



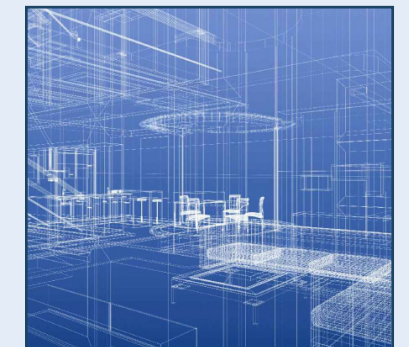
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный
университет

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Материалы Всероссийской
научно-практической конференции

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА
Материалы Всероссийской научно-практической конференции

2021



Санкт-Петербург
18–19 ноября 2021 г.

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

**ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ
ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

Материалы Всероссийской
научно-практической конференции

18–19 ноября 2021 года

Санкт-Петербург
2021

УДК 69.338.97

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент *А. П. Васин* (ООО «БЭСКИТ», Санкт-Петербург);

канд. техн. наук *А. Л. Колчеданцев* (директор по производству

ООО «ЗАВОД ЖБИ-8», Санкт-Петербург)

Инновационные методы организации строительного производства : материалы Всероссийской научно-практической конференции [18–19 ноября 2021 г.] / под общ. ред. Р. В. Мотылева и др. ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2021. – 213 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1156-0

В Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете 18–19 ноября 2021 г. прошла Всероссийская научно-практическая конференция «Инновационные методы организации строительного производства». В конференции приняли участие более 30 молодых ученых-исследователей и практиков из России.

В данном издании представлены научно-исследовательские работы молодых ученых, аспирантов, студентов и специалистов в области технологии и организации строительства. Рассмотрены организационно-технологические вопросы планирования, управления и организации строительства, технологии возведения промышленно-гражданских зданий и сооружений; вопросы использования для сравнительного анализа вариантов организации работ, стоимости и других относительных дифференциальных критериев, объединяемых в интегральные; вопросы составления исполнительных календарных графиков «по факту», их анализ и использование при строительстве аналогичных объектов; исследования по разработке организационных основ управления, многоуровневого календарного планирования строительства объектов и комплексов.

Печатается по решению Научно-технического совета СПбГАСУ

Редакционная коллегия:

Р. В. Мотылев (председатель редколлегии);

Ч. О. Бахтинова;

В. К. Нефедова;

В. М. Челнокова

ISBN 978-5-9227-1156-0

© Авторы статей, 2021

© Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2021

УДК 658.5:624.05

Сергей Владимирович Бовтеев,
канд. техн. наук, доцент,
докторант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: sergeibovteev@gmail.com

Sergei Vladimirovich Bovteev,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor,
Doctorate degree seeker
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: sergeibovteev@gmail.com

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

VISUALIZATION OF THE CONSTRUCTION PROCESS OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Исследуются проблемы визуализации процессов строительства в практике строительства зданий и сооружений. Приведен исторический обзор появления и развития методов 4D моделирования. Проанализирован текущий опыт применения методов в строительных компаниях Санкт-Петербурга. Рассмотрены требования нормативной литературы в сфере визуализации строительства. Проанализированы причины, определяющие возможность и необходимость внедрения 4D моделирования в практику строительства объектов. Дан сравнительный анализ современного программного обеспечения 4D моделирования. Определены требования к 3D модели и календарно-сетевым графикам, необходимые для упрощения и автоматизации 4D моделирования. Перечислены необходимые инструменты, которые рекомендуется использовать в процессе визуализации строительства.

Ключевые слова: 4D моделирование, визуализация строительства, календарно-сетевые графики, организация строительства, строительство, технологии информационного моделирования.

The problems of visualization of construction processes in the practice of construction of buildings and structures are investigated. A historical overview of the emergence and development of 4D modeling methods is given. The current experience of applying the methods in construction companies of St. Petersburg is analyzed. The normative requirements in the field of construction visualization are considered. The reasons that determine the possibility and necessity of introducing 4D modeling into the practice of construction have been analyzed. A comparative analysis of modern software 4D modeling is given. The requirements for a 3D model and schedules are determined, which are necessary to simplify and automate 4D modeling. The necessary tools are listed, which are recommended to be used in the process of visualization of construction.

Keywords: 4D modelling, visualization of construction, schedule, construction management, construction, building information modelling.

4D моделью называется трехмерная или 3D модель здания или сооружения, которая дополнительно учитывает четвертое измерение – время. То есть в отличие от статичной 3D модели, 4D модель является динамичной. Для возможности учета фактора времени 3D модель синхронизируется с календарно-сетевым графиком строительства.

За последние годы 4D модели прошли очень сложный путь своего развития и становления [1, 2]. Еще двадцать лет назад представители Стэнфордского университета США Мартин Фишер и Джон Кунц представили методологию виртуального проектирования и строительства (Virtual Design and Construction или VDC) [3]. Норвегия, Перу, Сингапур,

США, Швеция и Швейцария стали первыми странами, которые внедрили методологию VDC. Принцип данного подхода заключается в том простом факте, что намного дешевле и проще вначале тщательно смоделировать процесс строительства объектов, а затем приступить к выполнению работ, чем взяться за строительство без должной проработки. У такого подхода есть некоторые минусы: задержка начала строительных работ, требование наличия специалистов высокой квалификации, дополнительные затраты на компьютерную технику и программное обеспечение. Однако во многих случаях не так важно, когда начнутся строительные работы, сколько, когда они будут успешно завершены. Если добавить экономию времени рабочих, машин, механизмов и повышение качества строительной продукции за счет уменьшения количества рисков и управленческих ошибок – то эффективность VDC становится очевидной.

В наши дни инструменты визуализации процессов строительства используются как в развитых с точки зрения применения прогрессивных технологий странах, таких как США, Великобритания, Сингапур, Финляндия и других, так и в России.

В прошлом году 4D моделирование получило признание в отечественной нормативной документации, а именно в Своде правил СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве», который вступил в действие с 01 июля 2021 года. В данном документе, свободном от использования «мульти-D» терминологии, 4D моделирование строительства объектов получило название «визуализация процесса строительства». Так в приложении Ж, пункте Ж.10 данного свода правил говорится о том, что одной из задач применения информационного моделирования в строительстве может считаться задача визуализации процесса строительства. Эта задача заключается в применении специализированного программного обеспечения информационного моделирования в целях интеграции данных информационной модели строительства и календарно-сетевых графиков. В результате такой интеграции (или синхронизации) становится возможным:

- визуально отслеживать, анализировать и оптимизировать последовательности выполнения строительно-монтажных работ на объекте;
- обнаруживать «пространственно-временные пересечения» или коллизии, которые становятся видными на визуальной модели;
- проверять выполнимость организационно-технологических решений;
- контролировать выполнение физических объемов работ;
- визуализировать осуществление план-фактного анализа [4].

Среди причин, которые позволяют успешно внедрять инструментарию 4D моделирования в практику строительства, можно отметить:

- совершенствование компьютерной техники и информационно-коммуникационных технологий: увеличение производительности компьютеров и разрешения мониторов, уменьшение стоимости аппаратного обеспечения;
- успешную практику использования технологий информационного моделирования в мире, накопленный опыт и извлеченные уроки;
- совершенствование и рост доступности специализированных программных продуктов;
- появление нового поколения инженеров, которые готовы использовать новые технологии проектирования вместо старых и не нуждаются в переучивании, воспринимая современные инструменты как должное.

Визуализация процессов строительства была бы невозможной без специализированного программного обеспечения. Для 4D моделирования наиболее широко применяются следующие программные средства [5]:

- Autodesk Navisworks – программное обеспечение, предназначенное для синхронизации различных 3D моделей (АР, КР, ОБ, ЭС, ВК и т. д.) одного и того же объекта и нахождения пересечений, в качестве дополнительного функционала включает модуль TimeLiner, который предоставляет возможности формирования 4D моделей за счет синхронизации 3D моделей и календарно-сетевых графиков. Кроме того, модуль TimeLiner позволяет формировать лишь примитивные линейные графики (без установки связей между работами), поэтому функционал модуля крайне ограничен;

- SYNCHRO Pro, разрабатываемое корпорацией Bentley Systems (США). В отличие от Autodesk Navisworks, программное обеспечение SYNCHRO Pro целиком направлено на 4D моделирование строительства, включает функциональное средство календарно-сетевого планирования, сопоставимое по своим возможностям с таким программным продуктом как Oracle Primavera P6. Тем самым SYNCHRO Pro можно применять не только для визуализации решений календарно-сетевых графиков, но и для их разработки;

- модуль Powerproject BIM, расширяющий возможности программного средства календарно-сетевого планирования и контроля проектов Powerproject (ранее – Asta Powerproject). Powerproject, представляющее собой мощное средство планирования сроков строительства, и входящий в нее модуль PowerProject BIM разработаны компанией Elecosoft (Великобритания). Использование дополнительного модуля 4D моделирования Powerproject BIM позволяет визуализировать организационно-технологических решений в среде Powerproject.

Ряд исследователей предлагают использовать для визуализации процессов строительства другое программное обеспечение, кроме перечисленного ранее, например Autodesk Revit [6], обосновывая это отсутствием необходимости покупки дополнительного программного обеспечения. Такие популярные в нашей стране программы календарно-сетевого планирования как Oracle Primavera P6, Microsoft Project, Spyder Project и Адванта не обеспечивают формирование 4D моделей в своей среде и, действительно, заказчикам необходимо приобретать дополнительное программное обеспечения. Кроме того, календарно-сетевые графики, сформированные в среде отечественных Адванты и Spyder Project, не экспортируются в программы 4D моделирования и требуют применения для этих целей «промежуточных» программных средств.

В зависимости от выбранной в девелоперской, инжиниринговой или строительной организации системы планирования и контроля строительных проектов, а также от требуемой детализации 4D моделей принимается то или иное программное обеспечение визуализации процессов строительства.

На взгляд автора, наиболее оптимальным для обеспечения полноценного 4D моделирования является программное обеспечение SYNCHRO Pro. Известен положительный опыт применения 4D моделей, разработанных в системе SYNCHRO Pro, в целях поиска рациональных организационно-технических решений при строительстве комплексов зданий и сооружений в условиях ограниченного пространства; увеличения уровня безопасности процессов строительства; повышения организационно-технологической надежности строительства [7]. SYNCHRO Pro использовалось при управлении программой реновации застроенных территорий Санкт-Петербурга еще в 2014 году, известен

положительный опыт применения 4D моделей в проектах строительства нефтебазы, строительства спортивного комплекса «СКА-Арена» и других объектов.

SYNCHRO Pro позволяет (рис. 1):

- импортировать 3D модели и календарно-сетевые графики из множества специализированных программных продуктов;
- дорабатывать 3D модели: разрезать 3D объекты на части, перемещать, поворачивать и изменять пропорции 3D элементов; создавать простые 3D объекты, такие как параллелепипед, сферу и т. д.
- показывать движение строительных машин и механизмов на строительной площадке;
- формировать сечения для просмотра работ внутри строящегося здания;
- создавать анимационные ролики для того, чтобы 4D модели можно было увидеть всем заинтересованным лицам, включая тех, у кого нет лицензии на данную программу.

