume 37, pages 81–87.
4. *Кернан.* Инновационные методы повышения эффективности в строительной отрасли под названием «Бережливое строительство» / Кернан // *Международный журнал строительства и проектного менеджмента*. – 2009.
5. *Вентац.* Применение концепции Lean в строительной сфере / Вентац // *Журнал строительства и проектирования*. – 2015. – Т. 42. – Вып. 3. – С. 31–40.
6. *Буздин А., Петров В.* (2011). Оценка эффективности внедрения методов бережливого производства на примере строительного проекта. Публикация в журнале *строительства и инноваций*, 18(5), 112–124.
7. *Уайтхирст А.* (2014). Руководство по внедрению принципов бережливого производства в строительной сфере. Публикация в *Международном журнале строительства и управления проектами*, том 32, выпуск 2, с. 147–160.
8. *Лемак Д., Чаранка П., Фрейденберг М.* (2016). Оценка эффективности применения принципов бережливого производства в строительстве: исследование ключевых факторов успеха и препятствий // *Журнал строительства и проектирования*, 43(6), 78–89.

9. Исследование методов бережливого строительства и их влияние на эффективность работы в строительной сфере. URL: <https://www.worldbank.org/en/topic/sustainabledevelopment/publication/leandesconstruction/>

10. *Лифблом Г.* (2012). Совмещение методов в строительной отрасли: зеленое и экономичное строительство. Публикация в Международном журнале инженерных и технологических наук, том 100, выпуск 4, с. 102–115.

11. *Моррисон.* Бережливое строительство: анализ и перспективы использования в сфере строительства / Моррисон // Журнале по строительству и проектированию – 2013.

12. *Jefferson T., Hall D., & Anderson T.* (2008). Lean construction: theory and application. International Journal of Construction Management and Engineering, экономики, 26(6), 515–526.

13. *Исмагилова А. И., Надреева Л. Л.* Разработка рекомендаций по повышению эффективности производственного процесса с использованием инструментов бережливого производства // Перспективы науки – 2015: Сборник докладов I Международного заочного конкурса научно-исследовательских работ (12 октября 2015 года). Т. 2 (Социально-гуманитарные науки) / Научный ред. д.э.н., проф. А. В. Гумеров. Казань, 2015. С. 405–409.

14. *Сорокин В. А.* Бережливое производство: практика успешного внедрения // Методы менеджмента качества. 2009. № 2. С. 56–58.

УДК 624.05:658.512

*Виктория Александровна Белова,*  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: belovavika2001@mail.ru*

*Victoria Alexandrovna Belova,*  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: belovavika2001@mail.ru*

## **ПРИМЕНЕНИЕ 4D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННЫХ КОЛЛИЗИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

### **THE USE OF 4D MODELING TO IDENTIFY SPATIOTEMPORAL COLLISIONS IN THE CONSTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES**

В современном мире строительство зданий и сооружений является сложным процессом, требующим тщательного планирования и контроля. Одним из эффективных методов управления строительством является использование 4D-моделирования. В этом методе добавляется еще одно измерение – время, что позволяет наглядно продемонстрировать процесс строительства и выявить пространственно-временные коллизии. Целью настоящей статьи является рассмотрение применения 4D-моделирования для выявления пространственно-временных коллизий при строительстве зданий и сооружений. В работе были рассмотрены основные преимущества и возможности 4D-моделирования, а также его влияние на оптимизацию процесса строительства.

*Ключевые слова:* строительство, BIM, 4D-моделирование, визуализация, коллизии.

In the modern world, the construction of buildings and structures is a complex process that requires careful planning and control. One of the effective methods of construction management is the use of 4D modeling. In this method, another dimension is added – time, which allows you to visually demonstrate the construction process and identify space-time collisions. The purpose of this article is to consider the application of 4D modeling to identify spatiotemporal collisions in the construction of buildings and structures. The paper considered the main advantages and possibilities of 4D modeling, as well as its impact on the optimization of the construction process.

*Keywords:* construction, BIM, 4D modeling, visualization, collisions.

Концепция информационного моделирования зданий (BIM) уже успешно применяется в сфере строительного проектирования на протяжении долгого времени, в то время как технология 4D-моделирования только начинает распространяться на рынке. Данную технологию нередко называют «визуальным моделированием». 4D-моделирование – это относительно новое направление в строительной сфере, которое объединяет в себе 3D-модель с временной шкалой, тем самым дополняя привычную трехмерную модель четвертым – временным измерением. Формирование таких моделей предполагает синхронизацию каждого элемента 3D-модели с соответствующими этапами календарно-сетевых графиков. В этом процессе могут применяться различные виды координации, которые соответствуют процессам монтажа, демонтажа или временного использования трехмерного элемента.

Интегрированное представление трехмерной модели здания и календарно-сетевых графиков строительства существенно повышает эффективность управления проектом, снижая риски и обеспечивая более точную оценку сроков. Такой подход упрощает поиск недочетов и неточностей в 3D-модели и графике выполнения работ, наглядно демонстрирует все этапы строительства, способствует принятию более обоснованных решений для конкретной ситуации и, как следствие, снижает уровень неопределенности строительного проекта (рис. 1).



Рис. 1. Принципиальная схема 4D-моделирования строительства

Исследования, касающиеся 4D-моделирования [1, 2], выявляют несколько значительных преимуществ его применения. Основное преимущество 4D-модели заключается в предоставлении возможности визуально продемонстрировать процесс возведения объекта, что способствует предотвращению различных видов коллизий, включая сложные пространственно-временные конфликты, которые могут быть затруднительны для восприятия специалистами. К тому же, такая модель обеспечивает возможность проведения анализа всей последовательности выполнения работ по проекту, что позволяет принять наиболее рациональные решения и выявить возможные коллизии с учетом фактора времени. Также с использованием 4D-моделирования можно выявлять зоны потенциальной опасности, где возможно возникновение несчастных случаев, и планировать все работы с соблюдением требований безопасности. Важно учитывать не только выполняемые задачи, но и пути передвижения персонала по строительной площадке, которые не должны пересекаться. Это позволяет принимать во внимание даже такие нюансы, как выполнение рабочими задач на определенном участке строительной площадки, где в конкретный момент времени могут отсутствовать необходимые для производства работ машины и оборудование, или еще не завершена строительная конструкция. Благодаря этому становится возможным эффективно и корректно определять участки работ и рационально распределять ресурсы.

Так, прежде чем приступить к созданию 4D-модели, необходимо определить цель процесса. Цели создания могут быть, например, такими:

1. планирование сроков поставки оборудования и конструкций на строительную площадку с использованием 4D-моделирования.
2. контроль соблюдения графика строительства с визуализацией. Необходимо обеспечить программную связь между 3D-моделью и графиком, чтобы иметь возможность регулярно вносить актуальные данные в график и видеть на визуализации отклонения от графика в виде элементов, монтируемых с нарушением сроков.
3. поиск пространственно-временных коллизий на строительной площадке. Необходим для оптимизации процессов и исключе-

ния возможных проблем. Это трудоемкий процесс, который позволяет заранее планировать перемещения оборудования, материалов и конструкций. Такой подход помогает избежать осуществления физически невыполнимых технологических операций из-за некорректной последовательности задач в графике.

Коллизия – дефект, содержащийся в цифровой информационной модели и заключающийся в пространственном или ином пересечении двух или более элементов цифровой модели [3]. Выявление коллизий [4] – процесс поиска, анализа и устранения ошибок, связанных:

- с геометрическими пересечениями элементов модели.
- нарушениями нормируемых расстояний между элементами модели.
- пространственно-временными пересечениями ресурсов из календарно-сетевого графика строительства объекта.

Таким образом, пространственно-временные коллизии представляют собой пересечения между различными элементами с учетом временного фактора, когда один или несколько элементов находятся в движении. Данный тип коллизий характерен для временных сооружений, строительной техники и перемещения трудовых ресурсов по строительной площадке. Учет таких коллизий в рамках традиционного проектирования представляет собой сложную задачу. Их выявление и разрешение в значительной мере зависит от профессионализма специалиста по календарно-сетевому планированию (рис. 2).

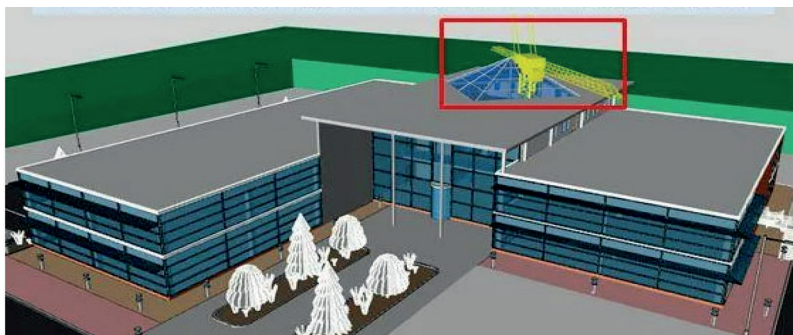


Рис. 2. Ошибка календарно-сетевого планирования

Создание информационной модели в строительной сфере требует использования специализированного программного обеспечения. На сегодняшний день имеется широкий спектр продуктов, предназначенных для 4D-моделирования, однако в России наибольшей популярностью пользуются программные продукты Navisworks от компании Autodesk и SYNCHRO Pro от Bentley Systems [5].

Autodesk Navisworks Manage – это инструмент для анализа 3D-проектов, который улучшает координацию BIM за счет объединения проектных и строительных данных в единую модель. Программа позволяет создавать 4D модели, анализировать последовательность работ, выявлять и устранять конфликты между различными строительными элементами.

SYNCHRO Pro – специализированное решение для 4D-планирования и моделирования строительных проектов. Продукт разработан для управления проектами на строительной площадке, включая контроль выполнения работ и отслеживание изменений.

Однако, указанные программные обеспечения с 2022 года прекратили свою работу в Российской Федерации и их решения стали недоступны российским специалистам, вследствие этого появилась необходимость в разработке Российских ПО. Так, например, Российская IT-компания Тангл представила инновационную облачную платформу Tangl, которая предназначена для автоматизированной работы с данными BIM-модели в строительстве. Продукты данного разработчика входят в реестр отечественного ПО, а также они полностью независимы от иностранных программных обеспечений.

Tangl – облачная платформа, предназначенная для обработки BIM-данных, которая объединяет в себе несколько IT-решений в единую экосистему. Данное программное обеспечение предоставляет возможность для проверки моделей BIM на любом этапе строительства, создания симуляции строительно-монтажных работ в 4D, автоматизации подготовки сметной документации, включая работу с физическими объемами (5D BIM), а также обеспечения контроля соответствия плана и фактического выполнения строительного проекта. Кроме того, Tangl позволяет коллизии в модели.

Внедрение визуализации строительного процесса как одного из направлений информационного моделирования неизбежно

связано с определенными сложностями [6]. Важно четко определить ответственность и роль специалиста по 4D-моделированию в структуре строительной компании. Кроме того, необходимо установить критерии для трехмерных моделей и календарно-сетевым графикам, а также разработать принципы классификации элементов 3D-модели и календарно-сетевого графика, чтобы упростить, адаптировать и сделать процесс 4D-моделирования более доступным и понятным для всех участников.

Таким образом, пространственно-временные коллизии в 4D-моделировании являются важным аспектом в проектировании и строительстве, поскольку они учитывают фактор времени и пересечения между элементами с течением времени. Их выявление и устранение сводит к минимуму риски, сроки и затраты, что требует комплексного подхода, применения современного программного обеспечения и BIM-проектирования.

### Литература

1. *Бовтеев С. В.* Практика применения 4D-моделирования в строительстве // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: IV Международный научно-практической конференции, СПб. : СПбГАСУ, 2021. – С. 77–84.
2. *Бовтеев С. В.* Применение 4D моделей в строительстве / С. В. Бовтеев // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: Материалы IV Международный научно-практической конференции, Екатеринбург, 2021. – С. 32.
3. СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла». Введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2021г. – М. : Стандартформ. – 2021. – С. 8.
4. BIM-стандарт. Промышленные объекты. BIM-стандарт и набор сопутствующих практических шаблонов для проектных организаций и служб технического заказчика, применяющихся в своих рабочих процессах технологии BIM. Версия 1.0. Москва. – Autodesk, 2018.
5. *Диско А. И.* Исследование истории развития BIM-технологий как инструмента комплексного управления инвестиционным проектом // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Матер. IV Международная научно-практическая конференция под общ. ред. А. А. Семенова. СПб. : СПбГАСУ, 2021. С. 491–497. DOI: 10.23968/BIMAC.2021.062. EDN: IDJJDR.
6. *Горшков А. М., Железнов С. А., Лемешко Р. А., Пойда С. В.* Внедрение BIM-технологий в строительство // AlfaBuild. 2019. № 4(11). С. 70–81.



УДК 624.05

*Александр Сергеевич Бендик,*  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: bendik.spbgasy@mail.ru*

*Aleksandr Sergeevich Bendik,*  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: bendik.spbgasy@mail.ru*

## **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РИСКИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО ПОГРУЖЕНИЮ СВАЙ УДАРНЫМ СПОСОБОМ**

### **FACTORS AFFECTING THE RISKS OF PRODUCING WORK DRIVING PILES BY IMPACT METHOD**

Свайное основание является одной из важных частей фундамента, который воспринимают нагрузки от всех вышележащих конструкций. Следовательно, свайные основания в фундаментах обеспечивают им несущую способность, а к качеству работ по погружению свай предъявлены высокие требования в нормативно-технической документации. Работы по погружению свай сопряжены с множеством проблем и сложностей. В данной статье рассмотрены факторы, оказывающие влияние на риски при производстве работ по погружению свай ударным способом, которые могут привести к увеличению расходов, изменениям в проектной документации, а также увеличению продолжительности и срыву сроков производства работ. Данные факторы были сгруппированы по категориям. Даны предложения по минимизации рисков.

*Ключевые слова:* строительство, свайный фундамент, риск, погружение свай, ударный способ.

The pile foundation is one of the important parts of the foundation, which takes the loads from all overlying structures. Therefore, pile foundations in foundations provide them with bearing capacity, and high requirements are imposed on the quality of pile driving works in the regulatory and technical documentation. Pile driving works are associated with many problems and difficulties. This article considers the factors that affect the risks in the production of works on impact pile driving, which can lead to increased costs, changes in design documentation, as well as an increase in the duration and disruption of the deadlines for the work. These factors were grouped into categories. Suggestions for minimizing risks are given.

*Keywords:* construction, pile foundation, risk, pile driving, impact method.

Проблемы, возникающие при погружении свай, были рассмотрены в научных публикациях таких авторов, как В. П. Вершинин [1], А. Н. Гайдо [1;2], Г. В. Левинтов [2], Ю. О. Сергеев [1],

Р. А. Мангушев [3], Д. С. Колесник [3]. В данных публикациях в первую очередь рассматриваются технологии работ по погружению свай и вопросы из сферы геотехники. Вопросам по организации и планирования уделено меньше внимания. Анализ рисков и их классификации приведены в работе С. В. Бовтеева [4]. Автор анализирует риски всего строительного проекта и строительного-монтажных работ в комплексе. В строительстве понятие риска определяется событием, которое вызвано неопределенностью и оказывает негативное влияние на выполнение работ. Каждый строительный проект и также вид строительного-монтажных работ имеют перечень рисков и вероятности их возникновения. Риски могут оказывать влияние сразу на несколько параметров, например одновременно на продолжительность и стоимость [4]. Работы по погружению свай ударным способом, как и все остальные строительного-монтажные работы, подвержены рискам. Качество, стоимость и продолжительность выполнения работ по погружению свай ударным способом зависит от факторов, которые сопряжены с рисками по внесению изменений в проект, увеличению стоимости работ и продолжительности их выполнения. Эти факторы можно разделить на несколько категорий. Рассмотрим их подробнее.

**Геологические условия грунтов.** Геологические условия грунтов и их физико-механические свойства являются основной причиной неопределенности при расчете ожидаемой продолжительности и стоимости работ. Грунты разделяются на классы, типы, виды и разновидности по своему составу и свойствам [5]. Для выяснения геологических условий и свойств грунтов перед началом строительства проводятся инженерно-геологические изыскания. Инженерно-геологические изыскания не всегда могут отражать полную картину о свойствах грунтов, а состав этих грунтов может быть очень сложным с наличием песчаных «линз» и валунов, которые обнаруживаются во время производства работ по погружению свай. Для продолжения производства работ приходится производить откопку валунов и других обломочных элементов грунта, как показано на рис. 1. Наличие плотных слоев из песка, супеси или других пород потребует проведения дополнительных работ по бурению лидерных скважин, в которые будут погружаться сваи.

Результаты погружения свай в разных геологических условиях приведены в табл. 1. Таким образом, продолжительность работ по погружению свай будет значительно дольше, а финансовые затраты возрастут.

Таблица 1

**Результаты погружения свай сваебойной установкой  
Junttan PM-25 с молотом ННК-7А**

Объект	Марка свай, длина м., сечение см.	Кол-во свай, шт.	Кол-во рабоч. смен, дн.	Кол-во погр. свай в смену (среднее), шт.	Состав грунтов	Доп. работы
Много-этажный жилой дом, тер. пред. «Ручьи», Санкт-Петербург	C160.40-11 16, 40×40	243	24	10	Супеси, суглинки, линзы песка, гравия и гальки, пески плотные	Лидерное бурение скважин
Здание школы, «Невская губа», Санкт-Петербург	C150.40-11 15, 40×40	170	7	24	Супеси, суглинки, глина, пески рыхлые водонасыщ.	
Комплекс производства пропилена и пропана, г. Тобольск	C160.40-11 16, 40×40	355	11	33	Суглинки тугопластичн., мягкопластичн., пылеватые с органич. соед.	



Рис. 1. Валуны, обнаруженные в грунте, на объекте строительства крытого бассейна в г. Североморске, Мурманская область

**Неопределенность фактической несущей способности грунтов.** Данные, полученные из инженерно-геологических изысканий, позволяют проектной организации методом расчета определить несущую способность грунта и подготовить проект свайного основания. Однако данные о несущей способности являются только расчетными. Для получения фактических данных проводятся пробные и контрольные полевые испытания грунтов сваями [2], что крайне необходимо учитывать при составлении календарного графика, так как испытывать сваи допустимо только после их «отдыха», продолжительность которого определяется ГОСТ 5686-2020 и может достигать 20 календарных дней [6] и более [2]. Расчетная нагрузка на сваи при проведении пробных и контрольных испытаний может не подтвердиться, что влечет в свою очередь изменения

в проекте, так как свайное основание необходимо перепроектировать. Это приводит к срыву сроков работ, дополнительным финансовым расходам и необходимости повторного прохождения проекта в экспертизе согласно п. 3.8 ст. 49 ГрК РФ [7].

**Погодно-климатические условия.** На производство работ по погружению свай влияют следующие погодные условия: температура окружающей среды, осадки и скорость ветра. Низкие отрицательные температуры вызывают промерзание грунтов, обледенение механизмов, грузозахватных приспособлений [8]. Обильные осадки вызывают затопление строительной площадки, как показано на рис. 2. Из-за обильной грязи для создания устойчивого основания на территории строительной площадки требуется насыпать песок, гравий, щебень, кирпичный бой. Высокая скорость ветра делает выполнение работ невозможными из-за соображений по технике безопасности. Максимально допустимые значения скорости ветра и диапазона температур окружающей среды указываются в руководстве по эксплуатации строительной техники. Например, сваебойная установка Junttan PM25 не может эксплуатироваться на строительной площадке при температуре окружающей среды ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  и скорости ветра более  $20\text{ м/с}$  [9].

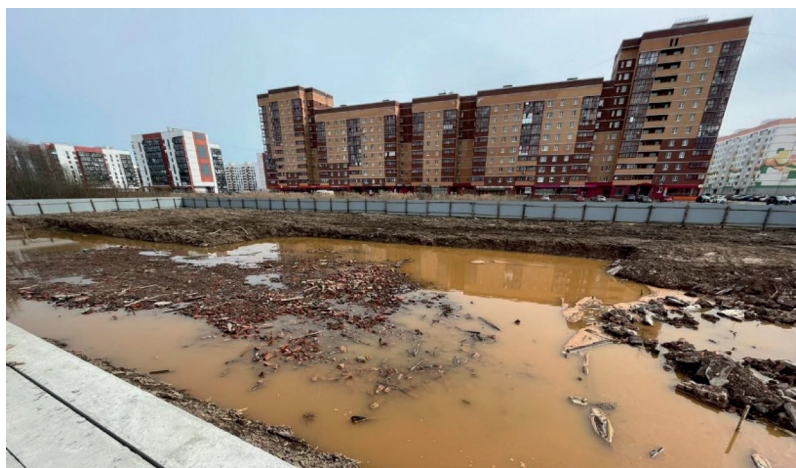


Рис. 2. Затопление строительной площадки после ливня на объекте строительства многоэтажного дома в Великом Новгороде

**Организационно-технологические условия.** Перед началом производства работ по погружению свай необходимо выполнение комплекса мероприятий и работ по подготовке строительной площадки согласно п. 7.22 СП48.13330.2019 [10]. Для обеспечения производительности сваебойных установок, их устойчивости, защиты от грязи и грунтовых вод необходимо проведение работ по устройству насыпного основания из песка, гравия, щебня или кирпичного боя. Данные работы не всегда выполняются, а заказчик аргументирует свое решение не выполнять работы по устройству насыпного основания их отсутствием в проекте организации строительства (ПОС). Пренебрежение к мероприятиям по устройству насыпного основания строительной площадки, помимо снижения производительности, может привести к выходу из строя строительной техники, как показано на рисунке 3.



Рис. 3. Поломка ходовой части сваебойной установки из-за отсутствия насыпного основания на объекте строительства производственно-складского комплекса в Санкт-Петербурге

В целях экономии времени, затрачиваемом на производство работ, заказчик может предпринять попытки совместить работы по погружению свай и разработке котлована в пределах одной захватки или секции. Такое совмещение работ приводит к сверхнормативным отклонениям погруженных свай на недопустимые величины согласно п. 12.8.27 СП45.13330.2017 [11]. Помимо этого, сверхнормативные отклонения свай возникают по причине неправильной технологии разработки котлована уже после завершения работ по устройству свайного основания [1;3]. Для устранения данных недостатков производятся дополнительные работы по погружению свай и изменения в проекте монолитных фундаментов с повторным прохождением экспертизы согласно п. 3.8 ст. 49 ГрК РФ [7], что влечет за собой продление сроков работ и дополнительные финансовые затраты.

**Материально-технические условия.** Ударным способом погружают сваи только заводского изготовления. Из этого следует, что завод-изготовитель свай имеет свой отдел контроля качества технологии изготовления свай и используемых материалов. Готовые сваи поступают на строительную площадку с прилагаемыми к ним документами о качестве, которые свидетельствуют, что изготовленные сваи соответствуют всем заданным характеристикам. Поступая на объект строительства, все материалы и изделия, включая сваи, проходят обязательную процедуру верификации (ранее входной контроль) с последующей записью всех сведений о них в журнале верификации закупленной продукции [12]. Вид контроля качества свай, который может быть произведен на строительном объекте после поставки, это визуальный контроль. Подрядчик перед выполнением работ осматривает сваи на наличие сколов и трещин, соответствие геометрическим характеристикам согласно ГОСТ 19804-2021 [13] и сохранность комплектности поставки. Проверить качество бетона и арматуры не всегда представляется возможным и данные дефекты обнаруживаются уже только в процессе погружения сваи, как показано на рисунке 4. Некачественно изготовленные сваи разрушаются под действием молота сваебойной установки.

Выбор правильного оборудования для погружения свай играет не менее важную роль. Ключевым показателем здесь является в первую очередь характеристика и тип молота. В Российской Федерации исполь-

зуются в основном гидравлические и дизельные молоты. В г. Санкт-Петербург и Ленинградской области распространение получили гидравлические молоты благодаря своей экологичности, высокой производительности и возможности регулировать энергию удара. Важно правильно подобрать модель и массу молота, потому что его максимальной энергии удара может не хватить для погружения свай на заданную отметку. Выбор более тяжелого молота в определенных геологических условиях грунтов не всегда рационален, так как тяжелый молот будет разрушать сваи. Чтобы этого не допустить, снижается энергия удара, а это в свою очередь нивелирует все его преимущества по сравнению с более легкими молотами [14]. Стоит учитывать, что определенную модель молота рационально монтировать на ограниченное число моделей сваебойных установок, если это позволяет их масса и габариты. Максимальная высота стрелы сваебойной установки влияет на радиус опасной зоны работы. Большая по массе и габаритам сваебойная установка может испытывать сложности с погружением свай в условиях строительной площадки из-за большего значения удельного давления на грунт и габаритов. Характеристики сваебойных установок Junttan приведены в табл. 2.

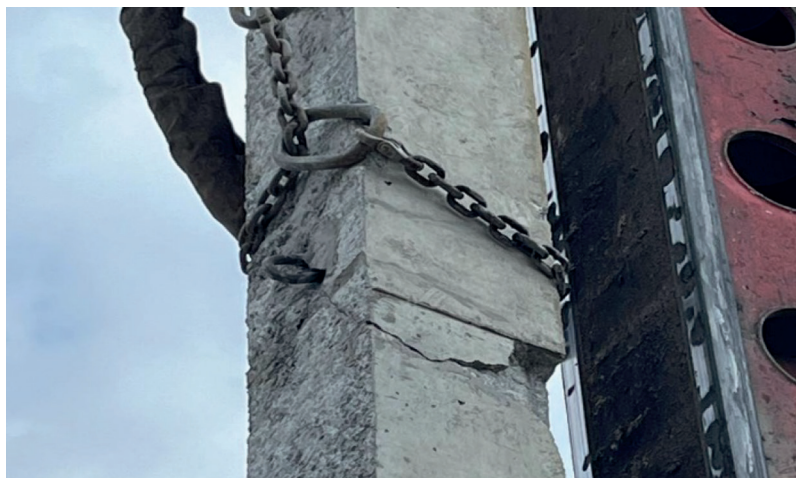


Рис. 4. Разрушение тела сваи в процессе погружения на объекте строительства комплекса производства пропилена в г. Тобольске



Таблица 2

## Характеристики свабойных установок Junttan

Модель установки	Габариты базовой установки (длина, ширина, высота), м.	Модели молотов* допустимые к установке на свабойную установку	Максимальная высота стрелы, м.	Масса установки (среднее значение), т.
PM-20	9,2×4,15×3,3	ННК-5А, ННК-6А	22	46,00
PM-20LC	9,8×4,15×3,3	ННК-5А – ННК-7А	24,5	60,00
PM-22	9,2×4,15×3,3	ННК-5А, ННК-6А	23,6	55,00
PM-25	9,8×4,15×3,3	ННК-5А – ННК-7А	24,5	60,00
PM-25LC	9,8×4,15×3,6	ННК-5А – ННК-8А	24,5	65,00
PM-26	10,2×4,50×3,35	ННК-5А – ННК-9А	30,2	80,00

\* Цифра модели молота равна значению массы ударной части в тоннах.

На основании рассмотренных в статье факторов рисков, можно сделать следующие выводы:

1. При планировании продолжительности работ необходимо учитывать геологические условия грунтов, закладывать финансовые и временные резервы.

2. Расчетная нагрузка на сваю в ходе испытаний может не подтвердиться, поэтому необходимо не производить заказ свай до результатов испытаний, а также предусмотреть продление сроков работ и увеличение стоимости свай из-за изменения проекта.

3. Необходимо обеспечивать комплекс мероприятий по устранению негативных последствий погодных явлений.

4. Для качественного и своевременного выполнения работ необходимо провести полный комплекс мероприятий по подготовке строительной площадки и исключить совмещение свайных работ с разработкой котлована в пределах одной захватки. Разработку котлована осуществлять с соблюдением технологии.

5. Заводское изготовление свай и наличие сопроводительных документов о качестве не гарантирует качественного изготовления свай. Рекомендуется выбирать проверенных поставщиков.

6. Оборудование по погружению свай следует выбирать исходя из необходимой энергии удара молота, погодно-климатических и геологических условий, а также условий строительной площадки.

## Литература

1. *Вершинин В. П.* О смещении элементов в свайном фундаменте при откопке котлована. / В. П. Вершинин, А. Н. Гайдо, Ю. О. Сергеев // Геотехника. – 2016. – № 1 – С. 32–39.

2. *Гайдо А. Н., Левинтов Г. В.* Анализ результатов определения несущей способности грунтов. / А. Н. Гайдо, Г. В. Левинтов // Геотехника. – 2013. – № 3 – С. 4–15.

3. *Мангушев Р. А.* Анализ горизонтального смещения свай, вызванных экскавацией грунтов котлованов. / Р. А. Мангушев, Д. С. Колесник. // Жилищное строительство. – 2022. – № 9 – С. 48–56.

4. *Бовтеев С. В.* Классификация и параметры рисков строительных проектов. / С. В. Бовтеев, Н. К. Р. Хурейни // Вестник гражданских инженеров. – 2021. – № 6 (89) – С. 79–86.

5. ГОСТ 25100-2020 «Грунты. Классификация» Введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 01 января 2021 г. – М. : Стандартинформ. – 2020. – 40 с.
6. ГОСТ 5686-2020 «Грунты. Методы полевых испытаний.» Введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 01 января 2021 г. – М. : Стандартинформ. – 2020. – 65 с.
7. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 г. № 193ФЗ (ред. от 08.08.2024) [электронный ресурс] Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_51040/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/) (дата обращения 23.09.2024 г.)
8. Бадьин Г. М. Механизация свайных работ в зимних условиях. / Г. М. Бадьин – Л. : Стройиздат, Ленинградское отделение. – 1987. – 184 с.
9. *Junttan Oy. Manual Russia.* Руководство по эксплуатации Junttan. Сваябойная установка РМ25. / – Finland, Kuopio.: – 2005. – 129 с.
10. СП 48.13330.2019 «Организация строительства». Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004. Введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 25 июня 2020 г. – М.: Стандартинформ. – 2020. – 66 с.
11. СП 45.13330.2017 «Земляные сооружения, основания и фундаменты». Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87. Введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 28 августа 2017 г. – М. : Стандартинформ. – 2017. – 178 с.
12. *Мотылев Р. В.* Совершенствование порядка проведения входного контроля поступающих материалов в строительстве и оформления его результатов (часть 1). / Р. В. Мотылев, А. С. Карпушкин // Строительное производство. – 2022. – № 1 – С. 19–27.
13. ГОСТ 19804-2021 «Сваи железобетонные заводского изготовления» Введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 01 сентября 2022г. – М. : Стандартинформ. – 2020. – 15 с.
14. *Верстов В. В.* Технология и комплексная механизация шпунтовых и свайных работ: учебное пособие / В. В. Верстов, А. Н. Гайдо, Я. В. Иванов / – СПб. : «Лань». – 2012. – 288 с.

УДК 658.51

Юлианна Владимировна Бобровская,  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: yulianna.bobrovskaya@mail.ru

Yulianna Vladimirovna Bobrovskaya,  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: yulianna.bobrovskaya@mail.ru

## МОНИТОРИНГ РАБОТ НА ОТДАЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### MONITORING WORKS AT REMOTE SITES USING MODERN EQUIPMENT

На строительной площадке одним из ключевых процессов является мониторинг выполнения строительных работ. Мониторинг на строительном объекте обеспечивает безопасность работников на производстве, качественное выполнение работ и своевременное завершение проекта. Наблюдение ведется на протяжении всех этапов строительного производства и помогает избежать простоев оборудования и минимизировать возможность задержек, следовательно сокращает производственные убытки компании. С использованием современного оборудования можно повысить эффективность мониторинга за счет сопоставления прогресса выполнения проекта с его компьютерной моделью и ведения отчетности в реальном времени.

*Ключевые слова:* мониторинг, организация, строительство, современные технологии, удаленное строительство.

One of the key processes at a construction site is monitoring the execution of construction work. Monitoring at a construction site ensures the safety of workers in production, high-quality execution of work and timely completion of the project. Monitoring is carried out throughout all stages of construction production and helps to avoid equipment downtime and minimize the possibility of delays, therefore reducing the company's production losses. Using modern equipment, it is possible to increase the efficiency of monitoring by comparing the progress of the project with its computer model and reporting in real time.

*Keywords:* monitoring, organization, construction, modern technologies, remote construction.

За последние годы появилась тенденция на строительство в отдаленных районах России. Актуальность развития строительной отрасли на отдаленных территориях заключается в повышении

уровня жизни и экономическом развитии местной инфраструктуры, способствует развитию туризма, а также снижает миграцию в крупные города при поиске работы. Незаселенная территория Российской Федерации составляет более половины ее площади. Трудность освоения отдаленных территорий состоит в том, что страна имеет разнообразный климат, а также обширную площадь [1].

Большинство крупных компаний располагают свои филиалы в Москве и Санкт-Петербурге, а проекты часто воплощают в жизнь не только в центральной части России, но и на территориях с малой плотностью населения. При реализации таких объектов строительная компания сталкивается со значительной финансовой нагрузкой по данному ряду причин:

1. Сложность в доступности и транспортировке материалов и оборудования. Когда строительство происходит в удаленном районе, затруднительно наладить поставки строительных материалов и оборудования на строительную площадку. Данная ситуация может поспособствовать задержкам в работе и привести к превышению бюджета на реализацию проекта.

2. Отсутствие квалифицированных рабочих в удаленных районах. Возможный дефицит высококвалифицированных специалистов для выполнения строительных работ может повлечь за собой задержки производства и серьезные последствия на строительной площадке.

3. Трудность логистических путей. Сложность логистики приводит к увеличению временных рамок проекта в связи с тем, что отдаленность объекта способствует не только продолжительному маршруту и длительной по времени логистике, но и сложностям, связанным с комбинированием нескольких способов доставки до места производства работ. Данная ситуация отражается сразу на двух ключевых принципах строительства, таких как время воплощения проекта и его бюджет.

4. Замедленное реагирование на возникновение проблем. Расположение объекта имеет решающее значение на скорость реагирования при возникновении различного рода проблем. В связи с вышеперечисленной сложностью для выезда на объект необходимо от нескольких дней до недели, что затрудняет оперативное реагирование на проблему и скорое ее решение.

Основная проблема заключается в недостаточной оптимизации контроля при реализации проекта. Контроль выполняется строительным надзором со стороны заказчика, со стороны разработчика проекта – авторским контролем, со стороны подрядчика – внутренним (производственным) контролем [2].

Постановление Правительства РФ № 468 и статья 53 Гражданского кодекса РФ обязывает осуществлять контроль качества строительных работ при возведении любых объектов.

Основываясь на Постановлении РФ с требованием контроля производства, при расположении объекта на отдаленных территориях повышаются затраты на командировки сотрудников на 35 %.

Следует отметить, что надзор на строительной площадке представляет собой:

- Традиционный метод.
- Авторитарный стиль взаимодействия.
- Констатация результата.

Контроль за возведением объекта нельзя исключать, но есть возможность сократить количество инспекций, что повлечет за собой сокращение затрат. Рекомендуется проводить постоянный мониторинг, способствующий ускорению процессов контроля и внутреннего взаимодействия, являющийся:

- Современным методом.
- Гуманным стилем взаимодействия.
- Получением результата совместно с процессом.

Преимущество использования систем удаленного мониторинга:

1. Улучшение контроля над процессом строительства. Мониторинг способствует отслеживанию прогресса, контролированию бюджета и соблюдению сроков выполнения работ [3].

2. Увеличение эффективности и продуктивности. С использованием мониторинга возможно оптимизировать процессы и ресурсы, что позволяет ускорить выполнение работ и снизить риск издержек.

3. Улучшение безопасности. Мониторинг помогает выявлять потенциальные опасности на строительной площадке, что позволяет принимать меры по предотвращению аварий и травм.

4. Улучшение коммуникации и сотрудничества. Мониторинг содействует в упрощении отслеживания и обмена информацией

между участниками проекта, что способствует более эффективному взаимодействию.

5. Улучшение качества работ. Мониторинг помогает идентифицировать и устранять дефекты и ошибки на ранних стадиях, что способствует повышению качества выполненных работ.

Современные методы мониторинга и отслеживания применяются с использованием сквозных технологий – технологий, которые используются более чем на трех рынках. Современное оборудование позволяет повысить производительность строительных компаний за счет автоматизации процессов и улучшения качества работ. Использование специализированных технологий и механизмов позволяет сократить сроки выполнения задач и улучшить их эффективность. Кроме того, современное оборудование обеспечивает безопасность рабочих и снижает риск производственных аварий [4].

Обратим внимание на применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). БПЛА – это наиболее перспективная и внедряемая технология для строительства отдаленных объектов. Преимущества применения данных аппаратов приведены ниже в табл. 1 [5].

В качестве минусов использования БПЛА в строительстве приводят данные аргументы (рис. 1):

1. Зависимость от погодных условий. Некоторые типы БПЛА могут быть неэффективны в плохую погоду, так как дождь, густой туман или сильный ветер могут ограничивать возможности дрона.

2. Требуется специализированный персонал. Для управления аппаратом и обработки полученных данных необходимы специалисты, что может потребовать дополнительных затрат на обучение или найм квалифицированных сотрудников.

3. Дорогостоящее оборудование. Покупка и обслуживание БПЛА может быть затратной для компании, особенно если она не планирует использовать его на регулярной основе.

## Преимущества беспилотных летательных аппаратов в строительстве

Наименование	Описание
Раннее обнаружение проблем	Возможно использование для инспекции строительных объектов, что позволяет быстро выявлять потенциальные проблемы и исправлять их.
Ведение отчетности	Позволяет отслеживать количество людей на строительной площадке и наличие у них средств индивидуальной защиты.
Экономия времени и ресурсов	Возможно выполнение работы быстрее и более эффективно, что позволяет сократить сроки реализации строительных проектов и снизить расходы на рабочую силу.
Мониторинг прогресса работ	С их помощью возможно в реальном времени отслеживать прогресс строительных работ и давать своевременные рекомендации по оптимизации процесса.
Получение детальной информации	Возможность предоставления высококачественного изображения и видеоматериалов, которые помогут принимать обоснованные решения при планировании и управлении проектами.
Повышение точности работ	Использование автоматизированных БПЛА позволяет избежать ошибок и обеспечить более точное выполнение работ.
Соблюдение требований нормативно-правовых актов	Использование БПЛА поможет соответствовать требованиям стандартов безопасности и экологической устойчивости в строительстве





Рис. 1. Факторы отрицательного влияния на внедрение технологии

Тем не менее, в целом использование БПЛА в строительстве предоставляет значительные преимущества и помогает обеспечить более эффективное и безопасное выполнение строительных работ.

Основная концепция заключается в том, что беспилотный летательный аппарат передает полученные данные в реальном времени на специализированную платформу (рис. 2). Руководитель проекта наблюдает за строительным производством на цифровой платформе, которая позволяет высылать замечания на основании полученных данных, анализировать статистику работы ресурсов, выставлять задачи и вести документооборот.



Рис. 2. Схема работы системы мониторинга

Для реализации предложенной идеи может быть представлен промышленный беспилотный летательный аппарат отечественно-го производства *Optiplane S2+* (рис. 3).



Рис. 3. Optiplane S2+

Данная модель совмещает в себе качества коптера и самолета, что позволяет упростить управление аппаратом и более эффективно производить мониторинг (табл. 2).

Таблица 2

**Характеристики Optiplane S2+**

Габариты	140×82×35 см
Вес	3,7 кг
Грузоподъемность	1,5 кг
Скорость	0–65 км/ч
Высота полета	1–3000 м
Дальность полета	до 40 км
Время полета	до 60 мин
Выдерживает ветер	до 12 м/с
Рабочая температура	–25...+35 С
Аккумулятор	22 000 мАч

Использование *Optiplane S2+* способствует решению сложностей реализации проектов отдаленного строительства, которые были приведены ранее. Трудностей при транспортировке этой модели не возникает за счет ее габаритов – аппарат помещается в багажник легкового автомобиля. При использовании беспилотного летательного аппарата не требуется квалифицированный специалист, поскольку он прост в управлении и имеет возможность запрограммировать полет. Кроме того, компания предоставляет инструктаж.

Рентабельность данного метода состоит в том, что окупаемость оборудования составляет от 2 до 5 циклов использования (реализации 2–5 проектов) за счет ключевых факторов:

- Уменьшение ключевых доработок сокращается на 25 %
- Сокращение времени инспекции на 60 %
- Уменьшается количество ошибок на 35 %
- Минимизация времени передачи информации на 40 %

Это дает основание говорить об эффективности применения современного оборудования. Использование данной технологии предоставляет возможность отслеживания строительных процессов, проведения визуального сравнения фактического выполнения работ с заданным планом на объектах различного назначения (гражданские, промышленные, линейные). Благодаря получению достоверной информации о ходе выполнения строительных работ на производстве появляется возможность принимать рациональные решения для оптимизации работ с целью соблюдения временных рамок реализации проекта (рис. 4). Важно заметить, что применение мониторинга на строительной площадке способствует оперативной взаимосвязи между всеми участниками строительного процесса [6].

Используя цифровой мониторинг, можно заблаговременно предотвратить отклонение от бюджета, превышение сроков выполнения и планомерное освоение объемов работ. Эти факторы напрямую влияют на финансовые показатели проекта. Например, увеличение сроков сдачи строительного объекта, будь то жилой дом или производственное здание, может привести к серьезным финансовым убыткам. Поэтому цифровой мониторинг является важным инструментом для защиты строительного бизнеса, кото-

рый позволяет минимизировать риски и обходится всего лишь долей процента от общей суммы проекта.

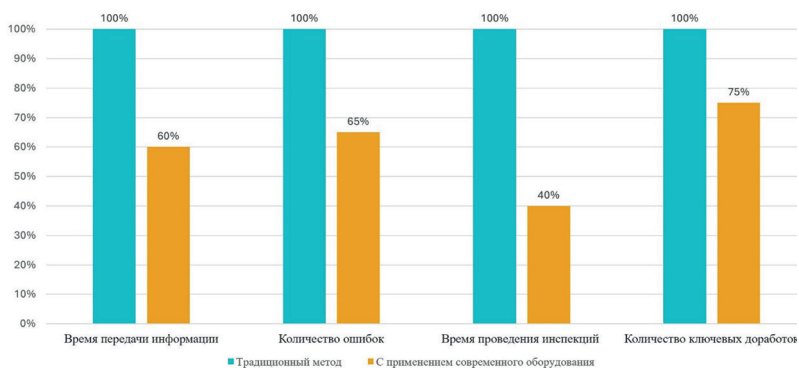


Рис. 4. Сравнительный анализ методов контроля

## Литература

1. *Тотонова Е. Е.* Региональные особенности и тенденции развития туризма на Севере России // Региональная экономика: теория и практика. 2010. № 31.
2. Контроль качества на строительной площадке / Н. Б. Адилова, С. М. Жарылгапов, М. Ж. Рыскалиев, А. У. Жолмаганбетов // Достижения науки и образования. – 2021. – № 4(76). – С. 8–12. – EDN JDJDHT.
3. *Хандога Д. А.* Методы обеспечения контроля и мониторинга на строительной площадке / Д. А. Хандога, Е. П. Шнурникова, А. Ю. Горбачев // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 82–1. – С. 62–65. – DOI 10.18411/trnio-02-2022-11. – EDN AVBXOV.
4. *Бордаковская А. П.* Совершенствование систем мониторинга нарушений требований охраны труда на строительных площадках / А. П. Бордаковская, А. М. Ряпалова, А. Д. Шевляков // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2022. – № S1. – С. 91–92. – EDN FXUCIU.
5. *Мыратгулыев Ы.* Использование дронов в строительстве: новый подход к оптимизации процессов / Ы. Мыратгулыев, М. Мурадов, Т. Мухадов // Интернаука. – 2023. – № 36–2(306). – С. 35–36. – EDN SJXOCI.
6. *Лосев Д. М.* Цифровые технологии дистанционного управления и контроля при производстве строительных работ / Д. М. Лосев // Вестник НИЦ Строительство. – 2024. – № 2(41). – С. 148–157. – DOI 10.37538/2224-9494-2024-2(41)-148-157. – EDN ZCOBGS.