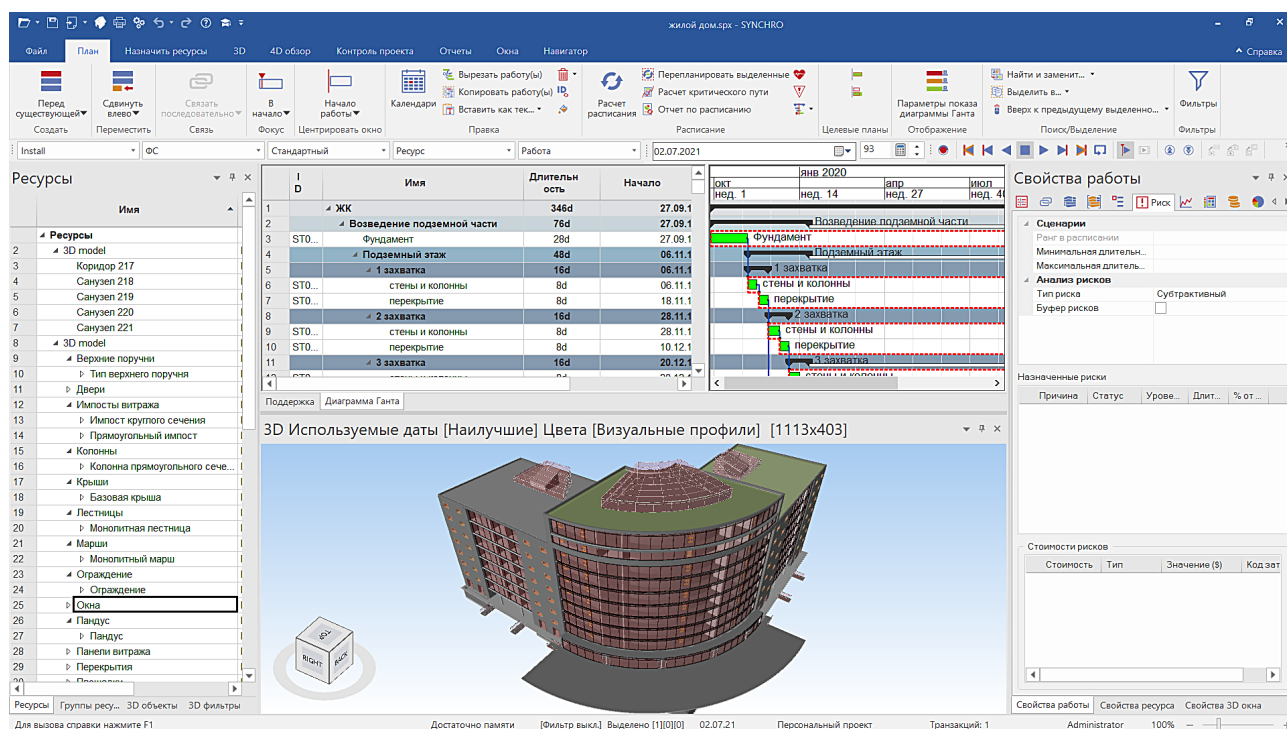


Рис. 1. Интерфейс программного обеспечения SYNCHRO Pro

Для того, чтобы автоматизировать процесс формирования 4D моделей, необходимо до экспорта 3D моделей и календарно-сетевых графиков предусмотреть:

- разрезку 3D объектов согласно делению объектов на захватки;
- присвоение кодов 3D объектам согласно установленным правилам;
- присвоение кодов работам календарно- сетевого графика строительства.

Рекомендуется разработка специальных правил классификации 3D элементов и работ календарно- сетевого графика.

Кроме того, исходя из опыта практической работы по созданию 4D моделей, рекомендуется активно использовать следующие инструменты, которыми обладает специализированное программное обеспечение 4D моделирования:

1. Формирование визуальных технологических карт и карт трудовых процессов, в которых для разных операций используется разная цветовая гамма и разная степень прозрачности.

2. Применение функционала Animator (Autodesk Navisworks) или 3D путь (SYNCHRO Pro) для отображения перемещения строительных машин и техники по строительной площадке.

3. Отображение выполнения внутренних работ, скрытых наружными конструкциями, на 4D моделях с помощью секущих плоскостей, т. е. сечений (SYNCHRO Pro) и прозрачности (Autodesk Navisworks и SYNCHRO Pro).

4. Нарезка 3D элементов на части (SYNCHRO Pro, Powerproject BIM) необходимой формы в целях разделения объекта строительства на захватки.

5. Разделение многослойного 3D объекта (например, кирпичной стены с утеплителем) для получения множества отдельных вертикально расположенных элементов в целях учета установки этих элементов в разные периоды времени.

6. Отображение направления развития строительного процесса в SYNCHRO Pro за счет синхронизации работ календарно-сетевым графиком с группой ресурсов (например, со свайным полем).

7. Создание файлов анимации для обеспечения просмотра 4D моделей участниками строительных проектов, не обладающих лицензиями на специализированное программное обеспечение.

Внедрение визуализации процессов строительства как одного из направлений информационного моделирования в практику организации строительного производства, несомненно, связано с целым рядом сложностей [8]. Среди всего прочего следует определить функции и ответственность специалиста по 4D моделированию в организационной структуре строительного предприятия, требования к 3D моделям и календарно-сетевым графикам, правила классификации элементов 3D модели и календарно-сетевым графикам, для того, чтобы сделать процесс 4D моделирования строительства более простым, доступным и понятным.

Вместе с тем применение 4D моделей, на сегодняшний день оправданное лишь для крупных и технически сложных объектов и их комплексов, всё же должно распространиться на многие объекты капитального строительства, а 4D модель стать неотъемлемой частью цифрового проекта организации строительства. После чего, на стадии разработки рабочей документации, с одной стороны, и детальных календарно-сетевых графиков строительства и графиков производства работ подрядными строительными организациями, 4D модель должна быть уточнена, согласована и принята к применению в строительном производстве.

После начала выполнения строительного-монтажных работ 4D модель может быть использована для визуализации отслеживания фактического хода проекта и осуществления план-фактного анализа.

Наряду с визуализацией решений календарно-сетевым графиком должны получить признание 4D технологические карты и 4D строительные генеральные планы.

Литература

1. Диска А. И. Исследование истории развития BIM-технологий как инструмента комплексного управления инвестиционным проектом // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы IV Международной научно-практической конференции / под общ. Ред.

А. А. Семенова. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 491–497.

2. *Нечипорук Я., Башкова Р.* Краткий обзор 4D моделирования в строительстве // *Архитектура. Строительство. Образование.* 2020. № 1 (15). С. 35–41.

3. What is Virtual Design and Construction? VDC definition – www.bimcorner.com/what-is-virtual-design-and-construction/ (дата доступа 30.09.21).

4. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. М., 2020. 219 с.

5. *Петроченко М. А., Шерстобитова П. А., Мацкина М. Л.* BIM 4D: Naviswork Manage и Synchro Soft // *Управление проектами: идеи, ценности, решения: материалы I Междунар. науч.-практич. конф.* СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 152–157.

6. *Болотин С. А.* Формирование графика комплексной застройки территории с использованием Revit и Microsoft Project // *BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф.* СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 53–58.

7. *Бовтеев С. В., Колесников С. В., Шерстобитова П. А.* Календарно-сетевое планирование строительства на основе 4D-моделей // *Управление проектами и программами.* 2020. № 4. С. 276–284.

8. *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 625.4

Дмитрий Аркадьевич Басовский,
канд. техн. наук, доцент
(Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I)
Олег Владимирович Востриков,
инженер, начальник службы пути
Петербургского унитарного предприятия
«Горэлектротранс»
E-mail: *basovskiy76@mail.ru, sbolotin@mail.ru,*
vost-ol@yandex.ru

Dmitry Arkadievich Basovsky,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Petersburg State Transport
University of Emperor Alexander I)
Oleg Vladimirovich Vostrikov,
Engineer, Head of the track service
of the St. Petersburg State Unitary Enterprise
“Gorelektrotrans”
E-mail: *basovskiy76@mail.ru, sbolotin@mail.ru,*
vost-ol@yandex.ru

НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ ДЛЯ ПУТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА РЕЛЬСОВОГО ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА

OF NEW CONSTRUCTIONS OF TRAMWAY TURNOUTS FOR TRAMWAY TRACK FACILITY IN THE URBAN RAIL TRANSPORT

В данной статье рассматривается работа стрелочных переводов на трамвайных линиях Санкт-Петербургского государственного унитарного предприятия «Горэлектротранс», в том числе следующие типы: одноостряковые и двухостряковые. Также предлагается рассмотреть возможность разработки новых конструкций стрелочных переводов для трамвайных путей. В будущем такой конструкцией станет создание стрелочного перевода с равным ресурсом, где все детали будут унифицированы и будут иметь примерно равный ресурс.

Одним из вариантов конструкции может быть стрелочный перевод без острияков. Использование безостряковой конструкции упрощает и удешевляет технологию изготовления стрелочных переводов, так как строжка острияков не требуется. Переводящие подвижные рельсы изготавливаются из стандартных рельсов. Срок службы стрелочного перевода без острияков увеличивается в 3–4 раза (он будет работать так же, как и штатные рельсы), и в целом все конструктивные элементы будут иметь примерно одинаковый ресурс.

В основе новой конструкции лежит сохранение одинаковой длины с существующими стандартными стрелочными переводами, и взаимозаменяемость существующих стрелочных переводов и новых безостряковых без перестройки соседних путей и магистралей.

Ключевые слова: трамвайный путь, стрелочный перевод, унификация, безостряковый.

This article deals with the operation of track switches on the tram lines of St. Petersburg State Unitary Enterprise «Gorelektrotrans», including the following types: single-point blade and double-point blade. It is also proposed to consider the possibility of developing new designs of track switches for the tram track facilities. In the future, such a design will be the creation of an equal-resource turnout switch, where all parts will be unified and will have approximately equal resource.

One of the variants of design can be a rail turnout without point blades. The use of a non-point blades design simplifies and reduces the cost of the manufacturing technology of the turnouts, since the gouging of the point blades is not required. Convertible movable rails are made from standard rails. The service life of track switch without point blades increases by 3–4 times (they will work the same as the stock rails) and, in general, all structural elements will have approximately same resource.

At the heart of the new design, the same length is maintained with the existing standard turnouts and the interchangeability of existing pointed turnouts is ensured with new non-point blades turnouts, without rebuilding adjacent tracks and thoroughfares.

Keywords: tramway track, rail turnout, unification, non-point blade.

В последние несколько лет в развитых странах Европы и Азии наметилась устойчивая тенденция к расширению роли общественного транспорта в крупных городах. Рост числа личных автомобилей привел к повсеместному возникновению проблемы уличных заторов. Простои автомобилей в заторах резко ухудшили экологическую обстановку, поскольку двигатели автомобилей в этом случае работают в неэкономичном режиме, что существенно ухудшает условия сгорания топлива и приводит к увеличению загазованности городов. В связи с этим, городские администрации практически всех сравнительно крупных городов Европы вновь обратились к вопросу развития общественного транспорта, особенно, как наиболее экологичного, электрического (трамваев и троллейбусов).

Городской наземный рельсовый транспорт в странах СНГ и дальнего зарубежья, например, а также в США является одним из основных видов транспорта, на который приходится более 20% всего объема пассажирских перевозок. Высокая провозная способность, экономичность в условиях крупного города, рост комфортабельности перевозок и другие факторы способствовали широкому развитию этого традиционно популярного вида рельсового наземного транспорта. Разве не о популярности трамвая говорят, например, такие данные: в 26 городах США имеются трамвайные линии общей протяженностью около 650 км, ведется строительство еще 186 км и запланировано к строительству почти 600 км [1].