УДК 658.001

Артур Камоевич Гаспарян,  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: artur\_gasparyan@inbox.ru

Artur Kamoevich Gasparian,  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: artur\_gasparyan@inbox.ru

## КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ

### CALENDAR PLANNING OF DESIGN AND SURVEY WORKS OF LINEAR OBJECTS

Проектно-изыскательские работы в строительстве является одной из важнейших фаз реализации инвестиционно-строительных проектов. Отсутствие Федеральных норм продолжительности выполнения полного цикла проектно-изыскательских работ в строительстве, в том числе для линейных объектов не позволяет вести планирование таких работ должным образом. Важной задачей планирования проектно-изыскательских работ является поиск всех возможных критических работы и путей их оптимизации. В статье приведены основные понятия и методы планирования, дан обзор существующих норм и способов определения продолжительности проектно-изыскательских работ.

*Ключевые слова:* календарное планирование, проектные работы, нормы продолжительности, изыскания, продолжительность проектирования.

Design and survey works in construction are one of the most important stages of realization of investment and construction projects. The absence of federal standards on the duration of the full cycle of design and survey works in construction, including for linear objects, does not allow to plan such works properly. An important task of planning of design and survey works is to find all possible critical works and ways of their optimization. The article presents the basic concepts and methods of planning, gives an overview of existing standards and methods of determining the duration of design and survey works.

*Keywords:* scheduling, design works, duration norms, surveys, design duration.

Основной проблемой в календарном планировании проектно-изыскательских работ является отсутствие Федеральных норм продолжительности выполнения полного цикла проектно-изыскательских работ в строительстве, в том числе для линейных объектов. На текущий момент действующим документом в области нормирования продолжительности проектно-изыскательских работ является

СН 283-64 «Временные нормы продолжительности проектирования». Данные нормы в силу их возраста устарели и не отвечают современным условиям и подходам проектирования.

Наиболее подходящий документ, позволяющий планировать проектно-изыскательские работы разработан и утвержден в Москве – МРР-11.1.02-21 Сборник 11.1 «Нормы продолжительности проектирования объектов строительства». Данный документ предусматривает расчет сроков только проектных работ без учета сроков сбора исходных данных, выполнения изысканий и получения согласований заинтересованных организаций.

В научно-технической литературе подробно описаны существующие методы и подходы планирования строительно-монтажных работ, что безусловно является важной фазой реализации инвестиционно-строительных проектов. Однако, фаза, предшествующая строительно-монтажным работам, не менее важна и требует должного внимания при планировании инвестиционно-строительных проектов.

Отсутствие норм продолжительности проектно-изыскательских работ приводит к такой ситуации, когда заказчики в стремлении как можно скорее начать строительно-монтажные работы ставят проектные организации перед нелегким выбором получить заказ с не выполнимыми сроками и потом бесконечно доказывать, что не по вине проектной организации происходит срыв сроков, или здраво оценить невозможность выдержки установленных заказчиком сроков и остаться без контракта.

Появление местных норм (на примере Санкт-Петербурга) продолжительности и типовых форм календарных графиков проектно-изыскательских работ линейных объектов позволит государственным и частным заказчикам более правильно формировать адресные-инвестиционные программы, а проектным организациями заранее учесть все возможные критические работы и найти пути оптимизации планирования проектно-изыскательских работ.

Показатели продолжительности выполнения проектно-изыскательских работ в настоящее время нормативно и методически не разработаны.

В современных условиях развития инвестиционно-строительного комплекса проектным организациям для успешной конкуренции

на рынке проектно-изыскательских работ необходимо сокращать сложившиеся в отечественной практике сроки выполнения проектно-изыскательских работ. Разработанные в 1964 году нормативы продолжительности проектирования объектов не приемлемы в современных условиях.

Существуют два основных способа сокращения сроков: максимальное совмещение всех работ и сокращение продолжительности каждой работы.

На первом этапе преддоговорных отношений между заказчиком и проектной организацией основными задачами сторон являются определение состава, сроков выполнения работ и их стоимости. Стремясь получить заказ, проектные организации соглашаются на трудно выполнимые сроки проектно-изыскательских работ. При этом они ставят себя в ситуацию, когда всеми способами необходимо успеть выполнить работы вовремя, что приводит, с начала, к совмещению работ, а затем к сокращению сроков каждой. При непрофессиональной организации выполнения проектных работ совмещение приводит к нежелательным результатам, например, к многократной корректировке разделов проектно-сметной документации.

Продолжительность проектно-изыскательских работ зависит от технологии и организации выполнения таких работ. Организация проектно-изыскательских работ по каждому из проектов должна базироваться на разработке моделей календарного планирования, по аналогии с моделями организации строительства объектов.

Важной задачей остается способы определения продолжительности проектно-изыскательских работ при реконструкции линейных объектов, в частности городских дорог и улиц. В связи с отсутствием утвержденных государственных норм продолжительности, проектные организации при планировании работ используют только собственный опыт, а Заказчики зачастую требуют совершенно невыполнимые сроки. Создание единых подходов позволят и проектным организациям, и Заказчикам прозрачно определить сроки проектно-изыскательских работ (с учетом специфики конкретного объекта), утвердить детальный график проектирования и уже на основании него вести контроль сроков.

Определения основных понятий в сфере архитектурно-строительного проектирования, в частности линейных объектов приведены в Градостроительном кодексе РФ.

«Линейные объекты – линии электропередачи, линии связи (в том числе линейно-кабельные сооружения), трубопроводы, автомобильные дороги, железнодорожные линии и другие подобные сооружения» [6].

Как видим из определения выше, линейные объекты – это разновидности объектов капитального строительства, для которых также выполняются изыскательские работы и архитектурно-строительное проектирование.

Определения изыскательских работ и архитектурно-строительного проектирования приведены в статьях 47 и 48 [6].

Инженерные изыскания выполняются для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства.

Архитектурно-строительное проектирование осуществляется путем подготовки проектной документации, рабочей документации.

Комплекс изыскательских работ, подготовка проектной и рабочей документации, в том числе составление сметной документации для строительства линейных объектов, зданий и сооружений в совокупности называется проектно-изыскательские работы (сокращенно – ПИР).

Состав и содержание разделов проектной документации для различных видов объектов капитального строительства (включая линейные объекты) регламентируются постановлением Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 года № 87.

Состав проектной документации для строительства линейных объектов представлен в п. 3\_2, а содержание каждого раздела в разделе 3 (п. 33–43) [7] и является обязательным.

Основные требования к проектной и рабочей документации представлены в ГОСТ Р 21.101-2020.

Проектно-изыскательские работы являются одной из основных частей строительного производства и требуют должного внимания при планировании и организации всего инвестиционно-строительного проекта.



Для достижения успешного результата при создании объекта капитального строительства необходимо применение методов и инструментов проектного управления (Project Management). Следует отметить, что в данном случае под словом проект необходимо понимать весь комплекс проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, а не только исключительно комплект документации.

Основные понятия, методы и формы организации строительного производства методом управления проектами или проектно-го управления представлены в [1].

Проектно-изыскательские работы входят в Фазу «Планирование» жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта и в случае с линейными объектами зачастую занимают более половины всего жизненного цикла проекта. Например, для объектов небольшой протяженности в условиях насыщенной городской застройки фаза проектно-изыскательских работ составляет 1,5–2 года, а строительно-монтажные работы всего 6–7 месяцев.

Ключевыми участниками проектно-изыскательских работ являются изыскательская и проектная организации. И главным связующим звеном в организации процесса проектно-изыскательских работ является генеральная проектная организация в лице главного инженера проекта или руководителя проекта.

«Любая проектная или строительная организация нуждается в использовании методов проектно-ориентированного управления для достижения эффективности своей деятельности» [1].

В [1] приведены организационные структуры управления строительными проектами.

*«Организационной структурой управления проектом – совокупность организационных элементов (отдельных лиц, подразделений и предприятий) и связей между ними. Выделяют вертикальные (административно-функциональные) связи, обеспечивающие реализацию административных процессов принятия решений и управляющих воздействий, и горизонтальные (технологические) связи, обеспечивающие коммуникации организационных элементов одного уровня иерархии»* [1].

Сроки работ и очередность проектно-изыскательских работ устанавливается календарным планом, что отражает взаимосвязь

между всеми участниками процесса, и самое главное, выявляет критические задачи. Положительное заключение экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий является успешным итогом комплекса ПИР.

Планирование проектно-изыскательских работ – это непрерывный процесс требующий постоянный контроль и корректировку календарного плана с учетом появления новых исходных данных и промежуточных результатов работ. В силу большого числа факторов, влияющих на ход проектирования линейных объектов, чем выше степень детализации календарного плана проектно-изыскательских работ, тем предсказуем результат этапов работ и сам конечный результат.

Детальное планирование проектно-изыскательских работ заключается в разработке детальных планов и графиков для непосредственного управления ходом работ на всех этапах проектирования.

Детальные графики преимущественно составляются методом критического пути, что позволяет выявить критические работы и работы, имеющие резервы времени. Непрерывная цепочка критических работ показывает критический путь, и обозначается на графике красным цветом для повышенного внимания руководителя проекта [1].

Для организации проектно-изыскательских работ в целом подходят все основные формы организации строительного производства (последовательный, параллельный, поточный, параллельно-поточный), однако требуется грамотное совмещение существующих методов.

Основные этапы выполнения комплекса проектно-изыскательских работ представлены в РМД 11-22-2013 «Руководство по проектной подготовке капитального строительства в Санкт-Петербурге».

Типовая блок-схема проектирования приведена в [9], однако она больше подходит для объемно-пространственных объектов капитального строительства. Для линейных объектов подобная схема подлежит корректировке с учетом специфики линейных объектов, вида строительства и местоположения объекта.

Учитывая тот факт, что комплекс проектно-изыскательских работ занимает достаточно большую часть в жизни инвестиционно-

строительного проекта, возникает необходимость нормирования сроков выполнения таких работ.

Первый документ, который до сих пор является действующим, но в корне не соответствует требованиям современных подходов проектирования это СН 283-64 «Временные нормы продолжительности проектирования». Утверждены Государственным комитетом по делам строительства СССР (ГОССТРОЙ СССР) 30 июля 1964 г. и введены в действие 01.01.1965.

СН 283-64 состоят из двух частей:

1. Для строительства предприятий, зданий и сооружений промышленности, транспорта, связи, энергетики и сельского хозяйства.
2. Планировки и застройки городов, жилых и гражданских зданий.

В [10] даны нормы продолжительности проектно-изыскательских работ для железнодорожного и автодорожного строительства (раздел XVII), однако исходя из опыта выполнения проектно-изыскательских работ линейных объектов в Санкт-Петербурге, можно сделать вывод что в указанные сроки физически не возможно уложится, или же в нормах учтены работа большого штата Советских проектных институтов и результат проектно-изыскательских работ не подлежал согласованию с кем либо.

Исходя из норм, комплекс проектно-изыскательских работ для автомобильной дороги II категории протяженностью до 50 км можно выполнить за 5 месяцев.

Очевидно, что данные нормы сильно устарели, однако на текущий момент на Федеральном уровне взамен ничего не разработано.

Министерством регионального развития была предпринята попытка по выпуску свода правил «Нормативы продолжительности проектирования объектов жилищно-гражданского назначения» [11] взамен Разделов XXII «Применение типовых проектов жилых и гражданских зданий», XXIII «Нетиповые (индивидуальные) проекты» СН 283-64, однако документ так и не был утвержден и введен в действие. Стоит отметить, что в [11] не нашли отражение нормы продолжительности проектирования линейных объектов.

Правительством Москвы разработан и в настоящее время является действующим МРР-11.1.02-21 Сборник 11.1 «Нормы продолжительности проектирования объектов строительства».

Условия применения норм приведены в общих положениях [12].

Продолжительность выполнения проектных работ рассчитана на выполнение основного объема работ, предусмотренного требованиями нормативных документов на проектирование, и не учитывает время, необходимое для выполнения дополнительных работ.

Основное время, занимаемое большую часть в процессе проектирования – согласование проектных решений с заинтересованными организациями, однако их продолжительность не входит в норматив [12] и дополнительно добавляется к продолжительности проектирования.

В [2] представлены к обзору существующие методы формирования календарного графика и расчета параметров проекта: Метод критического пути, Метод оценки и анализа программ (PERT), Метод критической цепи, Метод «набегающей волны», Гибкие (agile) методы. В [2] отмечается, что «использование только одного из перечисленных выше методов планирования априори не сможет привести к эффективным результатам. Необходимо сочетание сразу нескольких методов, объединяя их положительные свойства и нивелируя отрицательные» [2].

В строительстве методология Agile может быть особенно полезна и применена в проектировании. Использование Agile в проектировании зданий и сооружений является перспективным направлением, так как позволяет адаптировать гибкие методы управления, изначально созданные для IT-сферы, к особенностям строительной и проектной деятельности [3].

При составлении детального календарного графика проектно-изыскательских работ следует принимать вышеприведенные методы.

Один из возможных подходов к планированию инвестиционно-строительных проектов и его принципы приведены в [2]. Наиболее подходящие к планированию проектно-изыскательских работ:

1. Планирование работ необходимо вести методом критического пути.
2. Связи между работами нужно устанавливать исключительно по необходимости.
3. Плановые сроки проектирования должны быть одинаковыми для заказчика, генеральной проектной организации и остальных основных участников процесса проектирования [2].

Также в [2] рассматриваются методы контроля исполнения сроков, что не маловажно при выполнении проектно-изыскательских работ. Например, контроль сроков наступления ключевых вех проекта.

«Важным для многих современных методов контроля сроков является принцип гибкого перепланирования сроков работ и зависимостей между ними исходя из текущей ситуации при жесткой фиксации сроков наступления заранее обозначенных контрольных точек» [2].

«Многокритериальная модель принятия решений используется для выбора методов управления при проектировании и строительстве технически сложных объектов. Она представляет собой инструмент, предназначенный для учета множества часто противоречивых критериев при принятии решений» [4].

Одним из эффективных методов управления проектами, в том числе проектно-изыскательскими работами – это создание проектного офиса [5].

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Проектно-изыскательские работы являются одной из основных частей строительного производства и требуют должного внимания при планировании и организации всего инвестиционно-строительного проекта.

2. Важную роль в грамотном планировании проектно-изыскательских работ играют методы планирования и контроля комплекса работ. По аналогии с инвестиционно-строительными проектами, проектно-изыскательские работы требуют должного планирования и контроля.

3. Для эффективного управления проектно-изыскательскими работами необходимо создание команды управления проектом.

4. Учитывая тот факт, что комплекс проектно-изыскательских работ занимает достаточно большую часть в жизни инвестиционно-строительного проекта, существует острая необходимость нормирования сроков выполнения таких работ.

5. Способы определения продолжительности проектно-изыскательских работ остается важной задачей.

6. Организация проектно-исследовательских работ по каждому из проектов должна базироваться на разработке моделей календарного планирования, по аналогии с моделями организации строительства объектов.

### Литература

1. Бовтеев С. В. Методы и формы организации строительного производства: учеб. пособие / С. В. Бовтеев. – СПб. : СПбГАСУ, 2022. – 221 С.
2. Бовтеев С. В. Современные методы планирования и контроля инвестиционно-строительных проектов // Управление проектами: идеи, ценности, решения: Материалы I Международной научно-практической конференции / Санкт-Петербург, 15–17 мая 2019 г. – 2019. – С. 188–194.
3. Бовтеев С. В., Третьякова З. В. Оценка возможности и эффективности цифровой трансформации гибких методов управления строительными проектами // Инновации и инвестиции. № 9. 2024. – С. 170–174.
4. Джавед С., Руденко А. А. Применение моделей принятия решений для выбора методов управления при проектировании и строительстве объектов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. № 3(96). С. 105–115.
5. Перфильев М. С. Формирование проектного офиса для выполнения проектно-исследовательских работ комплексных инфраструктурных объектов капитального строительства а основе декомпозиции работ // Вестник сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2015. – № 5(45). – С. 184–191.
6. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 25.12.2023) <https://docs.cntd.ru/document/901919338/>
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 года № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» (с изменениями на 15 сентября 2023 года) <https://docs.cntd.ru/document/902087949/>
8. ГОСТ Р 21.101-2020 Основные требования к проектной и рабочей документации <https://docs.cntd.ru/document/1200173797/>
9. РМД 11-22-2013 Руководство по проектной подготовке капитального строительства в Санкт-Петербурге.
10. [https://www.spbexp.ru/upload/iblock/b91/e13tl36km4z18jqa77jgy0aj90ww9t6t/RMD\\_11\\_22\\_2013\\_s\\_izm\\_ot\\_28.09.2023\\_.pdf/](https://www.spbexp.ru/upload/iblock/b91/e13tl36km4z18jqa77jgy0aj90ww9t6t/RMD_11_22_2013_s_izm_ot_28.09.2023_.pdf/)
11. СН 283-64 Временные нормы продолжительности проектирования <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4294854/4294854910.htm/>
12. Проект СП \_\_ 13330.2012 Нормативы продолжительности проектирования объектов жилищно-гражданского назначения <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293795/4293795342.htm/>
13. МРР-11.1.02-21 Сборник 11.1 «Нормы продолжительности проектирования объектов строительства» <https://docs.cntd.ru/document/608994708?marker=6500IL/>

УДК 658.5:623.125

*Ирина Борисовна Голованова,*  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: golovanova\_irina00@mail.ru*

*Irina Borisovna Golovanova,*  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: golovanova\_irina00@mail.ru*

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ БЕТОНИРОВАНИЯ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ РАБОТ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ**

### **ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF CONCRETING METHODS ON THE DURATION OF WORK IN WINTER DURING THE CONSTRUCTION OF RESIDENTIAL BUILDINGS**

На сегодняшний день самым часто используемым материалом при строительстве жилых зданий является монолитный железобетон. Для улучшения процесса строительства зданий из монолитного железобетона и внедрения новых технологий, оптимизирующих процесс строительства, необходимо использовать комплексных подход.

Процесс возведения зданий довольно сложный и включает в себя ряд важных факторов, рассмотрев которые, можно выявить области строительства, которые необходимо рассмотреть подробнее и усовершенствовать. Решение данной задачи даст возможность уменьшить сроки строительства, сократить себестоимость строительства и улучшить качество построенных зданий и сооружений.

*Ключевые слова:* монолитное строительство, бетонные работы, организационно-технические решения.

To date, the most commonly used material in the construction of residential buildings is monolithic reinforced concrete. To improve the construction process of monolithic reinforced concrete buildings and the introduction of new technologies that optimize the construction process, it is necessary to use an integrated approach.

The process of building construction is quite complex and includes a number of important factors, having considered which, it is possible to identify areas of construction that need to be considered in more detail and improved. Solving this task will make it possible to reduce the construction time, reduce the cost of construction and improve the quality of constructed buildings and structures.

*Keywords:* monolithic construction, concrete works, organizational and technical solutions.

Ключевым принципом оптимизации организационно-технологической системы, является эффективное управление взаимосвязанными между собой подсистемами. При исследовании были выбраны двенадцать факторов-параметров, описывающих разные области строительства.

Для определения важности влияния этих факторов на процесс оптимизации строительства, был проведен квалиметрический анализ и использованием метода экспертных оценок.

Принцип метода заключается в анализе выбранных факторов экспертами. В роли экспертов выступили тридцать специалистов, зарегистрированных в национальном реестре строительных профессионалов, обладающих многолетним опытом и занимающих руководящие должности в строительных организациях.

Блок-схема для проведения экспертного опроса приведена на рис. 1.

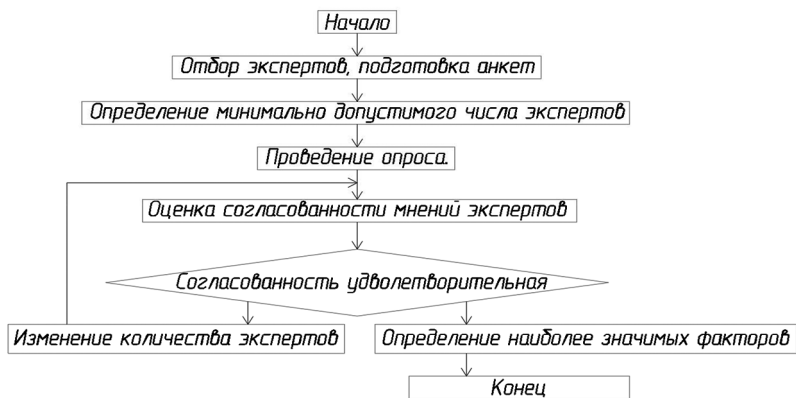


Рис. 1. Блок-схема проведения экспертного опроса

Эксперты должны были проставить баллы всем факторам в диапазоне от одного до десяти. Единица указывает на низкую значимость факторов, а десять говорит о серьезной важности и сильном влиянии фактора на продолжительность работ. [3, 4]. Таблица из анкеты опроса представлена на рис. 2.



Параметры	Оценка (1 - 9)
Обеспечение нормативной и технологической документацией	
Соответствие качества выполненных работ рабочей документации.	
Уровень квалификации инженерно-технического персонала.	
Контроль строительных процессов на площадке.	
Полнота комплектности опалубочных элементов на площадке.	
Соблюдение условий проектной организации строительства (ПОС).	
Возможность раннего снятия опалубки конструкций в зимний период.	
Климатические условия во время возведения монолитных конструкций.	
Использование различных методов соединения арматуры.	
Применение различных типов арматурных изделий.	
Метод подачи бетонной смеси.	
Комплектация материально-техническими средствами для обеспечения технической деятельности.	

Рис. 2. Таблица из опроса

После проведения опроса был рассчитан коэффициент Кенделла, показывающий насколько мнения экспертов согласованы. Коэффициент определяется по формуле: [1, 2].

$$W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)}$$

где  $S$  – сумма квадратов отклонений суммы рангов каждого объекта экспертизы от средних арифметических рангов;  $n$  – число экспертов;  $m$  – число объектов экспертизы.

Полученный коэффициент равный 0,72, что указывает на хорошее сходство мнений о значимости факторов.

По данным опроса были рассчитаны средние значения оценок, по которым была составлена диаграмма весовых параметров, представленная на рис. 3.

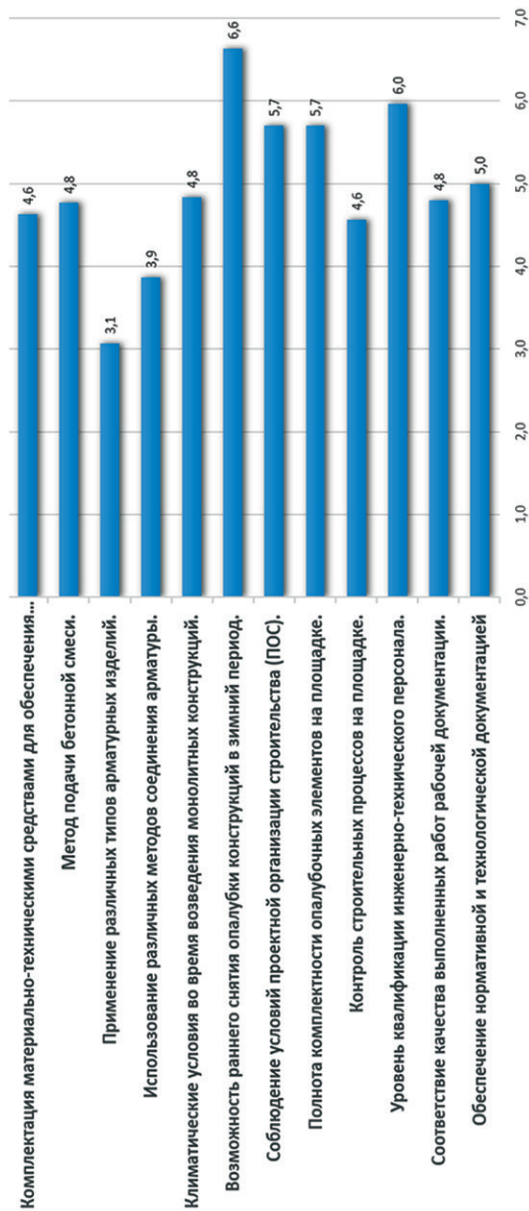


Рис. 3. Диаграмма весовых параметров

## Выводы

Была рассчитана степень влияния параметров организационно-технологического характера, на возможность оптимизации продолжительности монолитных работ методом экспертных оценок.

Как видно из диаграммы весов параметра наиболее значимым параметром является параметр «Возможность ранней распалубки конструкций в зимний период».

Рекомендуется более подробно рассмотреть возможности ранней распалубки конструкций в зимний период и предложить варианты по усовершенствованию технологии.

## Литература

1. *Анфилатов В. С.* Системный анализ в управлении: уч. пособие для студентов вузов / Анфилатов В. С. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 225 с.
2. *Богомолов Ю. М.* Применение экспертных систем в строительстве / Ю. М. Богомолов. – Минск : Обозрение, 1990. – 312 с.
3. *Волков Н. Н.* Математические метод в экспериментальных исследованиях. Планирование и статистический анализ многофакторных экспериментов: конспект лекций / Н. Н. Волков – М. : Изд-во МПИ, 1990. – 176 с.
4. *Гинзбург А. В., Лобырева Я. А., Семернин Д. А.* Системный подход при создании комплексных автоматизированных систем управления и проектирования в строительстве / Научное обозрение. – 2016. – № 16. – С. 461–464.
5. *Латидус А. А., Степанов А. Е.* Формирование организационно-технологических параметров эффективности возведения монолитных конструкций многоэтажных жилых зданий // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 2. – С. 128–131.
6. *Романович М. А.* Повышение организационно-технологической надежности монолитного домостроения на основе моделирования параметров календарного плана: дис. канд. тех. наук: 05.23.08. – СПб., 2015. – 194 с.

УДК 658.5

*Анна Анатольевна Грин,*  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: maksimovitchanya@yandex.ru*

*Anna Anatolievna Grin,*  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: maksimovitchanya@yandex.ru*

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ДИРЕКЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАКАЗЧИКА**

### **ANALYSIS OF THE MODERN STRUCTURE OF THE TECHNICAL CUSTOMER'S DIRECTORATE**

Целью статьи является анализ современной структуры дирекции технического заказчика. В ходе реализации поставленной цели был успешно решен ряд задач таких как выявление потенциальных проблем и рисков присущих дирекции технического заказчика, проведен тщательный анализ положений технического заказчика, как участника инвестиционно-строительного проекта. В настоящем исследовании анализируются современные подходы к организации службы технического заказчика, а также описываются недостатки, присущие существующей системе формирования структуры технического заказчика.

*Ключевые слова:* строительство, технический заказчик, организационная структура, застройщик.

The purpose of the article is to analyze the modern structure of the technical customer's directorate. During the implementation of this goal, a number of tasks were successfully solved, such as identifying potential problems and risks inherent in the directorate of the technical customer, a thorough analysis of the provisions of the technical customer as a participant in the investment and construction project was carried out. This study analyzes modern approaches to the organization of the technical customer service, as well as describes the disadvantages inherent in the existing system of forming the structure of the technical customer.

*Keywords:* construction, technical customer, organizational structure, developer.

Строительство представляет собой важную и динамично развивающуюся область человеческой деятельности, которая обеспечивает производство качественной строительной продукции в виде завершенных зданий и сооружений. При возведении объектов необходимо учитывать ряд факторов, оказывающих влияние на успешное выполнение инвестиционно-строительного проекта. Для достижения согласованного выполнения инвестиционного замысла требуется

эффективное управление. В свою очередь эффективное управление, а также планирование, организация и контроль над осуществлением проекта задействуют большое количество организаций и предприятий. При этом деятельность всех участников строительства должна быть четко скоординирована. Одним из ключевых организаторов производственного процесса, взаимодействующим со всеми участниками, является технический заказчик [1]. Он занимает ключевую позицию в организационной структуре, обеспечивая обмен информацией между всеми участниками проекта, привлечение опытных специалистов для выполнения задач, а также планирование и регулярный мониторинг соответствия проектных параметров на всех этапах – от проектирования до ввода объекта в эксплуатацию.

Структурирование задач, функций и ответственностей технического заказчика, а также стремление к улучшению качества и сокращению издержек на реализацию строительного проекта требует разработки методов, направленных на повышение эффективности его организационно-технологической работы. Эта задача особенно актуальна и важна в современных условиях.

Необходимость появления нового участника стала актуальной, так как застройщик в настоящее время чаще всего выступает в роли инвестора или главного лица, которое управляет объектом капитального строительства, обычно не обладает профессиональными навыками в области строительства.

В настоящее время, в зависимости от источника, в современной практике финансирования можно выделить два подхода к формированию службы:

1. Для объектов финансируемых за счет частных инвестиций.
2. Для объектов с бюджетным финансированием.

Таким образом, застройщик – это не профессиональный организатор и координатор строительства, а лицо, владеющее земельным участком и обеспечивающее возведение на нем возведение объекта недвижимости (либо его реконструкцию или ремонт).

Застройщику, который планирует строительство или реконструкцию на своем участке, необходимо будет заниматься оформлением разрешительных и согласовательных документов, заключением контрактов и контролем за выполнением различных процессов.

Если главное направление деятельности застройщика не связано со строительством, более рациональным и выгодным решением будет передать эти функции специализированной организации, занимающейся именно организацией и выполнением строительных работ, такие типы функций предназначены для использования техническим заказчиком.

Организатор строительства должен быть назван исключительно техническим заказчиком, и не иначе.

Для организации современного подхода к формированию службы технического заказчика, важно сначала определить, какие участники современной строительной сферы считаются техническими заказчиками и какие задачи они выполняют.

**Технический заказчик** – это юридическое лицо, которое уполномочено застройщиком и от имени застройщика [2].

В настоящее время основные обязанности, выполняемые дирекцией технического заказчика:

- определение целей проекта, разработка графиков и планов выполнения задач;
- контроль качества;
- гарантирование соответствия выполненной работы проектной документации и нормативам;
- включает контракты на проведение инженерных исследований, разработку проектной документации, строительство, реконструкцию, капитальный ремонт и снос объектов капитального строительства;
- готовит задания для выполнения определенных видов деятельности;
- гарантирует предоставление лицам, занимающимся инженерными изысканиями и/или подготовкой проектной документации, строительством, реконструкцией, капитальным ремонтом, сносом объектов капитального строительства, необходимых материалов и документов для успешного выполнения указанных видов работ.
- подтверждает документацию проекта;
- оформляет всю документацию для получения разрешения на ввод в эксплуатацию объекта капитального строительства;
- координация с подрядчиками;

- взаимодействие с контрагентами, проверка их соответствия стандартам;
- документационное сопровождение: осуществление необходимой документации и создание отчетов;
- другие обязанности, установленные законодательством в области градостроительства (функции заказчика по техническим вопросам).

Виды функций, передаваемых застройщиком заказчику, могут различаться в зависимости от типа объекта (новое строительство, реконструкция, капитальный ремонт), наличия у заказчика результатов инженерных изысканий и проектной документации.

Обязанности техзаказчика на различных стадиях реализации проекта определяет следующие этапы реализации проекта в строительстве (см. рисунок):

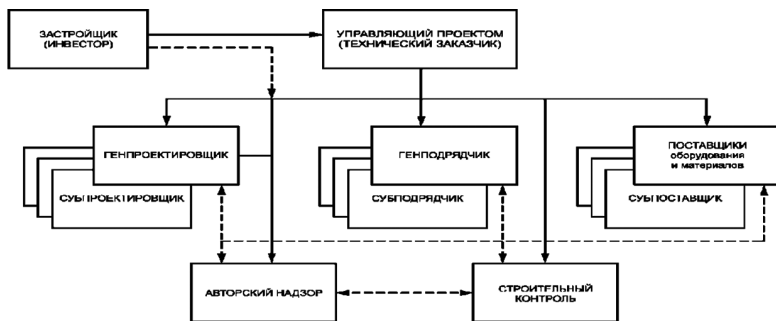


Схема взаимодействия технического заказчика с другими участниками строительного процесса

Проведя анализ современной структуры дирекции технического заказчика в современном строительстве можно выделить основные структурные подразделения:

- отдел проектирования: занимается разработкой проектной документации и ее согласованием;
- отдел контроля качества: осуществляет проверку материалов и работ на соответствие стандартам;
- финансовый отдел: управляет бюджетом проекта, анализирует финансовые потоки;

- отдел закупок: отвечает за приобретение необходимых материалов и услуг;
- отдел по работе с подрядчиками: устанавливает и поддерживает связи с подрядными организациями.

В результате исследовательской работы была проведена работа по выявлению современных технологий и методов улучшения структуры дирекции технического заказчика:

### **1. Цифровизация процессов**

Разработка и внедрение автоматизированных программных комплексов, информационных систем и цифровых сервисов направлено на улучшение эффективности работы как внешних, так и внутренних процессов в сфере строительства. Благодаря этому будет возможно ускорить выполнение проектов, уменьшить повседневные обязанности и распределить рабочие ресурсы на более сложные задачи, которые требуют детального анализа и проверки принятых решений.

Объединение заказчика на одной платформе в виде централизованной информационно-аналитической базы с открытым доступом для всех участников проекта будет основным шагом в этом направлении. Внедрение Renga в моделирование в процессе разработки и создания среды обмена данными будет обеспечена прозрачность и достоверность информации, необходимой для эффективного управления [3].

### **2. Методы agile и lean**

Дирекция технического заказчика играет ключевую роль в успешной реализации строительных проектов. В современном строительстве появляется необходимость в инновационных подходах к управлению проектами, направленных на сокращение рисков и повышение эффективности [5].

Внедрение гибких методов управления для повышения эффективности. При реализации проекта Agile за счет оцифровки процессов происходит сокращение продолжительности общего процесса выпуска продукции, за счет чего улучшается качество продукции, повышается функциональная надежность процессов и устраняются потери, а так же за счет реализации ИТ-решений по основным направлениям обеспечивается согласованная работа



всех структурных подразделений, что позволяет организовать эффективную деятельность предприятия при принятии управленческих решений [6].

При реализации проекта *Lean* за счет оптимизации процессов и сокращения потерь, не добавляющих ценности в процессе жизненного цикла изделия, формируется экономия в виде снижения потерь рабочего времени, снижение трудоемкости при изготовлении изделия, экономия материальных ресурсов [7].

В свою очередь основными проблемами на данный момент времени является:

1) недостаток квалифицированных кадров: Анализ ситуации подготовки различного уровня показал, что существующая образовательная система не обеспечивает полной потребности строительного комплекса в качественных кадровых ресурсах. Острый дефицит квалифицированных рабочих кадров не может быть восполнен за счет существующей системы начального и среднего профессионального строительного образования в связи с тем, что она фактически разрушена.

2) изменение законодательства. В данное время востребован постоянный мониторинг изменений в нормативных актах.

3) управление рисками. Несвоевременная оценка потенциальных рисков на всех этапах реализации проектов создает опасные условия на строительном рынке [5].

Делая выводы из проведенного исследования, можно подвести **итоги:**

1. Дополнительные функции позволят улучшить передачу информации между участниками проекта способствует оптимизации коммуникации и обеспечивает непрерывность строительного процесса.

2. Своевременное выявление возможных проблем и опасностей позволит быстро решать их, избегая затруднений в ходе реализации проекта. Кроме того, это минимизирует риск несогласованности действий различных исполнителей и повысит эффективность управления проектом в целом.

3. Централизованная структура позволит эффективно реагировать на коррективы в проекте, своевременно их утверждать и ре-

ализовывать, минимизируя простои и сложности, связанные с согласованием между различными участниками.

4. Внедрение эффективной структуры, четкого распределения обязанностей и современных технологий будет способствовать улучшению качества строительства и оптимизации затрат.

### Литература

1. *Шагалеева Э. Р.* Применение системного подхода в строительстве // Роль и место информационных технологий в современной науке: сборник статей Международной научно-практической конференции. Самара. 2019. С. 210–211.
2. *Бадьин, Г. М.* Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома. СПб. : БХВ – Петербург, 2011. 432 с.
3. *Олейник П. П., Юргайтис А. Ю., Воронина Г. О., Макаренко А. В.* Методы формирования и оптимизации календарных планов строительных предприятий // Технология и организация строительного производства, 2017, № 1(2), С. 3–7.
4. *Ахметов Д. Р., Бреус Н. Л., Мансуров Т. Т.* Среда общих данных: практическая польза при реализации строительных объектов // Вестник евразийской науки. 2022. № 3.
5. *Ташкинов А. Г.* Использование концепции бережливого и активного производства в контексте управления виртуальной реальности в авиадвигателестроительном предприятии // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. 2022. № 71. – С. 201–209.
6. *Шипова С. Н.* Информационная система заказчика как платформа для формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства // Экономика и предпринимательство. 2021. № 11(136). С. 1427–1433.
7. *Буланова О. Л.* Технология управления проектами и проектными командами на основе методологии гибкого управления проектами Agile // Вестник Евразийской науки, 2018. С. 31.
8. *Степченко Т. С.* Lean-технологии в управлении предприятием // Современные технологии управления. ISSN 2226-9339. – № 7(55). – Режим доступа: <http://sovman.ru/article/5508/>
9. *Черных Е. А.* Применение принципа потока в бережливом строительстве // Менеджмент качества. 2010. № 02 (10). С. 102–121.

УДК 624.05

*Екатерина Сергеевна Карнюхина,*  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: kkatyaaa23@mail.ru*

*Ekaterina Sergeevna Karnyukhina,*  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: kkatyaaa23@mail.ru*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО 3D-СКАНИРОВАНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

### **THE USE OF 3D LASER SCANNING IN THE RECONSTRUCTION OF CAPITAL CONSTRUCTION FACILITIES**

В данной статье рассмотрены основные методы применения результатов лазерного сканирования при реконструкции зданий. Лазерное сканирование является актуальным способом получения информации об объекте, такой как объемно-пространственные решения здания, сведения о дефектах и повреждениях элементов зданий, отклонения от нормативных требований, включая количественные характеристики данных параметров. Трехмерное лазерное сканирование применимо на различных этапах жизненного цикла объекта: при планировании земельного участка перед началом строительства; при проведении строительных работ для контроля отклонений предельных параметров на различных этапах; при сдаче объекта в эксплуатацию и последующем проведении капитального ремонта и реконструкции.

*Ключевые слова:* лазерное сканирование, облако точек, цифровая модель, реконструкция, точность измерений, обмерные работы.

This article discusses the main methods of applying the results of laser scanning in the reconstruction of buildings. Laser scanning is an actual way to obtain information about an object, such as spatial solutions of a building, information about defects and damage to building elements, deviations from regulatory requirements, including quantitative characteristics of these parameters. Three-dimensional laser scanning is applicable at various stages of the object's life cycle: when planning a land plot before the start of construction; during construction work to control deviations of limit parameters at various stages; during commissioning of the facility and subsequent major repairs and reconstruction.

*Keywords:* laser scanning, point cloud, digital model, reconstruction, measurement accuracy, measurement work.

Все объекты капитального строительства подвержены неизбежному износу, в результате которого они утрачивают свои эксплуатационные характеристики, несущую способность и эстетические качества. Это требует проведения ремонтных работ или реконструкции.

Реконструкция подразумевает под собой вид строительных работ, который затрагивает конструктивные решения здания – изменение конструктивной схемы, замена несущих элементов и конструкций, пристройка и надстройка этажей здания. Для проведения работ по реконструкции объекта важно соблюдать особую точность при проведении строительных работ для предотвращения возникновения необратимых деформаций или же неправильного перераспределения напряжения в конструкциях, что может привести к разрушению части здания или же его полной утрате.

В первую очередь, перед проведением работ по реконструкции производится сбор данных об объекте. Проектная и рабочая документация хоть и является необходимой информацией об объекте, но не дает точное представление о нем, т. к. разрабатывается до начала строительных работ. Исполнительная документация не всегда предоставляется специалистам, но тем не менее, может содержать недостаточный объем данных, требуемых для проведения работ. Таким образом, возникает необходимость проведения обмерных работ.

Обмерные работы бывают двух видов: ручные и автоматизированные. Ручные предполагают проведение обмерных работ на объекте с использованием средств измерения, таких как лазерный дальномер, рулетка, уровень. Погрешность измерения ручным способом составляет порядка 20–30 мм. Такой метод требует больших затрат трудовых ресурсов, особенно в труднодоступных местах, и имеет ряд недостатков, например, скорость выполнения работ и систематизации полученных результатов, вопрос безопасности при проведении работ на высоте или на аварийных объектах.

Автоматизированные обмерные работы предполагают применение специальных приборов, позволяющих производить измерения самостоятельно, от специалиста требуется лишь перемещать устройство в пространстве. Выполняются работы следующими приборами:

электронный тахеометр, лазерный сканер, ручной сканер, БПЛА с применением съемки 360, а также цифровая камера (рис. 1).

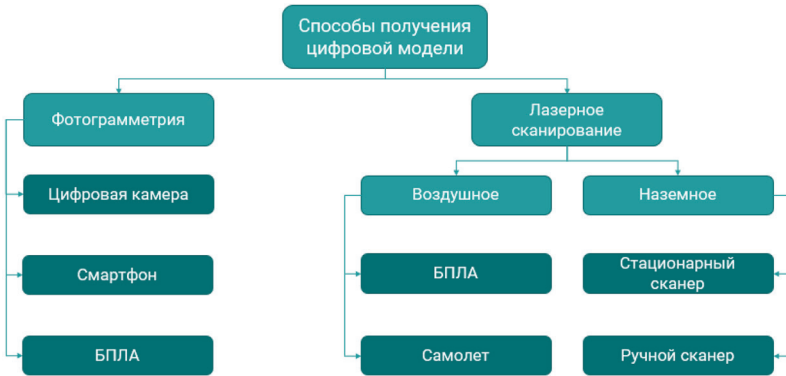


Рис. 1. Автоматизированные обмерные работы

Воздушное лазерное сканирование рационально использовать для исследования больших территорий или протяженных промышленных объектов, таких как трубопроводы или линии электропередач [1]. Сканер устанавливается на летательный аппарат, с которого производится съемка, например самолет или БПЛА.

Каждый способ проведения обмерных работ имеет свою область применения и параметры (табл. 1). Совместное использование данных способов позволяет компенсировать погрешности съемки каждого из методов, например, стесненность условий при съемке наземным лазерным сканером, и получить наивысшего качества цифровую модель.

В настоящее время популярным методом получения информации об объектах законченного строительства является применение технологий трехмерного лазерного сканирования. Лазерное сканирование – это получение цифровой 3D модели здания или сооружения путем сбора данных о нахождении точек объекта в пространстве на основании измерения скорости прохождения лазерного луча до отражающей поверхности и обратно. Лазерный сканер (рис. 2), фиксируя время прохождения луча, вычисляет расстояние точек от сканера до поверхности отражения.

Сравнение способов получения цифровой модели

Параметры	Способы получения цифровой модели		
	Воздушное лазерное сканирование	Фотограмметрия	Наземное лазерное сканирование
Область применения	Планы местности, линейные объекты, высотные здания	Декоративные элементы, помещения, фасады, здания	Помещения, фасады, здания
Погрешность измерений	до 20 мм / 10 м	до 25 мм / 10 м	до 1 мм / 10 м
Возможность работы в условиях крайнего севера	Ограничена	Возможна	Ограничена
Работа в стесненных условиях	Крайне затруднительна	Возможна	Ограничена

Затем, данные лазерного сканирования обрабатываются при помощи специализированного ПО (FARO Scene, FARO PointSense, Trimble RealWorx, VRMesh), совмещая все сцены в единую модель путем обнаружения в каждой сцене общих точек.

Последовательность выполнения работ по сканированию здания следующая:

1. Выполняется оценка объекта для примерного определения стоянок лазерного сканера;
2. Развешиваются специальные марки (рис. 3), позволяющие сканеру в дальнейшем определять их как общие точки в различных сценах и объединять в облако точек. Стоит отметить, что для пространственной трансформации облаков точек требуется как минимум 3 марки на каждую пару точек размещения сканера [2].



Рис. 2. Лазерный сканер FARO Focus Premium 70



Рис. 3. Марки для лазерного сканирования

3. Производится съемка здания лазерным сканером с его последовательным перемещением в пространстве (рис. 4). Следует учесть такие факторы, как прямая видимость, дальность действия и перекрытие между областями сканирования [3];



Рис. 4. Процесс лазерного сканирования здания

4. В специализированном ПО производится обработка данных и получение результата в виде облака точек (рис. 5).

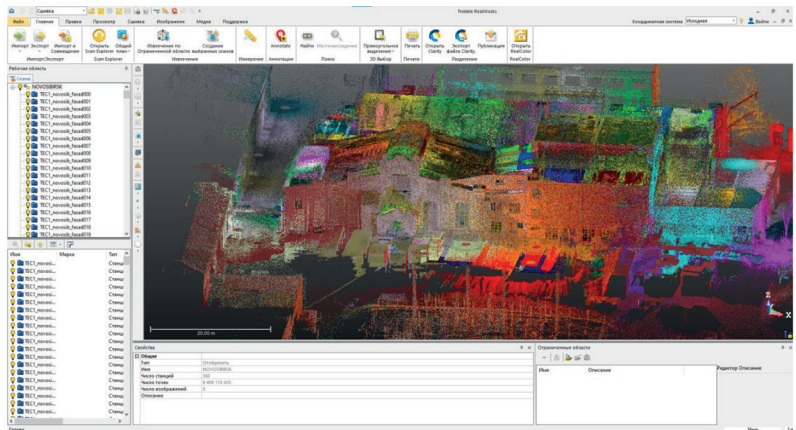


Рис. 5. Обработка результатов в программном комплексе Trimble RealWorx



Трехмерная цифровая модель, или так называемое «облако точек» (рис. 6) содержит в себе информацию о координатах более миллиона точек, связанных между собой. Погрешность измерения составляет всего  $\pm 1$  мм, что является несомненным преимуществом данной технологии. По результатам исследований лазерного сканирования фасадов зданий выполняется построение объемной 3D-модели объекта, а также стандартные проектные 2D-чертежи с высокой степенью детализации [4].

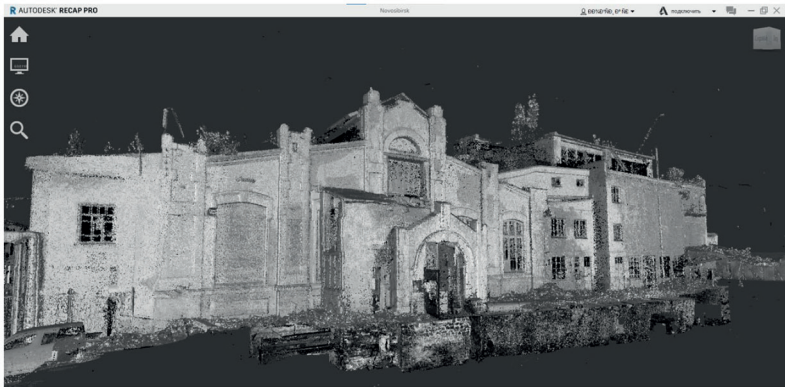


Рис. 6. Результаты сканирования в виде облака точек

Важно понимать, что применение технологии лазерного сканирования целесообразно не для всех объектов. Важно учитывать такие факторы, как: стоимость 3D сканирования, стоимость лазерного сканера, условия его работы. Например, температурный диапазон работ сканера составляет от  $-20$  °C до  $+55$  °C, таким образом применение сканера в условиях крайнего севера или же в период времени при температуре, превышающей данный диапазон, не даст результатов.

Целесообразно же применение сканирования для таких объектов как: высотные здания; уникальные здания и сооружения; крупные промышленные объекты (рис. 7); объекты культурного наследия; объекты, требующие высокой точности проведения работ. Также целесообразно применение сканирования при реконструкции и реставрации зданий.



Рис. 7. Процесс сканирования зернового терминального комплекса

При разработке проекта по реконструкции можно использовать полученное при сканировании облако точек в качестве подосновы для проработки конструктивных, организационно-технологических и др. решений с привязкой к существующему положению. Это позволяет детально рассмотреть существующие проблемы объекта, дать прогноз относительно реализации проектных решений. Такой способ работы позволяет минимизировать ошибки при проектировании и строительства в дальнейшем за счет точности измерений, также точная цифровая копия позволяет отслеживать изменения объекта в течение его жизненного цикла. В результате использования пакета «лазерное сканирование – BIM-технология» устраняются возможные многочисленные коллизии еще на стадии проектирования, автоматизируется процесс создания сметной

документации на демонтаж конструкций, замену оборудования, строительные или монтажные работы [5].

Трехмерная цифровая модель помогает не только при разработке проекта реконструкции, но также в процессе проведения строительных работ. Например, при проведении работ по пристройке этажа трехмерная цифровая модель позволяет контролировать отклонения по вертикали и горизонтали, выявлять дефекты и недостатки на каждом этапе производства. Это позволяет корректировать недостатки до проведения последующих работ. Так же, облако точек может быть использовано на этапе приемки законченного объекта реконструкции для разработки нового паспорта объекта.

Таким образом, лазерное сканирование имеет как ряд преимуществ, так и недостатков (табл. 2).

Таблица 2

**Преимущества и недостатки лазерного сканирования**

Достоинства	Недостатки
Скорость получения данных по сравнению с ручным способом	Стоимость услуги сканирования и стоимость лазерного сканера
Объем полученной информации	Наличие помех при сканировании
Точность измерений	Качество полученных данных в стесненных условиях
Простота оборудования в использовании	Возможность работы исключительно при температуре от $-20$ до $+55$ °С
Готовая цифровая модель в виде облака точек	Проблемы при сканировании отражающих поверхностей (стекла, зеркала)
Безопасность при использовании в труднодоступных местах	Для обработки данных сканирования крупных объектов необходим высокопроизводительный ПК
Возможность получить недостающую информацию из облака точек в любое время	

На основании нормативной и справочной документации, а также практического опыта были получены численные показатели при выполнении обмерных работ на примере объекта, площадью 1000 м<sup>2</sup> (рис.8).



Рис. 8. Численные показатели при выполнении обмерных работ

Применение в качестве «цифрового двойника» дает возможность получить наиболее полное пространственное представление объекта для разработки качественных проектных решений. Возможно снижение затрат на разработку проекта крупного объекта при использовании лазерного сканера примерно на 20 %, несмотря на его высокую стоимость и стоимость лазерного сканирования в целом, за счет снижения количества специалистов на объекте до 2-х человек и, соответственно, трудозатрат примерно в 6 раз, а также времени на производство обмерных работ примерно в 4 раза. Лазерные сканеры имеют несомненное преимущество на крупных общественных и производственных объектах.

## Литература

1. Пшидаток М. А. Лазерное сканирование при инженерных изысканиях / М. А. Пшидаток, В. В. Подтелков // Цифровая трансформация сельского хозяйства и аграрного образования : Сборник материалов I Международной научно-практической конференции, Краснодар, 29 февраля 2024 года. – Краснодар : Новация, 2024. – С. 333–337.

2. *Бесимбаева О. Г.* Мониторинг состояния объектов с помощью лазерного сканирования / О. Г. Бесимбаева, А. Б. Рахатова // Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации : сборник статей XXXVII Международной научно-практической конференции, Пенза, 20 февраля 2024 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2024. – С. 19–21.
3. *Фрейдин А. Я.* Трехмерное лазерное сканирование и его применение для съемки архитектурных сооружений и реставрации памятников / А. Я. Фрейдин // Оптический журнал. – 2007. – Т. 74, № 8. – С. 44–49.
4. *Меньщикова С. Н.* Съемка фасадов зданий методами наземного лазерного сканирования / С. Н. Меньщикова, А. Н. Мармилов, К. Г. Кондрашин // Потенциал интеллектуально одаренной молодежи - развитию науки и образования : Материалы XI Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников, Астрахань, 17–18 мая 2022 года / Под общей редакцией Т. В. Золиной. – Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2022. – С. 191–194.
5. *Пешков В. В.* Жизненный цикл зданий и сооружений: мониторинг технического состояния на основе технологий 3D-моделирования и лазерного сканирования / В. В. Пешков, А. Н. Фарфудинов // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2021. – № 12(756). – С. 110–119.

УДК 698.0

*Александра Николаевна Корякина,*  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: koryakina1310@yandex.ru*

*Alexandra Nikolaevna Koryakina,*  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: koryakina1310@yandex.ru*

## **АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ШТУКАТУРНЫХ РАБОТ**

### **ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL FEATURES OF MODERN PLASTERING WORKS**

В статье произведен анализ технологических особенностей современных штукатурных работ. На основе проведенного методом классификации установленный анализ основных видов штукатурных работ и их области применения позволяют сделать следующий вывод. Для получения качественного покрытия необходимо обращать внимание на требуемые характеристики штукатурного слоя в зависимости от места их нанесения, так как правильно подобранный материал и метод нанесения способен обеспечить ровные поверхности для дальнейших работ, повысить устойчивость к негативному воздействию или декоративное покрытие, не требующее последующей отделки.

*Ключевые слова:* технологические особенности, отделочные работы, штукатурные работы, классификация штукатурных работ.

The article analyzes the technological features of modern plastering works. Based on the classification method, the established analysis of the main types of plastering work and their areas of application allows us to draw the following conclusion. To obtain a high-quality coating, it is necessary to pay attention to the required characteristics of the plaster layer depending on the location of their application, since the correctly selected material and application method can provide smooth surfaces for further work, increase resistance to negative impacts, or a decorative coating that does not require subsequent finishing.

*Keywords:* technological features, finishing work, plastering work, classification of plastering work.

**Введение.** Отделочные работы относятся к заключающей стадии строительства, в ходе которой выполняются работы по созданию эстетически привлекательного и функционального пространства. Также данные работы обеспечивают защитой конструктивные элементы здания от внешних воздействий. Поэтому совершенствование

производства отделочных работ в настоящее время приобретает особо важное значение, так как от качества и сроков их выполнения зависят общие сроки ввода объектов в действие [5].

Трудоёмкость производства отделочных работ зависит не только от подготовки оснований и применяемых составов, но и от квалификации и знания отделочников, их умения качественно выполнять работы и рационально применять знания. К тому же некачественную подготовку оснований нельзя компенсировать высококачественной отделкой поверхностей [3].

Облицовочные, штукатурные, малярные, обойные, стекольные, а также работы по устройству покрытий полов относятся к отделочным работам.

В зависимости от способа нанесения штукатурка делится на мокрую и сухую. Мокрая штукатурка подразумевает под собой нанесение раствора на обрабатываемую поверхность. Сухая штукатурка выполняется облицовкой поверхностей гипсокартонными листами с различными характеристиками, предварительно изготовленными в заводских условиях.

Мокрое штукатурное покрытие состоит из следующих слоев:

1) обрызг – подготовительный слой, от качественного нанесения первого штукатурного слоя зависит сцепление и прочность последующих;

2) грунт – основной слой, являющийся самым объемным, потому что он выравнивает поверхность и образует требуемую толщину штукатурного покрытия;

3) накрывка – финишный, не являющийся обязательным слоем штукатурки, данный слой наносится для сглаживания и выравнивания предыдущих слоев.

Также штукатурные работы классифицируют по трем направлениям: по виду вяжущих, по качеству, по назначению (см. рисунок).

- простая штукатурка – двухслойная, состоит из обрызга и грунта. Может выполняться как гипсовыми, так и цементными растворами. Толщину слоя простой штукатурки принято считать 10–15 мм. Данный вид штукатурки применяется при штукатурных работах в складских, подвальных, чердачных, вспомогательных, временных и производственных помещениях;

- улучшенная штукатурка – трехслойная, состоит из обрызга, грунта и накрывки. Используется для фасадов и внутренних помещений жилых, общественных и производственных зданий;
- высококачественная штукатурка – четырехслойная, с обрызгом, грунтом и двойной накрывкой, для отделочных работ на фасадах и внутренних помещениях жилых и общественных зданий с высокими установленными требованиями качества.



Классификация штукатурного покрытия

По виду вяжущего в составе раствора штукатурки делятся на цементные, цементно-известковые, известковые, известково-гипсовые и гипсовые. Штукатурки из гипсовых и известковых растворов являются лучшими при выборе материала для выравнивания стен.

В зависимости от требуемого качества выполнения штукатурку принято делить на три группы. Деление на три группы обусловлено требованиями по толщине штукатурного слоя. Также область применения одной из трех групп штукатурки зависит от назначения помещений, зданий.

Завражин Н. Н., Гумерова Э. И. в своих работах классифицируют по назначению штукатурное покрытие на 3 вида:

- обычная штукатурка – вид покрытия, который успешно применяется
  - для отделки фасадов зданий и стен для последующей окраски, облицовки в помещениях;
  - декоративная штукатурка- вид покрытия, которое не требует дальнейшей отделки, так как существует большое разнообразие фактуры и цвета. В настоящее время покрытие декоративной



штукатуркой является востребованным решением как для фасадных, так и для внутренних работ.

- специальная штукатурка – вид покрытия, применяемое в зависимости от целей ее устройства. Данный вид позволяет использовать составы с добавлением различных наполнителей, когда где требуется усилить свойства состава. Позволяют защитить внутренность помещения от вредных внешних воздействий или наоборот изолироваться от вредных источников, располагающихся внутри помещения [4].

По специфике использования специальные штукатурки делят на: теплоизоляционные, акустические, гидроизоляционные, рентгенозащитные, кислотостойкие.

Штукатурные работы по мокрой технологии в зависимости от способа нанесения раствора подразделяют на два основных вида: штукатурка с использованием ручного способа и с применением специального оборудования.

Большое количество ручного труда в строительстве заставляет задуматься о внедрении средств автоматизации, которые сократят финансовые и физические затраты при строительных работах. Серьезным этапом в технологии проведения штукатурных работ стало использование машин и механизмов, которые облегчают работу мастера-штукатура. К этому оборудованию можно отнести: пневмолопату-хопер, пневмопистолет и робот-штукатур [8]. В своих работах Муртазаев С. А., Гумерова Э. И., С. Л. Горобченко, Д. А. Ковалев, А. В. Теппоев называют данный способ малой механизации, с использованием перечисленных выше современного оборудования: пневмолопата-хопер, пневмопистолет и робот-штукатур и др.

Технологический процесс нанесения штукатурного покрытия можно описать следующим образом:

- подготовка поверхности: очищение от загрязнений и остатков старых покрытий;
- установка маяков, необходимых для разметки;
- нанесение первого слоя-обрызга;
- нанесение второго слоя штукатурного покрытия-грунта;
- демонтаж маяков;

- нанесение слоя-накрывки;
- финишная обработка подсохшего слоя для стирания границ между областями нанесения и разравнивания-затирка.

Недостатками ручного способа оштукатуривания можно считать высокий процент расхода растворной смеси вследствие ее подвижности и сползания с рабочих инструментов, большое количество задействованных рабочих, видимость границ оштукатуривания при наличии перерывов между рабочими сменами, продолжительность выполнения работ, износ рабочих инструментов [1]. Метод нанесения с использованием современного оборудования способен сократить количество рабочих, сроки выполнения штукатурных работ. Позволяет получить более высокое качество покрытия с высокой адгезией, однако для проведения работ с применением современных агрегатов требуется высокая квалификация рабочих. В научной литературе к недостаткам данного метода относят высокую стоимость оборудования, используемого при нанесение штукатурного покрытия.

Отделочные работы являются завершающим этапом строительства и требуют грамотного подхода к их выполнению. Трудоемкость производства отделочных работ обуславливается множеством факторов, таких как подготовка оснований, квалификация специалистов, выполняющих работы и правильно подобранные составы материалов.

На основании проведенного анализа были выделены основные направления, по которым можно классифицировать штукатурное покрытие.

Штукатурное покрытие делится на виды по типу вяжущего в составе штукатурного раствора, по качеству и назначению. При выборе штукатурного покрытия основными показателями, на которые стоит обращать внимание являются такие технологические особенности, как условия эксплуатации помещения, приоритетные функциональные характеристики покрытия, сроки выполнения работ и их объемы. Внедрение в процесс нанесения штукатурного покрытия средств малой механизации, таких как пневмолопата-хопер, пневмопистолет и робот-штукатур, позволяет сократить трудозатраты, сроки выполнения работ, а также обеспечить высококачественное покрытие.

## Литература

1. *Муртазаев С. А.* Анализ технологии производства штукатурных работ ручным и механизированным способами / С. А. Ю. Муртазаев, А. С. Успанова, М. Р. Хаджиев // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2020. – Т. 16, № 3(21). – С. 59–64. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44387710/>
2. *Марочкин К. А.* Совершенствование технологии нанесения штукатурного слоя в гражданском строительстве / К. А. Марочкин // Modern Science. – 2022. – № 1–2. – С. 389–395. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47874418/>
3. *Завржин Н. Н.* Технология отделочных строительных работ: учебное пособие для нач. проф. образования – 2-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2013. – 416 с.
4. *Гумерова Э. И.* Способы производства штукатурных работ / Э. И. Гумерова, О. С. Гамаюнова // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2016. – № 7(46). – С. 7–16. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26464490/>
5. *Черноус Г. Г.* Технология штукатурных работ: учебник для нач. проф. образования – 2-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2019. – 240 с.
6. *Невоструева А. Д.* Применение штукатурки в строительстве / А. Д. Невоструева // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2023. – Т. 1. – С. 297–303. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=69195832/>
7. *Шепелев А. М.* Штукатурные работы. – 11-е изд., перераб. и доп. М. : Высш. Шк., 2021. – 223 с.
8. Перспективы применения роботов-штукатуров для автоматизации отделочных работ / С. Л. Горобченко, Д. А. Ковалев, А. В. Теппоев [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 1. – С. 389–394. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=61758283/>
9. *Ивянский Г. Б.* Механизация штукатурных работ. / Гос. изд. лит. по строительству и архитектуре. – М. : 2021. 52 с.
10. *Черный А. Ю.* Технология механизированного способа штукатурных работ / А. Ю. Черный, Н. Н. Гизлер // Вестник науки. – 2023. – Т. 2, № 6(63). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53972242/>
11. *Опанасюк И. Л., Реутский И. А.* Технологические и организационные решения способов производства штукатурных работ // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. 2015. С. 254–255.

УДК 658.51

*Роман Игоревич Кретов,*  
магистрант

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: bomanych@mail.ru*

*Roman Igorevich Kretov,*  
Master's degree student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: bomanych@mail.ru*

## **ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СКАНИРОВАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НУЛЕВОГО ЦИКЛА СТРОИТЕЛЬСТВА**

### **APPLICATION OF MODERN SCANNING AND INFORMATION MODELING TECHNOLOGIES TO OPTIMIZING ORGANIZATIONAL PROCESSES OF THE ZERO CYCLE OF CONSTRUCTION**

Освоение нулевого цикла связано с большим количеством материальных и ресурсных затрат и является одним из наиболее ответственных этапов строительного производства. Существует множество групп непредвиденных рисков, с которыми может столкнуться строительная организация в ходе реализации проектного замысла на этапе нулевого цикла непосредственно на строительной площадке. Низкая информационная обеспеченность об участке строительства может привести к существенному отклонению от графика производства работ и значительному превышению бюджета, что в некоторых случаях может сделать реализацию проекта нецелесообразной.

Для оптимизации организационных процессов этапа нулевого цикла строительного производства рекомендуется применение современных технологий сканирования и информационного моделирования с целью создания достоверной информационной базы участка строительства и минимизации степени действия непредвиденных рисков на ход выполнения строительных работ.

*Ключевые слова:* нулевой цикл, организация, строительство, риски, сканирование, информационное моделирование.

The development of the zero cycle is associated with a large number of material and resource costs and is one of the most important stages of construction production. There are many groups of unforeseen risks that a construction organization may encounter during the implementation of the design concept at the zero cycle stage directly at the construction site. Low information provision about the construction site can lead to a significant deviation from the work schedule and a significant excess of the budget, which in some cases can make the implementation of the project inappropriate.

To optimize the organizational processes of the zero cycle stage of construction production, it is recommended to use modern scanning technologies and information modeling in order to create a reliable information base for the construction site and minimize the degree of impact of unforeseen risks on the progress of construction work.

*Keywords:* zero cycle, organization, construction, risks, scanning, information modeling.

Нулевым циклом строительного производства называется начальная стадия возведения объекта капитального строительства. Данный этап предусматривает комплекс действий, которые необходимо провести ниже уровня земной поверхности для последующего возведения надземной части здания или сооружения. В зависимости от проекта состав работ этапа нулевого цикла строительства может варьироваться, однако перечень основных технологических операций остается неизменным.

Говоря об ответственности этапа нулевого цикла строительства, стоит выделить его стоимость, эквивалентную 20 % от общей стоимости реализации всего проекта. Краткий анализ распределения финансовых затрат на различные этапы строительного производства можно сделать на основании данных по нормам задела в строительстве в соответствии с нормативной документацией (рис. 1).

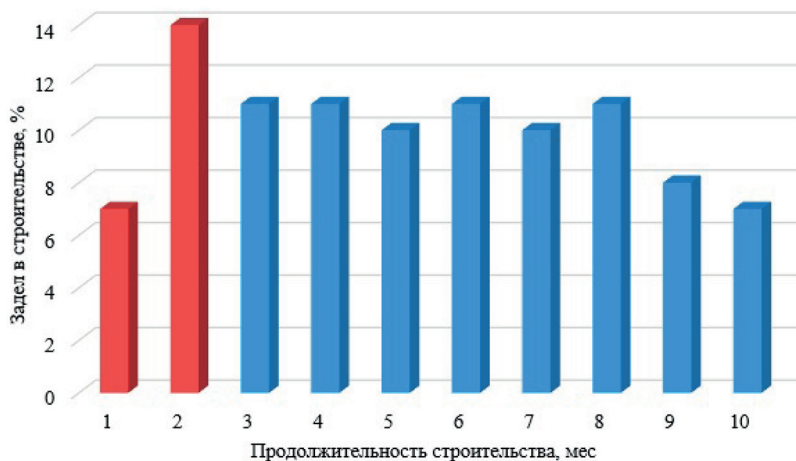


Рис. 1. Усредненные показатели задела в строительстве в процентах от сметной стоимости по месяцам

Вне зависимости от назначения здания, его архитектурно-конструктивных решений и различных особенностей, существенный процент задела приходится на первые месяцы строительства объекта, что косвенно подтверждает аналитические данные о высоких финансовых затратах на реализацию этапа нулевого цикла.

Также не стоит забывать о непосредственном влиянии темпов освоения нулевого цикла на общую продолжительность реализации строительного проекта. Работы в составе нулевого цикла являются частью критического пути календарного графика, то есть увеличение продолжительности их выполнения влечет за собой увеличение продолжительности строительства всего объекта.

Качество выполненных на этапе нулевого цикла работ напрямую влияет на качество строительной продукции на всех последующих этапах строительного производства и является залогом длительной и безаварийной службы построенных зданий и сооружений [1].

На этапе освоения земельного участка строители сталкиваются с большим числом трудностей и связанных с ними рисков. Важную роль играет наличие и качество информационной базы участка строительства. В противном случае необходимо проведение большого числа различного рода изысканий для выявления картины инженерно-геологических условий, определения наличия и точного местоположения имеющихся на участке инженерных коммуникаций, подземных сооружений и другого рода обременений природного или техногенного происхождения в составе грунта основания. При отсутствии качественной и достоверной информационной обеспеченности на этапе составления организационно-технологической документации велика вероятность влияния непредвиденных групп рисков на планомерное освоение работ. Решение сложившейся на площадке ситуации может привести к превышению сроков строительства и различного рода издержкам, негативно влияющим на экономическую эффективность проекта, вплоть до нецелесообразности продолжения строительства.

На данный момент наиболее актуальным методом проведения инженерно-геологических изысканий по-прежнему остается разрушающий метод бурения скважин с отбором образцов грунта

основания для последующего изучения его качественного и количественного состава, определения уровня грунтовых вод, наличия в его толще водоупорных слоев, скальных оснований и, в том числе, определения наличия и местоположения различных плотных включений, которые могут стать обременением при проведении работ нулевого цикла. На основании полученных данных составляется технический отчет с картой инженерно-геологических условий и инженерно-геологическим разрезом участка строительства, используемый при последующем составлении организационно-технологической документации [2].

Проведение инженерно-геологических изысканий методом бурения скважин – процесс трудоемкий и трудозатратный. Это обусловлено использованием дорогостоящего габаритного оборудования, требующего больших финансовых затрат на транспортировку и дислоцирование, необходимостью в большом штате высококвалифицированных специалистов и высокой стоимостью расходных материалов. После отбора образцов требуется большое количество времени на проведение лабораторных исследований, получение данных и составление технического отчета, а полученные карты инженерно-геологических условий и инженерно-геологические разрезы нельзя назвать полностью достоверными вследствие шахматного локального отбора образцов на расстоянии разброса скважин. Кроме того, наиболее актуальный на сегодняшний момент метод проведения геологических изысканий не располагает возможностью автоматической цифровизации полученных результатов с целью последующей конвертации их в информационную модель для дальнейшей работы в программных комплексах. В современных условиях повсеместного внедрения технологий информационного моделирования в различные этапы строительного производства, начиная от разработки проектной документации и заканчивая мониторингом на строительной площадке, внедрение технологий, позволяющих проводить разработку проекта на этапе нулевого цикла в информационной среде, является актуальной задачей [3].

В связи со сказанным выше предлагается решение по комбинарованному использованию технологии воздушного лазерного

сканирования местности и технологии георадарного сканирования грунта основания для получения точных данных о поверхности основания и структуре грунтовых напластований в его составе с последующей конвертацией полученных данных в трехмерную информационную модель и возможностью работы с ней в программных комплексах различного назначения. Преимуществами предложенного решения является возможность создания собственной независимой информационной базы участка строительства, выявление любого рода обременений в составе грунта основания и точного их местоположения, высокая точность и достоверность полученных данных.

Лазерное сканирование при помощи технологии *LiDAR* широко используется в различных отраслях промышленности уже несколько лет. Данная технология нашла широкое применение в различных сферах строительной отрасли, в том числе и в инженерных изысканиях. С учетом обширного опыта внедрения технологии воздушного лазерного сканирования в методологию проведения инженерно-геодезических изысканий и топографической съемки местности предлагается использование беспилотного летательного комплекса для воздушного лазерного сканирования конкретного участка строительства с целью создания высокоточной трехмерной модели поверхности его основания, отражающей реальный рельеф местности, а также расположение и габариты отдельных объектов (табл. 1).

Качественное решение для создания цифровых моделей сооружений, инфраструктурных объектов, рельефа и ортофотопланов с геопривязкой для геоинформационных систем или обработки в САПР предоставляет российская компания *GEOSCAN* и ее комплекс «Геоскан 401 Лидар» (рис. 2). Возможности решений от компании *GEOSCAN* весьма обширны. Их беспилотные летательные комплексы успешно используются при создании топографических карт местности больших площадей с параллельной аэрофотосъемкой мультиспектральной камерой. В масштабах реализации предлагаемой методологии комплекс «Геоскан 401 Лидар» обладает излишним функционалом, что делает его использование экономически невыгодным при условии наличия на рынке комплекса



с аналогичными характеристиками и лучшим соотношением стоимости образца к необходимому набору выполняемых функций.



Рис. 2. Комплекс «Геоскан 401 Лидар» с установленным лазерным сканером АГМ-МС и аэрофотокамерой Sony ZV-E10

Наиболее оптимальным решением по соотношению цены к качеству на сегодняшний день является продукция китайской компании *DJI*. Комплекс, состоящий из беспилотника «*DJI Matrice 300RTK*» с прикрепленным блоком «*DJI Zenmuse L1*», объединяющим модуль лазерного сканера, высокоточный *IMU*-модуль положения в пространстве и мощную аэрофотосъемочную камеру, предоставляет все необходимые возможности для реализации предлагаемой методологии воздушного лазерного сканирования участка строительства, являясь наиболее подходящим по характеристикам и функционалу (рис. 3).



Рис. 3. Комплекс беспилотника *DJI Matrice 300RTK* с блоком лазерного сканирования *DJI Zenmuse L1*

## Характеристики представленных образцов

Наименование характеристики	Геоскан 401 Лидар	DJI Matrice 300RTK	DJI Zenmuse L1
Габариты	1500×1500×560 мм (Д×Ш×В)	810×670×430 мм (Д×Ш×В)	152×110×169 мм (Д×Ш×В)
Масса	9,3 кг	6,3 кг	0,9 кг
Рабочая температура	от –20 до +40 °С	от –20 до +50 °С	от –20 до +50 °С
Длительность полета	40 мин	55 мин	–
Допустимая скорость ветра	12 м/с	15 м/с	–
Частота сканирования	600 кГц	–	480 кГц
Точность определения дальности	3 см	–	5 см
Точность определения координат	5 см	–	10 см
Стоимость	3 490 000 руб.	2 369 900 руб.	

От моделирования поверхности участка строительства перейдем к созданию трехмерной информационной модели грунтовых напластований в составе его основания. Стоит отметить, что технологии неразрушающих методов инженерно-геологических изысканий не столь развиты. Большой скачок в развитии георадарного сканирования грунтовых массивов сделали российские ученые. Такой метод позволяет определять структуру слоев грунта основания без нарушения его целостности посредством использования принципа геолокации. Георадарное сканирование позволяет обнаруживать инженерные коммуникации, подземные сооружения

и другие обременения природного и техногенного происхождения в толще грунта основания.

На сегодняшний день безоговорочным лидером в предоставлении качественных решений для проведения инженерно-геологических изысканий методом георадарного сканирования является российская компания НПЦ ГЕОТЕХ. Для реализации предлагаемой методологии наиболее подходящим является комплекс «Георадар ОКО-3» с возможностью использования антенных блоков с переменным частотным диапазоном для сканирования грунтового основания на различную глубину (рис. 4, табл. 2). Представленный образец является единственным в своем роде георадарным комплексом с возможностью сканирования грунта основания на глубину до 18 м.



Рис. 4. Комплекс «Георадар ОКО-3» с глубинным антенным блоком «Тритон-М»

Таблица 2

**Характеристики комплекса «Георадар ОКО-3»**

Наименование характеристики	Георадар ОКО-3 с глубинным антенным блоком Тритон-М
Габариты кейса	1130×410×160 мм (Д×Ш×В)
Габариты антенного блока	1200/2150×260×120 мм (Д×Ш×В)
Масса	16,3 кг
Рабочая температура	от –20 до +50 °С
Центральная частота	50/100 МГц
Глубина зондирования	14/18 м
Разрешающая способность по глубине	до 0,5 м

По предварительной оценке, внедрение в практику решения по комбинированному использованию технологии воздушного лазерного сканирования местности и технологии георадарного сканирования грунта основания принесет ощутимый экономический эффект за счет уменьшения затрат на проведение инженерных изысканий по сравнению с актуальными на сегодняшний день методами [4] (табл. 3, рис. 5).

Таблица 3

**Сравнение стоимости проведения изысканий на единицу расстояния**

Метод проведения изысканий	Стоимость
Разрушающий метод бурения скважин с отбором образцов грунта основания	1500 руб./пог. м
Неразрушающий метод георадарного сканирования грунта основания	110 руб./пог. м

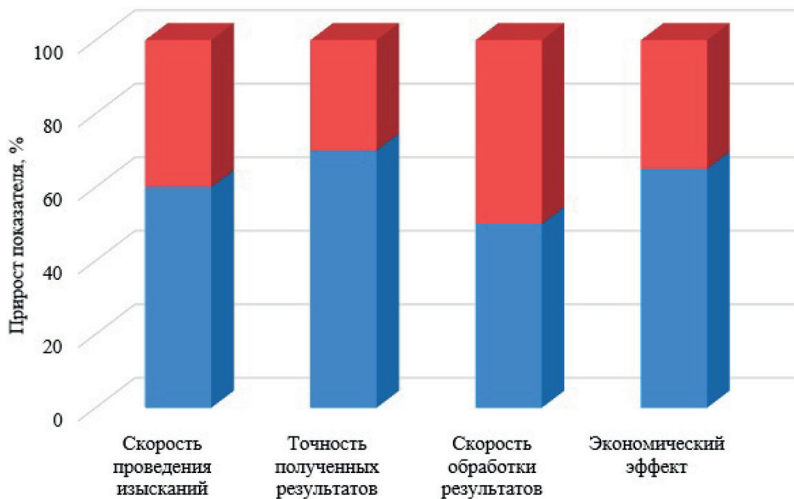


Рис. 5. Прирост показателей эффективности при применении предложенной методологии относительно актуальных методов проведения изысканий

Помимо увеличения скорости проведения изысканий, сбора, анализа и обработки данных, увеличения точности и достоверности полученных результатов, при внедрении предложенного решения появляется возможность создания трехмерной информационной модели, позволяющей проводить разработку проекта на этапе нулевого цикла в информационной среде в программных комплексах различного назначения. Вкупе с уменьшением издержек на транспортировку оборудования и уменьшением общих трудозатрат, включая необходимость в меньшем количестве специалистов высокой категории, применение технологии сканирования и компьютерного моделирования основания участка строительства найдет широкое применение при оптимизации организационных процессов нулевого цикла строительного производства [5].

## Литература

1. *Кретов Р. И.* Организационная деятельность производства работ нулевого цикла / Р. И. Кретов // Актуальные проблемы экономики и управления в строительстве : Материалы II Национальной (всероссийской) научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 18–19 апреля 2024 года. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – С. 309–313. – EDN HHOGR.L
2. *Мангушев Р. А.* и др. Проектирование и устройство подземных зданий 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, 2013.
3. *Гайдо А. Н.* Информационное моделирование здания (BIM) с учетом технологических параметров при производстве работ нулевого цикла / А. Н. Гайдо // Жилищное строительство. – 2019. – № 4. – С. 47. – DOI 10.31659/0044-4472-2019-4-47-55. – EDN JQCJJT.
4. *Жеглова Ю. Г.* Совмещение больших данных и информационного моделирования для решения задач нулевого цикла строительства / Ю. Г. Жеглова, А. Ю. Проскурин // Перспективы науки. – 2021. – № 10(145). – С. 10–12. – EDN KGCDMS.
5. *Гомелюк И. В.* Экономический эффект при использовании георадара ОКО-3 / И. В. Гомелюк, Е. А. Шаройкина, О. О. Калач // Новые горизонты : VIII научно-практическая конференция с международным участием. Сборник материалов и докладов, Брянск, 20 марта 2021 года. – Брянск : Брянский государственный технический университет, 2021. – С. 1168–1171. – EDN KLJRG.M

УДК 69.691

*Ольга Алексеевна Лебедева,*  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: kudinovaolya97@mail.ru*

*Olga Alekseevna Lebedeva,*  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: kudinovaolya97@mail.ru*

**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ  
ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА  
АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

**APPLICATION OF MODERN CONSTRUCTION  
AND INSTALLATION WORKS IN THE ORGANIZATION  
OF NUCLEAR POWER PLANTS**

Строительство атомной электростанции (далее – АЭС) активно развивается не только на территории Российской Федерации, но и по всему миру. Конкурентоспособность определяется и развитием тепловой энергетики, и сроками выполнения строительно-монтажных работ (далее – СМР). Важно ускорить развитие строительного монтажного комплекса, в частности улучшить методы монтажа и повысить качество планирования строительных работ. Данная статья посвящена исследованию новых технологий СМР и их развитию в строительстве АЭС. Внимание уделяется, как внедрению автоматизации и цифровизации процессов, так и применению новых материалов и методов, что способствует повышению безопасности и экономичности проектов.

*Ключевые слова:* современные технологии СМР, строительство АЭС, современные методы СМР, внедрение современных технологий СМР, применение современных технологий СМР, организация строительства АЭС.

The construction of a nuclear power plant (hereinafter – NPP) is actively developing not only in the territory of the Russian Federation, but also around the world. Competitiveness is determined by the development of thermal energy, and the timing of construction and installation work (hereinafter – CIW). It is important to accelerate the development of the construction installation complex, in particular, to improve installation methods and improve the quality of construction planning. This article is devoted to the study of new SMR technologies and their development in the construction of nuclear power plants. Attention is paid to both the introduction of automation and digitalization of processes, as well as the use of new materials and methods, which contributes to improving the safety and cost-effectiveness of projects.

*Keywords:* modern CIW technologies, NPP construction, modern CIW methods, introduction of modern CIW technologies, application of modern CIW technologies, organization of NPP construction.

## Введение

Одним из ключевых показателей эффективности реализации проектов АЭС является продолжительность строительства, величина которой в значительной степени определяется сроками выполнения СМР. На данный момент Российская Федерация сталкивается с необходимостью существенно ускорить сроки строительства АЭС, поскольку увеличение продолжительности строительных процессов ведет к значительным дополнительным расходам, обусловленным обслуживанием обязательств по банковским кредитам.

Ускорение процесса строительства АЭС может быть достигнуто благодаря внедрению современных технологий в сфере управления СМР, среди которых выделяются следующие:

1. Применение технологии Building Information Modeling (BIM), позволяющей эффективно управлять проектной информацией и оптимизировать процессы.

2. Организация непрерывного поточного строительства энергоблоков, что обеспечивает синхронизацию процессов и сокращение времени простоя.

3. Внедрение технологии безвибрационного бетонирования густоармированных конструкций сложной геометрии с использованием гиперпластификаторов, что улучшает качество и повышает скорость возведения конструкций.

4. Использование муфтовых соединений при стыковке арматурных каркасов и армоблоков, что обеспечивает надежность и упрощает монтажные работы.

5. Монтаж тяжеловесного и крупногабаритного оборудования с применением открытых методов (метод «open top»), что снижает комплексность выполнения работ.

6. Технология гибки трубопроводов.

Комплексное применение указанных технологий подразумевает не только улучшение временных показателей, но и оптимизацию затрат, что в конечном итоге способствует повышению экономической эффективности строительства атомных электростанций в Российской Федерации.



## Технология информационного моделирования (BIM)

Одной из передовых технологий, используемых для организации строительного процесса АЭС, является информационное моделирование зданий (BIM) [1]. Основным преимуществом данных систем является их способность к комплексному мониторингу и управлению всеми этапами цикла строительства, начиная с начального проектирования и завершая процессом эксплуатации объекта. В современных условиях строительства АЭС, характеризующихся ограниченностью ресурсов, высокой конкурентоспособностью и значительным уровнем неопределенности, внедрение инновационных информационных технологий на всех фазах жизненного цикла инвестиционно-строительных проектов приобретает стратегическую значимость.

Технологии информационного моделирования зданий (BIM) представляют собой методологический подход, охватывающий все стадии жизненного цикла строительного проекта, что обуславливает их относительное преимущество по сравнению с традиционными инструментами управления проектами. Интеграция BIM-технологий обеспечивает систематическое накопление, актуализацию и управление данными об объекте капитального строительства в рамках трехмерной информационной модели, что создает благоприятные условия для многослойного анализа и обоснованного принятия управленческих решений.

Такой подход позволяет оптимизировать ключевые процессы управления проектами, включая планирование, проектирование, материально-техническое обеспечение, выполнение СМР, пусконаладочного оборудования и ввод объектов в эксплуатацию. Использование информационной модели способствует интеграции контрольных механизмов и координации выполнения работ на всех этапах проекта, что, в свою очередь, ведет к повышению общей эффективности и минимизации рисков при реализации инвестиционных проектов в области строительства атомных электростанций. Таким образом, внедрение BIM-технологий выступает необходимым условием для достижения устойчивости и конкурентоспособности в условиях быстро меняющегося и нестабильного рынка.

## Организация поточного строительства

Поточное строительство энергоблоков представляет собой интегрированную концепцию, основанную на системном подходе и методах проектного управления, направленных на оптимизацию всех этапов жизненного цикла строительного объекта. Эта концепция предполагает комплексное и синергетическое взаимодействие проектирования, поставки, монтажа и пусконаладки, что обеспечивает достижение заданных целевых показателей в таких параметрах, как сроки, качество и стоимость [2]. В контексте энергоблоков поточное строительство определяется как методология, выполненная на принципах непрерывного потока работ и сферой применения теории ограничений. Это позволяет минимизировать временные затраты на выполнение каждого этапа. Основой данного подхода служит концепция бережливого производства (Lean Production), которая акцентирует внимание на устранении потерь и максимизации добавленной стоимости на всех уровнях производственного процесса. В процессе организации поточного строительства целесообразно выделить несколько структурных этапов:

а. Проектирование: На данном этапе осуществляется разработка проектной документации с применением методов системного анализа и проектирования, что способствует учету мультидисциплинарных взаимосвязей и интеграции различных инженерных систем (механических, электрических, автоматизированных) с целью обеспечения функциональной эффективности.

б. Закупка и поставка оборудования: Эффективная логистика и управление цепями поставок, основанные на принципах Just-in-Time (JIT), минимизируют эксплуатационные и холдинговые затраты, гарантируя своевременность поставок критически важного оборудования и материалов.

в. Монтаж и строительство: Интеграция подходов Agile и мониторинг хода выполнения работ с использованием KPI (ключевых показателей эффективности) позволяют оперативно идентифицировать отклонения от плана и осуществлять корректировку процессов выполнения работ, что, в свою очередь, способствует поддержанию общего прогресса проекта в рамках заданных параметров.

г. Пусконаладка и тестирование: На этапе пусконаладки осуществляется проведение комплексного тестирования объектов на соответствие установленным проектным параметрам. Этот процесс включает в себя применение методологий функционального тестирования и анализа рисков. Данные методологии обеспечивают структурированный подход к оценке надежности и безопасности функциональных характеристик вводимых в эксплуатацию систем. Исходя из критериев оценки, обеспечивается высокий уровень надежности объектов, что является абсолютно необходимым для достижения установленной ими производственной эффективности и соответствия требованиям нормативных стандартов.

Эффективное управление проектами в контексте поточного строительства предполагает использование многоуровневых иерархических систем управления, включая матричную структуру [3]. Это гарантирует четкое распределение полномочий и ответственности среди всех участников проектной деятельности, что, в свою очередь, способствует повышению координации действий и упрощению взаимодействия. Внедрение методологии управления рисками на основе количественных оценок позволяет не только минимизировать вероятность реализации неблагоприятных сценариев, но и систематически оценивать потенциальные угрозы, что усиливает предсказуемость результатов проектной деятельности и способствует формированию более надежной базы для принятия управленческих решений. А также важно отметить, что применение современных информационных технологий, включая системы управления проектами (Project Management Information Systems, PMIS) и методы моделирования информации о зданиях (Building Information Modeling, BIM), существенно усиливает интеграцию между всеми заинтересованными сторонами проектного цикла. Внедрение инструментов для симуляции процессов и анализа сценариев «что если» (what-if analysis) значительно повышает точность прогностических оценок и уменьшает риски возникновения ошибок на этапе проектирования, обеспечивая более высокую степень надежности проектной документации. Таким образом, организация и реализация процессов поточного строительства энергоблоков представляют собой сложный, многоступенча-

тый и многогранный процесс, требующий комплексного подхода и применения передовых методов управления проектами. Высокий уровень интеграции и систематического планирования не только существенно увеличивает эффективность реализации проектных инициатив, но и вносит значимый вклад в устойчивое развитие энергетической отрасли в целом. Это, в свою очередь, способствует реализации стратегических целей в области повышения энергетической безопасности, оптимизации использования ресурсов и обеспечения экологической устойчивости.

### **Технологии безвибрационного бетонирования густоармированных конструкций сложной геометрии с использованием гиперпластификаторов**

Одним из наиболее значимых направлений является безвибрационное бетонирование, которое осуществляет интеграцию гиперпластификаторов для достижения высокой текучести бетонной смеси. Эта технология позволяет реализовывать сложные проектные решения и оптимизировать процессы укладки современных бетонных композиций при высоких значениях арматурной плотности и сложной геометрии конструктивных элементов [4].

В процессе проектирования и строительства внедрение технологии безвибрационного бетонирования с применением высокоэффективных гиперпластификаторов представляет собой необходимый элемент для обеспечения строгих стандартов безопасности и качества конструкций.

Конструктивные элементы защитных оболочек и зданий реакторов требуют детального и системного подхода к выбору материалов и методик их укладки. Применение безвибрационного бетонирования, основанного на технологии гиперпластификации, не только оптимизирует прочностные характеристики конечного бетонного продукта, но также способствует его долговечности и стойкости к агрессивным эксплуатационным условиям, свойственным среде АЭС.

Экспериментальные исследования и теоретические обоснования подтвердили, что повышенная работоспособность бетонных

смесей, обусловленная использованием гиперпластификаторов, значительно увеличивает предельные нагрузки, которые могут воспринимать конструктивные элементы, что представляет собой критически важный аспект для обеспечения их надежности в сейсмоопасных регионах. Конкретно, улучшенные механические характеристики бетона при его безвибрационном укладке позволяют минимизировать риск микротрещинообразования и деформации, что в свою очередь снижает вероятность катастрофических разрушений.