Эксплуатируемые в настоящее время трамваи отечественного производства в большинстве своем не вполне соответствуют современному уровню, т. к. выполнены на основе традиционных технических решений экипажной части и тягового привода, заложенных несколько десятилетий назад (длинные вагоны с весьма высокой массой тары, высоким уровнем пола, на двухосных тележках с колесными парами и двигателями постоянного тока). Современные трамваи должны соответствовать ряду весьма жестких требований, важнейшими из которых являются комфорт и безопасность проезда пассажиров, низкое энергопотребление и малый уровень шума, высокая маневренность, которая определяется малым радиусом кривых участков пути, проходимых трамвайным поездом. Трамваи по сравнению с троллейбусами имеют ряд преимуществ: меньшее сопротивление движению обуславливает меньший расход энергии на тягу; возможность использования в качестве второго провода направляющих рельсов обуславливает меньшее загромождение уличного пространства сложной контактной сетью и позволяет трамваям перемещаться с большими средними скоростями.

Трамваи, как и другой электрический транспорт, не загрязняют воздух продуктами сгорания. Кроме того, трамваи обеспечивают большую провозную способность, чем автобус или троллейбус. Хотя трамвайный вагон стоит намного дороже автобуса и троллейбуса, трамваи отличаются большим сроком службы.

При этом, многое зависит от соблюдения срока службы и своевременности смены спецчастей трамвайного пути, к которым относятся стрелки и крестовины.

Срок службы спецчастей зависит от качества металла, его износостойкости и прочности, от конструкции и геометрических характеристик стрелок и крестовин, от величины грузонапряженности (рис. 1) и места расположения спецчастей, от качества их укладки и содержания.

Как видно из рис. 1, срок службы литых стрелок значительно выше, чем обычных. Разница особенно существенна при грузонапряженности более 9 млн. т брутто, в связи с чем системой ремонтов спецчастей не предусматривается применение сборных спецчастей при большей грузонапряженности. Это также относится к крестовинам и пересечениям: срок службы литых спецчастей у них значительно больше срока службы сборных (рис. 2).

Для того чтобы улучшить технико-экономические показатели трамвая необходимы изменения, направленные на снижение капитальных и эксплуатационных затрат.

Фактические данные грузонапряженности стрелочных переводов, уложенных на путевой сети СПб ГУП «Горэлектротранс» представлены в табл. 1.

В качестве таких изменений можно рассматривать разработку новых конструкций стрелочных переводов для путевого хозяйства. В перспективе, такой конструкцией будет создание равноресурсного стрелочного перевода, где все узлы будут унифицированы и будут иметь приблизительно равный ресурс [3].

Такой перевод уже есть – это безостряковый стрелочный перевод.

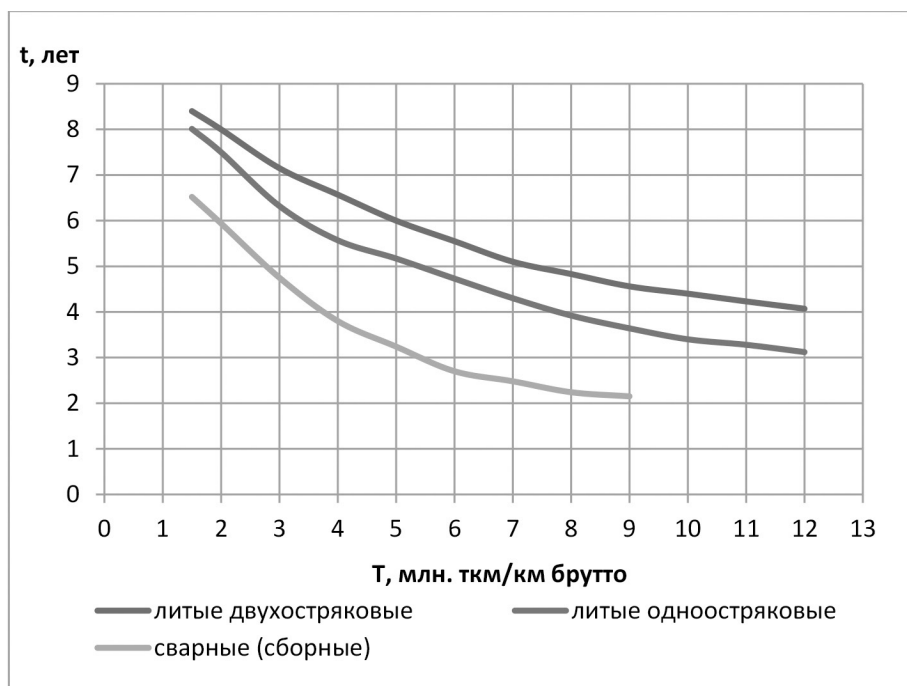


Рис. 1. Срок службы стрелок t в зависимости от грузонапряженности T

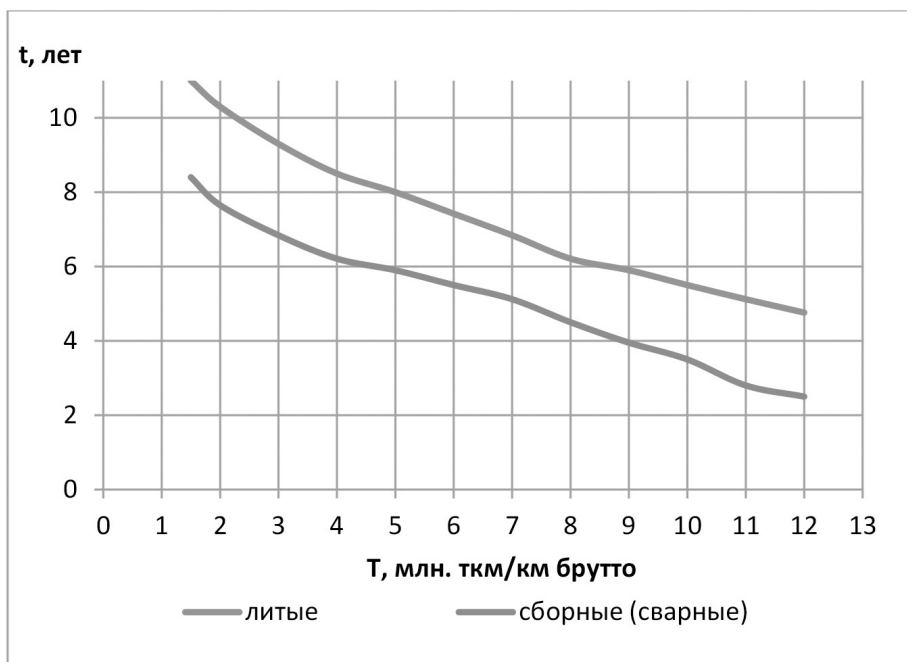


Рис. 2. Срок службы t крестовин и пересечений в зависимости от грузонапряженности T

Фактические данные грузонапряженности стрелочных переводов

Тип стрелочного перевода	Грузонапряженность, млн ткм/км брутто			
	0–4	5–7	8–10	11–13
Одноостряжковые, шт.	358	148	86	20
Двухостряжковые, шт.	11	0	12	2

Эти переводы применялись на железных дорогах с 1835 года. Известны конструкции с одиночными передвижными (поворотными) рельсами, с двойными подвижными поворотными рельсами с центром вращения их в корне, и с двойными подвижными рельсами, переводящимися параллельным смещением – так называемые скользящие стрелки. Однако стрелки с двойными подвижными (поворотными) рельсами выгодно отличаются от других стрелок тем, что они более устойчивы в горизонтальной плоскости; направляющие на ответвление рельсы можно изготовить криволинейными по любому закону и тем достигать более плавного входа железнодорожных экипажей на ответвление.

Остряк является одним из самых дорогих элементов стрелочного перевода, для изготовления которого применяется закаленная сталь повышенной износостойкости, что удорожает затраты на изготовление остряка. Остряк подвержен интенсивному неравномерному износу, быстро крошится, требует сложного оборудования для обработки и требует специального острякового профиля для изготовления. В остряке требуется выпрессовка корневой части для соединения его с рельсами переводной кривой [1].

В безостряжковых стрелочных переводах должны применяться обычные типовые рельсы (конструкция более простая) [2].

Начальный угол переводной кривой в безостряжковых стрелочных переводах равен нулю градусов и примыкает к прямому направлению по касательной, что обеспечивает плавное безударное вписывание колесных пар подвижного состава в кривую.

Эксплуатационные испытания опытных конструкций безостряжковых стрелочных переводов показали, что их стрелки обладают сроком эксплуатации, который в 3–4 раза превышает эксплуатационный ресурс стрелочных переводов с остряками. Безостряжковые стрелочные переводы позволяют существенно улучшить условия прохода по ним подвижного состава за счет устранения угла удара в остряк и некоторого увеличения радиусов переводных кривых. Безостряжковые стрелочные переводы при одинаковом радиусе переводного рельса и соединительной кривой удобны в эксплуатации: по фактическому износу переводной рельс стрелки и рельс соединительной кривой заменяются одновременно.

Для обеспечения возможности широкого применения улучшенных стрелочных переводов необходима их взаимозаменяемость. В целях взаимозаменяемости практическая длина новых стрелочных переводов принимается такой же, как и существующие, за счет изменения радиуса кривых в пределах переводной кривой стрелочного перевода.

Безостряжковые стрелочные переводы укладываются при сохранении длины стрелочного перевода с минимальным начальным углом переводного рельса, обеспечивающим необходимую плавность хода и создающим улучшенные условия вписывания. Радиус переводной кривой в пределах нового безостряжкового стрелочного перевода не превышает радиус существующих конструкций (в пределах 10–50 м). Минимальный начальный угол остряка исключает запрограммированный (расчетный) удар колесной

$$M_n = \sqrt{(R + S_n)^2 - R^2} = \sqrt{S_n(2R + S_n)} \quad (2)$$

И полную длину стрелочного перевода по прямой

$$L_n = M_n + m \quad (3)$$

находят угол поворота стрелочного перевода

$$Y_n = Y_k \frac{360}{2n \cdot (R + S_n)} \cdot m \quad (4)$$

Определяют длину тангенса кривой, по которой описан перевод,

$$T_n = \left(R + \frac{S_n}{2} \right) \cdot \operatorname{tg} \frac{Y_n}{2} \quad (5)$$

Вычисляют расстояние от начала стрелки до математического центра крестовины по кривой

$$M_k = \frac{2\pi \cdot (R + S_n)}{360} \cdot Y_k \quad (6)$$

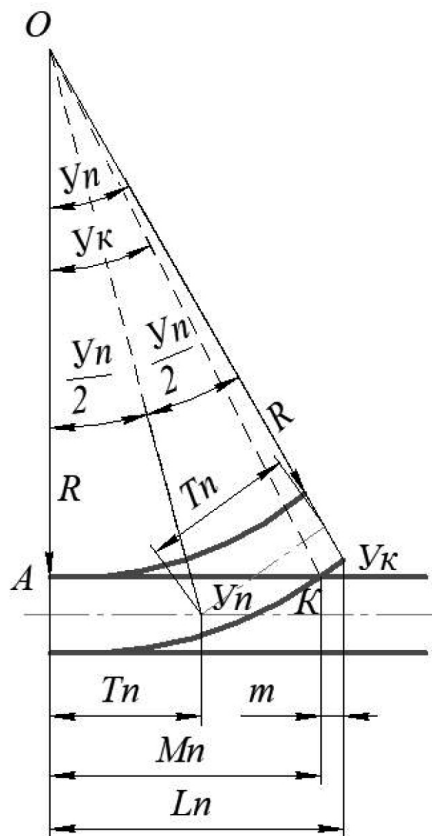


Рис. 4. Расчетная схема стрелочного перевода, описанного по кривой одного радиуса

Стрелки с двумя подвижными остриями (двухостряковые стрелки) в Санкт-Петербурге укладываются при реконструкции трамвайных узлов и на вылетных скоростных линиях трамвая, и составляют не более 3 % от общего числа эксплуатируемых стрелок. Массово применяются литые стрелки, изготовленные из высокомарганцовистой стали с одним подвижным острием.