Интеграция технологии безвибрационного бетонирования для густоармированных конструкций с многоуровневыми секретами геометрии, основанная на использовании гиперпластификаторов, представляет собой оптимальное решение в контексте современных тенденций и требований к строительству АЭС. Это не только способствует улучшению качества конструктивных элементов, но и обеспечивает их надежность и безопасность, являясь решающим фактором для уменьшения рисков и обеспечения устойчивого функционирования атомной энергетической инфраструктуры в условиях глобальных экологических и технологических вызовов.

В условиях увеличивающейся потребности в безопасной и экологически чистой энергетике такие передовые технологии становятся не только целесообразными, но и необходимыми для поддержания высоких стандартов эксплуатации в области атомной энергетике.

## **Применение механических муфтовых соединений арматуры**

Строительство АЭС требует соблюдения строжайших стандартов надежности и безопасности конструктивных элементов, так как качество этих элементов имеет прямое влияние как на эксплуатационную эффективность, так и на экологическую безопасность, а также здоровье человека. Одним из ключевых аспектов, определяющих прочность и долговечность строительных конструкций, является использование арматуры, особенно через применение механических муфтовых соединений (рис. 1) [5].

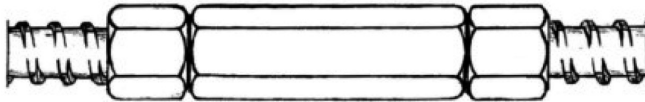


Рис. 1. Муфтовое соединение арматуры винтового профиля

Механические муфтовые соединения представляют собой сложные узловые конструкции, обеспечивающие жесткое соединение между индивидуальными элементами арматуры. Данные соединения состоят из муфты, служащей для соединения двух арматурных деталей, а также вспомогательных крепежных элементов, предназначенных для эффективной передачи механических напряжений. Ключевое преимущество муфтовых соединений заключается в их универсальности, которая позволяет использовать их для арматуры различных диаметров, что значительно расширяет возможности применения в рамках разнообразных строительных условий и проектных задач.

Преимущества применения муфтовых соединений в инженерных системах

1. Надежность и прочность: Механические муфтовые соединения характеризуются высокой прочностью на растяжение и сжатие, что является критически важным для конструкций АЭС, подвергающихся значительным механическим нагрузкам, обусловленным как внешними, так и внутренними воздействиями в процессе эксплуатации.

2. Коррозионная устойчивость: Использование высококачественных композитных и специализированных материалов для муфт обеспечивает надежную защиту соединений от коррозионных процессов. Это свойство становится особенно актуальным в условиях повышенной влажности и агрессивных химических сред, что, в конечном счете, способствует продлению эксплуатационного срока всей арматурной системы.

3. Оптимизация процессов монтажа: Внедрение механических муфтовых соединений позволяет существенно сократить временные затраты на установку арматурных элементов, так как они не требуют выполнения процессов, связанных со сваркой или другими

трудоемкими технологическими операциями. Это обстоятельство имеет особое значение для реализации масштабных инфраструктурных проектов, таких как строительство АЭС, где время монтажа играет ключевую роль в соблюдении графиков и бюджета.

#### 4. Универсальность механических муфтовых соединений в строительных конструкциях

Механические муфтовые соединения арматуры представляют собой революционный элемент в строительной механике, обладающий универсальными свойствами, которые способствуют их интеграции в широкий спектр конструктивных компонентов, таких как колонны, балки и плиты. Данная универсальность значительно расширяет область их практического применения в различных строительных системах, позволяя эффективно взаимодействовать с различными архитектурными и инженерными концепциями, включая сложные многослойные конструкции и сейсмостойчивые системы.

Внедрение механических муфтовых соединений в контексте строительства атомных электростанций обусловлено необходимостью повышения как уровня безопасности, так и надежности конструктивных систем. Эти соединения способствуют значительному улучшению монтажных процессов, обеспечивая быстрое и надежное соединение арматурных элементов с минимизацией временных затрат и повышением общей производительности строительных работ. Для строительной отрасли это означает не только оптимизацию ресурсов, но и создание более безопасных и устойчивых конструкций, что является критически важным в контексте атомной энергетики.

Анализ трендов в области строительных технологий подтверждает, что будущее атомных электростанций будет неразрывно связано с прогрессивным развитием методов проектирования и внедрением новых инновационных решений в механике соединений.

### **Технология open top**

Технология «Open Top» (открытое верхнее перекрытие) представляет собой передовой метод проектирования и строительства АЭС, характеризующийся отсутствием традиционного верхнего перекрытия на этапе возведения структур [6]. Данная методология

создает уникальные возможности для оптимизации строительных процессов, существенно воздействуя на скорость, безопасность и экономическую эффективность проектов (рис. 2).



Рис. 2. Монтаж корпуса реактора методом open top

Основываясь на принципах системного подхода в строительстве, методология «Open Top» позволяет реализовывать конструктивные решения, которые минимизируют необходимость в временных перекрытиях и, следовательно, сокращают количество промежуточных этапов в процессе сооружения [7]. Это приводит к кардинальной переработке традиционных методов организации рабочего пространства, что обеспечивает более рациональное использование вертикального и горизонтального пространства строительной площадки.

Одним из ключевых преимуществ технологии является возможность задействования крупных кранов и тяжелой подъемной техники, что способствует оптимизации монтажных работ. Открытое пространство гарантирует беспрепятственный доступ к конструктивным элементам, что значительно ускоряет процесс



установки оборудования и упрощает выполнение работ, связанных с тяжелыми и крупногабаритными компонентами, такими как реакторные установки, турбины и генераторы.

С точки зрения безопасности, применение технологии «Open Top» позволяет значительно улучшить контроль за процессом монтажа и минимизировать вероятность возникновения ошибок. Высокая степень видимости всех этапов выполнения работ снижает вероятность несчастных случаев и минимизирует управленческие ошибки. Необходимо также отметить, что данная методология требует разработки комплексной системы управления рисками, которая учитывает специфические характеристики открытых конструкций и взаимодействия различных элементов строительного процесса.

Внедрение технологии «Open Top» в процесс проектирования и строительства АЭС представляет собой значительный шаг к оптимизации временных параметров возведения объектов. Сокращение сроков строительства, обусловленное применением данной методологии, может привести к выразительным экономическим преимуществам. Уменьшение временных затрат оказывает благоприятное влияние на управление финансовыми ресурсами, позволяя более рационально перераспределять бюджетные средства на другие критически важные стадии проекта, такие как тестирование и наладка сложных технологических систем.

Эта технология демонстрирует свою революционную природу в области проектирования и строительства АЭС, способствуя повышению эффективности производственных процессов. Интеграция этой методологии не только оптимизирует рабочие процессы, но и улучшает условия безопасности на строительных площадках, что является критически важным аспектом в атомной энергетике.

Изучение и дальнейшее развитие данной технологии открывает новые перспективы для атомной отрасли, что, в свою очередь, содействует глобальному переходу к более чистым, устойчивым и безопасным источникам энергии. Научные исследования, направленные на углубление понимания и усовершенствование технологии «Open Top», могут внести значительный вклад в устойчивое развитие энергетического сектора, обеспечивая оптимизацию его операционных процессов и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду.

## Технология гибки трубопроводов

Современные тенденции в области механической обработки трубопроводов характеризуются внедрением продвинутых технологий гибки, среди которых выделяются методы холодной гибки и индукционной гибки с применением теплового нагрева [8]. Холодная гибка представляет собой процесс пластической деформации трубопроводов, осуществляемый под действием механических сил без предварительного термического воздействия, что приводит к изменению геометрии трубы в результате действия внешней силы.

Разнообразие методов холодной гибки включает такие техники, как вытягивание трубопровода в процессе его прохождения через накатные валцы, опрессовка для достижения заданных геометрических параметров, а также применение пресс-штемпелей для формования специфических профилей. Данные механизмы обеспечивают высокую точность и однородность изгибов, что критически важно для обеспечения герметичности и целостности трубопроводной системы (рис. 3).

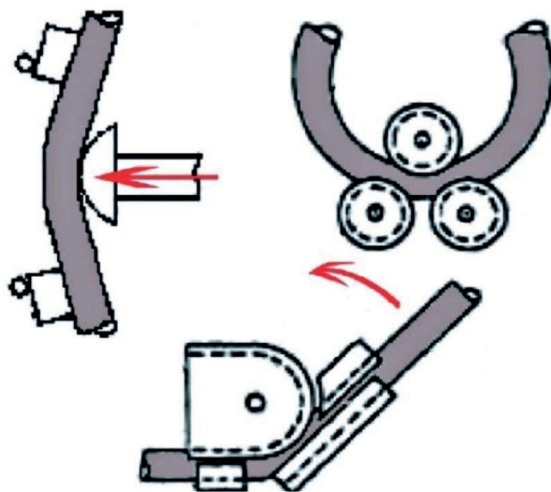


Рис. 3. Варианты применения технологии изгиба труб

Напротив, технология тепловой индукционной гибки основывается на использовании предварительного нагрева зоны изгиба, что позволяет значительно снизить механическое напряжение, возникающее в материале при деформации. В этом процессе осуществляется пропускание трубы через систему валков и индукционное кольцо, где переменное электрическое поле вызывает повышение температуры материала в диапазоне 430...650 градусов Цельсия. Достигнув критической температуры, трубопровод поддается пластической деформации, после чего происходит быстрое охлаждение с применением водяных или масляных сред, что обуславливает сохранность внешних геометрических параметров и улучшает механические свойства конечного продукта.

Существующие на современном этапе разработки стационарные трубогибочные машины демонстрируют способность к обработке труб с внешним диаметром, превышающим 165 см, и толщиной стенок до 12,5 см. В то же время, переменные трубогибочные установки утверждают, что могут выполнять гибочные операции с трубами диаметром до 150 см, в то время как холодная гибка технически ограничена диаметром до 50 см из-за повышения рисков возникновения трещин и других дефектов.

Применение заранее изогнутых труб в значительной степени оптимизирует объем сварочных операций на строительных площадках, что непосредственно коррелирует с сокращением сроков выполнения строительных работ и снижением затрат. Технология гибки также существенно уменьшает потребность в высококвалифицированных сварочных кадрах, необходимых для осуществления соответствующих операций. Уменьшение числа сварных соединений непосредственно влияет на снижение объема контроля, необходимого для ответственных трубопроводов как на этапе строительства, так и при эксплуатации, что ведет к повышению общего уровня безопасности и надежности трубопроводных систем (рис. 4).

Технологии гибки трубопроводов представляют собой важный аспект в современной промышленности, позволяя достигать высоких стандартов качества и безопасности, а также обеспечивать эффективное использование ресурсов.

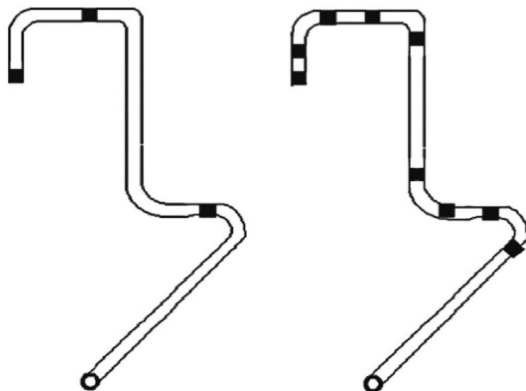


Рис. 4. Пример сокращения количества сварных швов для труб с изгибами

### **Заключение**

Таким образом, анализ технологий строительства и монтажных работ (СМР), представленных ранее, демонстрирует их потенциал не только для значительного сокращения временных затрат на возведение атомных электрических станций (АЭС), но также для повышения качественных характеристик и уровней безопасности функционирования таких объектов.

Современные тенденции в области научно-технического прогресса предопределяют волнообразное внедрение инновационных методологий, что подчеркивает их критическую значимость в процессе проектирования и строительства сооружений. Актуальность применения данных технологий обуславливается необходимостью обеспечения рационального использования регистрационных ресурсов, оптимизации капитальных вложений, а также минимизации временных затрат, что, в совокупности, приводит к увеличению общей эффективности реализуемых конструкций.

Важнейшим аспектом является не только внедрение новых технологий, но и систематическая модернизация и адаптация существующих методик, направленных на улучшение их эксплуатационных характеристик. Это становится ключевым фактором

для обеспечения устойчивого развития проектировочной и строительной деятельности в контексте возведения АЭС.

### Литература

1. *Иванова Е. А.* Применение технологий информационного моделирования при проектировании объектов использования атомной энергии. – Москва, 2020. – С. 677–683.
2. *Сатир И. Л.* Поточное строительство и монтаж АЭС с ВВЭР-1000. // Атомная энергия. Том 55. Выпуск 1. – Москва, 1983. С. 3–9.
3. *Бабанков С. Ю., Котляров А. Г., Баскаков В. Н., Коцеев Е. В.* Поточный метод строительства как основа безостановочного производства работ. – Орел, 2022. – С. 68–72.
4. *Комаринский М. В., Смирнов С. И., Бурцева Д. Е.* Литые и самоуплотняющиеся бетонные смеси. – СПб, 2015. – С. 112–124.
5. *Рабецкая А. Д.* Перспективы применения в строительстве механических муфтовых соединений арматуры / А. Д. Рабецкая ; науч. рук. А. А. Хотько // Современные методы расчетов и обследований железобетонных и каменных конструкций [Электронный ресурс] : материалы 76-й студенческой научно-технической конференции, 23 мая 2020 г. / редкол.: В. Ф. Зверев, А. А. Хотько, С. М. Коледа. – Минск : БНТУ, 2020. – С. 36–38.
6. *Фуртаева А. А.* Анализ технологических способов монтажа крупногабаритного оборудования в атомной промышленности. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 127–130.
7. *Колесниченко В. С.* Сокращение сроков строительства энергоблока № 2 Ленинградской АЭС-2 с помощью использования технологии «OPEN-TOP» / В. С. Колесниченко. – Текст: непосредственный // «Технология и организация строительного производства»: Материалы всероссийской молодежной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. – С. 111–116.
8. *Теличенко В. И.* Организация и технология строительства атомных станций : учебник / Ю. Н. Доможиллов [и др.] ; под ред. В. И. Теличенко. – Москва : МГСУ, 2012. – 400 с.
9. *Бовтеев С. В.* Расчет параметров поточной организации работ методом критического пути / С. В. Бовтеев // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 3(68). – С. 90–97.
10. *Шашков А. А.* Формирование организационной структуры проекта при крупноблочном возведении АЭС : диссертация ... кандидата технических наук : 2.1.14. / Шашков Алексей Андреевич; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»]; Диссовет Д 212.138.ХХ (24.2.339.06)]. – Москва, 2023. – 197 с.

11. *Бовтеев С. В.* Развитие теории и практики формирования и оптимизации параллельно-поточной организации работ : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.08. – Санкт-Петербург, 2000. – 259 с.
12. *Загорская А. В.* Совершенствование научно-технического сопровождения проектных решений по организации строительства уникальных объектов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.02.22 / Загорская Ангелина Владимировна; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»]. – Москва, 2021. – 171 с.
13. *Бовтеев С. В.* Современные методы планирования и контроля инвестиционно – строительных проектов. // Материалы I Международной Научно – Практической Конференции «Управление проектами: идеи, ценности, решения». [15–17 мая 2019 г.] / СПбГАСУ. – СПб., 2019. – С. 188–194.
14. *Бовтеев С. В., Терентьева Е. В.* Управление сроками строительного проекта // Управление проектами и программами. – 2014. – № 2 – С. 158–173.
15. *Руденко А. А., Сират, Д.* Многофакторность модели и оценки эффективности производственных структур при строительстве технически сложных объектов / Д. Сират, А. А. Руденко // Известия КГАСУ. – 2024. – № 1(67). – С. 117–124.
16. *Суй В., Рудено А. А.* Обзорный анализ систем строительства технически сложных объектов // Инновационные методы организации строительного производства: материалы II всероссийской научно-практической конференции, 17–18 ноября 2022 / СанктПетербургский государственный архитектурно-строительный университет. – СПб., 2023. – С. 3–12.
17. *Ковальчук Н. Б.* Сокращение государственных инвестиционных расходов на строительство АЭС с применением инновационной технологии контейнерного монтажа оборудования / Н. Б. Ковальчук, И. Т. Гараев. – Текст: непосредственный // Вестник образовательного консорциума среднерусский университет. – 2016. – № 7. – С. 74–75.
18. *Пергаменщик Б. К.* Проблемы и перспективы строительства АЭС / Б. К. Пергаменщик. – Текст: непосредственный // Вестник МГСУ. – 2014. – № 2. – С. 140–153.
19. *Холопов А. А.* «Транспортировка и монтаж укрупненных элементов АЭС» / А. А. Холопов, К. А. Дудкевич, Б. К. Пергаменщик. – Текст: непосредственный // Вестник МГСУ. – 2010. – № 4. – С. 266–274.
20. *Маяновский М. С.* Разработка и внедрение некоторых усовершенствований в ядерной энергетике Японии // Атомная техника за рубежом. 2012. № 10. С. 17–26 (из журнала Denki hyoro. 2012. No. 1, vol. 97, p. 253).

**УДК 69.05**

*Айгуль Рустамовна Ораздурдыева,*  
магистрант

*Богдан Писмаркин,*  
магистрант

*Даниил Колдышев,*  
магистрант

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: orazdurdyewa01@inbox.ru,*

*bogdan\_pismarkin@mail.ru,*

*daniil\_200120@mail.ru*

*Aygul Rustamovna Orazdurdyeva,*  
Master's degree student

*Bogdan Pismarkin,*  
Master's degree student

*Daniil Koldyshev,*  
Master's degree student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: orazdurdyewa01@inbox.ru,*

*bogdan\_pismarkin@mail.ru,*

*daniil\_200120@mail.ru*

**АНАЛИЗ И ПЛАНИРОВАНИЕ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ  
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ (НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ  
ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПОИСКА РАБОЧИХ)**

**ANALYSIS AND PLANNING OF LABOR RESOURCES IN  
CONSTRUCTION (USING THE EXAMPLE  
OF THE DEVELOPMENT OF A DIGITAL PLATFORM  
FOR FINDING WORKERS)**

В статье рассматривается разработка и применение цифровой платформы для поиска и планирования трудовых ресурсов в строительной отрасли. Платформа ориентирована на решение актуальных проблем, связанных с дефицитом квалифицированных рабочих, сложностью планирования и контроля занятости. Описаны основные функции платформы, такие как планирование занятости, быстрый поиск специалистов, проверка квалификации, а также рейтинговая система. В статье также анализируются преимущества платформы для участников рынка, существующие ограничения и возможные риски, а также предлагается модель монетизации, включающая платные функции и партнерство с другими компаниями. В заключение обсуждаются перспективные направления развития платформы и рекомендации по успешному внедрению на рынке.

*Ключевые слова:* цифровая платформа, трудовые ресурсы, квалифицированные рабочие, строительство, планирование ресурсов, проверка квалификации, рейтинговая система.

The article discusses the development and application of a digital platform for searching and planning labor resources in the construction industry. The platform is aimed at solving current problems related to the shortage of skilled workers, the complexity of planning and monitoring employment. The main functions of the platform are described, such as employment planning, quick search for specialists, qualification

testing, and a rating system. The article also analyzes the advantages of the platform for market participants, existing limitations and possible risks, and proposes a monetization model that includes paid functions and partnerships with other companies. In conclusion, promising areas for the development of the platform and recommendations for successful implementation in the market are discussed.

*Keywords:* digital platform, labor force, skilled workers, construction, resource planning, skill testing, rating system.

## **Актуальность**

В современном строительстве сложная структура проектов, жесткие сроки и высокие стандарты качества диктуют необходимость точного планирования и организации трудовых ресурсов. Одним из наиболее критичных факторов успешного выполнения строительных проектов является наличие квалифицированной рабочей силы в нужное время и в нужном объеме. Строительные компании сталкиваются с постоянными проблемами дефицита специалистов, рисками найма неквалифицированных рабочих, а также затруднениями в управлении большим количеством подрядчиков и субподрядчиков. Это, в свою очередь, приводит к рискам срыва сроков, увеличению затрат и снижению качества выполнения работ.

Согласно данным Росстата, в 2022 году объем выполненных строительных работ в России составил 9,2 трлн рублей, что на 3,4 % больше по сравнению с 2021 годом [1]. В 2023 году этот показатель вырос до 9,5 трлн рублей, что свидетельствует о продолжающемся росте строительной отрасли [1]. Однако, несмотря на увеличение объемов строительства, многие компании сталкиваются с дефицитом квалифицированных кадров. По данным опроса, проведенного в 2023 году, около 35 % строительных компаний испытывают трудности с наймом квалифицированных рабочих [2].

Дефицит высококвалифицированных рабочих также усугубляется ростом конкуренции между строительными компаниями и нехваткой профессионалов с подтвержденной квалификацией. В условиях растущей урбанизации и увеличения темпов строительства, компании нуждаются в быстром и удобном доступе к платформам, которые способны обеспечить высокоэффективное распределение трудовых ресурсов. Ограниченность ресурсов ведет



к удлинению сроков поиска и снижению вероятности нахождения оптимальных кандидатов, что в свою очередь увеличивает риск срыва сроков строительства.

Исследование *Global Construction Perspectives* и *Oxford Economics* прогнозирует, что объемы строительства будут расти на 85 % к 2030 году, что потребует значительного увеличения рабочей силы. Использование цифровых технологий в данной сфере позволяет не только минимизировать риски, связанные с дефицитом кадров, но и повысить прозрачность и эффективность процессов отбора и управления исполнителями.

Развитие цифровых технологий и переход к цифровой трансформации в строительной отрасли открывают новые возможности для эффективного управления трудовыми ресурсами. Цифровые платформы для поиска и планирования трудовых ресурсов могут значительно улучшить ситуацию. Такие платформы позволяют автоматизировать процесс найма, повысить прозрачность рынка труда и улучшить распределение трудовых ресурсов. Например, использование цифровых платформ может сократить время на поиск и подбор персонала на 20–30 % [3]. В 2024 году ожидается, что более 50 % строительных компаний в России будут использовать цифровые платформы для управления трудовыми ресурсами [4].

## Обзор литературы

Вопросы анализа и планирования трудовых ресурсов в строительстве являются актуальными и многогранными, что подтверждается рядом исследований. В частности, Ищенко А. В., Данилочкин М. Н. и Тарасенко И. С. (2022) в своей работе «Планирование трудового ресурса при формировании производственных программ строительных организаций» рассматривают процесс планирования трудовых ресурсов на примере трех генподрядных организаций. Авторы анализируют динамику строительства и выявляют отклонения фактического количества рабочих от планового, а также рассматривают программные комплексы для автоматизации процессов планирования.

Шестакова А. П. и Хлопенков И. В. (2021) в статье «Планирование очередности строительства зданий при квартальной за-

стройке» исследуют методы планирования трудовых ресурсов в условиях квартальной застройки. Они анализируют эффективность различных подходов и предлагают решения для оптимизации использования трудовых ресурсов. Авторы предложили алгоритм, который учитывает более 10 различных факторов, влияющих на очередность строительства, включая социальные и производственные аспекты.

Кужин М. Ф. и Галеева Р. Г. (2021) в работе «Организация и планирование строительного производства при возведении комплексов зданий и сооружений» рассматривают вопросы организации и планирования трудовых ресурсов при строительстве крупных объектов, анализируют проблемы и предлагают пути их решения.

Зеленцов Л. Б., Маилян Л. Д. и Трипута И. Г. (2018) в статье «Управление временными параметрами в сложных динамических строительных системах» исследуют управление временными параметрами и их влияние на планирование трудовых ресурсов в строительстве.

Ляховский К. А. и Архипов А. В. (2022) в работе «Перспективы использования моделей транзакционных платформ при выборе организационно-технологических решений при реконструкции объектов здравоохранения с помощью подхода ELT» рассматривают возможности использования цифровых платформ улучшения координации и управления проектами, что может повысить эффективность на 20 %.

Эти исследования подчеркивают важность комплексного подхода к планированию трудовых ресурсов в строительстве и демонстрируют потенциал цифровых платформ для улучшения эффективности и точности планирования.

## **Методы**

В данном исследовании используется методология, включающая аналитический, эмпирический и проектный подходы к разработке цифровой платформы. Аналитический подход предполагает детальное изучение и систематизацию информации о существующих решениях в области цифрового управления трудовыми

ресурсами. Сравнительный анализ зарубежных и отечественных платформ позволит выявить текущие достижения и недостатки, а также определить ключевые области для улучшения.

Эмпирический подход включает сбор данных о потребностях строительных компаний и исполнителей, оценку их требований к функционалу платформы и анализа их взаимодействия в рамках строительных проектов. Это даст возможность глубже понять специфику управления трудовыми ресурсами в строительстве и учесть особенности рынка труда.

На основе проектного подхода осуществляется разработка архитектуры предлагаемой платформы и ее основных компонентов, таких как системы проверки документов, рейтинговая система, интерфейсы для заказчиков и исполнителей. Это позволит сформировать функциональную модель, ориентированную на потребности пользователей и текущие задачи в строительной отрасли.

## Результаты

Эффективная организация трудовых ресурсов является одной из ключевых задач в строительстве, поскольку недостаток квалифицированной рабочей силы или неэффективное распределение кадров могут стать причиной затягивания сроков, перерасхода бюджета и снижения качества выполнения работ. Ниже представлены основные проблемы, с которыми сталкиваются строительные компании в сфере управления трудовыми ресурсами.

Одной из причин падения производительности строительной отрасли является дефицит квалифицированной рабочей силы [5]. Важным аспектом является наличие у исполнителей необходимой квалификации и всех требуемых документов, что позволяет сократить риск выполнения работ неквалифицированными рабочими. Отсутствие адекватных инструментов для проверки квалификации и документального обеспечения увеличивает вероятность найма работников, чья квалификация не соответствует требованиям проекта.

Строительные проекты зачастую страдают от недобросовестности исполнителей, что проявляется в неявке на объект, невыполнении задач в установленные сроки или несоблюдении стандартов

безопасности и качества. Это связано с отсутствием единой системы учета и контроля, которая позволяла бы отслеживать репутацию исполнителей и повышать их ответственность.

В последние годы цифровые технологии все шире внедряются в управление трудовыми ресурсами. На рынке появились различные решения, включая онлайн-платформы для поиска рабочих и подрядчиков, программы для планирования занятости, приложения для отслеживания выполнения задач. Далее мы рассмотрим наиболее популярные платформы и их возможности, а также существующие ограничения.

Хотя многие платформы помогают с управлением задачами, они редко обладают функционалом для полного контроля над квалификацией исполнителей или интеграции с государственными системами проверки документов (например, с налоговой службой или миграционными службами). Отсутствие интеграции с такими сервисами делает невозможным автоматическую проверку достоверности документов исполнителей и их квалификации. Также многие платформы ориентированы только на управление проектами, а не на поддержание кадрового состава, что ограничивает их применение для комплексного управления трудовыми ресурсами в строительстве.

На основе анализа проблем отрасли и существующих решений можно выделить несколько ключевых пробелов, которые необходимо устранить для эффективного управления трудовыми ресурсами:

Во-первых, на рынке отсутствует универсальная платформа, объединяющая функции поиска, подбора, проверки и планирования трудовых ресурсов. Это приводит к дублированию данных и увеличению времени на рутинные задачи. Во-вторых, существующие платформы не позволяют проверять квалификацию и документы исполнителей через государственные сервисы. Это создает риски для компаний. Интеграция с системами УФМС, ФНС и центрами сертификации позволит автоматизировать этот процесс. В-третьих, недостаток функционала для оценки работы исполнителей и внедрения бонусов снижает мотивацию и эффективность управления персоналом. Внедрение рейтинговых систем и элементов геймификации поможет улучшить качество выполнения работ и способствовать профессиональному росту сотрудников (см. таблицу).

**Сравнение существующих популярных платформ для поиска рабочих**

Наименование	Преимущества	Недостатки
Биржа Профессионалов Петровича <a href="https://pro.petrovich.ru/">https://pro.petrovich.ru/</a>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Бесплатно</li> <li>2. Крупный игрок строительного рынка</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие проверки документов</li> <li>2. Примитивная рейтинговая система</li> </ol>
Нужные Люди <a href="https://vk.com/gr_app">https://vk.com/gr_app</a>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Наличие мобильного приложения</li> <li>2. Отзывчивая служба поддержки</li> <li>3. Простое создание заказа</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Малое количество рабочих в каждой категории и регионе</li> <li>2. Невозможность быть заказчиком и исполнителем одновременно</li> <li>3. Отсутствие проверки документов</li> <li>4. Непостоянство стоимости услуг</li> </ol>
Рабочие Руки <a href="https://russian.works/">https://russian.works/</a>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Большой плат рабочей-подсобников</li> <li>2. Быстрый вывод на объект (до 3 дней)</li> <li>3. Отзывчивая служба поддержки</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Работают только с самозанятыми рабочими</li> <li>2. Малое количество квалифицированных рабочих</li> </ol>
Roof.ru <a href="https://roof.ru/">https://roof.ru/</a>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Умная рейтинговая система, геймификация</li> <li>2. Бесплатно</li> <li>3. Проверенные подрядчики и заказчики</li> </ol>	С точки зрения продукта минусов нет. Специализация на кровлях, фасадах и фундаментах.

Эти проблемы могут быть решены путем разработки и внедрения интегрированной платформы, которая будет включать в себя функции поиска, подбора, проверки и планирования трудовых ресурсов, а также возможность интеграции с государственными сервисами для проверки квалификации и документов исполнителей.

## **Обсуждение**

Цифровая платформа для поиска и планирования трудовых ресурсов в строительстве, которая предлагается для решения проблем данного вопроса, представляет собой инновационный инструмент, направленный на автоматизацию и оптимизацию процессов подбора, проверки, планирования и управления трудовыми ресурсами. Платформа обеспечивает взаимодействие между заказчиками и исполнителями, повышая прозрачность, удобство и эффективность этих процессов.

Функциональная архитектура платформы включает интерфейсы для двух групп пользователей: заказчиков и исполнителей. Заказчики (генподрядчики, субподрядчики, бригадиры) могут создавать заказы, указывать требования к квалификации, проверять документацию и управлять графиками занятости. Исполнители (субподрядчики, бригадиры, рабочие) могут просматривать заказы, подавать заявки, проверять статус откликов и управлять своими документами и квалификациями.

Ключевые функции платформы включают:

Модуль планирования трудовых ресурсов: создание графиков, привязка исполнителей к задачам, отслеживание доступности специалистов, оптимизация распределения кадровых ресурсов.

Функция быстрого поиска: создание заказов с указанием квалификации, сроков и объемов работ, фильтрация исполнителей по критериям.

Модуль проверки документов: автоматическая проверка документов исполнителей через интеграцию с государственными службами (УФМС, ФНС).

Рейтинговая система: начисление рейтингов и бонусных баллов за успешное выполнение заказов, что способствует профессиональному росту и укреплению репутации исполнителей.

Платформа обеспечивает безопасность и надежность найма, используя механизмы шифрования данных и соблюдая стандарты защиты персональной информации. Система уведомлений позволяет пользователям своевременно получать информацию о новых заказах и статусе заявок.

Процесс планирования трудовых ресурсов в строительстве на платформе основан на моделях прогнозирования, которые определяют текущую и будущую потребность в рабочей силе. Это позволяет оптимально распределять кадры с учетом графика строительства и специфики задач. Платформа использует алгоритмы для синхронизации спроса и предложения рабочей силы, что помогает избежать простоев и перерасходов. Гибкая перенастройка занятости позволяет адаптироваться к изменениям в проекте.

Анализ и проверка квалификационных данных исполнителей обеспечивают оптимальное распределение кадров по задачам, исключая риск найма неквалифицированных работников. Прогностические модели учитывают навыки исполнителей, что позволяет корректировать спрос и предложение на квалифицированных специалистах.

Алгоритмы машинного обучения анализируют данные о занятости и прогнозируют потребности в рабочих кадрах, выявляя закономерности и предсказывая будущие потребности. Это снижает риск недостатка или избытка рабочей силы и оптимизирует затраты.

Платформа поддерживает различные сценарии планирования, от распределения рабочих на этапах проекта до назначения дополнительных специалистов в периоды повышенной нагрузки. Это позволяет избежать срывов сроков и перегрузки кадров.

Модели и методы планирования и мониторинга трудовых ресурсов на платформе обеспечивают высокую гибкость и точность управления, своевременно выявляют потребности в кадрах и способствуют равномерному распределению рабочей силы. Интеграция с ERP-системами усиливает возможности управления и повышает качество реализации проектов.

Однако существуют ограничения, такие как необходимость адаптации пользователей к новым технологиям и потенциальные технические сбои. Эти аспекты требуют внимательного подхо-

да при внедрении платформы, чтобы обеспечить ее устойчивость и эффективность в долгосрочной перспективе.

Монетизация платформы может быть реализована через подписочные модели, дополнительные услуги и рекламные возможности, что позволит создать устойчивую финансовую основу для ее развития и поддержки.

## **Выводы**

Разработка цифровой платформы для поиска и планирования трудовых ресурсов в строительстве представляет собой важный шаг к повышению эффективности управления кадровыми ресурсами в данной отрасли. Платформа позволяет оптимизировать процесс подбора специалистов, обеспечивая заказчиков доступом к квалифицированным работникам, что в свою очередь снижает административные затраты и повышает общую производительность.

Несмотря на то, что платформа разрабатывалась для строительной отрасли, ее функционал может быть адаптирован для других сфер, таких как энергетика, нефтегазовая промышленность и производство, где также необходимы квалифицированные специалисты и управление ресурсами. Адаптация платформы под нужды других отраслей позволит расширить ее рынок и повысить рентабельность.

Платформа может включать в себя образовательные модули, предоставляющие возможность прохождения курсов повышения квалификации и сертификации для рабочих. Внедрение таких модулей позволит улучшить качество кадров и их квалификацию, а также повысить ценность платформы для исполнителей и заказчиков.

Платформа станет надежным и удобным помощником как для заказчиков, так и для исполнителей, предоставляя широкий спектр возможностей для поиска, подбора и планирования рабочей силы.

Инновационные функции платформы – интеграция с государственными системами для проверки документов, рейтинговая система, календарь занятости и возможность геймификации – делают ее универсальным и гибким решением. В перспективе платформа может стать ключевым звеном в управлении трудовыми ресурсами



не только в строительстве, но и в других отраслях. Это позволит вывести процессы планирования и найма на новый уровень эффективности.

### Литература

1. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Объем выполненных строительных работ в России за 2022–2024 гг. // Статистический бюллетень. 2023. № 10. С. 15–20.
2. Опрос строительных компаний. Трудности с наймом квалифицированных рабочих в строительной отрасли. 2023. // Вестник строительной отрасли. 2023. № 5. С. 30–35.
3. Исследование цифровых платформ. Влияние цифровых платформ на процесс найма и планирования трудовых ресурсов. 2023. // Журнал цифровых технологий. 2023. № 7. С. 40–50.
4. Прогноз использования цифровых платформ. Ожидаемое использование цифровых платформ в строительной отрасли России. 2024. // Прогнозы и аналитика. 2024. № 2. С. 22–28.
5. *Бабаян З. А.* Анализ производительности трудовых ресурсов как инструмент контроля и планирования сроков выполнения СМР / З. А. Бабаян // Фундаментальные и прикладные исследования молодых ученых: Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, приуроченной к празднованию 300-летия Российской академии наук, Омск, 25–26 апреля 2024 года. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2024. – С. 302–307. – EDN JQOODY.
6. *Ищенко А. В., Данилочкин М. Н., Тарасенко И. С.* Планирование трудового ресурса при формировании производственных программ строительных организаций // Журнал строительных наук. 2022. № 4. С. 45–58.
7. *Шестакова А. П., Хлопенков И. В.* Планирование очередности строительства зданий при квартальной застройке // Вестник строительных технологий. 2021. № 3. С. 33–47.
8. *Кужин М. Ф., Галеева Р. Г.* Организация и планирование строительного производства при возведении комплексов зданий и сооружений // Строительная экономика. 2021. №2. С. 22–35.
9. *Зеленцов Л. Б., Машиян Л. Д., Трипута И. Г.* Управление временными параметрами в сложных динамических строительных системах // Инженерные системы. 2018. №1. С. 12–25.
10. *Ляховский К. А., Архипов А. В.* Перспективы использования моделей транзакционных платформ при выборе организационно-технологических решений при реконструкции объектов здравоохранения с помощью подхода ELT // Цифровые технологии в строительстве. 2022. № 5. С. 50–63.

11. *Бабаян З. А.* Повышение эффективности планирования СМР путем анализа производительности трудовых ресурсов / З. А. Бабаян, Р. В. Мотылев // Неделя науки ИСИ: Сборник материалов всероссийской конференции, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 01–04 апреля 2024 года. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2024. – С. 130–132. – EDN IGWGTW.
12. Исследование эффективности цифровых платформ. Влияние цифровых платформ на сроки и затраты строительных проектов. 2023. // Экономика строительства. 2023. № 8. С. 55–65.

УДК 658.5:624.05

*Мартин Игоревич Панькин,*  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: martintime@yandex.ru*

*Martin Igorevich Pankin,*  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: martintime@yandex.ru*

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

### **ANALYSIS OF METHODS AND SYSTEMS FOR DESIGN AUTOMATION IN CONSTRUCTION**

Статья посвящена анализу методов и систем технологии информационного моделирования (ТИМ) при выполнении работ по организации строительства. В результате проведения исследовательской работы были продемонстрированы возможности применения программного комплекса для автоматизации проектирования. При анализе систем были отражены операции, которые возможно заменить программами по автоматизации проектирования, а также описана возможность по переносу данных из одной оболочки в другую. Цель работы заключается в анализе систем и методов по автоматизации проектирования в строительной отрасли. В задачи статьи входит обозначение основных принципов системы автоматизированного проектирования, определение степени влияния автоматизации на процесс проектирования в строительстве, обозначение функционала программ.

*Ключевые слова:* технологии, строительство, технология информационного моделирования, ProjectLibre, цифровая трансформация, автоматизация, календарное планирование.

The article is devoted to the analysis of methods and systems of information modeling technology (TIM) when performing work on the organization of construction. As a result of the research work, the possibilities of using a software package for design automation were demonstrated. When analyzing the systems, operations that can be replaced by software for design automation were reflected, and the possibility of transferring data from one shell to another was described. The purpose of the work is to analyze systems and methods for design automation in the construction industry. The objectives of the article include the designation of the basic principles of the computer-aided design system, determining the degree of influence of automation on the design process in construction, and designating the functionality of programs.

*Keywords:* technologies, construction, information modeling technology, ProjectLibre, digital transformation, automation, calendar planning.

Согласно ГОСТ Р 10.0.00–2018 «Общие требования к технологии информационного моделирования», под технологией информационного моделирования (ТИМ) в строительстве понимается процесс создания программной среды за счет преобразования информации об объекте строительства в информационную модель [1]. В строительной отрасли использование технологий информационного моделирования, является одним из способов ускорения и упрощения процесса строительства. А для реализации данных задач был разработан ряд специализированных программных комплексов. Программы, относящиеся к ТИМ, представляют собой комплекс цифровых программ для использования в различных отраслях проектирования. Отрасль применения программ ТИМ зависит от инструментов этой программы и широты их функционала. Так, одна программа может содержать в себе одновременно инструменты для организационного планирования и трехмерного моделирования, но при этом уступать по функционалу программам, предназначенным исключительно для одной из этих задач. Кроме этого, существенным преимуществом данного комплекса является то, что данные из одного блока программ ТИМ могут быть использованы напрямую в прочих программах, с помощью функции импортирования цифровых данных из одной программы в другую [1, 2]. Не маловажным преимуществом программ ТИМ является их регулярное обновление и постоянное совершенствование компонентов [3].

Область применения технологий информационного моделирования в строительстве можно разделить на несколько типов: графические программы (Компас-3D, платформа nanoCAD, nanoCAD BIM), организационно-технологические (*Project Libre*, *7D Modeler*, *Spider Project*) и программы для автоматизации расчетно-вычислительной части (SCAD Office, Лира 10, SCAD Office) [4].

История развития строительной отрасли неразрывно связана с применением информационных технологий. Благодаря технологиям цифрового хранения информации сотрудники организаций могут создавать и вносить изменения в текущий проект удаленно друг от друга. При исследовании ТИМ, также стоит обратить внимание на зарубежный опыт использования «Building Information Modeling» или же «Building Information Model» (BIM). Термин BIM,

в нюансах и признаках, идентичен ТИМ. Основная разница в том, что термин ТИМ, используется в нормативной и законодательной документации Российской Федерации. Данный термин был закреплен «Постановлением № 1431», когда как ВІМ, используют уже за рубежом.

Американский медиахолдинг «McGraw-Hill Construction» провел исследование экономических показателей предприятий, использующих «Building Information Modeling» (ВІМ) в проектировании. По результатам исследования было выявлено, что 87 % опрошенных наблюдают позитивную динамику рентабельности компании после внедрения новых технологий ВІМ. 93 % полагают, что после внедрения технологий информационного моделирования можно достичь потенциально лучших результатов. А 12 % респондентов заявили о падении рентабельности. Также 55 % респондентов указали, что использование ВІМ ускоряет процесс строительства на 50. Так же 55 % опрошенных высказалось что использование новых технологий ВІМ привело к уменьшению стоимости проекта. Большая часть респондентов заметила улучшение качества строительной документации после использования ВІМ [5, 6].

В рамках статьи будут рассмотрены такие программы как «NanoCAD Plus» и «ProjectLibre». «NanoCAD Plus» в строительстве используется проектировщиками для построения графической части и востребован по совокупности инструментов, позволяющих строить линейные и объемные объекты любой формы, копировать и удалять, а также строить массивы. Кроме этого программа может автоматизировать простые расчеты, например, измерения геометрических характеристик (к примеру, площади замкнутого контура), для этого необходимо выбрать утилиту «Измерить» и выделить любой замкнутый контур в рабочем пространстве «NanoCAD Plus». Результат расчетов выделен красным цветом на рис. 1.

Также программа может выполнять прочие простые операции, вроде: копировать объект, удалить, переместить, обрезать, или дать координаты массива для объектов. В программу заложены Российские нормы и стандарты проектирования, внутри программного обеспечения вшиты типы линии, выноски, штриховка, а также объекты, вроде условных обозначений зеленых насаждений и топографических знаков.

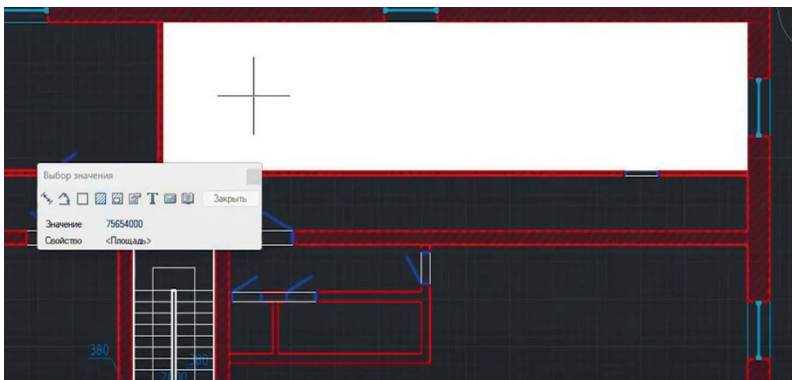


Рис. 1. Результат расчетов измерения площади (в мм) в NanoCAD Plus

В программе есть возможность подключения к электронной библиотеке стандартов и нормативных документов, что позволяет выводить на чертежи (в штамп и сноски) актуальную информацию об используемой документации, с помощью команды «НормаАудит» рис 2.

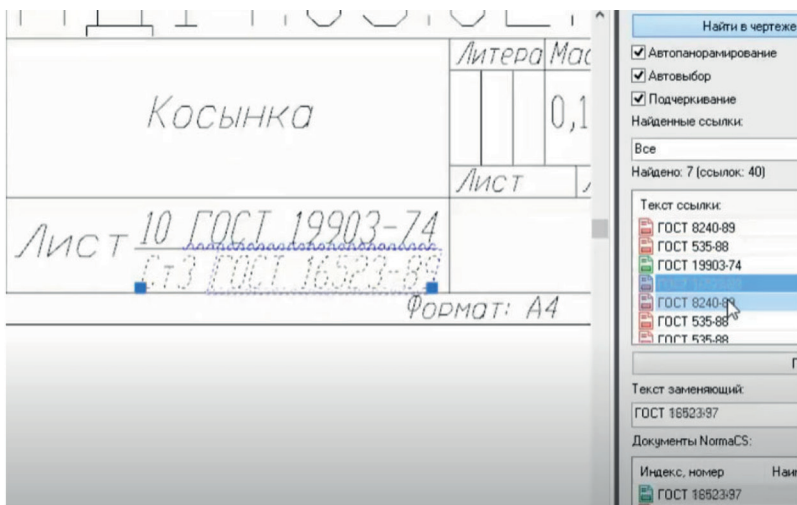


Рис. 2. Пример работы «НормаАудит»

«ProjectLibre», в строительной отрасли, используется для построения организационных графиков, планов и схем. С помощью «ProjectLibre», можно строить: графики движения рабочих, графики движения машин и механизмов, график потребности в ресурсах и т. д. «ProjectLibre» позволяет связать технико-экономические, производственные и временные аспекты строительства. Также использование «ProjectLibre», позволяет оценивать риски, быстро корректировать графики работ и учитывать требуемые ресурсы, как во время проектирования, так и во время строительства [7].

Далее разберем возможности «ProjectLibre» на конкретном примере, при условии, что необходимо построить график по методу критического пути, для комплекса работ А, Б, В и Г, выполняемых на четырех частных фронтах I, II, III и IV, при условии, что время выполнения каждой работы на каждом фронте нам известно. Перед построением графика необходимо построить матрицу по методу критического пути. Матрица это – модель, записанная в табличной форме, где отражена продолжительность выполнения каждой работы, на каждом из частных фронтов (выделенном участке строительного пространства). В процессе ее построения определяются ранние и поздние сроки начала и окончания каждой работы, после чего определяется критический путь (выделенный красным цветом). Сформированную матрицу можно увидеть на рис. 3.

	А	Б	В	Г
I	0 1	1 4	4 8	8 11
	1 1	3 4	4 8	8 11
II	1 6	6 8	8 11	11 13
	5 6	2 8	3 10	2 13
III	6 8	8 12	12 15	15 16
	2 8	4 12	3 14	1 17
IV	8 11	12 17	17 18	18 23
	3 12	5 17	1 18	5 23

Рис. 3. Матрица, рассчитанная по методу критических работ

Вверху матричной таблицы указано наименование работ, а слева наименование фронтов. Сама матрица разделена на ячейки, где по центру ячейки указана продолжительность работы на конкретном фронте, сверху указываются ранние сроки начала и окончания, а снизу поздние сроки начала и окончания.

Матрица строится по следующему алгоритму. Для начала необходимо задать ранний срок начала для первого вида работы «А» на первом частном фронте «I», обозначим как начала производства работ. После этого мы прибавляем к раннему сроку начала первой работы на первом фронте, продолжительность этой работы и производим расписание работ по раннему сроку окончания технологического комплекса «А» на «I» частном фронте. Ранний срок начала последующей работы «Б», на фронте «I», будет равен раннему сроку окончания предыдущей работы «А» на первом частном фронте «I». По данному алгоритму высчитываются ранние сроки для оставшихся работ первого частного фронта. Далее, используя этот же алгоритм, мы высчитываем ранние сроки начала и окончания для первой работы «А» на частном фронте «II», «III» и «IV». После этого, начиная с частного фронта «II», работы «Б» мы находим ранние сроки начала и окончания, для оставшихся работ на фронтах, с учетом того, что новая работа на частном фронте, не может начаться, пока предыдущая работа, на этом же фронте, не будет выполнена. Например, на рис. 2, мы видим, что работа «В» на фронте «III» заканчивается на 15-й день, но на частном фронте «IV», эта работа начинается лишь на 17-й день, это связано с тем, что предыдущая работа «Б» еще не была завершена к 15-му дню и ее срок окончания на частном фронте «IV» равняется 17-ти дням, в связи с этим, срок начала последующей работы «В» на этом же частном фронте будет также 17 дней. Высчитав ранние сроки начала и окончания работ, необходимо посчитать поздние сроки. Для этого мы задаемся тем, что поздний срок начала равен раннему сроку начала, а поздний срок окончания, равен раннему сроку окончания, для последней работы «Г», последнего фронта «IV». Исходя из этого, мы находим поздние сроки начала и окончания для работы «Г» на всех предшествующих частных фронтах и поздние сроки для частного фронта «IV» на всех



предшествующих работах. Далее мы находим оставшиеся поздние сроки, при условии того, что работа на частном фронте, не может заканчиваться позднее начала последующей работы на этом же частном фронте. Посчитав все сроки и вписав значения в таблицу матрицы, необходимо найти цепочку рядом лежащих работ, чьи ранние сроки начала работ будут равны поздним срокам начала, а ранние сроки окончания работ, будут равны позднему сроку окончания. После чего, выделить цепочку работ красным цветом, на получившейся матрице. Выделенная красная цепочка работ, является цепочкой работ критического пути.

После формирования и подсчета матрицы необходимо построить календарный график, основываясь на данных матрицы. Обычно, при переносе данных в календарный график, каждое полученное значение необходимо будет вводить вручную, с учетом всех не рабочих дней и не учтенного растяжения сроков. А в случае, если в расчетах была допущена ошибка, матрицу необходимо будет пересчитывать, а график строить заново.

Для автоматизации процесса построения графика целесообразно использовать программы на подобии «ProjectLibre». Процесс составления графиков, в среде «ProjectLibre», автоматизирован, за счет большого количества выбора типов связей и функций автоматического планирования, которые подстраивает дату последующих работ проекта, в зависимости от продолжительности работ. Функция «Календарь» позволяет задать календарные во время которых не будут выполняться работы, для этого нужно выбрать пункт «Календарь» верхней панели, меню «ProjectLibre», после чего откроется окно, в котором можно изменить рабочее время проекта (рис. 4).

В появившемся окне можно задать рабочие и не рабочие календарные дни, а также отредактировать или задать трудовые часы. «ProjectLibre», при построении связей между работами позволяет автоматически выводить критический путь для графика, без дополнительных расчетов матрицы. «ProjectLibre» позволяет автоматизировать все эти процессы. Зная последовательность работ, все, что нужно сделать, это установить связи на диаграмме Ганта, задать условия отображения критического пути в меню «Стили отрезков» и указать нерабочие дни.

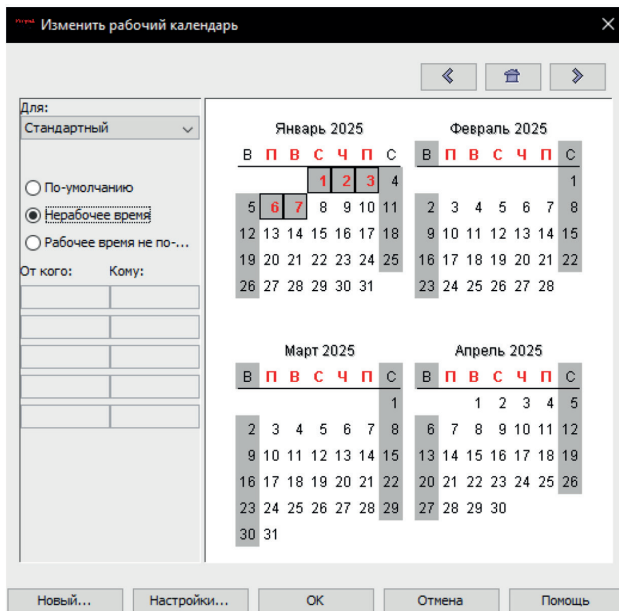


Рис. 4. Окно изменения рабочего времени

На выходе мы получаем готовый календарный график, с наглядным отображением всех растяжений и критических путей. Основываясь на заданных условиях, был построен календарный график, который можно увидеть на рис. 5.

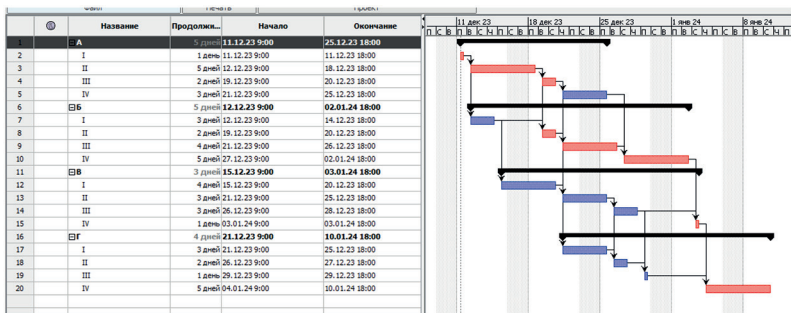


Рис. 5. Календарный график в среде программы ProjectLibre

Сам календарный график строится по следующему алгоритму. При начале работы необходимо перейти на видовое окно, содержащее диаграмму Ганта. Зная продолжительность работ: А, Б, В, Г на фронтах: I, II, III и IV необходимо задать ее, вписав в таблицу программы, которая находится с левой стороны рабочего пространства программы. Саму таблицу необходимо составить самостоятельно, используя инструменты программы. После чего справа, на диаграмме Ганта, отобразятся их продолжительности в виде отрезков. Следующим шагом будет указание связей между работами. Зная технологическую последовательность работ, мы, одним из множества способов, задаем связи между работами. Связи отображаются в виде вертикальных соединительных стрелок. Если условия отображения критического пути не были заданы заранее, их необходимо задать самостоятельно, перейдя в меню «Стили отрезков».

При условии, что связи были заданы верно, на графике должен отобразиться критический путь.

Внося корректировки в сроки выполнения отдельных видов работ, указывая новые и редактируя существующие связи, график автоматически подстраивается под изменения, позволяя не думать о датах выполнения работ.

Также, возможности «ProjectLibre» позволяют импортировать информацию в прочие программы. Например, сформированный календарный график можно импортировать в «7D Modeler». Для этого сформированный календарный график необходимо сохранить в формате «xml», выбрав, в появившемся окне сохранения, тип файла «Microsoft Project XML (\*.xml)» рис. 6.

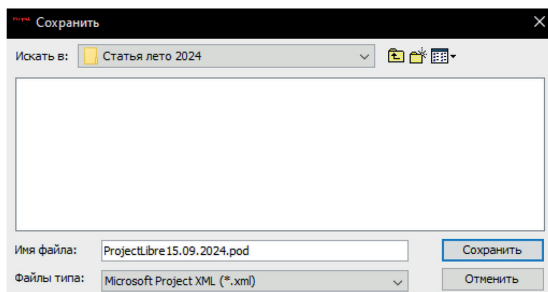


Рис. 6. Сохранение файла в формате .xml

Полученный файл можно импортировать с помощью соответствующей функции в «7D Modeler» рис. 7.

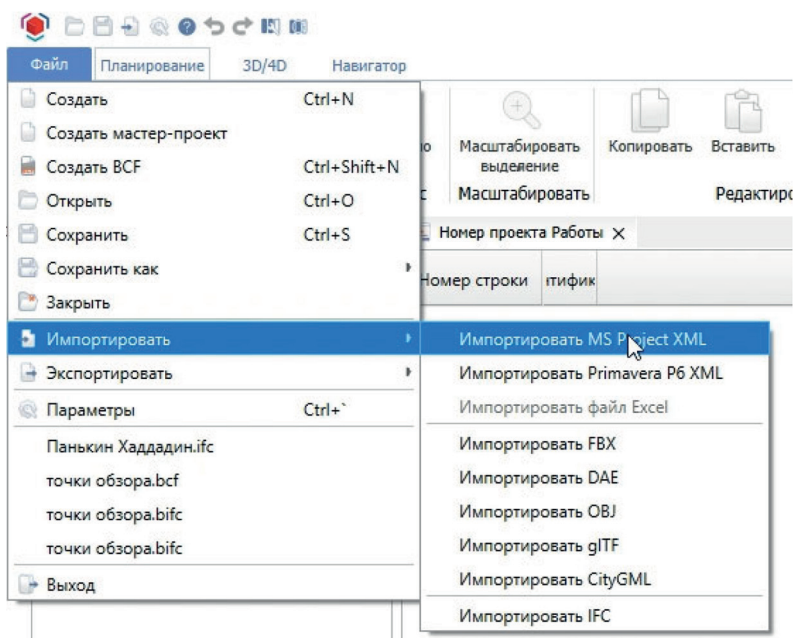


Рис. 7. Процесс импорта xml-файла в меню программы 7D Modeler

Пример импортированного календарного графика, в среду программы «7D modeler», можно увидеть на рис. 8.

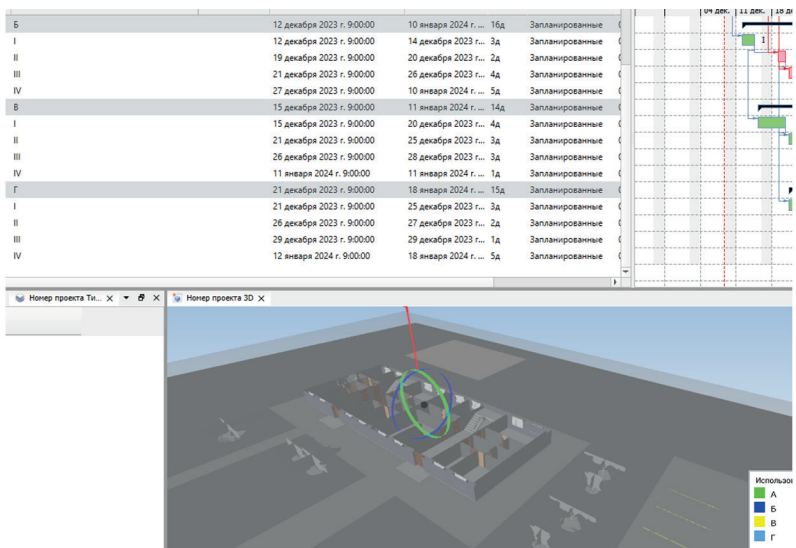


Рис. 8. Календарный график, импортированный в 7D Modeler

7D Modeler это – программа для четырехмерного моделирования. С помощью этой программы можно увязать работы календарного графика с элементами 3D модели строительного объекта [8].

По результатам произведенного исследования можно сделать выводы:

1. Функционал программ ТИМ крайне разносторонний и способен одновременно решать ряд разносторонних задач. А результаты, полученные при моделировании цифровой модели, могут быть легко импортированы в другой программный комплекс.
2. Использование ТИМ значительно упрощает проектирование, а как следствие снижаются сроки проектирования и издержки, связанные с ними.
3. За счет регулярного обновления и совершенствования программных блоков, ТИМ оперирует только актуальной нормативно-правовой базой и методиками моделирования.

## Литература

1. *Саенко И. А.* Исследование системы управления инвестиционно-строительными проектами с применением технологии информационного моделирования / И. А. Саенко, Т. А. Шпенькова, Я. Д. Саенко // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2024. – Т. 26, № 1. – С. 152–162. – DOI 10.31675/1607-1859-2024-26-1-152-162 (дата обращения: 11.03. 2024).
2. *Мельник А. А.* Вопросы и перспективы внедрения технологий информационного моделирования в проектирование и организацию строительства в группе компаний Бетотек / А. А. Мельник // Информационное моделирование в задачах строительства и архитектуры : Материалы VII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 15–17 мая 2024 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – С. 212–218. – DOI 10.23968/ВИМАС.2024.029 (дата обращения: 12.03. 2024).
3. *Пеньковский Г. Ф.* Основы информационных технологий и автоматизированного проектирования в строительстве: конспект лекций / СПбГАСУ. – СПб., 2018. – С. 87–89 с. (дата обращения: 15.03. 2024).
4. Оценка возможности применения CAD/CAE/CAM-систем при проектировании процессов производства композиционных материалов и их обработки резанием / С. И. Пестрецов, М. В. Соколов, А. Н. Колодин, В. Г. Однолько // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2011. – № 2(33). – С. 98–103. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16360420> (дата обращения: 16.03. 2024).
5. *Лаврусъ В. В.* Оценка экономической эффективности применения BIM-технологий в строительстве / В. В. Лаврусъ, Е. С. Ефремова // Аллея науки. – 2022. – Т. 1, № 6(69). – С. 363–367. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49402532> (дата обращения: 17.03. 2024).
6. Исследование уровня цифровизации на российских предприятиях инвестиционно-строительной сферы: монография / Т. Н. Кисель, Ю. С. Прохорова. – Электрон, дан, и прогр. (9,8 Мб). – Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2023. URL: [https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/2023/Monografiya\\_Kisel-Prokhorova\\_2023.pdf](https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/2023/Monografiya_Kisel-Prokhorova_2023.pdf) (дата обращения: 18.03. 2024).
7. *Жолдасова А. Т.* Мониторинг строительства с помощью программы Microsoft Project / А. Т. Жолдасова // Наука и техника Казахстана. – 2021. – № 2. – С. 120. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-stroitelstva-s-pomoschyu-programmy-microsoft-project> (дата обращения: 17.03. 2024).
8. *Бовтеев С. В.* Применение 4D-моделирования для планирования и организации строительства объектов и их комплексов / С. В. Бовтеев // Системные технологии. – 2023. – № 4 (49). – С. 61–69. – DOI 10.55287/22275398\_2023\_4\_61 (дата обращения: 22.09.2024).

УДК 621.928.9

*Александр Николаевич Попов,*  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: zinfccc@yandex.ru*

*Alexander Nikolaevich Popov,*  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: zinfccc@yandex.ru*

## **ЭФФЕКТИВНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ СЛЕСАРНЫХ ЗОН**

### **EFFECTIVE VENTILATION OF LOCKSMITH AREAS**

Слесарные зоны характеризуются образованием вредных аэрозолей, пыли и газов, которые могут негативно влиять на здоровье рабочих. Местная вентиляция является эффективным средством контроля загрязнения воздуха в таких зонах. Современные мобильные фильтры обеспечивают высокоэффективную и экономичную местную вентиляцию. Исследование сосредоточено на следующих аспектах: оценка работы фильтра в условиях механической мастерской, включая его способность улавливать загрязнения и поддерживать чистоту воздуха; анализ функциональности и удобства в использовании подъемно-поворотного устройства, которое позволяет адаптировать систему под различные условия работы и типы выполняемых операций. Результаты исследования могут быть полезны для дальнейшей оптимизации систем вентиляции в механических мастерских, обеспечивая более безопасные и комфортные условия труда для работников.

*Ключевые слова:* фильтр, эффективность вентиляции, слесарные зоны, сварочные аэрозоли, мелкодисперсная частица.

Mechanical workshop areas are characterized by the formation of harmful aerosols, dust and gases that can adversely affect the health of workers. Local ventilation is an effective means of controlling air pollution in such areas. Modern mobile filters provide highly efficient and economical local ventilation. The study focuses on the following aspects: evaluation of the filter operation in a mechanical workshop, including its ability to trap contaminants and maintain air purity; analysis of the functionality and ease of use of a lifting and rotating device that allows you to adapt the system to various working conditions and types of operations. The results of the study can be useful for further optimization of ventilation systems in mechanical workshops, providing safer and more comfortable working conditions for workers.

*Keywords:* filter, ventilation efficiency, metalworking areas, welding aerosols, fine particle.

### **Введение**

В современных слесарных мастерских особое внимание уделяется качеству воздуха. Сварочное и слесарное производство –

являются источниками значительного выброса пыли и опасных веществ, что может негативно сказаться на здоровье сотрудников [1]. Чтобы создать безопасные условия труда критически важно внедрение эффективных систем вентиляции и очистки воздуха. В последние годы мобильные механические фильтры (ММФ) стали популярным выбором для очистки воздуха от пыли и мелких частиц. ММФ используют для удаления загрязнений, возникающих при таких процессах, как зачистка, сварка и шлифовка металлов, а также обработке других материалов. Данные устройства обеспечивают защиту персонала предприятия от воздействия опасных веществ, образующихся в ходе технологических процессов. Благодаря рециркуляции воздуха удается минимизировать затраты на общее вентилирование и обогрев помещений, а также на техническое обслуживание самого фильтра.

### **Методы и материалы**

При выполнении слесарных работ важно обеспечить оптимальные параметры воздушной среды для поддержания здоровья и безопасности работников. Одним из ключевых направлений решения этой задачи является организация комплексной системы вентиляции, которая включает как местную вытяжную вентиляцию на рабочих местах, так и общеобменную вентиляцию всего помещения.

Основой исследования являются современные установки местных систем вентиляции слесарных зон. Система общеобменной вентиляции играет важную роль в поддержании благоприятной внутренней среды за счет обеспечения непрерывной циркуляции воздуха. Общеобменная вентиляция обеспечивает поступление свежего воздуха и вывод отработанного, удаляя избыточное тепло, влагу и другие загрязнения. Это способствует созданию комфортного микроклимата в помещении. Важно, чтобы эта система была сбалансирована с местной вентиляцией, чтобы не создавать зон с недостаточной или избыточной подачей воздуха.

Система местной вентиляции предназначена для удаления загрязняющих веществ непосредственно с места их образования. Например, это может быть установка местных отсосов над



станками, где происходит обработка материалов, выделение пыли, стружки или других опасных частиц. Слесарные зоны характеризуются образованием вредных аэрозолей, пыли и газов, которые могут негативно влиять на здоровье рабочих. Местная вентиляция является эффективным средством контроля загрязнения воздуха в таких зонах. Рассмотрим принципы работы мобильного фильтра обеспечивающего высокоэффективную и экономичную местную вентиляцию.

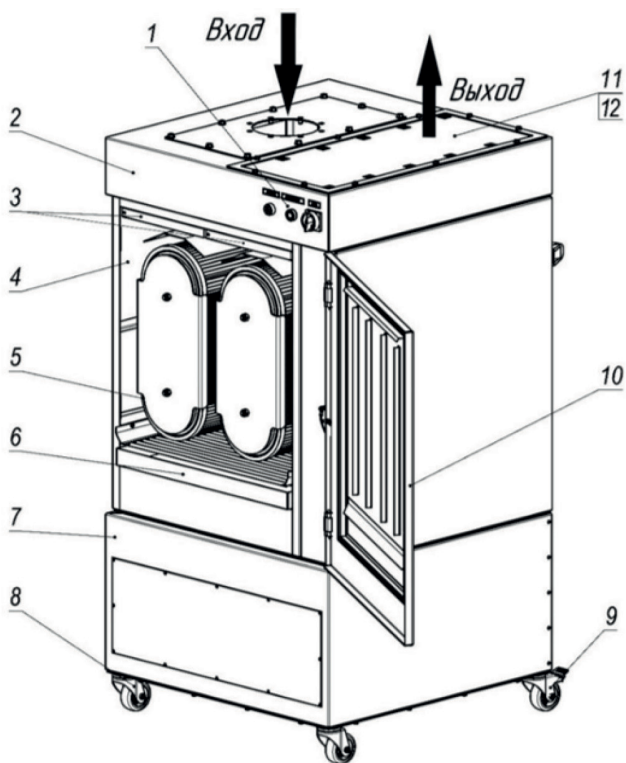


Рис. 1. Мобильный фильтр:

- 1 – панель управления; 2 – крышка фильтра; 3 – предварительный фильтр;
- 4 – корпус установки; 5 – картридж; 6 – сборник для пыли;
- 7 – защита вентилятора; 8 – поворотное колесо; 9 – колесо с тормозом;
- 10 – дверь; 11 – защитная решетка; 12 – фильтр угольный

Воздушный поток, генерируемый вентилятором, поступает через воздухозаборную воронку. Загрязненный воздух проходит мимо защитного экрана, который равномерно распределяет поток и улавливает крупные частицы пыли, тем самым предотвращая повреждение фильтрующих элементов. Воздух затем проходит через фильтровальный материал картриджей, где мелкие загрязнения осаждаются на их поверхности. Очищенный воздух выходит через отверстие в верхней части фильтра и возвращается в помещение.

В процессе эксплуатации на картриджах накапливается слой пыли, что приводит к увеличению сопротивления воздушному потоку и требует проведения регенерации. Очистка загрязненных картриджей осуществляется методом обратной продувки импульсами сжатого воздуха.

Управление процессом очистки осуществляется встроенным в панель управления контроллером с функцией контроля перепада давления ( $\Delta P$ ). Контроллер измеряет  $\Delta P$  между камерами неочищенного и очищенного воздуха с помощью датчика давления. При достижении  $\Delta P$  определенного значения запускается процесс очистки картриджа. Равномерное распределение потока сжатого воздуха по всей внутренней поверхности картриджа обеспечивается специальной вставкой-обтекателем. В результате импульсной продувки частицы, осевшие на поверхности картриджа, отделяются и попадают в пылесборник. Сжатый воздух подается к фильтру из заводской сети без использования встроенного компрессора. Чтобы защитить фильтр от загрязнений, содержащихся в сжатом воздухе, используется влагомаслоотделитель. Давление сжатого воздуха регулируется с помощью ручки регулятора.

Эффективность применения вытяжных устройств напрямую зависит от размера зоны эффективного улавливания абразивной и металлической пыли. Поэтому крайне важно правильно выбирать и размещать такие устройства, учитывая специфику выполняемых технологических операций и размеры обрабатываемых изделий.

В целом такая организация местной вентиляции (рис. 2) слесарных зон позволяет экономить рабочее пространство, за счет использования одной установки для двух рабочих зон.

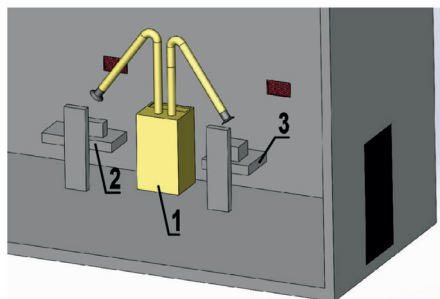


Рис. 2. Мобильный фильтр с двумя подъемно-поворотными устройствами:  
1 – фильтр; 2 – устройство, улавливающее вредные вещества со стола слесаря; 3 – устройство, улавливающее вредные вещества со стола сварщика

Оценка эффективности фильтра в механической мастерской имеет ключевое значение для обеспечения безопасности и комфорта в процессе работы. Мобильный фильтр имеет ряд преимуществ: оснащен картриджами с высоким классом фильтрации; демонстрирует высокую эффективность в улавливании различных механических загрязнений, таких как пыль, опилки и металлические осколки; имеет систему автоматической очистки; система фиксации картриджей спроектирована для простоты обслуживания; прибор может оснащаться двумя вытяжными устройствами, а также фильтром из активированного угля; управление фильтром удобно расположено на верхней панели корпуса; для сбора пыли предусмотрен выдвижной лоток; устройство характеризуется низким уровнем шума.

В общем, представленный фильтр в механической мастерской не только улучшает условия труда сотрудников, но и повышает продуктивность, а также снижает риск возникновения аварийных ситуаций. Он функционирует в режиме рециркуляции, что исключает необходимость компенсировать удаляемый воздух с помощью системы общеобменной вентиляции.

Для местного удаления загрязненного воздуха, содержащего пыль и газы, образующиеся в ходе технологических процессов, используется вытяжное подъемно-поворотное устройство. Однако, эффективность такого устройства, установленного на

высоте 0,2 м над рабочим столом, оказывается недостаточной. Это связано с ограниченным объемом приточного воздуха, обусловленным поверхностью стола. При удалении точки сварки от всасывающей воронки на расстояние более 0,4 м, происходит значительное увеличение концентрации вредных веществ в зоне дыхания из-за их накопления в образовавшейся циркуляционной зоне. Для обеспечения нормальных условий на рабочем месте, необходимо установить воронку вытяжного устройства в непосредственной близости к источнику загрязнения [17].

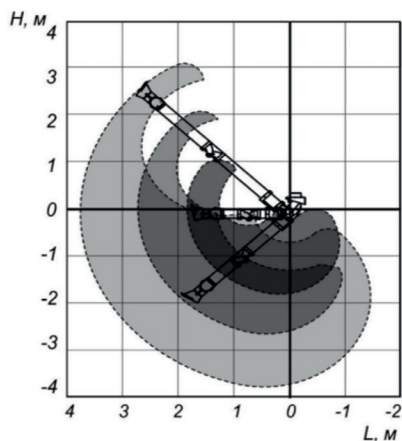


Рис. 3. Размеры зоны, которую обслуживает вытяжное устройство

На основе рисунка 3 можно заключить, что вытяжное устройство обладает значительным радиусом действия, что дает возможность адаптировать систему к различным условиям эксплуатации и типам выполняемых операций.

### Заключение

Современные мобильные фильтры представляют собой эффективное и экономичное решение для локальной вентиляции в слесарных зонах. Они обеспечивают высокий уровень очистки воздуха, удобны в эксплуатации, мобильны и работают с низким

уровнем шума. Применение таких фильтров способствует защите работников от вредных загрязнителей воздуха и созданию более безопасной и здоровой рабочей среды. Эффективность вытяжных устройств напрямую зависит от размеров зоны, в которой происходит улавливание абразивной и металлической пыли. Поэтому крайне важно правильно выбирать и устанавливать эти устройства, учитывая особенности выполняемых технологических процессов и размеры обрабатываемых изделий. Полученные результаты могут существенно повлиять на разработку эффективных инженерных решений для расчета и оптимизации вентиляционных систем.

### Литература

1. *Агашков Е. М.* Классификация систем автоматического удаления вредных веществ из воздуха производственного помещения / Т. И. Белова, В. Е. Бурак, О. Б. Гераськова, Д. А. Кравченко // Вестник МАНЭБ. – 2010. – Т. 15, № 4. – С. 116–118.
2. *Биргер М. И., Вальдберг А. Ю., Мяжков Б. И., Падова В. Ю., Русанов А. А., Урбах И. И.* (1983). Справочник по пыле- и золоулавливаю. 2-е изд. М. : Энергоатомиздат, 312 с.
3. *Богословский В. Н.* Отопление и вентиляция, ч. 2. Вентиляция / В. Н. Богословский, В. И. Новожилов, Б. Д. Симаков, В. П. Титов. М. : Стройиздат, 1976. – 439 с.
4. *Глушков Л. А.* Вентиляция травильных мастерских / Л. А. Глушков. Свердловск Москва : Metallurgizdat, 1949. 94 с.
5. ГОСТ 12.1.005-76. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно гигиенические требования. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 32 с.
6. *Грачев Ю. Г.* Принципы оптимального проектирования систем очистки воздуха в промышленных зданиях / Ю. Г. Грачев. В сб. научн. трудов Оптимизация систем очистки воздуха в промышленных зданиях. – Пермь. 1993. – С. 3–9.
7. *Гримитлин А. М.* Отопление и вентиляция производственных помещений / А. М. Гримитлин, Т. А. Дацюк, Г. Я. Крупкин, А. С. Стронгин, Е. О. Шилькрот. Санкт Петербург. Изд-во «АВОК Северо-Запад», 2007. – 399 с.
8. *Дасоян М. А.* Оборудование цехов электрохимических покрытий / М. А. Дасоян, И. Я. Пальмская. Л. : Машиностроение, 1979. – 287 с.
9. *Логачев И. Н., Логачев К. И., Аверкова О. А., Крюков И. В.* Методы снижения энергоемкости систем аспирации // Новые огнеупоры. 2014. № 2. С. 51–56.
10. *Полосин И. И.* Охрана атмосферы от выбросов промышленной вентиляции и котельных/ И. И. Полосин. Воронеж. ВГАСУ. 2007. – 191 с.

11. *Портянников А. В.* Построение эффективного воздухообмена для помещений производств с местной вытяжной вентиляцией / И. И. Полосин, С. Н. Кузнецов, А. В. Портянников, А. В. Дерепасов // Известия КазГАСУ. – 2009. – № 1(11). – С. 191–195.
12. *Посохин В. Н.* Расчет местных отсосов от тепло- и газовыделяющего оборудования / В. Н. Посохин. – М. : Машиностроение, 1984. 160 с.
13. *Сазонов Э. В.* Научно-методические основы организации воздухообмена в производственных помещениях / Э. В. Сазонов. Автореф. дисс. на соискание уч. ст. д. т. н. Воронеж, 1973. – 45 с.
14. *Сотников А. Г.* Системы кондиционирования и вентиляции с переменным расходом воздуха / А. Г. Сотников. Л.: Стройиздат, 1984. – 148 с.
15. *Табунщиков Ю. А.* Расчеты температурного режима помещения и требуемой мощности для его отопления или охлаждения / Ю. А. Табунщиков. М. : Стройиздат, 1981. – 67 с.
16. *Уляшева В. М., Дубенков С. В., Басова Ю. А. и Сорокин Н. А.* (1998). Система вентиляции цеха с пылевыеде лениями. Патент № 2110735.
17. *Шантала В. В., Хукаленко Е. Е., Северин Н. Н., Гусев Ю. М.* Особенности организации вентиляции электросварочных рабочих мест в помещениях ограниченных размеров Вестник БГТУ. – 2022, № 1. – С. 51–59.
18. *Boysan F., Ayers W. H., Swithenbank J.* (1982). A fundamental mathematical modelling approach to cyclone design. Chemical Engineering Research and Design, 60a, pp. 222–230.
19. *Gosman A. D., Ioannides E.* (1983). Aspects of computer simulation of liquid-fueled combustors. Journal of Energy, vol. 7, No. 6, pp. 482–490.
20. *Zhuang J., Diao Y., Shen H.* Numerical Investigation on Transport Characteristics of High Temperature Fine Particles Generated in a Transiently Welding Process // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2021. Vol. 176. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.121471.
21. *Wang H., Huang C., Liu D., Zhao F., Sun H., Wang F., Li C., Kou G., Ye M.* Fume Transports in a High Rise Industrial Welding Hall with Displacement Ventilation System and Individual Ventilation Units // Building and Environment. 2012. Vol. 52. Pp. 119–128.

УДК 693

Ольга Анатольевна Попова,  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: ol.popova@yandex.ru

Olga Anatolyevna Popova,  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: ol.popova@yandex.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО МЕТОДА  
КОНТРОЛЯ СРОКОВ СТРОИТЕЛЬСТВА  
ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ  
ПРИ КАЛЕНДАРНОМ ПЛАНИРОВАНИИ**

**APPLICATION OF AN ALTERNATIVE METHOD  
OF CONTROL OF RESIDENTIAL REAL ESTATE  
CONSTRUCTION TIMES IN CALENDAR PLANNING**

В представленной статье говорится о существующих методах контроля сроков строительства, таких как методы «0/100», «50/50» и контроль по шагам. Описываются основные методы календарного планирования: метод СРМ и метод PERT. Обосновывается актуальность применения альтернативного метода «контроль по зонам», представлены его преимущества и визуальное представление метода с применением календарного плана.

*Ключевые слова:* контроль сроков, методы контроля, строительство, календарное планирование, цифровые технологии.

The article discusses existing methods of construction schedule control, such as the 0/100, 50/50, and step-by-step methods. The main calendar planning methods are described: the CPM method and the PERT method. The relevance of using the alternative method of “zone control” is substantiated, its advantages and a visual representation of the method using a calendar plan are presented.

*Keywords:* time control, control methods, construction, scheduling, digital technologies.

В современном строительстве жилой недвижимости, характеризующемся высокой конкуренцией и растущими требованиями к качеству и скорости строительства, применение традиционных методов календарного планирования, основанных на линейных графиках Ганта, сталкивается с серьезными ограничениями.

В этой ситуации актуальность приобретают альтернативные методы контроля сроков, которые предлагают более гибкий и ком-

плексный подход к планированию и управлению проектом [1–3]. Методы критического пути (СРМ) и метод PERT позволяют детально анализировать взаимосвязи между различными этапами строительства, выявлять наиболее критичные факторы, влияющие на сроки, и своевременно реагировать на изменения [4–5].

На данный момент существует несколько часто используемых методов контроля сроков строительства (рис. 1).

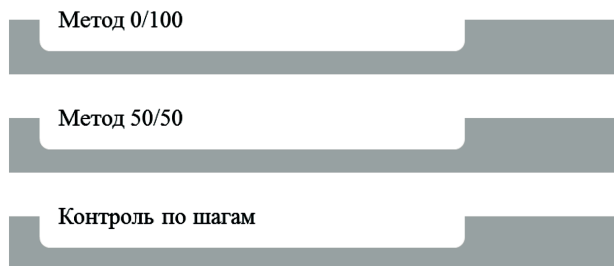


Рис. 1. Существующие методы контроля сроков строительства

Метод 0/100 традиционный подход, предполагающий четкое деление проекта на два этапа: начало (0 %) и завершение (100 %). Такой подход прост в реализации и обеспечивает ясную картину общего прогресса. Однако, он не учитывает сложность проекта, взаимосвязь между этапами и возможность возникновения непредвиденных обстоятельств.

50/50 усовершенствованный вариант метода 0/100, предполагающий деление проекта на две равные части (50/50). Такой подход позволяет получить более детальную картину хода работ, но не дает возможности оперативно реагировать на изменения.

Заключительный метод варьирует процент завершения в интервале 0–100, что позволяет более точно отслеживать завершение строительных работ. Основан на детальной разбивке проекта на отдельные этапы (шаги) с четкими сроками и ответственными лицами [6–7]. Такой подход обеспечивает высокую детализацию плана, позволяет отслеживать прогресс каждого шага и своевременно выявлять, и корректировать возможные проблемы (рис. 2).



ИД.	WBS	Наименование работы	Начало	Сокращение цельности	Продолжи цельность	Остаточная длительность	% выполнения по расписанию завершенности
0	0	Метод «Контроль по шагам» на примере строительства жилого дома	01.04.24	25.09.24	122 дней	93,29 дней	24%
1	1	Подготовительные работы	01.04.24	07.06.24	45 дней	20,59 дней	54%
2	1.1	Устройство временного ограждения	01.04.24	02.04.24	2 дней	0 дней	100%
3	1.2	Вырубка деревьев и кустарников	03.04.24	09.04.24	4 дней	0 дней	100%
4	1.3	Срезка растительного слоя	09.04.24	15.04.24	5 дней	0 дней	100%
5	1.4	Планировка территории	16.04.24	19.04.24	4 дней	0 дней	100%
6	1.5	Испытания свай	22.04.24	07.06.24	30 дней	21,5 дней	25%
7	1.6	Устройство временных коммуникаций	22.04.24	26.04.24	5 дней	1,25 дней	75%
8	1.7	Устройство временных дорог	02.05.24	08.05.24	5 дней	1,25 дней	75%
9	1.8	Устройство ВЗНС	13.05.24	16.05.24	4 дней	2 дней	50%
10	2	Нулевой цикл	10.06.24	25.09.24	77 дней	77 дней	0%
11	2.1	Устройство шпунтового ограждения	10.06.24	13.06.24	3 дней	3 дней	0%
12	2.2	Разработка котлована	14.06.24	01.08.24	35 дней	35 дней	0%
13	2.3	Устройство свайного фундамента	02.08.24	15.08.24	10 дней	10 дней	0%
14	2.4	Устройство монолитных конструкций подземной части	16.08.24	05.09.24	15 дней	15 дней	0%
15	2.5	Гидроизоляция цпи	06.09.24	12.09.24	5 дней	5 дней	0%
16	2.6	Выдерживание шпунта	13.09.24	16.09.24	2 дней	2 дня	0%
17	2.7	Обратная засыпка	17.09.24	20.09.24	4 дней	4 дня	0%
18	2.8	Устройство башенного крана	23.09.24	25.09.24	3 дня	3 дня	0%

Рис. 2. Метод контроля сроков «контроль по шагам»

Альтернативным методом контроля сроков строительства является метод «контроль по зонам». Метод контроля по зонам предполагает деление строительной площадки на отдельные зоны (участки) с четко определенными границами, каждая из которых имеет свой отдельный календарный план и ответственного менеджера. Данный метод имеет ряд преимуществ (рис. 3).

Повышенная детализация планирования
<ul style="list-style-type: none"><li>• Деление проекта на зоны позволяет разработать более детальный календарный план для каждой зоны, что упрощает контроль и управление процессами.</li></ul>
Улучшенная координация работ
<ul style="list-style-type: none"><li>• Разделение ответственности между менеджерами зон упрощает координацию работ и минимизирует возможные конфликты между разными бригадами.</li></ul>
Оперативное реагирование на изменения
<ul style="list-style-type: none"><li>• Метод контроля по зонам позволяет быстро и эффективно реагировать на непредвиденные ситуации в рамках конкретной зоны, не влияя на работу других зон.</li></ul>
Увеличение прозрачности и отслеживаемости
<ul style="list-style-type: none"><li>• Чёткое разделение проекта на зоны обеспечивает более прозрачную картину хода строительства и позволяет оперативно отслеживать прогресс каждой зоны.</li></ul>

Рис. 3. Преимущества метода «контроль по зонам»

Метод контроля по зонам особенно эффективен при строительстве крупных жилых комплексов с разнообразной инфраструктурой.

Например, строительную площадку можно разделить на зоны жилых корпусов, подземных гаражей, детских площадок, зеленых зон и т.д. Для каждой зоны разрабатывается отдельный календарный план с указанием сроков выполнения работ, ответственных за каждое этап и необходимых ресурсов (рис. 4).

Ид.	WBS	Наименование работы	Начало	Окончание	Продолжи- тельность	Оставшаяся длительность	% завершения по продол- жительности	Метод «Контроль по зонам» на примере строительства жилого дома						
								Полупериод 1, 2023 Я. Ф. М. А. М. И. И. А. С. О. Н. Д.	Полупериод 2, 2023 Я. Ф. М. А. М. И. И. А. С. О. Н. Д.	Полупериод 1, 2024 Я. Ф. М. А. М. И. И. А. С.	Полупериод 2, 2024 Я. Ф. М. А. М. И. И. А. С.	Полупериод 2 И. А. С.		
0	0	Метод «Контроль по зонам» на примере строительства жилого дома	01.04.24	02.07.24	61 дней	30,5 дней	50%							
1	1	Захватка 1	01.04.24	02.07.24	61 дней	17,25 дней	72%							
2	1.1	Подготовительные работы	01.04.24	03.04.24	3 дней	0 дней	100%							
3	1.2	Земляные работы	04.04.24	09.04.24	4 дней	0 дней	100%							
4	1.3	Устройство фундамента	10.04.24	23.04.24	10 дней	0 дней	100%							
5	1.4	Возведение надземной части	24.04.24	04.06.24	25 дней	0 дней	100%							
6	1.5	Устройство кровли	05.06.24	14.06.24	7 дней	5,25 дней	25%							
7	1.6	Устройство инженерных систем	17.06.24	02.07.24	12 дней	12 дней	0%							
8	2	Захватка 2	01.04.24	02.07.24	61 дней	25,25 дней	59%							
9	2.1	Подготовительные работы	01.04.24	03.04.24	3 дней	0 дней	100%							
10	2.2	Земляные работы	04.04.24	09.04.24	4 дней	0 дней	100%							
11	2.3	Устройство фундамента	10.04.24	23.04.24	10 дней	0 дней	100%							
12	2.4	Возведение надземной части	24.04.24	04.06.24	25 дней	6,25 дней	75%							
13	2.5	Устройство кровли	05.06.24	14.06.24	7 дней	7 дней	0%							
14	2.6	Устройство инженерных систем	17.06.24	02.07.24	12 дней	12 дней	0%							
15	3	Захватка 3	01.04.24	02.07.24	61 дней	49 дней	20%							
16	3.1	Подготовительные работы	01.04.24	03.04.24	3 дней	0 дней	100%							
17	3.2	Земляные работы	04.04.24	09.04.24	4 дней	0 дней	100%							
18	3.3	Устройство фундамента	10.04.24	23.04.24	10 дней	5 дней	50%							
19	3.4	Возведение надземной части	24.04.24	04.06.24	25 дней	25 дней	0%							
20	3.5	Устройство кровли	05.06.24	14.06.24	7 дней	7 дней	0%							
21	3.6	Устройство инженерных систем	17.06.24	02.07.24	12 дней	12 дней	0%							

Рис. 4. Метод контроля сроков строительства «контроль по шагам»

Важные аспекты при внедрении метода контроля по зонам:

- Четкое определение границ зон. Границы зон должны быть четко определены и согласованы со всеми участниками проекта.
- Разработка детальных календарных планов для каждой зоны. Планы должны учитывать взаимосвязи между разными этапами работы и возможные риски.
- Назначение ответственных за каждую зону. Ответственные менеджеры должны иметь достаточную компетенцию и опыт для управления работой в своей зоне.
- Внедрение метода контроля по зонам в строительстве жилой недвижимости требует определенных усилий по организации и планированию, но в результате оно приводит к более эффективному управлению проектом, повышению прозрачности и снижению рисков и задержек строительства.