Основные данные по стрелочным переводам, уложенным на путевой сети СПб ГУП «Горэлектротранс» представлены в табл. 2.

Таблица 2

Основные данные по стрелочным переводам

Тип стрелочного перевода	Кол-во, пар	Автоматизация		Радиус стрелочного перевода, м			
		оборудованных	необорудованных	14 м	30 м	50 м	Компандные
Одноостряковые	1206	234	972	46	1056	9	95
Двухостряковые	25	13	12	-	24	1	-
Всего	1231	247	984	46	1080	10	95

Литература

1. *Коссой Ю. М.* Путь и путевое хозяйство трамвая. Учебник для студентов строительных и транспортных специальностей вузов и системы послевузовского образования, Н. Новгород: «Штрих-Н», 2008. 332с.
2. *Коссой Ю. М.* Трамвайный путь. Учебное пособие. Н.Новгород: «Литера», 2000. 282 с.
3. *Говоров В. В., Басовский Д. А.* Унификация стрелочных переводов ведомственных железнодорожных путей // Сборник научных статей, журнала ВИНТИ РАН, № 4. М.,2011. С. 38–42.
4. *Садиков О.Н.* Трамвайные пути. Устройство, ремонт и содержание. М., «Транспорт», 1976, 176 с.

УДК 627.8.05

Евгений Олегович Добрышкин,
преподаватель
Никита Владимирович Курашев,
курсант
Анатолий Аркадьевич Васильев,
курсант
(Военный институт (инженерно-технический))
E-mail: edobryshkin@mail.ru,
nikita.kurashev@mail.ru,
anvasilievarc@gmail.com

Evgeniy Olegovich Dobryshkin,
senior lecturer
Nikita Vladimirovich Kurashov,
cadet
Anatoly Arkadyevich Vasiliev,
cadet
(Military Institute (Engineering and Technical))
E-mail: edobryshkin@mail.ru,
nikita.kurashev@mail.ru,
anvasilievarc@gmail.com

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО МЕТОДА ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ НЕБОСКРЕБОВ

JUSTIFICATION OF THE APPLICATION OF A CONSISTENT METHOD OF ORGANIZING CONSTRUCTION IN THE CONSTRUCTION OF SKYSCRAPERS

В статье рассматриваются основные методы организации строительства, которым дана краткая характеристика и сравнительный анализ. Проведен анализ последовательного метода организации строительства при возведении небоскребов и зданий сверхповышенной этажности, где указаны этапы строительного процесса, особенность и преимущества последовательного метода при возведении данных сооружений.

Ключевые слова: методы организации строительства, последовательный метод, небоскреб, захватка, этапы возведения зданий и сооружений.

The article discusses the main methods of construction organization, which are given a brief description and comparative analysis. The analysis of the sequential method of organizing construction in the construction of skyscrapers and buildings of super-high number of storeys is carried out, where the stages of the construction process, the features and advantages of the sequential method in the construction of these structures are indicated.

Keywords: methods of construction organization, sequential method, skyscraper, grabbing, stages of construction of buildings and structures.

В современной производственной деятельности выделяют три метода организации строительства: последовательный, параллельный и поточный. В зависимости от местонахождения объекта строительства, количества рабочей силы, применяемой на объекте строительства, капитала, выделяемого на объект, и иных ресурсов данные методы организации строительства интегрируют с узконаправленными методами, которыми являются следующие: узловый, комплектно-блочное строительство, вахтовый и совмещенное выполнение работ. Комбинацию методов организации строительства выбирают в зависимости от технических показателей объекта строительства, геологических и климатических условий, экономических и людских ресурсов.

Каждый метод организации строительства имеет свои преимущества и недостатки. Так последовательный метод на сегодняшний день не является распространенным методом, так как он приводит к удлинению сроков строительства объекта [1]. Например, при строительстве высотного здания в составе жилого комплекса, имеющего в своем составе группу зданий с вспомогательными сооружениями (парками, надземными и подземными парковками, детскими площадками), нецелесообразно и неэффективно использовать

последовательный метод строительства, так как средняя этажность здания, входящего в состав жилого комплекса в городе Санкт-Петербурге, составляет 15–16 этажей [2]. Поэтому внутренняя отделка и обустройство здания начинается только после возведения последнего этажа сооружения. При коротких сроках строительства используют параллельный способ строительства зданий. Суть данного метода заключается в выполнении ряда одновременных работ, в которых задействуется большее количество бригад, выполняющих свою определенную функцию при строительстве здания [3]. Данный метод позволяет использовать несколько бригад при строительстве стен и межэтажных перекрытий на одном этаже. Поточный метод используется при массовом строительстве, когда несколько бригад в определенном составе с бесперебойным использованием техники ритмично выполняют заданный спектр работ (строительство фундамента, возведение этажа). Таким образом, по данным показателям последовательный способ уступает параллельному и поточному методам организации строительства. Однако, именно последовательный метод является единственным возможным при возведении небоскребов, которые имеют этажность более 50 этажей.

Критерием возведения подобного здания является наличие только одной захватки на строительном объекте в определенное время работ. Захватка – определенная часть всех строительных работ, которая выполняется рабочей бригадой за определенный промежуток времени до полного завершения работ [4]. В данном методе захватка является этапом работ. Таким образом, при организации строительства небоскреба или высотного здания поточный метод не является эффективным, так как здание является конструктивно сложным объектом строительства, подразумевающим возведение одного уникального сооружения, а последний метод направлен на строительство однотипных и несложных объектов. Также параллельный метод является нецелесообразным поскольку предполагает работу на нескольких захватках определенного количества бригад.

При строительстве небоскребов по последовательному методу строительства выделяют следующие этапы, которые приведут к строительству объекта (табл. 1).

Таблица 1

Этапы последовательного метода организации строительства

Этап	Характеристика этапа
Выбор территории застройки	Инженерные изыскания территории, определение и выбор фундамента объекта, определение конструктивных характеристик сооружения
Подготовка строительной площадки	Подготовка территории к строительству, создание дополнительных инженерных сетей, рабочего городка, обеспечение ресурсов
Возведение подземной части	Возведение фундамента здания и дополнительных опор
Возведение надземной части	Возведение этажей и крыши
Монтаж технического оборудования	Оснащение здание канализацией, инженерными сетями, вентиляцией
Выполнение отделочных работ	Внутренняя и внешняя отделка здания
Благоустройство территории	Озеленение, создание парковочных мест и ограждающих конструкций

На рис. 1 представлены график календарных работ на первой захватке и циклограмма первого и второго технологических процессов [5].



Рис. 1. Циклограмма и календарный график производства работ

При подборе участка для застройки необходимо учитывать геологические условия территории, для чего проводят инженерные изыскания, которые показывают данные, являющиеся основой для задания на проектирование строящегося объекта. Также собираются нагрузки на грунт в зависимости от конструктивных характеристик здания, чтобы на ранней стадии обеспечить несущую способность основания. При выборе территории строительства здания учитывается архитектурная целостность и эстетический вид объекта по отношению к другим сооружениям, как это происходит в соответствии с нормативно-правовой базой в Санкт-Петербурге [6]. Также рассчитывается и проектируется логистика подвоза материалов на строительную площадку, их хранение и содержание, с учетом строительства здания на длительный срок, место проживание рабочих бригад и их материально-техническое обеспечение.

При подготовке строительной площадки выделяется следующая захватка – подготовка территории к строительству объекта, которая выражается в земляных, подготовительных и транспортных работах. Земляные работы представляют собой отчистку территории строительного участка от растительности и насаждений с использованием землеройно-транспортных машин. Подготовительные работы заключаются в создании дополнительных систем обеспечения строительной площадки, таких как подготовка дополнительных узлов инженерных сетей, канализационных путей для отвода воды со строительной площадки, места складирования материалов, места стоянки строительной техники и место проживания строительных бригад.

Особенность последовательного метода организации строительного процесса при возведении небоскреба или здания сверхповышенной этажности состоит в том, что бригада рабочих приступит к выполнению следующего этапа после выполнения предыдущего этапа. Именно такая организация работ при возведении данных сооружений является эффективной, целесообразной и безопасной. Безопасность выполнения обеспечивается тем, что при реализации технологических процессов на участке на высоте не будет осуществляться ряд работ, совмещение которых не допустимо.

Подводя итог по рассмотрению последовательного метода организации строительного процесса, можно выделить следующие выводы в отношении применения указанного подхода:

1. Простота организации работ. Бригада не преступает к выполнению следующего этапа пока не будет завершен предыдущий. Также бригаде ставится определенная задача на определенном участке фронта работ.

2. Ритмичность проведения работ. Этапы строительства характеризуются различными технологиями возведения объекта с различными объёмами, при которых каждая захватка имеет свою ритмичность. В зависимости от климатических условий и иных внешних и внутренних факторов устанавливается ритмичность работ.

3. Постоянный состав рабочих бригад, которые являются универсальными, принимающими участие на каждой захватке при возведении объекта. Также этот состав имеет минимальное возможное значение, так как рабочие бригады участвуют от начала работ по возведению объекта до их завершения.

Таким образом, при организации строительного производства по возведению небоскребов и зданий повышенной этажности целесообразным решением является использование последовательного метода выполнения работ. Именно этот метод позволит обеспечить грамотную и правильную организацию работ на строительной площадке.

Литература

1. *Изотов В. С., Сабитов Л. С., Мухаметрахимов Р. Х.* Основы технологии строительных процессов: учеб. пособие КГАСУ. Казань: 2013.

2. Правила землепользования и застройки (ПЗЗ) Санкт-Петербурга (редакция от 27.02.2021).

3. СНиП 1.04.03–85*. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений: в 2 ч. / Госстрой СССР, Госплан СССР. М.: АПП ЦИТП, 1991. Ч. 1, 2.

4. *Фомин В. Н., Хавин Д. В.* Организация строительного производства: учеб. пособие. НГАУСУ Н. Новгород: 2008.

5. ТСН 30-305-2002 Санкт-Петербурга Градостроительство. Реконструкция и застройка нецентральных районов Санкт-Петербурга.

6. Единые нормы и расценки. ЕниР. 1987 / Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1987.

7. *Фомин В. Н., Гусев Э. Н., Хавин Д. В.* Моделирование организации строительного производства: учеб. пособие. Н. Новгород: 2000.

8. Пути совершенствования контрактного механизма для возведения и эксплуатации объектов специального назначения. Бабелян А. А., Лебедкин А. П., Пчелкин В. О. Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2020. № S10 (11). С. 76–81.