### Литература

1. *Бовтеев С. В.* Современные методы планирования и контроля инвестиционно-строительных проектов / С. В. Бовтеев // Управление проектами: идеи, ценности, решения : маг-лы I Междунар. науч.-практич. конф., Санкт-Петербург, 15–17 мая 2019 года. – СПб. : СПбГАСУ, 2019. – С. 188–194.
2. *Бовтеев С. В.* Оценка возможности и эффективности цифровой трансформации гибких методов управления строительными проектами. / С. В. Бовтеев, З. В. Третьякова // Инновации и инвестиции. № 9. 2024.
3. *Гайдо А. Н.* Современные методы проведения строительного контроля / А. Н. Гайдо, А. Г. Погода // Инженерный вестник Дона. 2024. № 2(110). С. 491–505.
4. *Болотин С. А.* Прогнозирование окончания строительства на основе моделирования нелинейной зависимости от задержек отдельных работ / С. А. Болотин, М. А. Аль-Жанаби, Х. А. Бохан // Вестник гражданских инженеров. 2022 № 2(91), С. 83–90.
5. *Bolotin S. A.* Optimized construction work scheduling in the context of integrated urban development / S. A. Bolotin, Kh. A. Bokhan, A. K. H. Dadar, Kh. V. Biche-Ool // Real estate: economics, management, 2022 № 1, pp. 49–57.
6. *Bolotin S. A.* Creating probabilistic construction schedules in microsoft project / S. A. Bolotin, A. K. H. Dadar, A. R. Malsagov // Real estate: economics, management, 2023 № 2, pp. 45–49.
7. *Попова О. А.* Анализ методов контроля сроков строительства объектов жилой недвижимости на основе современных цифровых технологий / О. А. Попова // Сб. стат. магистрантов и аспирантов строительного факультета. В 2-х т. Т. 2 ; С.-Петерб. гос. архит.-строит. ун-т. – СПб. : СПбГАСУ, 2024. С. 64.

УДК 69.003.13

*Федор Сергеевич Пяшин,*  
магистрант

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: pyashin24@yandex.ru*

*Fedor Sergeevich Pyashin,*

Master's degree student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: pyashin24@yandex.ru*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ ПО ЗАМЕНЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ (ВОДОСНАБЖЕНИЯ, КАНАЛИЗАЦИИ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МКД**

### **IMPROVEMENT OF PROJECT MANAGEMENT SYSTEMS FOR ENGINEERING NETWORKS REPLACEMENT (WATER SUPPLY, SEWERAGE, HEATING) USING MODERN TECHNOLOGIES IN MULTI-UNIT RESIDENTIAL BUILDINGS (MURB)**

В статье рассмотрены проблемы, связанные с эксплуатацией старых инженерных сетей в многоквартирных домах (МКД), и необходимость их замены с использованием современных технологий. Особое внимание уделено типичным проблемам систем водоснабжения, канализации и теплоснабжения, таким как коррозия, засоры и теплопотери. Анализируются традиционные и новые методы мониторинга состояния сетей, включая роботизированные сканеры, а также представлены преимущества пластиковых труб перед металлическими.

Также обсуждаются методы замены трубопроводов: традиционная открытая замена и инновационная санация труб, что позволяет минимизировать земляные работы и ускорить процесс замены. Важное место в статье занимает рассмотрение современных методов управления проектами, включая автоматизированные системы, которые значительно повышают эффективность реализации проектов по модернизации инженерных сетей.

*Ключевые слова:* модернизация инженерных сетей, водоснабжение и канализация, теплоснабжение, современные технологии, санация труб, управление проектами.

The article discusses the problems associated with the operation of outdated engineering networks in multi-unit residential buildings (MURBs) and the need for their replacement using modern technologies. Special attention is given to common issues in water supply, sewerage, and heating systems, such as corrosion, blockages, and heat loss. The traditional and new monitoring methods, including robotic scanners, are analyzed, highlighting the advantages of plastic pipes over metal ones.

The article also covers different methods of pipeline replacement: traditional open excavation methods and innovative pipe relining, which minimizes earthworks and speeds up the replacement process. A significant part of the article is devoted to modern project management methods, particularly automated systems, which greatly improve the efficiency of projects aimed at upgrading engineering networks.

*Keywords:* modernization of engineering networks, water supply and sewerage, heating supply, modern technologies, pipe relining, project management.

## Введение

Инженерные сети многоквартирных домов (МКД) – водоснабжение, канализация и теплоснабжение – являются важными элементами городской инфраструктуры, обеспечивающими базовые потребности жителей. Однако со временем эти сети изнашиваются, что приводит к частым поломкам, авариям и утечкам. В условиях стареющей инфраструктуры возникает необходимость замены старых трубопроводов и модернизации инженерных систем.

Современные технологии позволяют значительно улучшить управление проектами по замене инженерных сетей, минимизируя риски и затраты. В данной статье мы рассмотрим существующие проблемы инженерных сетей в МКД, проанализируем традиционные и новые методы их замены, а также обсудим современные подходы к управлению такими проектами.

## Проблемы инженерных сетей

Проблемы инженерных сетей, такие как водоснабжение, канализация и теплоснабжение, становятся все более актуальными по мере износа старых систем. Многие из этих сетей были установлены десятилетия назад и требуют замены. Ниже приведены основные проблемы, характерные для каждой системы:

**1. Водоснабжение:** Старые металлические трубы подвержены коррозии, которая приводит к утечкам и снижению качества воды. Коррозия также способствует накоплению отложений внутри труб, что ухудшает их пропускную способность и снижает эффективность системы. [1]

**2. Канализация:** В системах канализации часто возникают засоры, вызванные проникновением корней деревьев и агрессивными

химическими воздействиями на материалы труб. Засоры приводят к авариям и могут стать причиной загрязнения окружающей среды [2].

**3. Теплоснабжение:** В системах теплоснабжения часто встречаются теплопотери, вызванные износом труб и недостаточной изоляцией. Это не только снижает эффективность отопления, но и увеличивает энергозатраты.

Эти проблемы не только снижают качество жизни жителей, но и создают значительные финансовые расходы на поддержание старых систем. Часто ремонт уже не является экономически целесообразным, и требуется полная замена трубопроводов (рис. 1, 2) [3].



Рис. 1. Коррозия системы водоснабжения



Рис. 2. Протечка системы теплоснабжения

## Традиционные методы мониторинга и замены инженерных сетей

Традиционные методы мониторинга состояния инженерных сетей основаны на визуальных осмотрах и плановых проверках. Специалисты осматривают участки труб, доступные для наблюдения, проверяют наличие коррозии, утечек и других видимых дефектов. Этот метод имеет следующие преимущества:

- Простота выполнения
- Низкие затраты на проведение осмотра

Однако его недостатки включают невозможность выявления скрытых дефектов, ограниченную эффективность и высокие трудозатраты. Например, повреждения, находящиеся под землей или в закрытых участках, остаются незамеченными, что может привести к авариям и дополнительным затратам на ремонт [4].

Что касается замены труб, традиционный метод заключается в открытой замене трубопроводов. Это предполагает раскопку старых труб и установку новых. Данный метод позволяет полностью заменить старые системы, но имеет множество недостатков:

- Требуется значительный объем земляных и строительных работ
- Работы занимают много времени, создавая неудобства для жителей
- Уровень шума и повреждение благоустройства территории затрудняют процесс [5].

Эти недостатки делают открытый метод не самым эффективным в современных условиях, особенно в городах, где плотность застройки и движение создают дополнительные сложности [6].

## Современные технологии мониторинга и замены сетей

Современные технологии мониторинга инженерных сетей делают значительный шаг вперед по сравнению с традиционными методами. Одной из ключевых инноваций стали роботизированные сканеры. Эти устройства способны автономно перемещаться внутри трубопроводов, проводя их обследование в режиме реального времени. Преимущества таких технологий:

- **Высокая точность** диагностики



- **Скорость обследования** и обработки данных
- **Запись и анализ** информации для дальнейшей работы
- **Автономность**, позволяющая минимизировать человеческий фактор [7].

Хотя такие системы являются достаточно дорогими, их использование позволяет существенно экономить средства в долгосрочной перспективе за счет уменьшения числа аварий и необходимости проведения внеплановых ремонтных работ [8].

Что касается замены трубопроводов, современные методы включают санацию труб, при которой новые трубы устанавливаются внутри старых. Это позволяет минимизировать необходимость в земляных работах, а также значительно сократить время выполнения работ. Преимущества метода санации:

- **Минимальные земляные работы**, что снижает ущерб благоустройству и инфраструктуре

- **Быстрота** выполнения замены труб
- **Снижение затрат** на материалы и работы
- **Продление срока службы** инженерных сетей
- **Устойчивость к коррозии** и химическим воздействиям.[9]

Однако у метода есть и ограничения (табл. 1, 2). Например, санация может быть невозможна, если старые трубы находятся в крайне плохом состоянии, а также существует проблема сужения диаметра труб, что может негативно сказаться на пропускной способности [10].

*Таблица 1*

**Преимущества и недостатки различных методов замены трубопроводов (1)**

Метод	Преимущества	Недостатки
Традиционная замена	Полная замена старых труб	Требуются земляные работы, высокий уровень шума
Санация труб	Сокращение времени и затрат, минимальные земляные работы	Может быть невозможна при сильном износе труб, сужение диаметра труб

**Преимущества и недостатки различных  
методов замены трубопроводов (2)**

Характеристика	Металлические трубы	Пластиковые трубы
Срок службы	20–30 лет	До 50 лет
Устойчивость к коррозии	Низкая	Высокая
Стоимость установки	Высокая	Средняя
Эксплуатационные расходы	Высокие	Низкие

**Современные методы управления проектами**

Вместе с развитием технологий замены инженерных сетей совершенствуются и методы управления проектами в этой области. Традиционные методы управления, основанные на ручном планировании и контроле, не обеспечивают должного уровня прозрачности и гибкости. В условиях современных городов, где любое отставание от графика или перерасход бюджета может привести к значительным последствиям, автоматизация управления проектами становится необходимостью [11].

Автоматизированные системы управления проектами позволяют:

- **Отслеживать ход выполнения работ** в режиме реального времени
- **Контролировать бюджет** и затраты на каждый этап проекта
- **Прогнозировать риски** и предотвращать возможные проблемы до их возникновения
- **Интегрировать участников** проекта в единую информационную систему для улучшения взаимодействия.

Это особенно важно в проектах по замене инженерных сетей, где работа включает множество этапов и участников: подрядчиков, инженеров, поставщиков и жителей. Автоматизация позволяет всем участникам процесса получать доступ к актуальной информации, что улучшает координацию и минимизирует ошибки [12].

Автоматизированные системы также помогают оптимизировать использование ресурсов и позволяют гибко реагировать на изменения в процессе выполнения проекта. Например, если на одном участке выявляются непредвиденные проблемы, система может автоматически пересчитать бюджет и предложить новые решения для минимизации затрат и задержек [13].

### **Экономическая эффективность внедрения новых технологий**

Применение новых технологий мониторинга и замены инженерных сетей требует начальных вложений, однако такие инвестиции окупаются благодаря значительному снижению эксплуатационных затрат в будущем. Современные материалы, такие как пластиковые трубы, имеют срок службы до 50 лет и более, что значительно превышает срок эксплуатации металлических труб. Это означает меньшее количество аварий и необходимость проведения ремонтных работ [14].

Кроме того, использование роботизированных систем мониторинга позволяет своевременно выявлять проблемы на ранних стадиях, что предотвращает масштабные аварии и экономит средства на ремонте.

Также важно учитывать, что современные методы управления проектами повышают общую эффективность выполнения работ. Сокращение времени на реализацию проектов, снижение количества ошибок и предотвращение задержек позволяют улучшить качество работ и соблюсти установленные сроки, что положительно сказывается на бюджете проектов и уменьшает неудобства для жителей. [15]

### **Заключение**

Современные технологии существенно изменили подход к замене и обслуживанию инженерных сетей в многоквартирных домах. Использование роботизированных сканеров для мониторинга, применение долговечных материалов, таких как пластиковые

трубы, а также внедрение методов санации позволяют не только продлить срок службы инженерных систем, но и снизить затраты на их эксплуатацию и ремонт.

Эти инновации требуют новых подходов к управлению проектами. Автоматизированные системы управления позволяют более эффективно контролировать выполнение работ, минимизировать риски и обеспечить выполнение проектов в установленные сроки. Все эти факторы делают замену инженерных сетей с использованием современных технологий не только необходимой, но и экономически обоснованной для устойчивого развития городской инфраструктуры.

### Литература

1. *Гришин А. В.* Управление проектами в строительстве / А. В. Гришин // Вестник современного строительства. – 2017. – № 2. – С. 45–52. – EDN ABK123.
2. *Иванов П. А.* Современные технологии замены трубопроводов: практическое применение / П. А. Иванов, Е. Н. Кузнецова // Строительные технологии. – 2018. – № 6. – С. 78–85. – EDN XYZ456.
3. *Лебедев М. Н.* Методы санации трубопроводов / М. Н. Лебедев // Водоснабжение и канализация. – 2019. – № 3. – С. 34–40. – EDN ZYC789.
4. *Сидоров В. П.* Экономическая эффективность замены инженерных сетей в многоквартирных домах / В. П. Сидоров // Экономика и управление строительством. – 2020. – № 5. – С. 112–118. – EDN HJU321.
5. *Кузнецов А. И.* Управление проектами по модернизации городской инфраструктуры / А. И. Кузнецов, И. В. Смирнов // Менеджмент в строительстве. – 2016. – № 9. – С. 53–61. – EDN LKM654.
6. *Попов Д. М.* Проблемы эксплуатации и замены инженерных систем в городской инфраструктуре / Д. М. Попов, Н. П. Алексеев // Жилищное строительство. – 2015. – № 8. – С. 67–73. – EDN QWE987.
7. *Смирнова О. Л.* Современные технологии мониторинга инженерных сетей / О. Л. Смирнова, С. В. Ильин // Промышленное и гражданское строительство. – 2021. – № 2. – С. 44–50. – EDN RTY852.
8. *Васильев И. П.* Роботизированные системы диагностики трубопроводов / И. П. Васильев, А. Н. Фролов // Технологии в строительстве. – 2019. – № 7. – С. 90–95. – EDN GHI963.
9. *Трофимова Е. В.* Управление строительными проектами в условиях автоматизации процессов / Е. В. Трофимова // Вестник проектного менеджмента. – 2020. – № 4. – С. 28–35. – EDN UIO741.

10. *Никитин С. А.* Теплоснабжение: проблемы эксплуатации и новые решения / С. А. Никитин // Водоснабжение, канализация и теплоснабжение. – 2018. – № 3. – С. 112-119. – EDN BNM853.
11. *Орлов В. С.* Новые методы проектирования инженерных сетей в условиях городской застройки / В. С. Орлов, И. А. Петров // Журнал строительства и архитектуры. – 2019. – № 1. – С. 12–18. – EDN QAZ456.
12. *Семенов К. Р.* Оценка экономической эффективности модернизации инженерных систем / К. Р. Семенов, А. В. Беляев // Экономика и менеджмент
13. *Федоров М. Н.* Применение информационных технологий в управлении строительными проектами / М. Н. Федоров, Л. Г. Антонова // Инновации в строительстве. – 2021. – № 6. – С. 29–36. – EDN IOP753.
14. *Гордеев Ю. П.* Разработка комплексной программы модернизации инженерных коммуникаций / Ю. П. Гордеев // Технические решения в строительстве. – 2018. – № 5. – С. 87–92. – EDN JKL852.
15. *Михайлова Т. И.* Влияние автоматизации на сроки реализации строительных проектов / Т. И. Михайлова // Управление проектами и строительство. – 2020. – № 2. – С. 40–46. – EDN UYT654.

**УДК 656**

*Даниил Максимович Ромель,*  
магистрант  
*Ислам Мусаевич Чахкиев,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: romel.dm00@gmail.com,*  
*chim\_06@mail.ru*

*Daniil Maksimovich Romel,*  
Master's degree student  
*Islam Musaevich Chakhkiev,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: romel.dm00@gmail.com,*  
*chim\_06@mail.ru*

## **РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ**

### **DEVELOPMENT OF LOGISTICS AND TECHNICAL SUPPORT FOR CONSTRUCTION SITES USING CALENDAR PLANNING**

В данной статье говорится об актуальности применения календарного планирования в материально-техническом обеспечении строительных объектов. Описываются сложности МТО отдаленных объектов и влияющих факторов на поставку материалов на строительные объекты. Далее автор рассматривает методы календарного планирования, такие как метод PERT и СРМ. Вследствие приводится пример разработки календарного плана строительных работ со сроками поставок материалов на строительный объект.

*Ключевые слова:* материально-техническое обеспечение, строительные объекты, календарное планирование, СРМ, PERT, оптимизация, эффективность, логистика.

This article discusses the relevance of calendar planning in the logistics of construction projects. It describes the complexities of logistics of remote sites and factors influencing the supply of materials to construction sites. The author then examines calendar planning methods such as the PERT and CRM methods. As a result, an example of developing a calendar plan for construction work with delivery dates for materials to a construction site is given.

*Keywords:* material and technical support, construction projects, scheduling, СРМ, PERT, optimization, efficiency, logistics.

Эффективное материально-техническое обеспечение (МТО) является ключевым фактором успешной реализации строительных

проектов. Обеспечение своевременной поставки необходимых материалов, оборудования и техники позволяет сократить простои, оптимизировать логистику и, как следствие, повысить рентабельность проекта. Календарное планирование, как инструмент организации и контроля процесса МТО, позволяет упорядочить потоки ресурсов и минимизировать риски задержек. Однако организация МТО на строительных объектах часто сопряжена с рядом сложностей (рис. 1).

Непредсказуемость сроков поставки

- **Нестабильность рынка, задержки на производстве, погодные условия - все это может привести к задержкам в поставках, что негативно сказывается на сроках строительства.**

Сложная логистика

- **Строительные объекты часто располагаются в труднодоступных местах, что усложняет логистику и увеличивает стоимость доставки.**

Недостаток координации

- **Отсутствие четкой системы координации между подразделениями, ответственными за МТО, может привести к дублированию функций, ошибкам и задержкам.**

Рис. 1. Сложности организации материально-технического обеспечения на отдаленных объектах строительства

Решением этих проблем может стать применение календарного планирования в системе МТО. Календарное планирование позволяет упорядочить потоки ресурсов, учесть все необходимые факторы, оптимизировать логистику и свести к минимуму риски задержек [1].

При разработке календарного плана для МТО необходимо учитывать ряд факторов:

- Специфика проекта: Тип объекта, его масштаб, технология строительства, географическое положение.
- Сроки строительства: Необходимо увязать график поставки материалов с календарным планом строительства.

- Сроки доставки: Учитывая транспортные пути, расстояние до поставщиков и возможные риски задержек, нужно формировать запасы и резервы.

- Качество материалов: Необходимо обеспечить поставки материалов, соответствующих требованиям проекта и стандартам качества.

- Безопасность: Следует учесть правила транспортировки и хранения материалов, обеспечить безопасность на стройплощадке.

Календарное планирование в МТО – это не просто инструмент для оптимизации доставки [2]. Это система, которая позволяет:

- Улучшить координацию: Четкое планирование создает единую систему для всех участников процесса МТО, снижая риски дублирования и ошибок.

- Сократить издержки: Оптимизация логистики, контроль над запасами, планирование поставок позволяют сократить расходы на хранение, транспортировку и закупку.

- Свести к минимуму риски: Предварительный анализ рисков, связанных с поставками, и разработка планов по их минимизации, позволяет избежать задержек и простоев на стройплощадке.

- Повысить прозрачность: Четкий план МТО делает прозрачным весь процесс закупок, доставки и хранения материалов, что повышает уровень доверия между участниками проекта.

Применение календарного планирования в МТО – это не просто тренд, это необходимость. В условиях постоянного развития технологий и усложнения строительных проектов, только систематизированный подход к организации МТО позволит добиться успеха и реализовать проект в срок и с высоким качеством [3].

Для организации МТО на строительных объектах могут применяться различные методы календарного планирования, такие как:

- ▶ CPM (Critical Path Method) – метод критического пути.

- ▶ PERT (Program Evaluation and Review Technique) – метод оценки и анализа программы.

CPM больше подходит для проектов с четко определенными задачами и известными сроками выполнения.

PERT наиболее эффективен для проектов с высокой степенью неопределенности, например, при материально-техническом обеспечении.



Важно отметить, что оба метода могут быть успешно использованы в комплексе для организации МТО на строительных объектах [4].

Далее рассмотрим пример применения календарного планирования в материально-техническом обеспечении отдаленных объектов. Представим, что мы строим двухэтажный жилой дом.

Сначала происходит разбивка проекта на задачи, затем происходит определение времени выполнения задач [5]. Далее устанавливаются связи между задачами и происходит планирование поставки, например: фундамент, окна и инженерные системы – заказ материалов за 2 недели до начала работ; стены, крыша, внутренняя отделка и фасад – заказ материалов за 1 неделю до начала работ. Таким образом можно создать диаграмму Ганта, отражающую последовательность выполнения задач и их продолжительность (рис. 2).

Используя метод СРМ, определяем критический путь, который составляет 69 дней для строительных работ, включая сроки поставок срок строительства составляет 83 дня.

Далее необходимо отслеживание выполнения графика поставок, в случае задержек план требует корректировки.

Данный пример демонстрирует, как календарное планирование может быть использовано для эффективной организации МТО на строительных объектах. Применение различных методов и инструментов планирования позволяет оптимизировать процессы, минимизировать риски и повысить эффективность всего проекта [6]. Календарный график позволяет отслеживать срывы сроков поставок из-за логистики и оптимизировать сроки выполнения работ и поставок материалов.

Применение календарного планирования в материально-техническом обеспечении позволяет оптимизировать процессы закупки, доставки и хранения материалов. Своевременная поставка материалов позволяет избежать простоев и сократить сроки строительства. Календарный план обеспечивает четкое распределение задач и ответственности, улучшая координацию между всеми участниками.

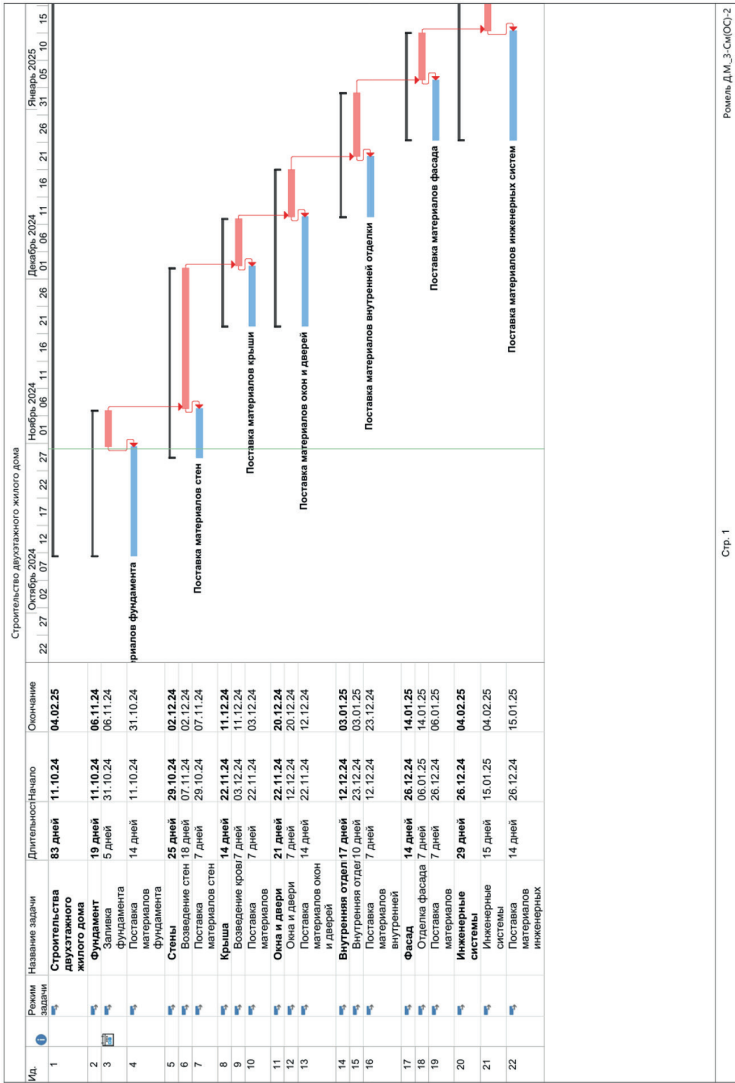


Рис. 2. Календарный график строительства и поставок

## Литература

1. *Бовтеев С. В.* / Методы и формы организации строительного производства : учебное пособие / С. В. Бовтеев ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2022. – 221 с.
2. О принципах и подходах цифровой логистики в сфере транспортных услуг государств – членов Евразийского экономического союза // ЕЭК : сайт / ЕЭК – URL: AD-O-printsipakh-i-podkhodakh-tsifrovoy-logistiki-v-sfere-transportnykh-uslug-gosudarstv-\_chlenov-EAES.pdf (eaeunion.org) (Дата обращения: 31.10.2024).
3. Обеспечение ресурсами территориально удаленных объектов организации // СПБГУ : сайт / СПБГУ – URL: Обеспечение ресурсами территориально удаленных объектов организации > Научные исследования в СПБГУ (spbu.ru) (Дата обращения: 31.10.2024).
4. Цифровизация логистики: планы и перспективы // клерк : сайт / клерк – URL: Цифровизация логистики: планы и перспективы (klerk.ru) (Дата обращения: 31.10.2024).
5. Цифровизация логистических процессов российских предприятий на основе внедрения технологии RFID // economy.spbstu : сайт / economy.spbstu – URL: 03\_Pina,-Kirina.pdf (spbstu.ru) (Дата обращения: 31.10.2024).
6. *Попова О. А.* Анализ методов контроля сроков строительства объектов жилой недвижимости на основе современных цифровых технологий / О. А. Попова // Сборник статей магистрантов и аспирантов строительного факультета. В 2-х т. Т. 2 / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2024. С. 64.

УДК 693

*Анастасия Николаевна Сутормина,*  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: nastay-nastay-2013@mail.ru*

*Anastasiya Nikolaevna Sutormina,*  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: nastay-nastay-2013@mail.ru*

## **ОЦЕНКА АКТУАЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

### **ASSESSMENT OF THE RELEVANCE OF APPLICATION OF USING A MODERN REGULATORY FRAMEWORK FOR VISUALIZING THE CONSTRUCTION PROCESS**

В данной статье будет рассмотрен тренд улучшения календарного планирование на примере существующего нормативного документа стандарта Росатома СРО-С 60542960 00042-2015. Обосновывается актуальность применения 3D- и 4D- моделей для гражданского строительства. Вследствие приводятся различные способы применения информационной модели объекта на разных этапах его жизненного цикла и уровень детализации разнообразных видов классификации 3D-моделей, применяемых в информационной концепции строительства.

*Ключевые слова:* стандарты «Росатома», планирование с использованием календарного графика, процессы строительства, стратегии планирования, календарно-сетевой график.

This article will discuss the trend for improving scheduling using the example of the existing regulatory document of the Rosatom standard SRO-S 60542960 00042-2015. The relevance of using 3D and 4D models for civil engineering is substantiated. As a result, various ways of using information model of an object at different stages of its life cycle and the level of detail of various types of classification of 3D models used in the information concept of construction are given.

*Keywords:* "Rosatom" standards, planning using a calendar schedule, construction processes, planning strategies, calendar and network schedule.

Строительная сфера является одной из ключевых отраслей экономики России, где эффективное планирование по календарному графику играет важную роль в успешной реализации строительных проектов. Оптимизация процессов календарного планирования становится существенным фактором, способствующим повышению эффективности деятельности компаний в современных условиях.

Планирование деятельности российских компаний и учреждений требует учета ряда специфических условий, с которыми они сталкиваются. Предприятия осознают важность применения современных технологий в проектировании и строительстве. В настоящее время имеется возможность использовать инновационные методы для улучшения процессов создания объектов и повышения эффективности работы. Организации адаптируются к изменениям времени и новым технологиям.

В России существует современная система нормативно-правовых актов. Игнорировать популярность компьютерных технологий и предпочитать людям использовать традиционные бумажные календари становится все сложнее. Но в настоящее время часто программное обеспечение не может полностью соответствовать этим предпочтениям, соответствовать установленным требованиям [1].

Например, в СП 48.13330.2019 не содержится указаний о представлении информации о ресурсах, необходимых для осуществления работ. Возможно, это объясняется отсутствием соответствующих разделов в документе. В документе в определении термина «график движения трудовых ресурсов» описывается один из видов ресурсных графиков, который позволяет моделировать распределение трудовых ресурсов во времени между различными работами и объектами с целью оптимизации использования установленными методиками. К сожалению, в пункте 3 «Термины и определения» СП 48 не содержится определений графика движения основных строительных машин по объекту и графика поступления строительных конструкций, изделий, материалов и оборудования, хотя такие графики упоминаются в основной части СП [2].

На данный момент стандарты, установленные организацией Нострой в сфере строительства, не охватывают область специализированного программного обеспечения и информационного моделирования, которые способны повысить качество современных продуктов.

В нашей стране активно развивается атомная отрасль, которая является лидером в этой области. В 2015 году строительный проект, осуществляемый совместно с компанией «Росатом», был обновлен в соответствии с современными требованиями к графикам

выполнения работ, с целью соблюдения сроков строительства. 3D- и 4D-моделям в СТО СРО-С 60542960 00042 -2015, которые имеют значение для клиентов, топ-менеджмента, менеджеров по различным направлениям, специалистов и сотрудников на производстве.

В этом документе представлены условия для системы управления проектами, ориентированной на визуализацию строительного процесса и информационное моделирование объекта.

Применение визуализации в анализе и контроле производственных процессов направлено на улучшение управления проектами, что в конечном итоге способствует увеличению их качества, эффективности, результативности и надежности [3]. Соединяет улучшение общения и взаимопонимания внутри команды, что способствует повышению качества принимаемых решений благодаря их более ясной и обоснованной формулировке., предоставление более подробной и наглядной информации позволяет сократить расходы времени и ресурсов, что способствует принятию решений на уровне управления и организации технологических процессов.

Там более точное и наглядное представление всего процесса строительства, что позволяет улучшить планирование, контроль и взаимодействие между участниками проекта. Дает понимание процесса выполнения задач всеми участниками проекта и способствует его улучшению. Помогает им лучше понимать друг друга и эффективно решать возникающие проблемы. Позволяет эффективно принимать обоснованные решения о способах выполнения задач [4].

Визуализация может быть полезным инструментом для анализа данных, обучения, коммуникации и презентации информации. Разнообразные аспекты анализа объектов и процессов строительства, включая технические и технологические аспекты, экспертную оценку принятых решений, проверку осуществимости процессов и сопоставление фактического выполнения проекта с запланированным. Позволяет представить состояние объекта в любой момент времени, делиться информацией о принятых или осуществленных решениях с заинтересованными сторонами, проводить обучение сотрудников, улучшать производственную культуру и качество продукции и т. д.

Использование визуализации способствует анализу процесса выполнения работ и выбору оптимальной строительной схемы, что в итоге приводит к уменьшению сроков выполнения проекта, сокращению проектных и технологических рисков, и, как результат, снижению общей стоимости проекта. Кроме того, визуализация позволяет автоматически проверить график на предмет возможных коллизий перед началом работ, что помогает избежать простоев и дополнительных затрат на строительном объекте [5].

Связь между календарным графиком и сетевой диаграммой обеспечивает создание 3D-модели, помогает развивать и совершенствовать процесс автоматизации управления поставками материально-технических ресурсов на строительных объектах. Отчеты о выполнении планов и прогрессе строительных работ позволяют улучшить эффективность и точность планирования поставок. С помощью визуализации можно быстро определить готовность к монтажу технологических систем с учетом строительной подготовки и доступных ресурсов. Этот метод позволяет эффективно оценить различные варианты монтажа систем, показывая процесс и проверяя каждый вариант на возможные проблемы.

С помощью визуализации ожидается оптимизация процессов и управление ресурсами в строительной отрасли. Рассматривается возможность оперативного контроля за выполнением заданий и своевременным реагированием на возможные задержки или проблемы. Развивается возможность визуального мониторинга реального хода работ в сравнении с запланированным графиком ежедневно. Контроль актуального состояния установленных элементов может быть осуществлен с помощью информационной модели объекта [6].

Визуализация позволяет наглядно представить информацию о процессе строительства и инвестиций, что помогает лучше понимать текущее состояние проекта и принимать обоснованные решения. В результате использования визуализации увеличивается эффективность управления проектом и улучшается его результативность. строительством объектов как промышленного, так и гражданского назначения связанных с ежедневным выявлением проблем, устранением потерь, оперативным решением задач, а также работой по разработке и внедрению улучшений и оптими-

зации технологических процессов, включая стандартизированный подход к планированию на неделю и сутки [7].

Главные задачи, которые ставятся перед созданием информационной модели объекта, включают в себя:

- поддержку процесса принятия решений в рамках проектов;
- возможность участия всех участников проекта в выполнении поставленных задач;
- визуализацию проектных решений;
- верификацию проектных решений;
- предоставление информационной поддержки в процессе планирования и согласования проектов;
- улучшение процесса создания, использования и разборки объекта;
- оптимизация выполнения строительных работ;
- улучшение условий безопасности труда на объектах строительства;
- совершенствование способа представления данных проекта и их передачи для управления объектом во время его использования с целью повышения качества информации.
- выявление проблем, которые могут повлиять на производственный процесс, и немедленное реагирование для их решения.

По данному стандарту информационная модель строительства включает в себя:

- 3D-модель, демонстрирующая разделение структурных компонентов объектов в соответствии с установленными организационно-технологическими решениями;
- объекты, размещенные в пространстве в соответствии с оригинальными и техническими концепциями проекта;
- изменения расположения объектов со временем;
- система календарно-сетевого планирования предоставляет возможность обновления и однонаправленной передачи информации о структуре декомпозиции работ, их составе, а также датах начала и завершения) [8];
- задания, связанные с соответствующими объемными моделями.
- возможность показа и выгрузки атрибутивной информации об элементах модели;



**Различные способы применения информационной модели объекта  
на разных этапах его жизненного цикла**

Планирование	Проектирование	Строительство	Эксплуатация	Выход из эксплуатации
Информационное сопровождение	<p>Изыскания</p> <p>Разработка проектно-сметной документации</p> <p>Разработка рабочей документации</p> <p>Инженерный анализ</p> <p>Верификация пространственных решений</p> <p>Организация строительства</p> <p>Планирование использования площади</p>	<p>Разработка строительных решений</p> <p>Авторский надзор</p> <p>Управление потоком поставок</p>		
Стоимостная оценка				
Планирование и контроль				
Анализ строительной площадки				
Оценка воздействия на окружающую среду				
Технико-экономическое обоснование				

			Верификация ОТР	
	Мониторинг			
	Планирование работ по обслуживанию и ремонту			
	Анализ систем здания			
	Оценка состояния			
	Планирование аварийного реагирования			
	Реконструкция переснащения			
	Подготовка к выводу из эксплуатации			
				Организация демонтажа

- прохождение проверки на отсутствие пересечений в пространстве и времени;
- пользователю предоставляется возможность проверять и улучшать организационно-технологические решения.
- использование данных из информационной модели объекта в процессе проектирования;
- передача данных, полученных в процессе строительства, в информационную модель объекта для дальнейшего использования в эксплуатации.

Табл. 1 (см. выше) отображает разнообразные способы применения информационной модели объекта на всех этапах его жизненного цикла.

Уровень подробности различных категорий 3D-моделей, используемых информационной модели строительства представлен в таблице 2 (см. ниже).

## **Выводы**

Визуализация строительных проектов пока не является широко распространенным в России. Важно развивать и улучшать нормативные документы, чтобы обеспечить соответствие современным технологиям и повысить эффективность строительных процессов. 3D и 4D-моделирование - ключевой инструмент для увеличения производительности, пока остается ограниченным.

Отсутствие установленных нормативов и широко применяемых методов в данной области замедляет прогресс развития 4D-моделирования, несмотря на его эффективное использование в управлении сложными строительными проектами. Пример работы компании СоюзАтомСтрой демонстрирует необходимость внедрения современных технологий и методов в гражданском строительстве для достижения лучших результатов и оптимизации процессов.

Таблица 2

**Уровень детализации разнообразных видов классификации 3D-моделей, применяемых в информационной концепции строительства**

Разделы 3D модели	ИМС Используемая при проектировании	Информационная модель строительства используемая на стадии строительно-монтажных работ			
		Земляные работы	Строительно-монтажные работы	Грузоподъемные работы	Особо сложные строительные работы
Архитектурная 3D-модель	Низкая детализация	Низкая детализация	Низкая детализация	Низкая детализация	Локально высокая детализация
Конструктивная 3D-модель	3D-модель не требуется	3D-модель не требуется	Высокая детализация	Низкая детализация	Локально высокая детализация
3D-модель инженерного оборудования	Низкая детализация	3D-модель не требуется	Высокая детализация	Низкая детализация	Локально высокая детализация
3D-модель строительной площадки	Низкая детализация	Средняя детализация	Низкая детализация	Низкая детализация	Локально высокая детализация
3D-модель строительной техники и приспособлений	Низкая детализация	Низкая детализация	Средняя детализация	Средняя детализация	Локально высокая детализация

## Литература

1. *Бовтеев С. В.* График выполнения работ в строительной отрасли, основанный на календаре. // ППР48 : сайт / ППР48 – URL: Календарный график производства работ в строительстве (ppr48.ru).
2. Сергей Болотин и Мария Котовская провели сравнительный анализ нормативных документов по трудовым затратам в строительстве в Европе и России с учетом календарного планирования. ELibrary .ru : сайт / ELibrary .ru – URL – Анализ европейской и российской нормативных баз трудовых затрат применительно к календарному планированию строительства (elibrary.ru).
3. *Бовтеев С. В.* Возможности применения метода оценки и анализа программ для контроля сроков строительного проекта / С. В. Бовтеев, А. В. Мишакова // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – № 4(81). – С. 115–121.
4. *Бовтеев С. В.* Определение параметров поточной организации работ с использованием метода критического пути / С. В. Бовтеев // Журнал гражданских инженеров. – 2018. – Выпуск 3 (68). – Стр. 90–97.
5. *Бовтеев С. В.* 4D моделирование в строительстве // ППР48 : сайт / ППР48 – URL: <https://ppr48.ru/blog/4d-modelirovanie-stroitelstvo/>
6. *Бовтеев С. В.* Календарно-сетевое планирование строительства на основе 4D-моделей / С. В. Бовтеев, С. В. Колесников, П. А. Шерстобитова // Управление проектами и программами. – 2020. – № 4. – С. 276–284.
7. Применение 4D-моделирования в планировании и управлении строительством сооружений и их комплексов, автор Бовтеев С. В. // Журнал «Системные технологии». № 4(49). 2023. – Стр. 61–69.
8. *Попова О. А.* Анализ методов контроля сроков строительства объектов жилой недвижимости на основе современных цифровых технологий / О. А. Попова // Сборник статей магистрантов и аспирантов строительного факультета. В 2-х т. Т. 2 / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2024. С. 64.

УДК 627.3

*Станислав Николаевич Тарасов,*  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: slava\_tarasov\_1994@mail.ru*

*Stanislav Nikolaevich Tarasov,*  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: slava\_tarasov\_1994@mail.ru*

## ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПАЛЬМА ДЖУМЕЙРА

### CONSTRUCTION TECHNOLOGY PALM JUMEIRAH

Статья посвящена особенностям строительства намывных территорий. Рассмотрено строительство искусственного острова на территории эмирата Дубай Объединенных Арабских Эмиратов. История строительства намывных территорий уходит корнями в XVII век, совершенствуясь и развиваясь с каждым поколением. Государства, ограниченные в площади и территории, пригодной для строительства жилых, общественных, производственных промышленных и сельскохозяйственных зданий, производственных, транспортных, водохозяйственных, гидротехнических, складских сооружений, сооружений связи и электропередачи, трубопроводного транспорта, для реализации своих национальных программ и интересов прибегают к крайне сложным техническим решениям, в числе которых и расширение пригодной для строительства территории в акваториях рек, заливов, бухт, лиманов и морей в рамках государственных территориальных вод.

В статье представлено описание фундаментов, использовавшихся для формирования основания намывной территории в условиях нахождения объекта строительства в зоне штормовой опасности. Рассмотрена технология уплотнения фундамента искусственного острова в условиях высокой сейсмической опасности.

*Ключевые слова:* земснаряд, система GPS, спутник, виброуплотнение, канатный экскаватор, буровая установка, гусеничный кран, вибропогружатель, виброзонд, шторм «Шамаль», землетрясение, глубинный цилиндр.

The article is devoted to the specifics of construction of reclaimed territories. The construction of an artificial island in the United Arab Emirates in the Emirate of Dubai is considered. The history of construction of reclaimed territories dates back to the 17th century, improving and developing with each generation.

States limited in the area and territory suitable for the construction of residential, public, industrial and agricultural buildings, industrial, transport, water management, hydraulic engineering, warehouse facilities, communication and power transmission facilities, pipeline transport, in order to implement their national programs and interests resort to extremely complex technical solutions, including the expansion of the territory suitable for construction in the waters of rivers, bays, coves, estuaries and seas within the state territorial waters.

The article presents a description of the foundations used to form the base of the reclaimed territory in conditions of the construction site being located in a storm hazard zone.

The technology of compacting the foundation of an artificial island in conditions of high seismic hazard is considered.

*Keywords:* dredger, GPS system, satellite, vibration compaction, rope excavator, drilling rig, crawler crane, vibratory pile driver, vibration probe, storm «Shamal», earthquake, depth cylinder.

Пальма Джумейра является одним из трех искусственных островов, построенных вдоль берега Дубая (Объединенные Арабские Эмираты).

Целью реализации данного проекта являлось привлечение максимального количества туристов в страну, расширение прибрежной полосы береговой линии и территории пляжной зоны, строительство апартаментов высшего класса, отелей, гостиниц, частных домов, яхт-клубов.

Архитектурный облик и форму строительства острова утверждал лично эмир Дубая Мохаммед ибн Рашид Аль Мактум, ставший идейным вдохновителем и дизайнером Пальмовых островов.

На первоначальной стадии был предложен проект круглого острова с длиной береговой линии 3,77 мили. Данный проект был отклонен эмиром из-за несоответствия замыслу строительства.

Далее архитекторами Дубая был предложен остров в форме солнца, увеличивавший в совокупности прибрежную полосу на 37,77 мили. Данный проект был утвержден с незначительными корректировками; внесли полосу, соединяющую материк с островом, листья обрели формы пальмовых ветвей (рис. 1).

На первостепенной стадии проектирования острова были жестко и конкретно определены сроки строительства проекта и сдачи в эксплуатацию со всеми инженерными сетями и коммуникациями. На строительство острова эмир отвел 5 лет; за этот срок в море должен был быть сооружен искусственный остров со зданиями, отелями и виллами высшего класса.

Дубаи, имея опыт строительства с 1994 г. по 1999 г. на искусственном острове отеля Бурдж-Аль-Араб высотой 321 метр приступили к работе.



Рис. 1. Пальма Джумейра

Заказчиком данного проекта выступила компания «Nakheel», базирующаяся в Дубае и входящая в состав «Dubai Holding».

Для основных видов работ была привлечена голландская компания «Royal Van Oord», специализирующаяся на морских контрактах, занимающаяся дноуглубительными работами, мелиорацией земель и строительством искусственных островов.

Перед началом намывных, дноуглубительных и мелиорационных работ компания «Royal Van Oord» организовала масштабные исследования берегов Дубая, влияния гидрометеорологических условий на строительство острова, были смоделированы характер и масштабы последствий в случае внезапного усиления ветра, формирования волн высотой до 3 м, изменения направления течений. Исследовали условия и сезоны формирования в Персидском



заливе и на территории Арабских Эмиратов особо опасной бури «Шамаль».