9. Современные направления развития технологии, организации и экономики строительства. Сборник научных трудов участников межвузовской научно-практической конференции / Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулёва. 2019.

10. Анализ реконструкции инфраструктуры в Северо-Западном федеральном округе. Бирюков А. Н., Макаров Р. В. Нормирование и оплата труда в строительстве. 2019. № 3. С. 10–13.

11. Анализ опыта обеспечения техники безопасности и охраны труда на строительных объектах Санкт-Петербурга и Ленобласти. Шинкевич В. А., Гресь Д. А., Еремеев И. И., Смолин А. В. Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2019. № 4 (5). С. 315–324.

12. Механизм предпочтения концепции восстановления и строительства объектов. Бирюков А. Н. Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. 2012. № 2 (2). С. 26–32.

УДК 658.5:624.05

Игорь Сергеевич Рябчевский,

аспирант

Сергей Олегович Кашуба,

аспирант

Людмила Александровна Сулейманова,

д-р техн. наук, профессор

(Белгородский государственный

технологический университет им. В. Г. Шухова)

E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru,

kloud09@mail.ru

Igor Sergeevich Ryabchevskiy,

postgraduate student

Sergey Olegovich Kashuba,

postgraduate student

Lyudmila Aleksandrovna Suleymanova,

Dr. Sci. Tech., Professor

(Belgorod State Technological

University named after. V. G. Shukhov)

E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru,

kloud09@mail.ru

4D BIM-МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ BENTLEY SYNCHRO PRO

4D BIM MODELING OF CONSTRUCTION OBJECTS IN BENTLEY SYNCHRO PRO SOFTWARE

Современный строительный бизнес развивается в условиях постоянной технологической революции и жесткой конкуренции. Постоянно совершенствуются инженерные технологии, увеличиваются темпы производства работ, интенсивно меняются экономические условия и риски. Своевременное выполнение всех задач согласно утвержденному календарному графику строительного проекта – главная цель, от которого зависит успех всего проекта. В этих условиях актуальным становится вопрос точного предварительного расчета и мониторинга хода строительно-монтажных работ в реальном времени.

Учитывая современную инвестиционную политику и постоянный рост объема производства на фоне сокращения сроков строительства, должна быть выработана такая концепция контроля, которая в наибольшей степени могла бы точно и оперативно предоставлять актуальные данные. Поэтому целесообразно рассмотреть влияние на эффективность внедрения новых специализированных программ и методик в систему организации строительного производства. А также предложить новый системный инструмент для организации строительства и снижения рисков в строительстве.

Ключевые слова: BIM-моделирование, календарное планирование, строительство, метод критического пути.

The modern construction business is developing in the face of a constant technological revolution and fierce competition. Engineering technologies are constantly being improved, the pace of work is increasing, economic conditions and risks are changing rapidly. Timely completion of all tasks in accordance with the approved construction project schedule is the main goal on which the success of the entire project depends. In these conditions, the issue of accurate preliminary calculation and monitoring of the progress of construction and installation works in real time becomes relevant.

Taking into account the modern investment policy and the constant growth of production volume against the background of shorter construction times, a control concept should be developed that would be able to provide accurate and prompt data to the greatest extent. Therefore, it is advisable to consider the impact on the effectiveness of the introduction of new specialized programs and techniques in the organization of construction production. And also to offer a new systemic tool for organizing construction and reducing risks in construction.

Keywords: BIM modeling, scheduling, construction, critical path method.

Введение

В результате поэтапного развития технологии BIM в строительстве, на сегодняшний день, существует множество программных комплексов, специализирующихся на всех

стадиях проектирования: архитектурные решения, территория застройки, все инженерные сети, различные конструктивные решения [1–4].

Все разработанные для конкретного проекта разделы, создаются в различных программах. Для объединения все модели проекта сохраняются в едином расширении файлов BIM моделей «IFC» [5].

Общая BIM-модель, разработанная по всем проектным разделам, собирается для разработки как проекта организации строительства, так и для самого строительства.

На стадии сбора общей модели выявляется большое количество коллизий – незапланированное пересечение различных элементов здания или сооружения. В сложившейся практике строительства эти коллизии выявляются на стадии возведения, принося ряд затрат: трудовых, финансовых, временных. Но, при ведении строительства при помощи BIM-моделирования, эти проектные недочеты выявляются на ранних стадиях проекта [6, 7].

Современные 4D BIM программные комплексы являются неоспоримыми лидерами упрощения планирования организации строительства. Они предлагают широкий перечень функций работы с BIM-моделью:

- обнаружение коллизий;
- составление перечня работ с привязкой каждого элемента модели, необходимых материалов, требуемых трудозатрат и величины финансирования;
- задание различных алгоритмов подсчета временных затрат для каждой отдельной работы;
- сопоставление последовательности выполнения работ;
- построение календарного плана методом критического пути;
- автоматическое смещение времени производства работ, при внесении изменений в предшествующих;
- ведение и составление отчетов выполненных работ за любые периоды.

В отрасли 4D BIM моделирования выделяются две основные программы BIM календарного планирования: Bentley Synchro PRO и Autodesk Navisworks [8]. Они выполняют практически одинаковые функции, однако Bentley Synchro PRO обладает большим набором инструментов для взаимоувязки работ и корректировки готового проекта на стадии возведения здания или сооружения.

Bentley SYNCHRO Pro не является альтернативой привычным планировщикам, а наоборот, импорт и экспорт данных в обычных форматах для этих приложений позволяет организовать связанные процессы для совместной работы различных строительных и проектных подразделений и специальностей проекта, наладить связь между ними.

Материалы и методы

Для проверки возможностей Bentley SYNCHRO Pro выбрана модель четырнадцатиэтажного жилого дома, состоящего из двух корпусов с монолитным железобетонным каркасом. В проектные данные этого строительного объекта входят следующие разделы: АР – архитектурные решения; КЖ – конструкции железобетонные; О – освещение; СБ – системы безопасности; СКС – слаботочные сети связи и сигнализации; ЭОМ – электропитание; ВК – внутренние водопровод и канализация (рис. 1).

Для работы в SYNCHRO необходимо все эти разделы импортировать. Происходит это по команде «Импорт», после выбора которой открывается одноименное окно (рис. 2, а),

в нем выбираются файлы, необходимые для загрузки в рабочую среду. После выбираются необходимые действия с импортируемыми элементами, в данном случае задается автоматическое создание материальных ресурсов (рис. 2, б). После загрузки всех частей модели необходимо просмотреть собранную цифровую копию здания и проверить 3D-элементы.

	BIM-проект (МКЖД).tbp	29-11-2020 0:16	Файл "TBP"	118 959 КБ
	МКЖД.АС (ArchiCAD)	29-11-2020 0:17	IFC File	42 744 КБ
	МКЖД.АС (ArchiCAD).jfm	29-11-2020 0:17	Файл "JFM"	16 КБ
	МКЖД.АС (ArchiCAD).xBIM	29-11-2020 0:17	Файл "XBIM"	76 800 КБ
	МКЖД.КЖ (Tekla)	29-11-2020 0:17	IFC File	101 959 КБ
	МКЖД.О_корпус1	29-11-2020 0:17	IFC File	31 167 КБ
	МКЖД.О_корпус2	29-11-2020 0:17	IFC File	60 175 КБ
	МКЖД.СБ_корпус1	29-11-2020 0:17	IFC File	24 935 КБ
	МКЖД.СБ_корпус2	29-11-2020 0:17	IFC File	47 055 КБ
	МКЖД.СКС_корпус1	29-11-2020 0:17	IFC File	12 327 КБ
	МКЖД.СКС_корпус2	29-11-2020 0:17	IFC File	14 223 КБ
	МКЖД.ЭОМ_корпус1	29-11-2020 0:17	IFC File	66 327 КБ
	МКЖД.ЭОМ_корпус2	29-11-2020 0:17	IFC File	125 229 КБ
	МКЖД-ВК	29-11-2020 0:17	IFC File	504 452 КБ

Рис. 1. Исходные данные для 4D BIM модели

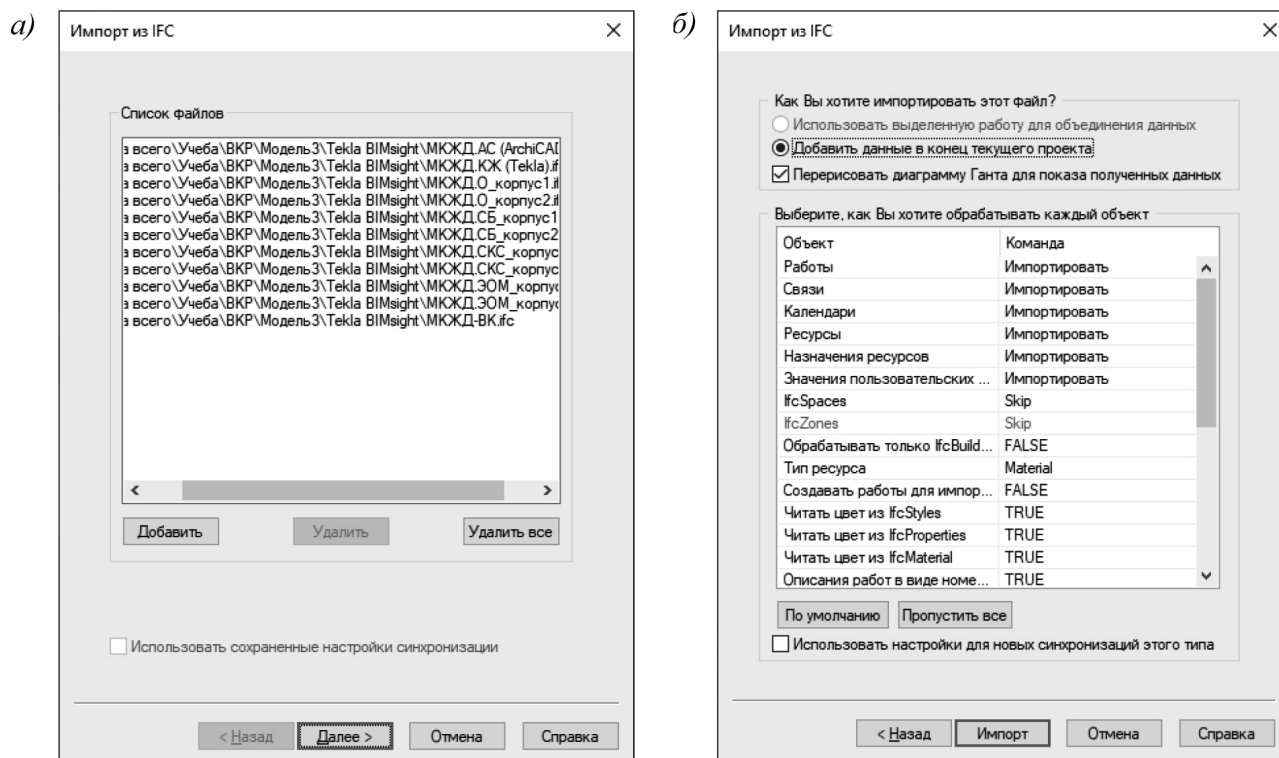


Рис. 2. Импортирование модели:
а – выбор импортируемых файлов;
б – задание настроек для импортируемых файлов

Для ускорения темпов производства строительно-монтажных работ необходимо соблюдать принцип поточности. Модель здания состоит из двух корпусов: корпус 1 имеет габаритные размеры 47,6×20,9 м, корпус 2 – 23,9×16,5 м, при этом корпус 1 расположен на 0,55 м выше корпуса 2. В данном случае рационально будет начать строительство с первого корпуса ввиду больших объемов работ. Автоматически созданное окно ресурсов представлено на рис. 3.

Для удобства составления календарного плана создаются пользовательские поля ресурсов: этаж, корпус, элемент и настраиваются колонки отображения в окне ресурсов (рис. 4). После этого, последовательно выбирая элементы модели в свойствах ресурсов, прописывается нужное значение.

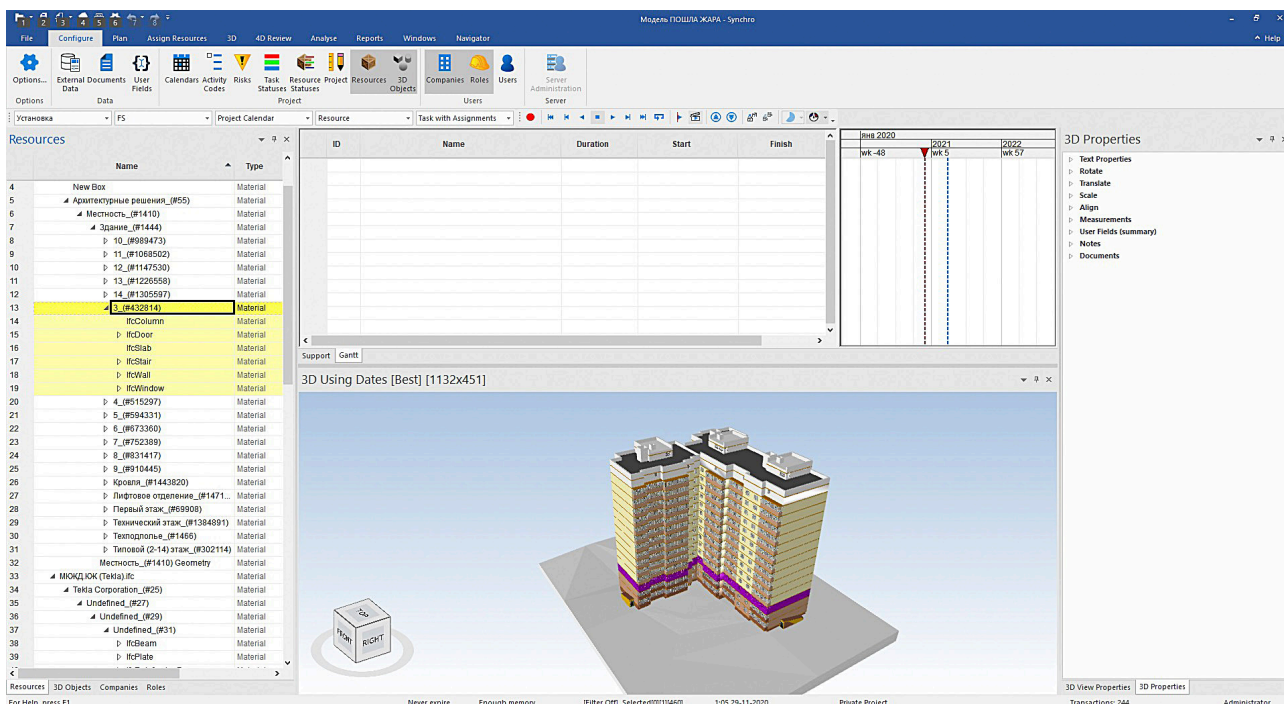


Рис. 3. Автоматически созданное окно ресурсов

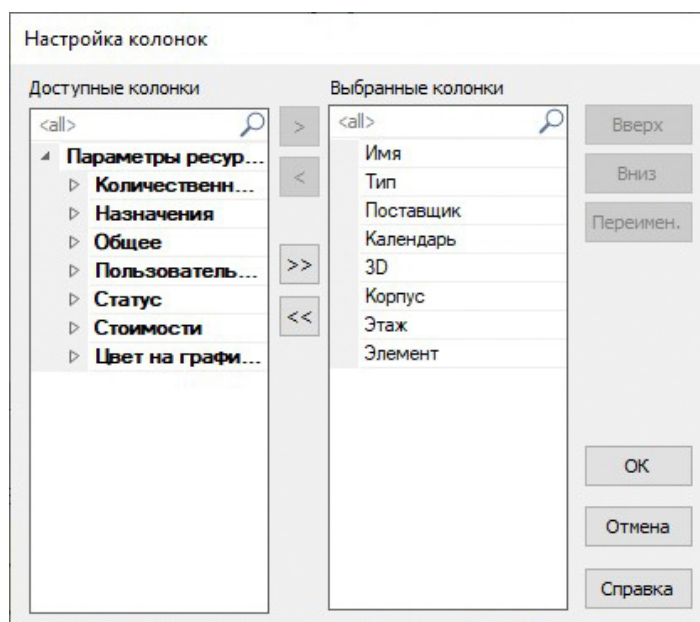


Рис. 4. Окно настройки колонок окна ресурсов

Для создания работ необходимо в окне диаграммы Ганта добавлять предполагаемые работы, заданная структура дерева работ представлена на рис. 5.

При назначении ресурсов требуется сопоставить ранее сгруппированные ресурсы и работы, после чего в окне ресурсов во всплывающем меню выбрать команду: «назначить на выделенные работы» (рис. 6). Таким образом, необходимо сопоставить все ресурсы с работами.

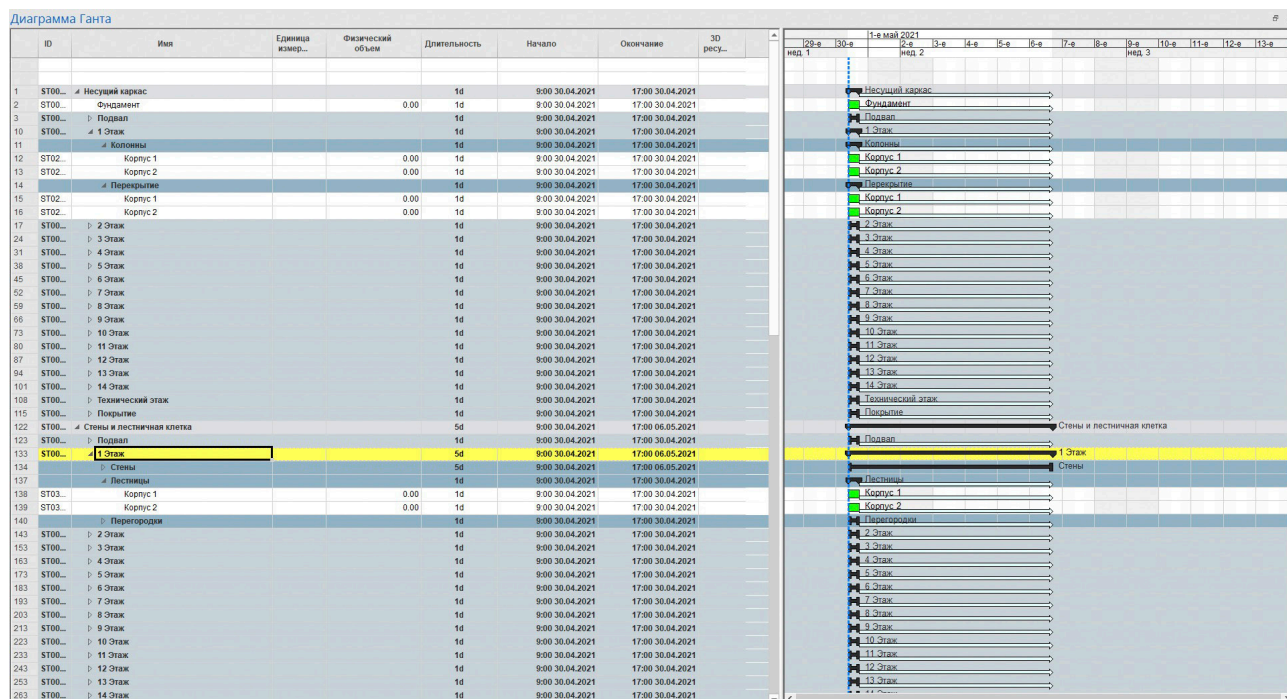


Рис. 5. Созданное дерево работ

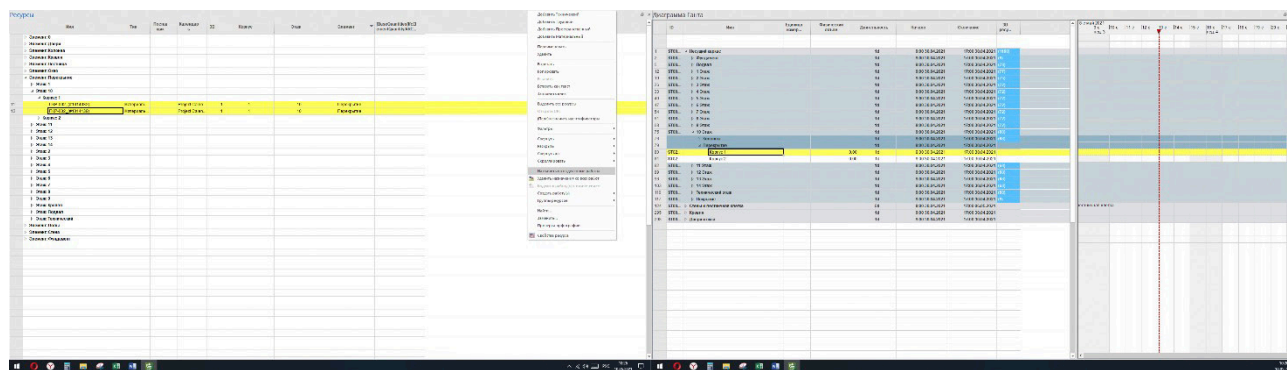


Рис. 6. Назначение ресурсов на работы

Для подсчета объемов работ достаточно выбрать соответствующую работу, после чего выделяются зависимые от этой работы 3D элементы, теперь в окне свойств 3D во вкладке измерения вычислить все геометрические характеристики, где полученный объем просто вписываем в колонку работ – физический объем.

Для автоматического подсчета продолжительности производства всех работ, нужно воспользоваться окном нормативов, представленным на рис. 7. В нем необходимо создать нормативы, которые имеют ID, описание, норму выработки и измеритель. Расчет норм выработки производится из трудозатрат, которые определяются, в нашем случае, по ГЭСН.

Теперь созданные нормативы требуется связать с работами в окне свойств работ (рис. 8), а в свойстве расчета продолжительности выбрать вариант от физического объема, после чего продолжительность рассчитается автоматически.

Для связи между работами переназначаются идентификаторы работ, после этого выбирается настраиваемый вид таблицы работ, представленный на рис. 9. Далее необходимо выбрать работы, в предполагаемой последовательности и командой связать задать связи. Так заданы связи в основных ветках работ, для задания интервала в 4 этажа между монолитными работами, кладкой стен и установкой дверных и оконных блоков, требуется выбрать сначала последнюю работу на четвертом этаже, затем первую работу в уровне подвала и воспользоваться командой связать (рис. 10).