В процессе проведения исследований голландскими инженерами были предложены корректировки путем внесения в проект волнолома для защиты от набегających волн, внезапного усиления ветра и, представляющей особую опасность, бури «Шамаль».

Также были проведены испытания на сопротивление течению и волнам основного материала, выбранного в качестве фундамента всего острова – песка. После серии опытно-эксплуатационных испытаний макета острова инженера пришли к выводу, что пустынный песок для фундамента не годится, так как он легко подвергался смыванию и растворению ввиду очень маленьких крупиц. Остановились на морском песке, имеющем более крупную фракцию.

Инженерам пришлось применить морскую изобретательность, чтобы найти разумное и надежное решение. На этапе строительства этих проектов были приняты экологические меры путем установки илового экрана и нескольких буев для проведения измерений мутности. Метод работы был разработан таким изощренным образом, что воздействие на окружающую среду и общественные зоны было сведено к минимуму.

ОАЭ находятся в зоне повышенной сейсмической опасности, так как государство находится на берегу Персидского залива, практически на границе Аравийской плиты, граничащей с северо-востока с Евроазиатской плитой, с запада Африканской и с востока Индостанской литосферными плитами.

Ввиду повышенной сейсмической опасности к острову были повышенные требования по стойкости к землетрясениям и сопротивлению подземным толчкам как кратковременным, так и затяжным. Данное требование возложило дополнительные сложности к инженерам-строителям.

Проект условно был разделен на 2 фазы:

Фаза 1 – формирование фундамента и основания;

Фаза 2 – строительство инфраструктуры, прокладка газовых труб, электрических кабелей, возведение зданий и сооружений.

Фаза 1 была разделена на 5 этапов:

Этап 1 – формирование участка волнолома превышающей уровень моря на 3–4 метра, для перехода намывных работ с подводной части на надводную;

Этап 2 – параллельное начало намывных работ и формирования очертаний подводной части острова;

Этап 3 – строительство 6,2 миль волнолома с высотой 3 метра над уровнем моря;

Этап 4 – формирование надводной части острова;

Этап 5 – виброуплотнение основания для последующей передачи под строительство зданий и сооружений.

Сроки строительства каждого этапа были жестко определены и не подвергались никаким корректировкам и сдвигам. Так на строительство острова и волнолома было отведено 2,5 года, 2 года на строительство островного города. В 2006 г. проект должен был быть реализован на 100 % и передан девелоперу «Nakheel», которая в свою очередь контролировалась со стороны президента и шейха.

Реализация грандиозного проекта началась в августе 2001 г. На начало работ были привлечены 10000 рабочих, 9 барж, 15 буксиров, 4 земснаряда (+3 в 2002 г.), суда технического флота, предназначенные для производства дноуглубительных работ и добычи нерудных строительных материалов, 30 тяжелых грузовых машин, 10 плавучих кранов.

Первоначальной задачей являлся подъем морского дна для формирования начального участка волнолома.

Был произведен намыв дна толщиной 7,4 м морского песка, доставляемого земснарядами с прицепным всасывающим бункером «Volvox Atalanta», земснарядами с прицепным бункером «Vox Alexia» со специальной выделенной зоны на расстоянии 6–7 морских миль от берега Дубая (рис. 2).

В январе 2002 г. после готовности 4,56 % (525 м) волнолома параллельно с 1 группой строителей, формирующей волнолом, были начаты работы 2 группы, ответственной за подготовку подводного основания острова.

После намыва песка под первоначальный участок волнолома был произведен насыпь камней до 3 м выше уровня моря. Для защиты от бушующих штормов и волн сооружение защитили

внешней каменной броней весом 1 камня около 6 т, доставляемых с Хаджарских гор. Расстояние транспортировки валунов 90–100 км. Было развернуто 16 каменоломен по всему периметру Хаджарских гор ОАЭ.



Рис. 2. Земснаряд с прицепным всасывающим бункером Volvovo Atalanta

Для соблюдения проектного положения и направления волнолома, строители использовали компьютерное моделирование и компьютерную диагностику. Камни-валуны укладывали согласно компьютерным данным.

Для контроля хода строительства, съема параметров и фиксации отклонений формируемого сооружения было организовано ежедневное водолазное обследование и наблюдение.

В апреле 2002 г. начат подъем острова над водой после строительства участка волнолома выше 3 м над уровнем моря. В августе 2003 г. строительство волнолома было завершено.

Для соблюдения точных параметров и очертаний острова при намыве песка и волнолома Дубай использовали коммерческий спут-

ник «IKONOS», предназначенный для наблюдения Земли. Данный спутник собирал общедоступные изображения высокого разрешения с разрешением 1 и 4 метра, мультиспектральные (MS) и панхроматические изображения (PAN) (рис. 3).



Рис. 3. Коммерческий спутник IKONOS

Была развернута масштабная кампания по координации и консолидации видов и объемов работ групп строителей. Специальная группа, задачей которой являлось точное соблюдение форм и очертаний пальмы, была оснащена спутниковой навигационной системой, суда технического флота, производившие намыв, также были оборудованы СНС. Ежедневно группа из 15 человек, оснащенная оборудованием глобального позиционирования GPS, обходила заданный периметр острова для формирования координатной сетки застраиваемого острова, данные сливались в единую информационную систему с последующей выдачей на суда – земснаряды общей формируемой картины острова.

В апреле 2003 г. при завершении намывных работ, обнаружен застой воды в острове. Данное упущение явилось следствием срывов полноценных исследований течений, приливов и отливов в Персидском заливе, вызванное отставанием от графиков строительства после бури Шамаль в ноябре 2002 г. на 3 недели и землетрясением в Баме, произошедшем 26 декабря 2003 года в 05:26 часов по тегеранскому времени (01:56 – по всемирному) в городе Бам, расположенном в провинции Керман, на юго-востоке Ирана. По шкале Рихтера магнитуда землетрясения составляла 6,6, а максимальная интенсивность по шкале Меркалли – IX (9) баллов.

В октябре 2003 г. окончили возведение острова слоем песка 12 м. Для формирования фундамента было использовано 110 млн м<sup>3</sup> морского песка, 7 млн тонн камней с Хаджарских гор. После подготовки фундамента, в октябре 2003 г. начата фаза 5, уплотнение основания.

Для уплотнения рыхлых грунтов, применили вибропогружатель, установленный на трубчатую штангу. В качестве базовой машины в этом случае использовали гусеничный кран, канатный экскаватор или буровую установку. Штангу с вибропогружателем закрепляли на мачте буровой установки или подвешивали на стреле крана. Вибропогружатель уплотнял рыхлый грунт, формируя «глубинный цилиндр». Для данных работ были привлечены 15 кранов-экскаваторов, 15 виброзондов (рис. 4). По всему периметру острова было пробурено более 200 000 скважин.

В марте 2004 г. уплотнение основания завершено и остров был передан 3 группе строителей под возведение зданий и строительство инфраструктуры.

В марте 2004 г. начато строительства инфраструктуры, прокладки газовых труб, электрических кабелей, возведение зданий. В строительстве острова ежедневно принимали участие 40 000 рабочих и 5000 транспортных средств.

Запущенное в 2001 году в соответствии с видением Его Высочества шейха Мохаммеда бен Рашида Аль Мактума, вице-президента и премьер-министра Объединенных Арабских Эмиратов и правителя Дубая, отмеченное наградами направление, было более амбициозным, чем все, что предпринималось ранее в любой

точке мира. Опираясь на непоколебимую веру в экстраординарное, компания «Nakheel» превратила то, что когда-то считалось невозможным, в реальность. Сегодня Пальма Джумейра является свидетельством дальновидного генерального городского планирования.

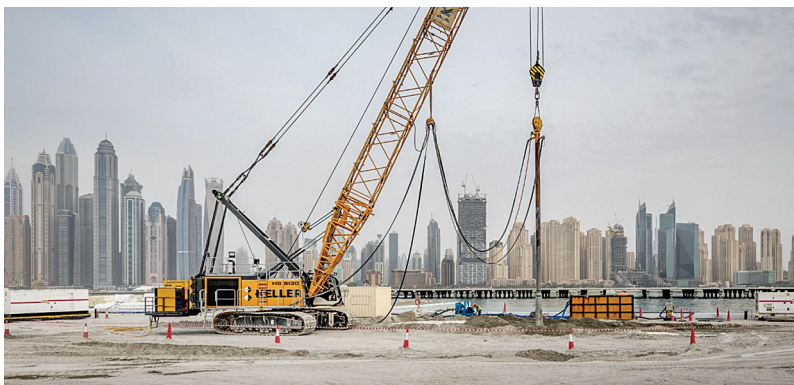


Рис. 4. Виброуплотнение грунта

## Литература

1. Пуневский С. А. Инженерно-геологическое обеспечение размещения отвалных насыпей на слабых естественных и намывных основаниях : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 25.00.16 / Пуневский Сергей Александрович. – М., 2007.
2. Абубакирова Н. Н. Эффективность проектов развития намывных территорий (на примере Санкт-Петербурга) / Научный руководитель: профессор, заведующий кафедрой землеустройства и кадастров СПбГУ, д-р экон. наук Максимов С. Н., рецензент: руководитель департамента исследований Nikoliers Базаева А. А. / Выпускная квалификационная работа / Санкт-Петербург : СПбГУ, 2023. – 98 с.
3. Виброуплотнение грунта. Уплотнение грунта вибропогружателем. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.liebherr.com/ru-ru/фундаментостроение/методы/улучшение-свойств-грунта/виброуплотнение-4472063> (дата обращения: 14.10.2024).
4. Землетрясение в Баме. [Электронный ресурс] – URL: [https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usp000cg2d/executive#general\\_summary](https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usp000cg2d/executive#general_summary) (дата обращения: 14.10.2024).
5. Преображение Дубая – впечатляющее портфолио искусственных островов. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.vanoord.com/en/projects/transformation-dubai/> (дата обращения: 15.10.2024).

6. *Пальма Джумейра*. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.nakheel.com/en/developments/nakheel-collections/palmjumeirah>(дата обращения: 15.10.2024).

7. *Липский И. В.* Разработка гидромеханизированных природоохранных технологий для горнотехнической и строительной практики : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.15.03 / Липский Игорь Викторович. – М., 2000.

УДК 69.055

*Олег Олегович Титюк,*  
магистрант

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: otityuk@yandex.ru*

*Oleg Olegovich Tityuk,*

Master's degree student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: otityuk@yandex.ru*

## **АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

### **ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF THE PROGRAM FOR THE RENOVATION OF BUILT-UP AREAS**

В представленном тексте научной статьи изучается программа развития застроенных территорий: ход программы, основные проблемы и факторы, которые влияют на успешное планирование, организацию и реализацию проекта реновации жилой застройки, а также изучаются принятые законы, посвященные проектам реновации и развития застроенных территорий. В ходе исследования была проанализирована информация из открытых источников, изучена научная литература, посвященная разработке проектов реновации, а также проанализирована нынешняя ситуация в сфере реновации жилья в России. По итогам исследования удалось ознакомиться с нынешней ситуацией в сфере развития застроенных территорий в России, определить факторы, влияющие на реализацию проекта реновации на разных его этапах. Проведенное исследование послужит фундаментом для дальнейших исследований в данном направлении, что позволит найти решения выявленных в ходе исследования проблем.

*Ключевые слова:* реновация, застроенные территории, строительная площадка, организация строительства, BIM-технологии.

The program for the development of built-up areas is studied in this scientific article. The course of the program, the main problems and factors that affect the successful planning, organization and implementation of renovation project, as well as the adopted laws on projects for the renovation and development of built-up areas are studied. All of the information has been taken from open sources (such as scientific literature), also the current situation in the field of development of built-up areas in Russia has been analyzed. Factors that are influencing the implementation of the renovation project at its various stages have been determined. The conducted research will serve as a foundation for further research in this direction, which will allow us to find solutions to the problems identified during the study.

*Keywords:* renovation, built-up areas, construction site, organization of construction, BIM technologies.



Старые жилые дома постепенно приходят в негодность из-за истечения срока их эксплуатации. Здания, которые могут прослужить еще несколько десятилетий, не соответствуют современным стандартам комфорта и удобства, а также устаревшим строительным нормам. Капитальный ремонт хоть и может продлить срок службы жилых домов, все равно рано или поздно ресурс здания будет исчерпан, и, к тому же, в него не удастся внести такие изменения, чтобы объект стал соответствовать запросам современного потребителя. Таким образом, эти объекты должны быть включены в программу реновации, предполагающую замену старых домов на новые, надежные и соответствующие актуальным требованиям потребителей и строительным нормативам.

*Реновация жилищного фонда* – это частичный или полный снос жилищного фонда (здания) с последующей подготовкой территории (участка) для нового строительства на высвобождаемой территории.

Жилые дома, построенные в период с 1957 по 1970 год, имеют средний срок службы 50 лет без возможности капитального ремонта. Большинство этих домов уже почти исчерпало свой ресурс или станет непригодным для проживания в ближайшее время. На рисунке 1 приведена динамика изменения общей площади жилых помещений в аварийных многоквартирных домах. Из этой диаграммы видно, что в период с 2015 по 2023 количество аварийных домов выросло по всей стране. На рисунке 2 представлена статистика целиком по стране.

Санкт-Петербург стал рекордсменом по росту аварийного жилья в России за 2023 год. Количество аварийного жилья увеличилось с 1,2 до 46,4 тыс. м<sup>2</sup> [1].

Актуальность исследования программы развития застроенных территорий и выявление проблем и факторов, влияющих на успешность реализации проектов, обусловлены необходимостью повышения эффективности и качества проектов реновации, а также учета различных аспектов, таких как экономические, социальные и экологические факторы, при планировании и реализации данных проектов. Разработка рекомендаций по учету этих факторов позволит повысить качество проектов, сократить затраты и время

на их реализацию, улучшить качество жизни населения и сохранить окружающую среду.

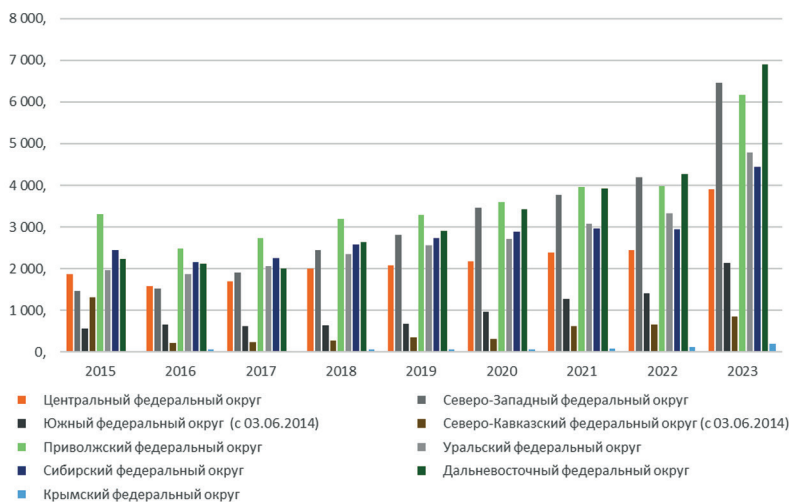


Рис. 1. Общая площадь жилых помещений в аварийных домах по федеральным округам

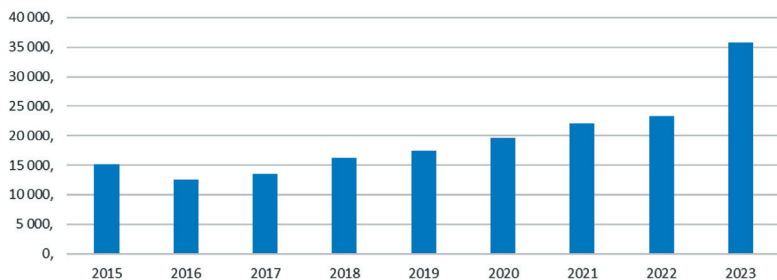


Рис. 2. Общая площадь жилых помещений в аварийных домах по стране

Жилые дома признаются аварийными при физическом износе более 75%. Из-за хронического невыполнения планово-предупредительных ремонтов фактический износ зданий может начать превышать нормативный раньше, чем заявленный срок эксплуатации. Это приводит к высоким расходам на содержание дома,

затратам на текущий и аварийный ремонт, низкой энергоэффективности ограждающих конструкций и значительному износу инженерных систем. Для обновления жилищного фонда необходимы комплексные мероприятия по реновации.

16 апреля 2008 года был принят закон Санкт-Петербурга № 238-39 об адресной программе Санкт-Петербурга «Развитие застроенных территорий в Санкт-Петербурге», вступивший в силу 6 мая того же года [2]. Аналогичная программа стартовала и в Москве в 2017 году. Согласно адресной программе, должна была быть подготовлена строительная документация (помимо этого документация о результатах обследования застроенных территорий), «необходимой для принятия Правительством Санкт-Петербурга решений о развитии указанных в адресной программе застроенных территорий». В программу включались дома [4]:

- признанные аварийными и подлежащие реконструкции; несоответствующие требованиям градостроительных регламентов;
- несоответствие вида разрешенного использования и(или) предельных параметров зданий, строений, сооружений, за исключением объектов (выявленных объектов) культурного наследия, градостроительным регламентам, иной действующей градостроительной документации Санкт-Петербурга

- дома, принадлежащие проектам типовой застройке 1958–1970 годов;

- дома с высокой степенью износа (более 70 %);

- здания до 3 этажей включительно, возведенные до 1966 года.

В Москве план разработан на 15 лет, до 2032 года. В Петербурге проект был заморожен 22 ноября 2023 года, предварительно до 2024 года (проект был возобновлен) [5].

Взамен старых квартир участникам программы переселения бесплатно предоставляют равнозначное жилье, которое должно соответствовать следующим требованиям [3]:

- расположение в том же районе, где находится расселяемый дом;
- наличие улучшенной отделки, которая не требует проведения дополнительных ремонтных работ;

- жилая площадь и количество комнат должны быть не меньше, чем в освобождаемой квартире;

- новые дома строятся с учетом потребностей маломобильных жителей и семей с детьми.

На данный момент список подлежащих реновации домов в Москве выглядит следующим образом (см. таблицу и рис. 3) [5]:

**График реновации по административным округам Москвы**

Административный округ	Количество адресов
Центральный	109
Северный	514
Северо-Восточный	499
Восточный	1062
Юго-Восточный	818
Южный	378
Юго-Западный	520
Западный	559
Северо-Западный	431
Зеленоградский	34
ТиНАО	251
Троицкий	124
Новомосковский	127

План реновации (переселения, расселения, сноса домов) представляет собой документ, который определяет этапы и их временные промежутки и последовательность переселения жителей Москвы из попавших в программу жилых домов в новые жилые комплексы. На данный момент в программе участвуют 5175 домов, подлежащих реновации, помимо этого указаны три этапа реализации: 2020-2024, 2025-2028 и 2029-2032 [7]. Этот документ разработан в сотрудничестве с учреждениями Правительства Москвы, включая

Департамент градостроительной политики, Департамент городского имущества и Департамент строительства. Информация о плане реновации доступна в Приказе №45/182/ПР-335/20 от 12.08.2020 года, опубликованном на официальном сайте Правительства Москвы.

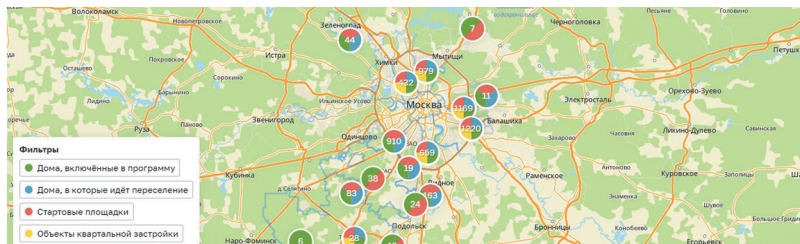


Рис. 3. Карта программы реновации в Москве

Реновация проходит следующим образом [8]:

1. Получение уведомления. Участник программы получает письмо с описанием основных характеристик жилья, которое он получит взамен старого: адрес, площадь, количество комнат и другие.
2. Осмотр новой квартиры.
3. Оформление соглашения на переселение.
4. Регистрация права собственности.
5. Заселение.

С момента старта программы в Москве были достигнуты результаты, представленные на рис. 4.

В 2024 году планируется ввести более 1,5 миллиона квадратных метров нового жилья и начать переселение более 50 тысяч жителей. На пике программы, через 3–4 года, планируется переселять около 80 тысяч человек в год. Для удобства новоселов работают центры информирования по переселению, где можно проконсультироваться по всем вопросам и получить помощь в переезде [9].

Карта кварталов реновации в Санкт-Петербурге представлен на рис. 5.



Рис. 4. Итоги программы реновации в Москве (на 2023 год)



Рис. 5. Карта кварталов реновации в СПб.

В программу попали дома Красносельского, Красногвардейского, Кировского, Московского, Фрунзенского, Невского, Калининского и Курортного районов. Статистика программы

развития застроенных территорий Санкт-Петербурга выглядит следующим образом (рис. 6) [4].

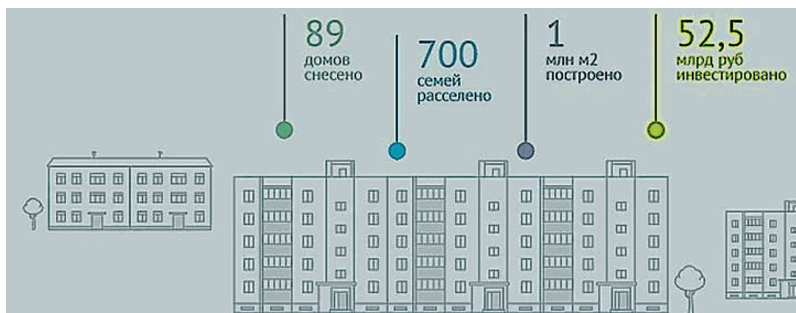


Рис. 6. Статистика программы развития застроенных территорий Санкт-Петербурга

Реновация в Санкт-Петербурге проходит по следующему сценарию (рис. 7):

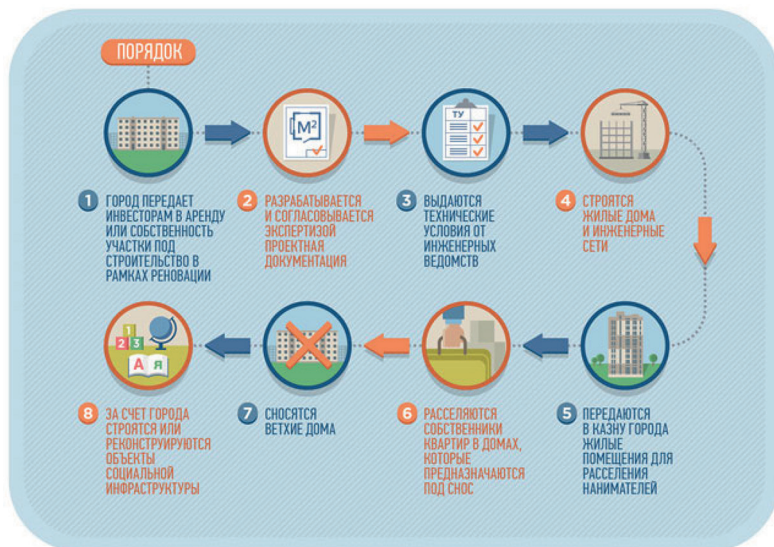


Рис. 7. Порядок развития застроенных территорий в Санкт-Петербурге

Чтобы приступить к непосредственному проектированию домов, необходимо было разработать проекты планировки и межевания всех территорий (ППТ и ПМ). Эти объемные документы определяют зоны для существующих объектов, формируют участки под строительство новых объектов и присваивают им назначения, такие как жилой дом, дорожная сеть, детский сад, школа и т. д. [6].

ППТ и ПМ стали основой для дальнейшего развития кварталов реновации, поскольку в них зафиксированы основные параметры территорий. Проекты планировки и межевания были утверждены постановлениями правительства Санкт-Петербурга в 2011 и 2012 годах. После этого операторы программы смогли начать проектировать первые жилые дома для расселения. Первое разрешение на строительство по программе «СПб Реновация» было получено в декабре 2012 года [10].

Расселение, снос и строительство происходят примерно по следующей схеме: выбирается место, где возводится жилой дом, в который переселяются первые жильцы [11]. Затем попавший под программу дом сносится, на образовавшейся площади возводится новый дом, в который уже можно заселить жильцов из следующего попавшего под программу дома. Затем алгоритм повторяется несколько раз, пока квартал не будет расселен полностью. Этот механизм получил название «волновое расселение» (рис. 8).

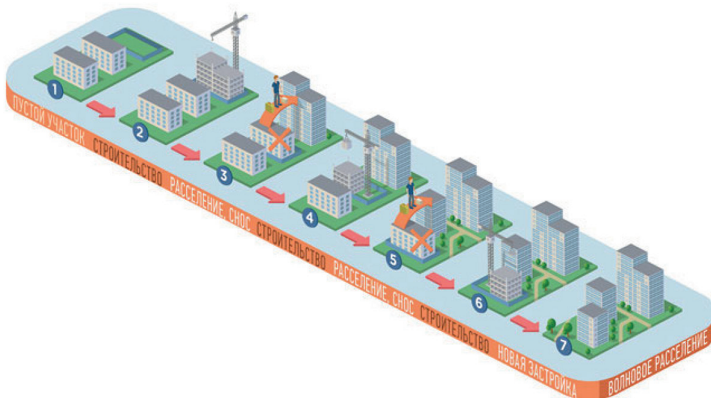


Рис. 8. Волновое расселение



Одним из важных положений программы в Петербурге является тот факт, что правительство города никак не участвует финансово в строительстве новых площадей. Разработка проектной документации, строительные-монтажные работы, расселение жильцов, работы по сносу и демонтажу ложатся на плечи исполнителей программы реновации. Администрация города лишь берет на себя затраты на социальную инфраструктуру района.

Первыми кварталами, где началось расселение, стали Колпино 10 и Сосновая Поляна 7–17. Без проблем обошлось – когда оставались последние семьи в доме, они выдвигали запределенные условия. Например, одна семья в квартале Сосновая Поляна 7–17 просила 1 миллион рублей за каждый квадратный метр своего жилья [4].

Низкие темпы расселения – это главное, за что критикуют программу реновации. Это действительно так: за 10 лет новые квартиры получило порядка 1 500 человек, это лишь малая доля от запланированных показателей. Можно выделить следующие основные причины:

- Синдром последнего жильца. На данный момент невозможно юридически повлиять на собственников жилья. В Москве для борьбы с такими случаями придуман принцип подчинения воли большинства: если 2/3 собственников в доме согласны на реновацию, несогласные должны в принудительном порядке переехать в новое жилье или получить рыночную компенсацию. Похожий принцип в Петербурге отсутствует.

- Отсутствие стартовых пятен в квартале. Где-то свободный участок был отдан под внутриквартальную зону озеленения, где-то из-за снижения максимальной высотности стало невозможным построить достаточное количество квартир для расселения следующей очереди.

- Изменение законодательства. Понижалась максимальная высотность зданий, повышался коэффициент использования территории, росли нормативы по местам в детских садах и школах, расширялись зоны регулируемой застройки. Все это усиливало нагрузки на застройщика, делая строительство и расселение экономически или физически невозможным.

- Низкие темпы строительства городской инфраструктуры.
- Большая финансовая нагрузка на исполнителей.
- Стесненные условия. Снос старых домов происходит в непосредственной близости от домов, в которые были расселены жильцы, или в тех домах, которые в программу не попадают. Работы по сносу сопровождаются шумом, большим количеством пыли и после них остается много строительного мусора, который надо непрерывно вывозить. При планировании строительных работ и работ по демонтажу необходимо учитывать эти факторы, негативно влияющие на окружающую среду.

За время действия программы развития застроенных территорий ее участники на практике столкнулись со всеми изъянами и подводными камнями. Не удивительно, что это рано или поздно должно было вылиться в законодательные инициативы, облегчающие ход реновации.

Закон о всероссийской реновации может ускорить темпы обновления кварталов в городах, которые застроены ветшающими домами массовых серий. Петербург – один из них.

При проектировании могут помочь и облегчить процесс 4D-технологии. Программы для 4D-моделирования в рамках таких масштабных проектов выполняют следующие функции:

- Визуализация процесса строительства во времени и пространстве;
- Размещение механизмов, траектории движения транспорта;
- Повышение эффективности взаимодействия участников строительства;
- Выявление коллизий в модели.

Проектирование в программах для 4D-моделирования сведет к минимуму риски и ошибки при проектировании, а как следствие сроки и затраты так же уменьшатся. Помимо этого, улучшится взаимодействие участников строительства.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что на сегодняшний день программа реновации наиболее успешно показала себя лишь в Москве, где к сегодняшнему дню сформирована довольно объемная и в то же время гибкая нормативно-правовая база, позволяющая проводить программу по развитию застроенных

территорий наиболее эффективно. Для достижения результатов программы в других городах России необходимо в первую очередь дополнить существующее законодательство новыми положениями, касающимися развития застроенных территорий. Подход к финансированию тоже стоит пересмотреть и увеличить вклад администрации города в проект, что снизит нагрузку на исполнителей и повысит привлекательность для инвесторов. Что касается организации строительства и проектирования, здесь необходимо выбрать наиболее оптимальный метод организации работ, а также рекомендуется применять программы для 4D-моделирования, где есть возможность просмотра календарного графика с привязкой к 3D-модели объекта, что позволит минимизировать риски и неточности при проектировании и дальнейшем производстве работ.

### Литература

1. ЕМИСС. Государственная статистика. [Электронный ресурс]. URL: <https://fedstat.ru/indicator/57507> (дата обращения: 20.09.2024).
2. Правовые акты Санкт-Петербурга. [Электронный ресурс]. URL: <https://peterburg-pravo.ru/zakon/2008/05/06/n-238-39/>. (дата обращения: 26.09.2024).
3. Как устроена программа реновации. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mos.ru/otvet-stroitelstvo/kakoy-poryadok-realizacii-programmi-renovacii/> (дата обращения: 23.12.2023).
4. Программа развития застроенных территорий Санкт-Петербурга. [Электронный ресурс]. URL: <https://rzt.spb.ru/> (дата обращения: 02.10.2024).
5. Фонд реновации. [Электронный ресурс]. URL: <https://fr.mos.ru/> (дата обращения: 02.10.2024).
6. *Свиридов И. А., Сборщиков С. Б.* О некоторых особенностях современной организации реновации российских городов / Свиридов И. А., Сборщиков С. Б. // Нормирование и оплата труда в строительстве. – 2019. – № 5. – с. 16–20. EDN: FVFFQM.
7. *Кужин М. Ф., Алхамд А.* Изучение условий организации строительного производства при реновации городских территорий / М. Ф. Кужин, А. Алхамд // Системные технологии. – 2021. – № 2. – С. 31–34. EDN: YBAWMC.
8. *Ильичева Е. Д., Кузьмина Т. К.* Особенности и слабые стороны проекта организации строительства в условиях реновации / Ильичева Е. Д., Кузьмина Т. К. // Инженерный вестник дона. – 2021. – № 5. – С. 597–605. EDN: XWSXXO.
9. *Рыбнов Е. И., Егоров А. Н.* К вопросу организации крупномасштабного строительства по реновации кварталов массовой городской застройки /

Рыбнов Е. И., Егоров А. Н. // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 5. – С. 188–192. EDN: YOAUOV.

10. *Кужин М. Ф., Алхамд А.* Особенности организации работ по сносу и демонтажу зданий в условиях реновации / Кужин М. Ф., Алхамд А. // Технологическое предпринимательство, коммерциализация результатов интеллектуальной деятельности и трансфер технологий: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Пермь, 2021. – Пермь, Пермский национальный исследовательский политехнический университет. – № 2021. – С. 144–148. EDN: AKONFI.

11. *Амрашева А. Т.* Организация вывоза и переработки строительных отходов при сносе зданий и сооружений в рамках программы реновации городских территорий / Амрашева А. Т. // Дни студенческой науки: Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры НИУ МГСУ, Москва, 2021. – Москва, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. – 2021. – С. 1178–1180. EDN: GCIBUR.

УДК 69.059.7

*Юрий Николаевич Казаков,*  
д-р техн. наук, профессор  
*Злата Владимировна Третьякова,*  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: kazin@lan.spbgasu.ru,*  
*zlata.tretyakova.01@list.ru*

*Yuri Nikolaevich Kazakov,*  
Dr. Sci. Tech., Professor  
*Zlata Vladimirovna Tretyakova,*  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: kazin@lan.spbgasu.ru,*  
*zlata.tretyakova.01@list.ru*

## ТЕХНОЛОГИИ ОБСЛЕДОВАНИЯ СТАРИННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ

### TECHNOLOGIES FOR INSPECTION OF ANCIENT BUILDINGS AND STRUCTURES DURING RECONSTRUCTION

Статья посвящена детальному исследованию современных методов обследования исторических зданий и сооружений, применяемых в процессе их реставрации и реконструкции. Обследование таких объектов требует особого тщательного и бережного подхода, направленного на сохранение их уникальной архитектурной и культурной ценности, а также на обеспечение структурной безопасности. В работе особое внимание уделяется методам лазерного сканирования, фотограмметрии, неразрушающим испытаниям (таким как ультразвук, термография, радиография), зондированию, инженерно-геологическим исследованиям и микробиологическому анализу. Раскрываются преимущества и недостатки каждого из этих методов, их роль в выявлении скрытых дефектов, анализе состояния материалов, контроле деформаций и уровня влажности. Подробно рассматривается метод лазерного сканирования зданий и сооружений: описаны его типы, этапы проведения, преимущества, а также программное обеспечение для обработки полученных данных. Проведен сравнительный анализ различных технологий, выявлены их особенности и ограничения при применении к объектам культурного наследия. Результаты исследования могут быть полезны реставраторам, архитекторам и инженерам, стремящимся сохранить аутентичность и долговечность исторических конструкций в процессе реконструкции.

*Ключевые слова:* обследование, реконструкция, предварительное обследование, детальное обследование, здания, сооружения, лазерное сканирование.

The article is devoted to a detailed study of modern methods of surveying historical buildings and structures used in the process of their restoration and reconstruction. The inspection of such sites requires a particularly careful and careful approach aimed at preserving their unique architectural and cultural value, as well as ensuring struc-

tural safety. The work focuses on laser scanning methods, photogrammetry, non-destructive testing (such as ultrasound, thermography, radiography), sounding, geotechnical research and microbiological analysis. The advantages and disadvantages of each of these methods are revealed, their role in identifying hidden defects, analyzing the condition of materials, monitoring deformations and moisture levels. The method of laser scanning of buildings and structures is discussed in detail: its types, stages, advantages, as well as software for processing the obtained data are described. A comparative analysis of various technologies was carried out, their features and limitations when applied to cultural heritage sites were identified. The results of the study may be useful to restorers, architects and engineers seeking to preserve the authenticity and durability of historical structures during the renovation process.

*Keywords:* survey, reconstruction, preliminary survey, detailed survey, buildings, structures, laser scanning.

Техническое обследование представляет собой комплексный процесс, включающий контроль, испытания, анализ и оценку строительных конструкций зданий и сооружений. Основная его цель – определить текущие эксплуатационные характеристики конструкций, оценить необходимость ремонта или реконструкции, выявить причины деформаций и спрогнозировать дальнейшее поведение конструкций под воздействием различных факторов. Обследование проводится в случаях планируемой реконструкции, при обнаружении дефектов, ставящих под сомнение надежность конструкций, в аварийных ситуациях, а также при возобновлении строительства после длительного перерыва. Основанием для проведения обследования служит официальное задание, в котором отражены причины и цели обследования, планируемые и текущие нагрузки, проектные решения и условия эксплуатации после реконструкции.

Перед началом обследования необходимо тщательно изучить историю проектирования и строительства объекта, примененные конструктивные решения и материалы, использованные на этапе строительства и в процессе эксплуатации. Это позволяет сформировать полное представление об объекте и определить наиболее эффективные методы обследования [1].

Этапы технического обследования обычно включают в себя два основных этапа:

1. Предварительное или общее обследование.
2. Детальное обследование.

В некоторых случаях, в зависимости от состояния конструкций и квалификации специалистов, обследование может быть проведено в один этап. Это целесообразно, если предварительный осмотр не выявил серьезных дефектов или если детальное обследование не требуется из-за высокой квалификации специалистов [2].

**Предварительное обследование** направлено на получение общего представления о состоянии объекта и включает в себя:

- рекогносцировочный осмотр объекта;
- анализ проектной и исполнительной документации;
- визуальное обследование конструкций;
- выполнение обмеров и составление обмерочных чертежей;
- проведение проверочных расчетов отдельных конструкций;
- предварительную оценку технического состояния объекта;
- планирование дальнейших работ и составление программы детального обследования;
- составление заключения по результатам предварительного обследования.

Визуальный осмотр позволяет выявить видимые дефекты, такие как трещины, деформации, коррозия, увлажнение и другие повреждения. Анализ технической документации помогает определить исторические изменения в конструкции, материалы, использованные при строительстве, и ранее проведенные ремонтные работы [3].

**Детальное обследование** проводится для получения более точных и детальных данных о состоянии конструкций и включает в себя:

- глубокий анализ проектной и исполнительной документации;
- проведение инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий;
- выполнение геодезических работ для определения точного положения конструкций;
- отбор и испытание проб материалов в лабораторных условиях;
- проведение неразрушающих испытаний конструкций;
- выполнение проверочных расчетов с учетом полученных данных;

- оценку технического состояния объекта и его конструкций;
- разработку рекомендаций по ремонту, реконструкции или усилению конструкций;
- составление подробного заключения по результатам детального обследования.

Целью данной работы является поиск наиболее достоверных данных для точной оценки технического состояния конструкций, что необходимо для принятия обоснованных решений по реконструкции, ремонту или усилению дефектных элементов.

Современные технологии обследования исторических зданий и сооружений при реконструкции направлены на максимально точное и неинвазивное изучение конструктивных особенностей, состояния материалов и выявление скрытых дефектов. Особенности таких объектов требуют комплексного подхода и применения специализированных методов, учитывающих их культурно-историческую ценность и необходимость сохранения аутентичности [4].

В настоящее время существует широкий перечень методов обследования исторических зданий и сооружений при реконструкции:

## **1. Историко-архивные исследования:**

*Изучение архивных документов и чертежей:* поиск и анализ исходных проектов, чертежей, технических описаний, которые могут содержать информацию о первоначальных конструктивных решениях, используемых материалах, технологических приемах строительства и последующих изменениях в структуре здания.

*Сбор информации о ранее проведенных ремонтных и реставрационных работах:* анализ предыдущих вмешательств в конструкцию здания, используемых методов и материалов, что может влиять на текущие характеристики и состояние объекта.

*Консультации с экспертами и историками архитектуры:* получение дополнительных сведений о культурно-исторической значимости объекта, особенностях его архитектурного стиля и возможных скрытых элементах.



## 2. Лазерное сканирование и фотограмметрия:

*Лазерное сканирование (3D-сканирование):* высокоточная технология, позволяющая создать подробную трехмерную модель объекта. Метод особенно эффективен для зданий со сложной архитектурой, позволяет выявить деформации, трещины и другие дефекты, невидимые человеком.

*Фотограмметрия:* создание точных ортофотопланов фасадов и интерьеров на основе высококачественных фотографий. Данный метод используется и может быть наиболее полезен для документирования декоративных элементов, скульптур, рельефов и других архитектурных деталей.

## 3. Неразрушающие методы диагностики:

*Ультразвуковая диагностика:* данный метод дает возможность без разрушения конструкций, определить внутреннее состояние материалов, выявить скрытые трещины, пустоты и неоднородности.

*Термография:* при помощи использования инфракрасной камеры выявляются температурные аномалии, которые могут быть связаны с проблемами с изоляцией, влажностью, а также со скрытыми протечками или другими дефектами.

*Радиография (рентгеновское обследование):* такой метод применяется для исследования внутренних структурных элементов, в частности для металлических деталей, которые могут быть скрыты внутри под каменной или бетонной кладкой.

## 4. Зондирование и отбор проб материалов:

*Зондирование (вскрытия):* путем вскрытия небольших участков конструкции осматриваются скрытые элементы конструкции и оценивается состояние материалов, находящихся внутри, типов соединений и наличия дефектов.

*Отбор проб материалов:* для определения степени сохранности и необходимости в замене или укреплении тех или иных элементов берутся образцы строительных материалов для лабораторных исследований их физических и химических свойств.

## **5. Мониторинг деформаций и осадок:**

*Установка датчиков деформаций и осадок:* для своевременного выявления опасных тенденций и принятия мер по предотвращению аварийных ситуаций проводится постоянный мониторинг изменений в конструкции здания.

*Геодезические наблюдения:* регулярные измерения положения контрольных точек на объекте для отслеживания динамики деформаций и оценки стабильности сооружения.

## **6. Инженерно-геологические и гидрогеологические исследования:**

*Геологические исследования:* анализ и оценка несущей способности и состояния грунта, выявление возможных карстовых явлений, подвижек грунтов и других факторов, влияющих на стабильность фундамента.

*Гидрогеологические исследования:* изучение уровня и динамики грунтовых вод, их химического состава и воздействия на строительные материалы фундамента и подземных частей здания.

## **7. Микробиологический анализ и оценка состояния материалов:**

*Микробиологический анализ:* выявление биологических факторов разрушения материалов конструкций, таких как грибки, плесень, бактерии, которые могут существенно повлиять на долговечность деревянных, каменных и других органических материалов.

*Оценка воздействия агрессивных сред:* определения степени воздействия атмосферных загрязнений, солей, кислот и других агрессивных факторов, вызывающих коррозию и разрушение материалов конструкций зданий и сооружений.

## **8. Цифровое моделирование и анализ устойчивости:**

*Создание цифровых моделей объекта:* использование лазерного сканирования и полученных на его основании трехмерных

моделей и других методов, позволяющих проводить различные виды анализа без риска повреждений реального объекта.

*Структурный анализ и моделирование поведения конструкций*: путем компьютерного моделирования нагрузок, прогнозирование поведения и реакции конструкций на различные факторы, разработка мер по их укреплению, защите и усилению.

## **9. Акустическая эмиссия и вибродиагностика:**

*Акустическая эмиссия*: метод, который использует звуковые волны для определения трещин и других дефектов материалов, а также позволяет выявлять активные зоны разрушения в реальном времени.

*Вибродиагностика*: анализ вибрационных характеристик конструкций, выявляющий их изменения в динамическом поведении и показывающий повреждения или снижение жесткости отдельных элементов.

## **10. Применение дронов и робототехники:**

*Использование беспилотных летательных аппаратов (дронов)*: позволяет проводить обследование труднодоступных участков фасадов, крыш и верхних элементов сооружений без необходимости установки лесов или подъемников.

*Роботизированные системы*: применение роботизированной техники для обследования труднодоступных мест внутри здания для человека.

## **11. Химический анализ материалов:**

*Лабораторные исследования состава материалов*: определение химического состава растворов, пигментов, отделочных материалов для подбора совместимых материалов при реставрации и предотвращения негативных химических реакций.

*Определение наличия вредных веществ*: выявление свинцовых красок, асбеста и других опасных материалов, требующих специальных мер при ремонте и утилизации [5].

### Сравнительный анализ методов обследования

Метод	Описание и цель	Основные преимущества	Ограничения
Историко-архивные исследования	Поиск и анализ исторических данных об объекте для понимания исходных конструкций и материалов.	Доступ к исторической информации, которая может объяснить текущее состояние и изменения объекта.	Трудности в доступе к старым архивам и достоверности информации.
Лазерное сканирование и фотограмметрия	Создание точных 3D моделей и ортофотопланов для документирования и оценки физического состояния объекта.	Высокая точность, возможность выявления деформаций и скрытых дефектов.	Требует высоких затрат на оборудование и специалистов.
Неразрушающие методы диагностики	Оценка внутреннего состояния материалов и выявление скрытых дефектов без разрушения.	Позволяет выявить внутренние дефекты без повреждения объекта.	Необходимость специализированного оборудования и профессиональных навыков.
Зондирование и отбор проб материалов	Проведение анализа скрытых элементов и забор образцов для лабораторного анализа.	Прямой доступ к скрытым элементам и возможность анализа состояния материалов.	Требует разрушительного вмешательства, что может повлиять на целостность объекта.