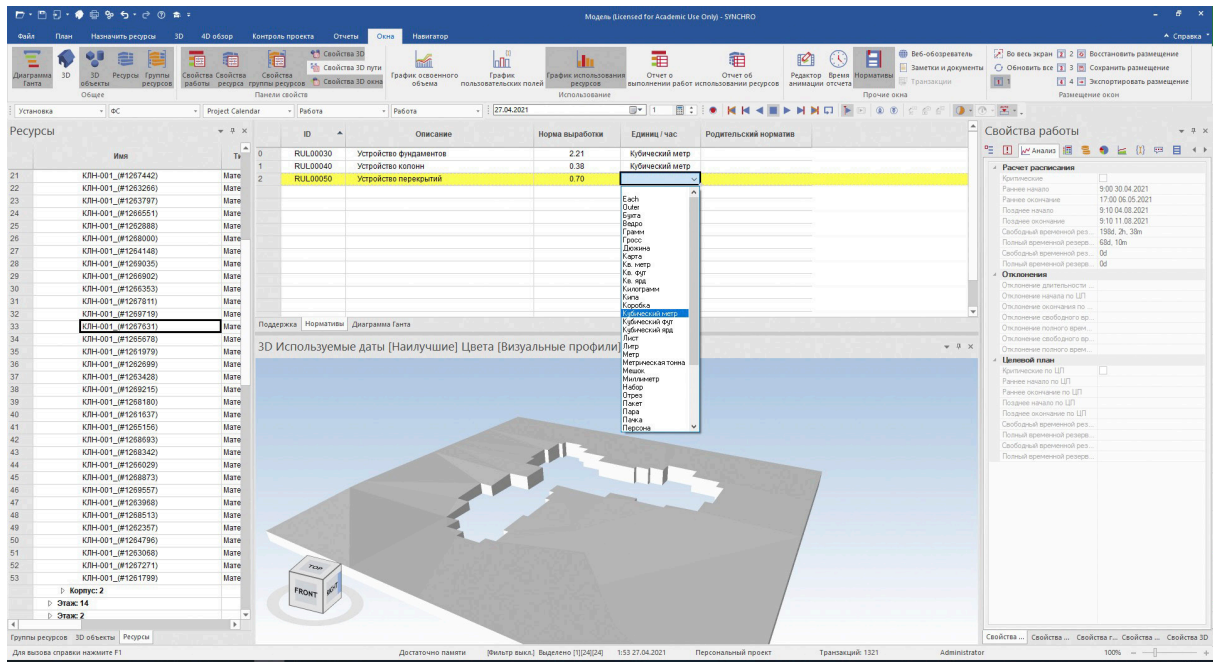


Рис. 7. Окно нормативов

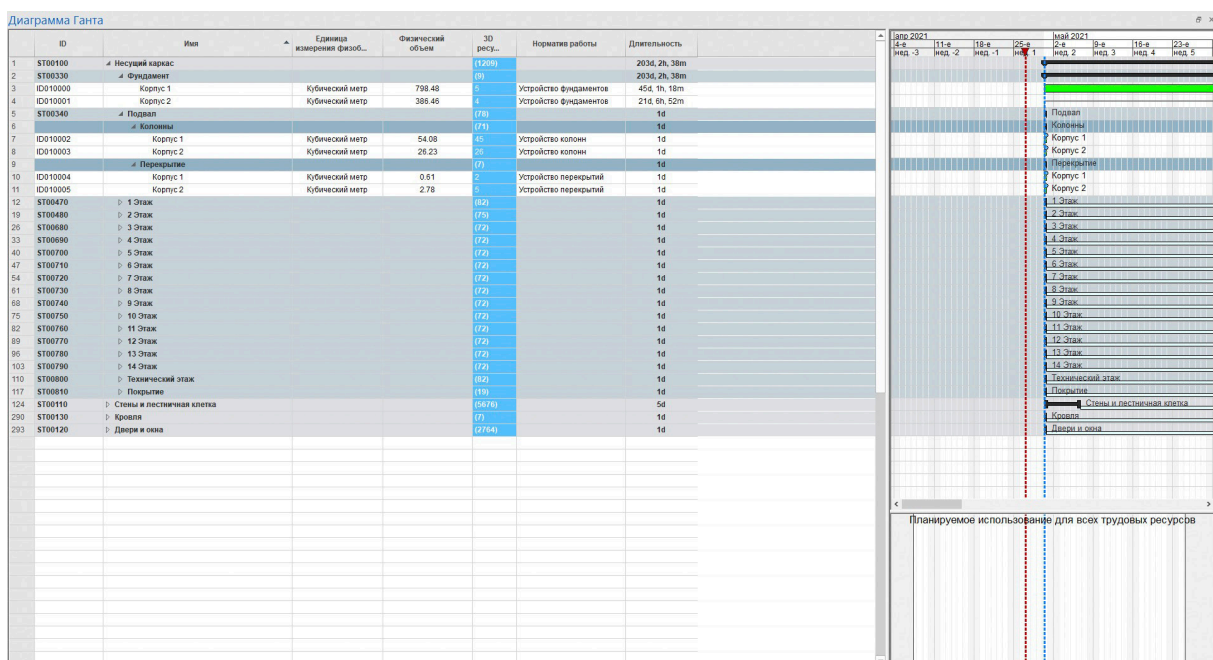


Рис. 8. Назначение нормативов на работы

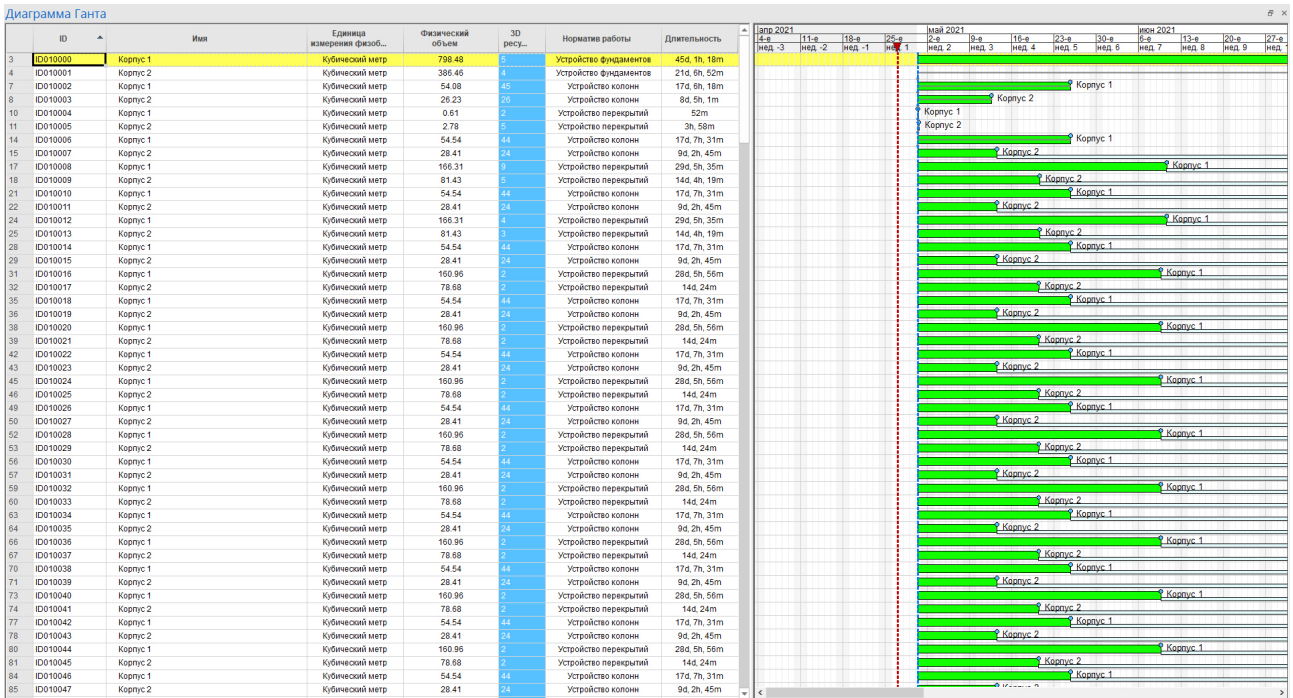


Рис. 9. Настраиваемый режим отображения работ по возрастанию ID

Во вкладке план выбирается расчет календарного плана методом критического пути, после чего командой «рассчитать» Bentley SYNCHRO 4D PRO автоматически генерирует календарный план по ранее введенным данным. В результате этой процедуры появляется возможность отслеживания во времени планируемых работ их связей и ресурсов. Так, в первых приближениях были обнаружены несоответствия последовательностей работ, и несоответствие назначенных ресурсов, этапы приближений планирования графика производства работ представлены на рис. 11.