Мониторинг деформаций и осадок	Отслеживание изменений в конструкции, контроль осадок и выявление деформаций.	Мониторинг изменений в реальном времени для предотвращения аварийных ситуаций.	Зависимость от качества установленных датчиков и их обслуживания.
Инженерно-геологические и гидрогеологические исследования	Изучение грунтовых условий для оценки несущей способности фундамента и влияния грунтовых вод.	Позволяет учесть влияние грунтовых условий на устойчивость объекта.	Может потребовать глубоких исследований, что увеличивает стоимость и время работ.
Микробиологический анализ и оценка состояния материалов	Выявление биологических факторов разрушения, таких как грибки и плесень, для оценки долговечности материалов.	Оценка биологических угроз и выявление факторов, угрожающих сохранности материалов.	Необходимо учитывать факторы, влияющие на точность анализа, такие как влажность.
Цифровое моделирование и анализ устойчивости	Создание виртуальных моделей для анализа структурной устойчивости и прогнозирования поведения конструкции.	Безопасный анализ устойчивости без воздействия на реальные конструкции.	Сложность обработки больших объемов данных и необходимость в мощных ресурсах.
Акустическая эмиссия и вибродиагностика	Обнаружение активных зон разрушения через звуковые и вибрационные измерения.	Выявление активных зон разрушения, что помогает предотвратить критические изменения.	Ограничения в применении для однородных конструкций, требует настройки оборудования.

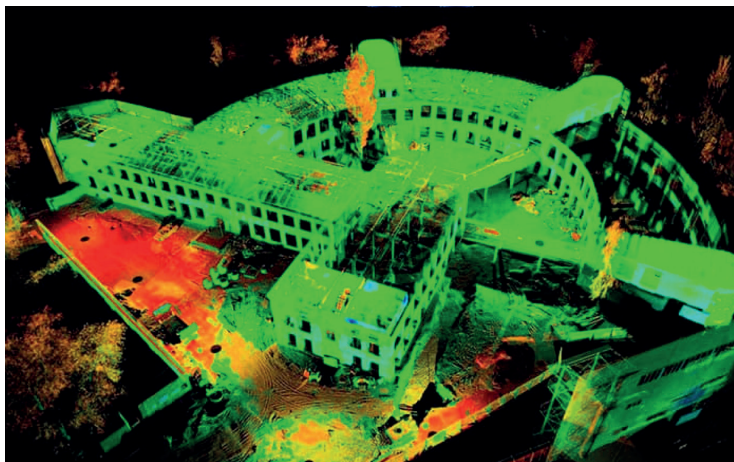
<p>Применение дронов и робототехники</p>	<p>Обследование труднодоступных участков и внутреннего пространства без физического воздействия.</p>	<p>Доступ к труднодоступным участкам без необходимости строительных лесов.</p>	<p>Ограниченная применимость для внутренних конструкций и скрытых зон.</p>
<p>Химический анализ материалов</p>	<p>Определение состава материалов для оценки их свойств и выбора реставрационных решений.</p>	<p>Выявление вредных веществ и оценка химических свойств для подбора реставрационных материалов.</p>	<p>Требуется лабораторного анализа и может быть затратным по времени и ресурсам.</p>

Исходя из сравнительного анализа методов обследования можно сделать вывод, что каждый из методов имеет свои специфические области применения, преимущества и ограничения. Для получения более полных и точных результатов по итогам обследования зданий и сооружений необходимо комбинировать нескольких методов используя комплексный подход к проблеме.

Такой комплексный подход позволит:

- повысить точность диагностики, поскольку комбинация методов предоставит более полную картинку о текущем состоянии объекта реконструкции;
- минимизировать ошибки за счет взаимной проверки полученных данных двумя разными методами;
- сократить время и материальные затраты, благодаря оптимальному сочетанию нескольких методов;
- использование неинвазивных и малоинвазивных методов позволяет с большей долей вероятностью обеспечить сохранность исторических конструкций при будущей реконструкции объекта.

Лазерное сканирование занимает особое место среди современных методов обследования зданий и сооружений, это обусловлено универсальностью и высокой точностью проведения исследований (см. рисунок).



Результаты лазерного сканирования

По итогам лазерного сканирования получается высокоточная и детальная трехмерная модель объекта, что особенно важно при работе с историческими зданиями и сооружениями, где особенно важно обеспечить сохранность изначальных конструкций и учесть особенности сложной архитектуры [6].

К преимуществам лазерного сканирования в первую очередь необходимо отнести:

Высокую точность и степень детализации, поскольку в результате обследований, лазерное сканирование обеспечивает погрешность измерений в пределах миллиметров, что критически важно для точного воспроизведения геометрии сложных архитектурных форм.

Метод лазерного сканирования подразумевает бесконтактную работу с объектом, что обеспечивает сохранность строения, что особенно важно для хрупких или ценностных элементов.

Скорость сбора данных, позволяет значительно сократить время, необходимое для проведения обмеров по сравнению с другими методами.

При наличии труднодоступных мест лазерный сканер может фиксировать данные с большой дистанции, что упрощает обследование высоких или удаленных участков.

Полученная 3D-модель впоследствии может быть использована для различных видов анализа, проектирования реставрационных работ, визуализации и презентации [7].

К недостаткам лазерного сканирования можно отнести:

Безусловно больших первоначальных вложений, за счет высокой стоимости оборудования и программного обеспечения.

Кроме того, для проведения лазерного сканирования требуются высококвалифицированные специалисты, обладающие профессиональными знаниями и опытом для обработки данных и анализа полученных результатов.

Проведение лазерного сканирования можно разделить на четыре этапа, каждый из которых включает в себя подработы, ведущие к получения конечного результата в виде трехмерной модели [8].

### **1. Подготовительный этап:**

- определяются цели и задачи обследования здания или сооружения;



- разрабатывается план сканирования и выбираются наиболее подходящие места для установки оборудования;
- происходит подготовка оборудования и его проверка на работоспособность.

## **2. Полевой этап:**

- устанавливается сканер в запланированных ранее местах;
- проводится сканирование с различными углами обзора для полного покрытия объекта;
- фиксируются контрольные точки для последующего объединения данных.

## **3. Камеральный этап:**

- специалисты обрабатывают полученные данные, впоследствии данные объединяют в единую модель;
- происходит фильтрация и очистка данных от шумов и лишних элементов;
- создается трехмерная модель объекта, наносятся текстуры и цвета.

## **4. Аналитический этап:**

- проводятся необходимые измерения и анализируется трехмерная модель;
- выявляются дефекты, деформации и отклонения от проектных параметров;
- по итогам сканирования подготавливается отчет, планы, чертежи и другие необходимые документы.

При лазерном сканировании применяются различные современные программные обеспечения, позволяющие эффективно работать с большими объемами информации и предоставляющие инструменты для анализа и визуализации. На сегодняшний день, наиболее известными и широко используемыми программными решениями являются:

**Autodesk ReCap**, который в наибольшей степени предназначен для обработки облаков точек, создания 3D-моделей и интеграции данных с другими продуктами Autodesk.

**Leica Cyclone**, является профессиональным решением для обработки данных лазерного сканирования, который включает инструменты для регистрации облаков точек и создания 3D-моделей.

**Bentley ContextCapture**, данный программный продукт позволяет создавать высокодетализированные трехмерные модели при помощи фотографий и облаков точек.

**CloudCompare**, является бесплатным программным обеспечением с открытым исходным кодом, предоставляющий широкий набор инструментов для работы с облаками точек [9].

Внедрение современных программных решений в рамках обследования исторических зданий и сооружений обеспечивает повышение качества и эффективность реставрационных работ. Комплексный подход, в свою очередь позволяет получить полную и достоверную информацию о состоянии реконструируемого объекта, выявить скрытые дефекты и принять обоснованные решения по их устранению.

Использование продвинутого метода лазерного сканирования, дает возможность облегчить процесс сбора данных и обеспечить сохранение объектов культурного наследия при их реконструкции. Добиться эффективной реализации лазерного сканирования помогают высокоточные трехмерные модели и цифровые архивы, которые создают возможность для виртуальной реконструкции и исследования объектов, что особенно важно в случае их утраты или серьезного повреждения.

Современных технологии играют решающую роль в сохранении и восстановлении памятников культурного наследия, они позволяют реставраторам и архитекторам более детально изучить особенности объектов, разрабатывать индивидуальные решения и применять инновационные методы консервации и реставрации [10].

Таким образом, дальнейшее развитие и внедрение современных методов обследования и диагностики исторических зданий и сооружений является актуальной задачей в области сохранения культурного наследия, что в свою очередь требует постоянного повышения квалификации специалистов, развития технической базы и внедрения программных решений для автоматизации и оптимизации исследований различными специалистами архитекторами, инженерами, историками и другими.

## Литература

1. Казаков Ю. Н., Захаров В. П., Мороз А. М. Технология возведения зданий. Учебное пособие. Издание 4-е, дополненное. СПб. Лань. 2022г. – 256 с.
2. Казаков Ю. Н. Основы строительного производства: курс лекций для студ. СПбГАСУ по МПсмр/ Ю. Н. Казаков, Л. Д. Копанская, Д. Д. Тишкин; СПбГАСУ. – СПб., 2016. – 208 с.
3. Казаков Ю. Н., Ф.-М.Адам. Технология реконструкции зданий. Уч. пособие для МПсмр1,2. СПб. Лань. 2019г. – 120 с.
4. Быков В. Л., Захаров В. П., Казаков Ю. Н. Реконструкция и реставрация архитектурного наследия. Научная монография для студентов по МПсмр-2. – СПб. СПбГАСУ, 2016. – 120 с.
5. Богданов А. Н., Алеишутин И. А. Наземное лазерное сканирование в строительстве и BIM-технологиях // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – №. 4(46). – С. 326–332.
6. Неволин А. Г., Медведская Т. М. Классификация результатов наземного лазерного сканирования с учетом коэффициента отраженного сигнала // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2014. – Т. 1. – №. 2. – С. 166–171.
7. Кошанулы К. Е. Возможности, преимущества и недостатки наземного лазерного сканирования //Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2017. – Т. 9. – №. 1. – С. 27–30.
8. Vlasov P., Kiseleva A. Method of meaning reconstruction // EESJ. 2018. № 3–5(31). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/method-of-meaning-reconstruction> (дата обращения: 11.11.2024).
9. Rahimov Elbek Hasanboy O'g'li. Reconstruction of historic buildings and structures // Вопросы науки и образования. 2019. №21 (68). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reconstruction-of-historic-buildings-and-structures> (дата обращения: 11.11.2024).
10. Sharipova Yulduzxon Olim Qizi, Abdusamatova L. Xudoyazarovna Analysis of architectural and compositional solutions of the original buildings and structures built around Samarkand and Bukhara // Colloquium-journal. 2020. № 24(76). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analysis-of-architectural-and-compositional-solutions-of-the-original-buildings-and-structures-built-around-samarkand-and-bukhara> (дата обращения: 11.11.2024).

УДК 69.009

*Павел Александрович Фадеев,*  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: pashaalexander@ya.ru*

*Pavel Alexandrovich Fadeev,*  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: pashaalexander@ya.ru*

## **ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ**

### **FEATURES OF DRAWING UP EXECUTIVE DOCUMENTATION FOR THE PRODUCTION OF SPECIAL TYPES OF WORK IN THE CONSTRUCTION OF RESIDENTIAL BUILDINGS**

В данной статье проведен анализ специфики оформления и ведения исполнительной документации, сопровождающей специальные виды работ в процессе строительства современных жилых зданий. Представлен перечень нормативно-правовых актов, регламентирующих состав и оформление данной документации. Также рассмотрены основные сложности, возникающие при подготовке и сдаче исполнительной документации. А также, затронута тема ведения исполнительной документации с помощью электронного документооборота.

*Ключевые слова:* специализированные виды работ, инженерные сети, водоснабжение и канализация, отопление и вентиляция, исполнительная документация, электронный документооборот.

This article analyzes the specifics of the design and maintenance of executive documentation accompanying special types of work in the construction of modern residential buildings. The list of normative legal acts regulating the composition and design of this documentation is presented. The main difficulties encountered in the preparation and submission of executive documentation are also considered. And also, the topic of maintaining executive documentation using electronic document management was touched upon.

*Keywords:* specialized types of work, engineering networks, water supply and sewerage, heating and ventilation, executive documentation, electronic document management.

Строительно-монтажные работы (СМР) – это общее название всех работ, которые проводятся на строительной площадке. Они

включают в себя комплекс строительных и монтажных операций. В результате СМР появляется полностью готовое к эксплуатации здание или сооружение.

Все строительные работы должны осуществляться организациями, в штате которых есть специалисты и рабочие с допусками саморегулируемой организации (СРО) в соответствии с Федеральным законом «О саморегулируемых организациях» от 01.12.2007 № 315-ФЗ. Только такие организации имеют право осуществлять деятельность, связанную со строительством, монтажными работами и ремонтом зданий и сооружений. Более того, они могут выполнять и другие виды работ, относящихся к строительной отрасли, если это предусмотрено условиями договора на строительство и отвечает установленным нормам.

Виды работ можно классифицировать на общестроительные, специальные, транспортные и погрузочно-разгрузочные.

К специальным видам работ относятся: специализированная строительная деятельность (отрасли), строительство частей зданий и работ гражданского строительства или подготовки. Эта деятельность обычно сосредоточена на одном аспекте, который важен для различных структур и требует специальных навыков или оборудования. Специализированная строительная деятельность главным образом выполняется согласно субконтракту, особенно при ремонте, если он выполняется непосредственно для владельца имущества. Также сюда включена конечная обработка зданий по завершении строительства и установка приспособлений для работоспособности здания. Действия для обеспечения работоспособности обычно выполняются на участке строительства, хотя части работ могут быть выполнены в специальной мастерской.

В область специальных работ входит комплекс мероприятий, направленных на создание и функционирование внутренних инженерных систем, таких как отопление, вентиляция, кондиционирование, водоснабжение и канализация.

В рамках этих работ производится установка вертикальных трубопроводов (стояков), горизонтальных трубопроводов (магистралей), их изоляции, а также разводка систем водоснабжения, канализации, отопления, транзитных воздуховодов, систем конди-

ционирования, установка сантехнического оборудования, оборудования вентиляции и пожаротушения.

Исполнительная документация представляет собой текстовые и графические материалы, отражающие фактическое исполнение проектных решений и фактическое положение объектов капитального строительства и их элементов в процессе строительства, по мере завершения определенных в проектной документации работ [1].

При разработке исполнительной документации (ИД) руководствуются следующими нормативными актами:

1. Градостроительный кодекс РФ (ГрК РФ) ст. 52 п. 1.5.
2. Приказ Минстроя РФ от 16.05.2023 № 344/ПР – об утверждении состава и порядка ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства.
3. Приказ Минстроя РФ № 1026/ПР от 02.12.2022 «Об утверждении формы и порядка ведения общего журнала, в котором ведется учет выполнения работ по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объекта капитального строительства».
4. ГОСТ Р 51872-2019 – Госстандарт исполнительной геодезической документации.
5. СП 48.13330.2019 – правила организации строительства, в том числе и ведения исполнительной документации;
6. СП 68.13330.2017 – Приемка в эксплуатацию законченных строительных объектов.

В случае отсутствия четко определенных требований к составу и содержанию исполнительной документации в нормативных актах, они должны быть детально прописаны в договоре подряда в соответствии с положениями п. 4 ст. 421 Гражданского кодекса Российской Федерации.

Особенностью составления исполнительной документации является то, что кроме ее ведения в соответствии с вышеперечисленными нормативно-правовыми актами, осуществляется особо тщательная проверка представителями производственно-технического отдела четкому следованию пунктам договора подряда [2].

Акт скрытых работ (АОСР), является одним из ключевых документов в процессе возведения объектов капитального строительства

и еще одной особенностью исполнительной документации. Его главная задача – зафиксировать и учесть все выполненные работы, которые впоследствии будут скрыты последующими этапами строительства и станут недоступными для проверки.

При составлении АОСР требуется уделить особое внимание тому, чтобы в них были прописаны актуальные чертежи из рабочей документации (РД) со всеми изменениями и обязательная сверка соответствия дат в актах и дат в общем журнале работ (ОЖР). Так же необходимо проверить срок действия документов на качество применяемых материалов, на момент окончания работ, которые освидетельствуются в акте документ должен иметь силу. Исполнительные схемы должны составляться в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51872-2002 и прикладываться к акту освидетельствования скрытых работ (АОСР).

Исполнительная документация (ИД) подписывается организацией непосредственно ведущей работы, которые предъявляются, затем их подписывает представитель генподрядка, после этого заказчик. После этого происходит проверка на правильность составления документации у инженера производственно-технического отдела (ПТО) генподрядчика. В случае отсутствия замечаний исполнительная документация отправляется к ним на хранение, а в случае наличия замечаний составляется предписание с указанием срока их устранения и ИД отправляется обратно на доработку.

Состояние участков сетей инженерно-технического обеспечения должно быть зафиксировано в акте освидетельствования участков сетей инженерно-технического обеспечения (АОУСИТО), что является еще одной отличительной чертой исполнительной документации на инженерные сети.

Этот документ используется для приемки сетей и их участков после завершения работ. Его цель – провести обследование и подтвердить готовность инженерных сетей к использованию.

Помимо него отдельно составляется исполнительная документация на водомерные узлы (ВУ) и на повысительные насосные станции (ПНС), содержащая свои специальные акты, показанные на рис. 1. Монтаж водомерного узла производят по листам из альбома центра измерений расхода воды (ЦИРВ), которые также при-

кладываются в комплект исполнительной документации. На каждый счетчик водомерного узла необходимо предоставить помимо паспорта: свидетельство об утверждении типа средств измерений и описание типа средств измерений.

Исполнительная документация на ВУ	Исполнительная документация на ПНС
<ul style="list-style-type: none"><li>• Акт смонтированного оборудования водомерного узла</li><li>• Акт индивидуального испытания смонтированного оборудования водомерного узла</li><li>• Акт гидравлического испытания на герметичность водомерного узла</li><li>• Акт о проведении промывки (продувки) трубопроводов водомерного узла</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Акт смонтированного оборудования насосной установки</li><li>• Акт индивидуального испытания смонтированного оборудования насосной установки</li></ul>

Рис. 1. Акты, входящие в состав исполнительной документации на водомерные узлы и повысительные насосные станции

Также необходимо на каждую систему вентиляции составить паспорт, содержащий общие данные (наименование системы, объект, адрес, местонахождение системы), основные технические характеристики оборудования системы, расходы воздуха по помещениям, результаты измерений, схема и вывод. К паспортам на противодымную вентиляцию также прикладывается еще и протокол аэродинамических испытаний.

По завершению систем отопления и вентиляции, водоснабжения и канализации производится осмотр и проверка качества монтажа, то есть проводятся испытания, после которых составляются соответствующие акты испытаний, а затем акт технической готовности (рис. 2).



Водоснабжение	Канализация	Отопление	Вентиляция
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Акт гидравлических испытаний</li> <li>•Акт на промывку</li> <li>•Акт технической готовности</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Акт на промывку хозяйственно-бытовой канализации</li> <li>•Акт наполнения системы ливневой канализации</li> <li>•Акты технической готовности</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Акт гидравлических испытаний</li> <li>•Акт на промывку</li> <li>•Акт теплового испытания системы центрального отопления на эффект действия</li> <li>•Акт технической готовности</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Акт на монтаж оборудования</li> <li>•Акт на индивидуальные испытания оборудования</li> <li>•Акт технической готовности</li> </ul>

Рис. 2. Акты испытаний

При сдаче итогового комплекта исполнительной документации необходимо черной ручкой пронумеровать все листы на всех экземплярах. После этого произвести сканирование комплекта с оригиналами документов на качество (паспорта, сертификаты о соответствии, декларации, информационные письма и тд.) и предоставить генподрядной организации.

По согласованию с заказчиком и проектной организацией могут быть использованы, не соответствующие проекту и проекту производства работ (ППР), оборудование, материалы и изделия

В процессе строительства ведется запись всех выполненных работ, состав инженерно-технических работников (ИТР), отвечающих за качество и продолжительность этих работ, перечень разрабатываемой документации, уточнения и замечания от представителей надзорных органов.

Для обеспечения должного контроля над процессом производства работ с начала строительства до его завершения ведутся специальные журналы работ. В них описываются все материалы, используемые в процессе строительства, указываются специалисты, задействованные в работе, а также приводится детальная информация о порядке выполнения задач и комментарии контролирующих лиц.

Если есть отклонения от проекта, то проектировщик отражает их в журнале авторского надзора и передает заказчику [3].

Еще одним важным документом является договор подряда.

В этом договоре четко прописаны требования к предоставлению исполнительной документации (ИД) со стороны исполнителя, так как данная документация играет важную роль как на этапе строительства и сдачи объекта, так и в процессе его эксплуатации.

Согласно статье 740 Гражданского кодекса Российской Федерации, по договору на выполнение строительных работ исполнитель обязуется в установленные сроки построить объект по заданию заказчика или выполнить другие строительные работы. В свою очередь, заказчик обязуется создать условия для выполнения работ, принять результат и оплатить установленную стоимость.

Важно отметить, что исполнительная документация обычно предоставляется исполнителем дважды: ежемесячно в форме КС-2 и КС-3, а также при сдаче объекта в эксплуатацию [4].

В соответствии с приказом Министерства строительства России № 344/пр от 16 мая 2023 года, исполнительная документация может быть оформлена в электронном виде без дублирования на бумажном носителе.

Пренебрежение правилами ведения вышеизложенных журналов, изменения требований к разработке и оформлению исполнительной документации у новых ответственных лиц, появление дополнительных позиций в желаемую КС со стороны заказчика – все это может привести к увеличению сроков подготовки, а также несвоевременной сдаче генеральному подрядчику исполнительной документации [5].

Ручное ведение исполнительной документации на бумажном носителе является трудоемким процессом, при котором может произойти множество ошибок. Кроме этого, возможна их утеря.

Организации наработали навык ведения учета исполнительной документации в таблицах Excel, но они не всегда способны позволить увидеть общую картину, так же они и не учитывают изменения законодательства.

Для оптимизации работы инженеров ПТО в сфере строительства целесообразно использовать электронный документооборот. Это позволит оперативно вносить изменения, что обеспечит полный контроль над процессом и сроками строительства.

Разработчики создали ряд программных решений для создания документации. Эти программы позволяют составлять необходимые акты, формировать соответствующие журналы на компьютере, проверять правильность создания технической документации, выявлять и выводить список ошибок, допущенных при создании технической документации, а также находить способы их устранения. Они позволяют на компьютере вести учет разрешительной документации и формировать исполнительную документацию. Это позволит сократить трудозатраты на создание технической документации [3].

По результатам исследования установлено, что специальные виды работ – это важный аспект строительства, так как они являются составной частью общего процесса возведения здания. В частности, без систем отопления, вентиляции, водоснабжения и канализации невозможно представить нормальное функционирование жилого дома.

Особенностью составления исполнительной документации на специальные виды работ является то, что кроме ее ведения в рамках нормативно-правовых актов, производится тщательная проверка специалистами производственно-технического отдела в соответствии с условиями договора подряда [2]. Также они проверяют наличие документов таких как: акт скрытых работ (АОСР), акт освидетельствования участков сетей инженерно-технического обеспечения (АОУСИТО), исполнительная документация на водомерные узлы (ВУ) и на повысительные насосные станции (ПНС), содержащая свои специальные акты, паспорта систем вентиляции, протокол аэродинамических испытаний на противодымную вентиляцию.

Ведение исполнительной документации по этим видам работ требует разработки специальных программных обеспечений, которые давали бы возможность устранить трудности, такие как нарушения в ведении журналов, пересмотр требований к оформлению документов у новых участников, добавление новых пунктов в желаемую клиентскую базу со стороны заказчика.

## Литература

1. *Артеменко Д. В., Хитров В. В.* Актуальность ведения исполнительной документации в цифровом виде // Вестник Евразийской науки. 2023. № 3. URL: <https://esj.today/PDF/16SAVN323.pdf/>
2. *Титлов К. Л., Коркишко А. Н., Чухлатый М. С., Сергеев А. Н.* Требования к приемо-сдаточной (исполнительно-технической) документации на объекты строительства нефтедобычи // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5420/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5420/)
3. *Синенко, С. А.* Совершенствование подготовки исполнительной документации по возведению зданий и сооружений в современных условиях / С. А. Синенко, И. Н. Дорошин, М. А. Гнатушь // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 2(62). – С. 3. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42921675> (дата обращения 10.10.2024).
4. *Цона Н. В., Карпушкин А. С.* Исполнительная документация в строительстве: состав и порядок ведения // Экономика строительства и природопользования. 2020. № 4 (77). – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45618868> (дата обращения: 10.10.2024).
5. *Неровная Ю. А.* Организация контроля исполнительной документации на объектах строительства / Ю. А. Неровная // Наука без границ. – 2020. – № 5(45). – С. 96–106. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42915367> (дата обращения: 11.10.2024).

УДК 69.002.5

*Александра Николаевна Юрченко,*  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: yurchenko.an@bk.ru*

*Aleksandra Nikolaevna Yurchenko,*  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: yurchenko.an@bk.ru*

## **ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТАХ**

### **USE OF DRONES IN CONSTRUCTION AND RESTORATION WORK**

В данной статье рассматривается применение в строительстве беспилотных летательных аппаратов (дронов). Их применение становится все более актуальным в условиях современных технологий и растущих требований к качеству и безопасности. Дроны, или беспилотные летательные аппараты, предлагают множество преимуществ, которые могут значительно улучшить процессы проектирования, строительства и мониторинга объектов.

В процессе исследования было проанализировано развитие дронов в строительной отрасли, применение их в разных странах, выделены достоинства и недостатки применения беспилотных летательных аппаратов, а также произведен сравнительный анализ строительных процессов с учетом применения дронов и без них.

*Ключевые слова:* беспилотные летательные аппараты, дроны, восстановительные работы, строительные процессы, сравнительный анализ, тенденции развития.

This article discusses the use of unmanned aerial vehicles (drones) in construction. Their use is becoming increasingly relevant in the context of modern technologies and increasing demands on quality and safety. Drones, or unmanned aerial vehicles, offer many advantages that can significantly improve the design, construction and monitoring of objects.

During the study, the development of drones in the construction industry, their use in different countries were analyzed, the advantages and disadvantages of using unmanned aerial vehicles were highlighted, and a comparative analysis of construction processes with and without the use of drones was made.

*Keywords:* unmanned aerial vehicles, drones, restoration work, construction processes, comparative analysis, development trends.

## **Введение**

С каждым годом строительная отрасль сталкивается с новыми вызовами, такими как необходимость повышения производительности, снижения затрат и обеспечения безопасности на рабочих площадках. В ответ на эти требования компании начинают активно внедрять современные технологии, среди которых особое место занимают дроны. Беспилотные летательные аппараты становятся важным инструментом, способным трансформировать традиционные подходы к строительству и управлению проектами.

Дроны – это беспилотные летательные аппараты, которые используются для выполнения различных задач в процессе проектирования, строительства и эксплуатации объектов. Они оснащены современными технологиями, такими как камеры, датчики и системы GPS, что позволяет им собирать и передавать данные в реальном времени.

Дроны предлагают множество возможностей для улучшения различных процессов в строительстве. Они позволяют быстро и эффективно собирать данные, создавая высококачественные аэрофотоснимки и 3D-модели территорий, что значительно упрощает планирование и проектирование. Кроме того, дроны играют ключевую роль в инспекциях и мониторинге объектов, позволяя выявлять потенциальные проблемы на ранних стадиях и минимизировать риски для рабочих [1].

В данной статье подробно рассмотрены преимущества применения дронов в строительстве, их влияние на строительные работы и безопасность, а также перспективы их дальнейшего использования в данной отрасли.

### **Этапы развития дронов в строительной сфере**

Развитие дронов в строительстве можно проследить по нескольким ключевым этапам и достижениям, начиная с их первоначального использования и заканчивая современными технологиями.

Первые эксперименты с дронами в строительстве начались около 2010–2012 годов. Использование простых моделей для

аэрофотосъемки и создания карт стало возможным благодаря доступности технологий GPS и камер. В это время дроны в основном использовались для визуального мониторинга и инспекции. В 2013 году начали появляться первые коммерческие дроны, таких как DJI Phantom, которые стали популярными среди строителей для аэрофотосъемки и мониторинга площадок. Следующим этапом стало применение дронов для создания 3D-моделей и карт. Программы обработки данных, такие как Pix4D и DroneDeploy, начали активно использоваться для анализа собранных данных.

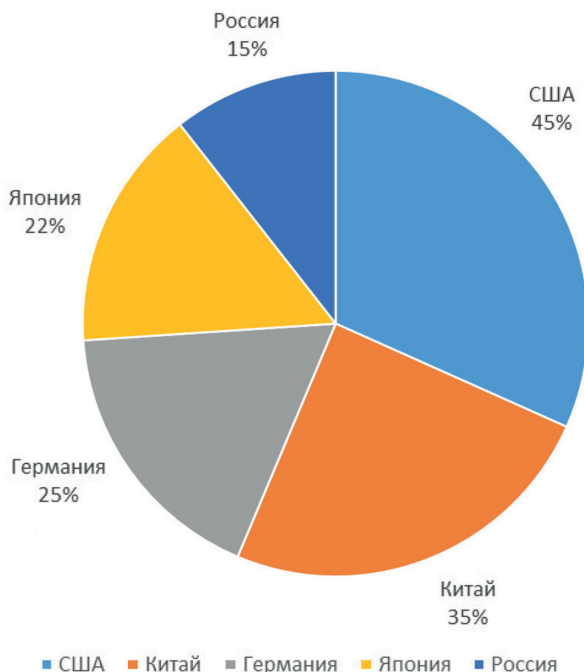
Начиная с 2015 года дроны начали активно использоваться для инспекции сложных объектов, таких как мосты и высотные здания. Это позволило значительно сократить время и затраты на инспекцию. Далее началась разработка специализированных дронов с улучшенными характеристиками, такими как высокая грузоподъемность и устойчивость к погодным условиям. Появились дроны с тепловизионными камерами для выявления утечек тепла.

Примерно с 2017 года начался прирост числа компаний, предлагающих услуги дронов для строительства. Началась интеграция дронов с программным обеспечением для управления проектами и анализа данных.

Пандемия COVID-19 ускорила внедрение дронов в строительную отрасль, так как они позволили минимизировать физическое присутствие людей на площадках.

С 2021 года растет интерес к дронам с возможностями LiDAR, которые позволяют создавать высокоточные 3D-модели местности и объектов [2].

На рисунке отражены данные о применении дронов в разных странах в процентном соотношении. Как можно заметить, несмотря на то что в России дроны начинают активно использоваться для инспекции строительных объектов и мониторинга состояния инфраструктуры, их применение все еще ограничено по сравнению с другими странами [3].



Применение дронов в разных странах

В России есть несколько основных компаний, активно применяющих дроны в своей деятельности. Так, ГК «ПИК» – одна из крупнейших строительных компаний в России. Она активно использует дроны для мониторинга строительных площадок и инспекции объектов. В свою очередь, «ЛСР» применяет дроны для аэрофотосъемки и контроля за выполнением работ на своих строительных объектах. Также дроны используют компании ГК «СУ-155», ГК «Ташир», ПАО «Мостотрест», ГК «Интегра» и другие.

### Направления применения дронов

Применение дронов в строительстве становится все более популярным и эффективным инструментом, который значительно улучшает процессы проектирования, мониторинга и управления



строительными проектами. В настоящее время существует несколько наиболее популярных направлений использования беспилотных летательных аппаратов. Данные направления сведены в табл. 1.

*Таблица 1*

**Основные направления применения дронов в строительстве**

Направление	Описание
Аэросъемка и картография	Дроны могут быстро и эффективно создавать высококачественные аэроснимки и 3D-карты строительных площадок. Это позволяет архитекторам и инженерам лучше планировать проекты, а также отслеживать изменения на местности в процессе строительства [4]
Мониторинг и инспекция	С помощью дронов можно проводить инспекции труднодоступных мест, таких как крыши, высотные конструкции и мосты. Это значительно снижает риски для работников и позволяет выявлять проблемы на ранних стадиях, что может предотвратить дорогостоящие ремонты
Безопасность	Дроны могут использоваться для мониторинга строительных площадок с целью обеспечения безопасности. Они могут выявлять потенциальные угрозы и нарушения, а также помогать в организации эвакуации в случае чрезвычайных ситуаций
Сбор данных для анализа	Дроны могут оснащаться различными датчиками и камерами, что позволяет собирать данные о состоянии материалов, окружающей среды и других факторов, влияющих на строительство. Эти данные могут быть использованы для анализа и оптимизации процессов
Управление проектами	Дроны могут использоваться для мониторинга хода строительства, что позволяет менеджерам проектов отслеживать выполнение работ, контролировать сроки и бюджет. С помощью дронов можно регулярно получать обновленные данные о состоянии проекта и вносить необходимые коррективы [5]

На основании выделенных направлений, был проведен сравнительный анализ влияния применения дронов на различные факторы строительных процессов. Результаты сравнительного анализа сведены в табл. 2.

Таблица 2

## Сравнительный анализ факторов с учетом/без учета применения дронов

Фактор	С учетом применения дронов	Без применения дронов
Эффективность и скорость	Ускорение процессов (аэрофотосъемка, создание карт и мониторинг строительных площадок), а также сбора данных	Процессы могут занимать гораздо больше времени, так как требуют ручной работы (использование самолетов или наземных методов сбора данных)
Точность и качество данных	Высокая точность данных за счет современных технологий (GPS и LiDAR) Это позволяет создавать детализированные 3D-модели и карты местности	Традиционные методы могут приводить к меньшей точности и более высоким рискам ошибок, особенно при ручной обработке данных
Безопасность	Снижение рисков для работников. Дроны позволяют избежать необходимости в физическом присутствии людей в потенциально опасных зонах	Работники могут подвергаться большему риску, особенно при проведении инспекций на высоте или в сложных условиях
Стоимость	Первоначальные инвестиции при покупке дронов могут быть значительными, но в долгосрочной перспективе они могут снизить затраты на рабочую силу и время выполнения работ	Хотя начальные затраты могут быть ниже, затраты на рабочую силу могут быть более высокими, что в конечном итоге увеличивает общую стоимость проекта
Мониторинг и управление проектами	Дроны позволяют осуществлять постоянный мониторинг хода строительства, что улучшает скорость реагирования на изменения и проблемы	Мониторинг может быть менее регулярным и менее эффективным, что может привести к задержкам и проблемам в управлении проектом

По вышеизложенным данным можно сделать вывод о том, что несмотря на множество достоинств применения беспилотных

летательных аппаратов в строительной отрасли, у дронов существуют и определенные недостатки, которые отражены в табл. 3.

Таблица 3

**Достоинства и недостатки применения дронов в строительстве**

Достоинства	Недостатки
Повышение эффективности	Законодательные ограничения
Снижение трудозатрат	Технические ограничения
Повышение безопасности	Необходимость в обучении
Точность и качество данных	Высокие первоначальные затраты
Упрощение мониторинга и контроля	Ограниченные возможности в сложных условиях
Улучшение визуализации	Безопасность данных
Гибкость и адаптивность	Общественное восприятие

**Направления для улучшения дронов**

С учетом достоинств и недостатков, процент применения дронов в строительстве может варьироваться в зависимости от региона, типа проекта и уровня технологической зрелости компании. Однако, в целом, можно выделить несколько тенденций и статистических данных, которые показывают рост использования дронов в этой области.

По данным различных исследований, в последние годы процент компаний, использующих дроны в строительстве, возрос с 10–15 % в 2015 году до 60–70 % в 2022–2023 годах. В развитых странах, таких как США, Канада и страны Европы, процент применения дронов может достигать 70–80 % среди крупных строительных компаний. В развивающихся странах этот процент может быть ниже, но также показывает тенденцию к росту [6].

В крупных инфраструктурных проектах (мосты, дороги, здания) использование дронов может превышать 80 %, тогда как в мелких проектах этот показатель как правило ниже.

Ожидается, что к 2030 году процент применения дронов в строительстве может достичь 80–90 % в зависимости от дальнейшего развития технологий и интеграции с другими системами управления проектами.

Улучшение дронов может быть достигнуто через несколько ключевых направлений, которые сведены в табл. 4.

Таблица 4

**Направления для улучшения дронов**

Направление	Описание
Обучение и повышение квалификации	Проведение курсов и тренингов для операторов дронов, чтобы они могли эффективно использовать технологии и управлять дронами в различных условиях.
Интеграция с другими технологиями	Интеграция данных, полученных с дронов, с BIM-системами для улучшения планирования и управления проектами. Использование AI и аналитических инструментов для обработки данных, собранных дронами, для более глубокого анализа и прогнозирования.
Улучшение оборудования	Инвестиции в более современные дроны с улучшенными камерами, датчиками и программным обеспечением для повышения точности и надежности. Разработка дронов, способных выполнять несколько задач, таких как аэрофото-съемка, инспекция и мониторинг.
Оптимизация процессов	Разработка стандартных операционных процедур для использования дронов на строительных площадках, чтобы обеспечить безопасность и эффективность. Эффективное планирование полетов дронов, чтобы минимизировать время простоя и повысить производительность.
Регулирование и безопасность	Обеспечение соблюдения всех местных и международных норм по использованию дронов, включая лицензирование и сертификацию. Разработка протоколов безопасности для минимизации рисков, связанных с использованием дронов на строительных площадках.
Обратная связь и улучшение	Регулярный сбор отзывов от операторов и участников проектов о работе дронов для выявления областей для улучшения. Готовность адаптировать технологии и процессы в ответ на изменения в отрасли и новые вызовы.

## Заключение

Применение дронов в строительстве представляет собой революционный шаг вперед, открывающий новые горизонты для повышения эффективности, безопасности и устойчивости в этой важной отрасли. В условиях быстро меняющегося мира, где требования к строительству становятся все более сложными, дроны становятся незаменимыми помощниками для проектировщиков, инженеров и менеджеров.

Одним из ключевых преимуществ использования дронов является их способность значительно ускорять процессы. Благодаря аэрофотосъемке и созданию 3D-моделей местности, дроны позволяют быстро и точно собирать данные, необходимые для планирования и проектирования. Это сокращает время, необходимое для подготовки проектов, и позволяет быстрее переходить к реализации.

Кроме того, дроны существенно повышают безопасность на строительных площадках. Они могут осуществлять мониторинг и инспекцию труднодоступных участков, минимизируя риски для рабочих. Использование тепловизионных камер и иных датчиков позволяет выявлять потенциальные угрозы и дефекты на ранних стадиях, что в свою очередь снижает вероятность аварий и несчастных случаев.

Контроль за выполнением работ также становится более эффективным благодаря дронам. Регулярные проверки и мониторинг прогресса позволяют своевременно выявлять отклонения от проектной документации, что помогает избежать дорогостоящих исправлений и задержек.

В целом, внедрение дронов в строительную отрасль не только улучшает процессы, но и способствует инновациям. С каждым годом технологии становятся все более доступными и разнообразными, что открывает новые возможности для их применения.

Таким образом, дроны становятся не просто инструментом, а важной частью стратегического подхода к строительству, который ориентирован на эффективность, безопасность и устойчивость.

## Литература

1. *Носков И. В.* Дрон-технологии в строительстве. Современные решения и возможности / И. В. Носков, К. И. Носков, С. В. Тиненская [и др.] // Вестник евразийской науки. – 2020. – № 5.
2. *Кудасова А. С., Тютина А. Д., Сокольников Э. В.* Применение беспилотных летательных аппаратов в строительстве // ИВД. 2021. № 8(80).
3. *Крамаренко А. В.* Анализ возможности использования дронов в современном строительстве / А. В. Крамаренко, К. С. Краснова // Наука и образование: новое время. – 2017. – № 6(23). – С. 313–319. – EDN YLVYWN.
4. *Глижиснская Е. А.* Использование беспилотных летательных аппаратов (дронов) в строительстве / Е. А. Глижиснская // Современная Российская наука: актуальные вопросы, достижения и инновации : сборник статей VIII Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 15 мая 2024 года. – Пенза : Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2024. – С. 51–54. – EDN ATLHMS.
5. *Кузовлева И. А.* Оценка эффективности использования дрон-технологий в строительстве / И. А. Кузовлева // Строительный комплекс: экономика, управление, инвестиции : Межвузовский сборник научных трудов / Редколлегия: И. В. Федосеев [и др.]. Том Выпуск 16. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2022. – С. 66–74. – EDN VPUPWZ.
6. Using drones to create a landscape design of the territory // Избранные доклады 68-й Университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 19–23 апреля 2022 года. – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2022. – Р. 565–567. – EDN CJKRMA.

## Содержание

<i>Барбарян А. П., Казаков Ю. Н.</i> Преимущества применения принципов бережливого строительства. Lean Construction. . . . .	3
<i>Белова В. А.</i> Применение 4D-моделирования для выявления пространственно-временных коллизий при строительстве зданий и сооружений . . . . .	10
<i>Бендик А. С.</i> Факторы, влияющие на риски производства работ по погружению свай ударным способом . . . . .	16
<i>Бобровская Ю. В.</i> Мониторинг работ на отдаленных объектах с использованием современного оборудования . . . . .	27
<i>Гаспарян А. К.</i> Календарное планирование проектно-изыскательских работ линейных объектов . . . . .	36
<i>Голованова И. Б.</i> Анализ влияния способов бетонирования на продолжительность работ в зимний период при строительстве жилых зданий . . . . .	46
<i>Грин А. А.</i> Анализ современной структуры дирекции технического заказчика. . . . .	51
<i>Карнохина Е. С.</i> Применение лазерного 3D-сканирования при реконструкции объектов капитального строительства . . . . .	58
<i>Корякина А. Н.</i> Анализ технологических особенностей современных штукатурных работ . . . . .	69
<i>Кретов Р. И.</i> Применение современных технологий сканирования и информационного моделирования для оптимизации организационных процессов нулевого цикла строительства . . . . .	75

<i>Лебедева О. А.</i> Применение современных технологий строительно-монтажных работ при организации строительства атомных электростанций . . . . .	86
<i>Ораздурдыева А. Р., Писмаркин Б., Колдышев Д.</i> Анализ и планирование трудовых ресурсов в строительстве (на примере разработки цифровой платформы для поиска рабочих) . . . . .	102
<i>Панькин М. И.</i> Анализ методов и систем автоматизации проектирования в строительстве . . . . .	114
<i>Попов А. Н.</i> Эффективная вентиляция слесарных зон . . . . .	126
<i>Попова О. А.</i> Применение альтернативного метода контроля сроков строительства жилой недвижимости при календарном планировании . . . . .	134
<i>Пяшин Ф. С.</i> Совершенствование системы управления проектами по замене инженерных сетей (водоснабжения, канализации, теплоснабжения) с использованием современных технологий в МКД. . . . .	140
<i>Ромель Д. М., Чахкиев И. М.</i> Разработка материально-технического обеспечения строительных объектов с применением календарного планирования. . . . .	149
<i>Сутормина А. Н.</i> Оценка актуальности применения современной нормативной базы для визуализации строительного процесса . . . . .	155
<i>Тарасов С. Н.</i> Технология строительства Пальма Джумейра . . . . .	165
<i>Титюк О. О.</i> Анализ реализации программы развития застроенных территорий . . . . .	175



<i>Казаков Ю. Н., Третьякова З. В.</i> Технологии обследования старинных зданий и сооружений при реконструкции . . . . .	188
<i>Фадеев П. А.</i> Особенности составления исполнительной документации при производстве специальных видов работ при строительстве жилых зданий . . . . .	203
<i>Юрченко А. Н.</i> Применение беспилотных летательных аппаратов при строительных и восстановительных работах . . . . .	212

Научное издание

**МАГИСТЕРСКИЕ ЧТЕНИЯ**

Сборник статей участников регионального  
научно-практического семинара

Компьютерная верстка *О. Н. Комиссаровой*

Подписано к печати 27.12.2024. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 13,1. Тираж 300 экз. Заказ 176. «С» 112.

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