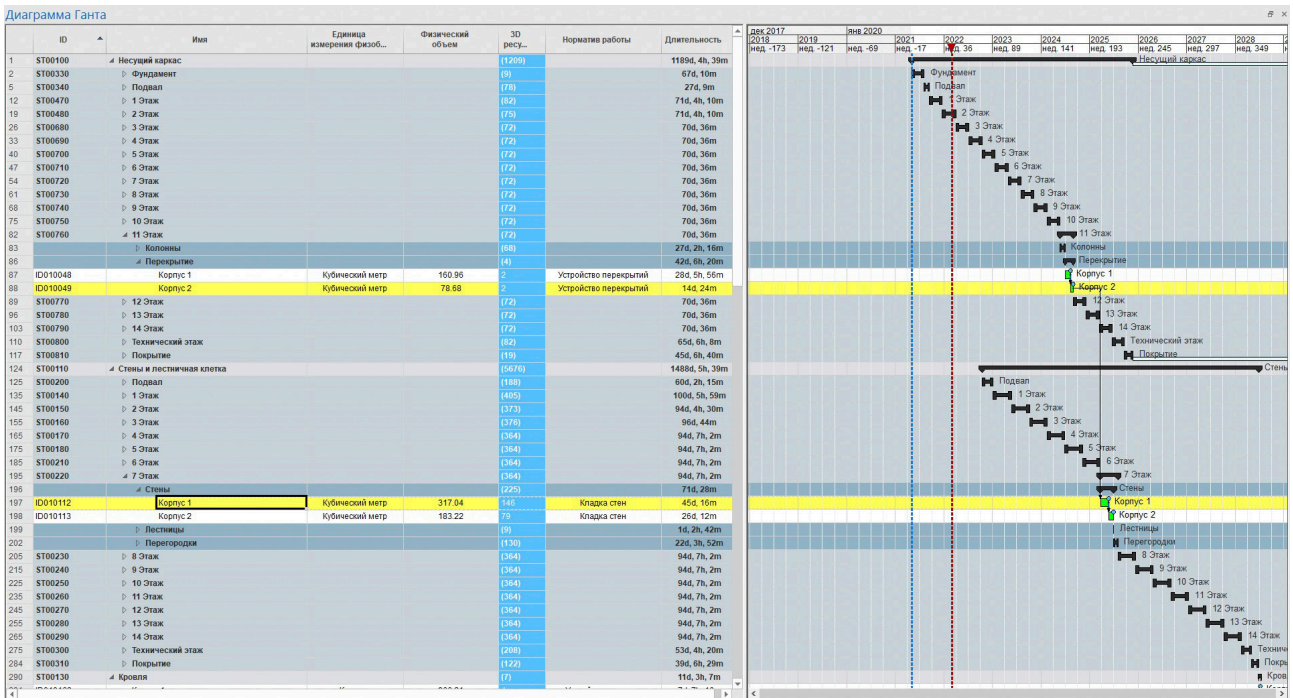


Рис. 10. Задание связей между работами

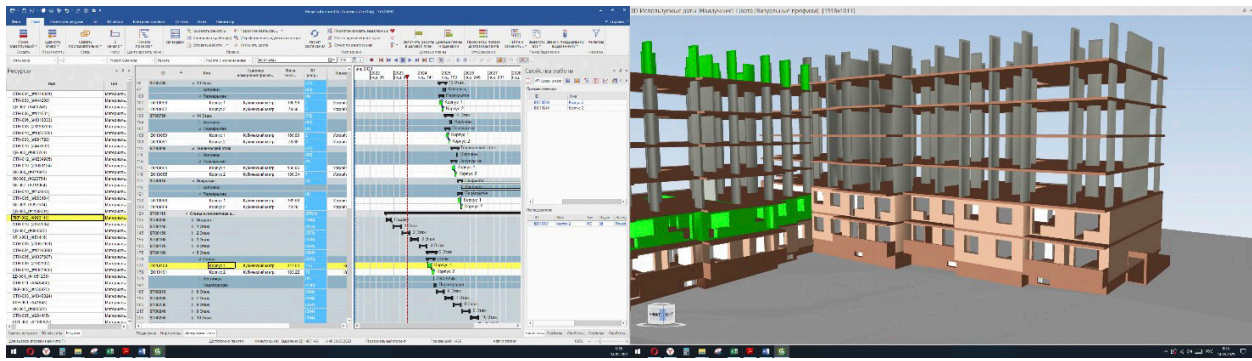


Рис. 11. Визуальное определение ошибок проектирования календарного плана

Для создания трудовых ресурсов достаточно в окне ресурсов, через контекстное меню выбрать задачу «добавить трудовой ресурс», после чего задать его наименование. Назначение трудового ресурса на работы, не отличается от той же задачи для материального ресурса (рис. 12). Когда трудовые ресурсы назначены на все работы, командой «график использования ресурсов» можно отобразить эпюру движения рабочих в диаграмме Ганта (рис. 13).

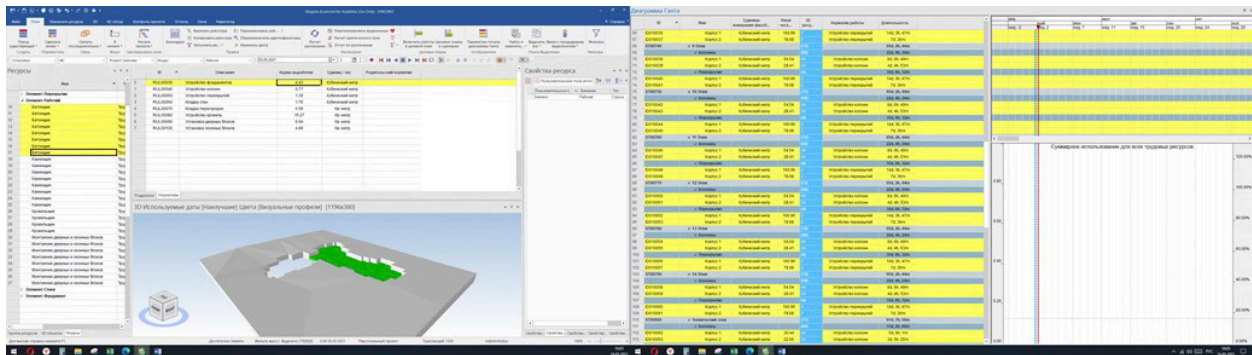


Рис. 12. Назначение трудовых ресурсов на соответствующие работы

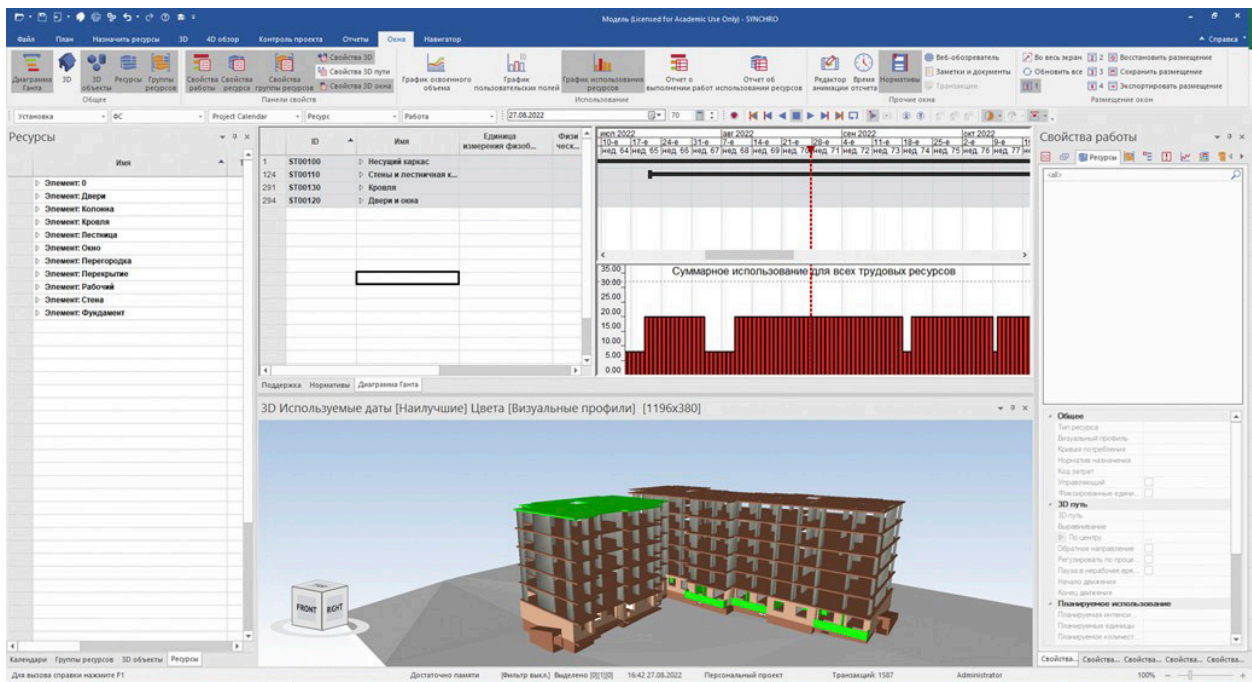


Рис. 13. Отображения графика использования ресурсов в диаграмме Ганта

Для добавления в проект информации о его стоимости, достаточно просто задать стоимости выполняемых работ или применяемых ресурсов, в данном проекте задаются стоимости работ согласно ФЕР, после чего командой «график освоенного объема» в диаграмму Ганта добавляется соответствующее окно.

Для придания 3D-элементам текстур нужно выбрать эти элементы и в свойствах назначить желаемую структуру (рис. 14), для отображения в 3D-окне заданных текстур нужно в контекстном меню окна выбрать режим отрисовки irey.

Полученные результаты

Итоговым результатом 4D BIM проектирования стала модель, при помощи которой можно определить сроки строительства, затраты труда, финансовые затраты, требуемые материалы и т.д.

В реальной практике детально проработанная модель будет служить генерацией BIM проекта с графиком производства работ, которая:

- упростит изменения календарного плана, ввиду автоматического расчета расписания, благодаря установленным связям;
- ускорит создание и изменение графика поставок материалов, ввиду актуальности календарного плана;
- облегчит получение информации о требуемых финансовых затратах в любой момент и период строительства;
- упростит согласование различных проектных решений, ввиду своевременной проверки пересечений элементов;
- улучшит визуализацию строительной площадки здания в любой период строительства;
- позволит создать анимированную презентацию возведения здания, для наглядной демонстрации;
- улучшит взаимодействие между субподрядными организациями.

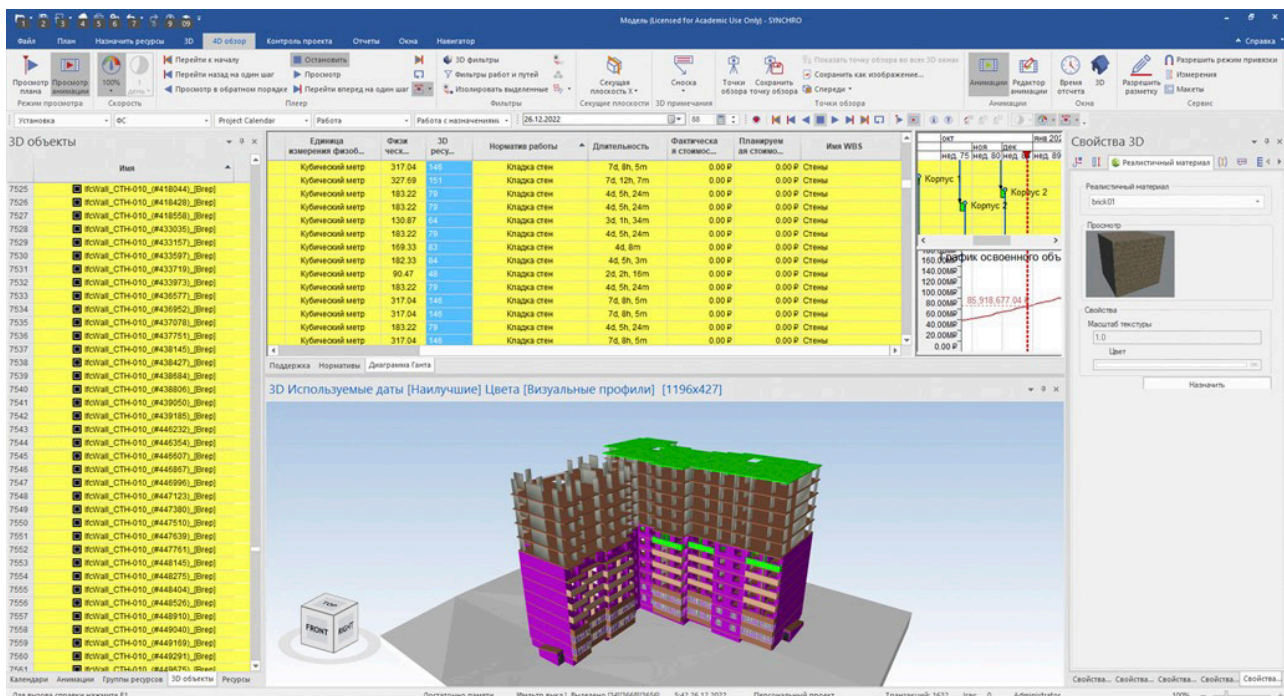


Рис. 14. Задание текстур материалов

Все вышеперечисленные преимущества позволяют усовершенствовать производственно-технологические процессы строительства, уменьшая время производства работ и финансовые затраты.

Вывод

По результатам проведенного анализа возможностей совершенствования организационно-технологических решений по возведению многоэтажных каркасных зданий с использованием современных программных комплексов, можно сказать, что внедрение 4D BIM-моделирования в строительное производство позволит:

- заранее детально прорабатывать все этапы строительства;
- находить не только физические, но и временные коллизии;
- создавать более гибкую структуру логистических операций;
- визуализировать все этапы строительства для презентации заказчикам;
- создавать графики потребностей любых материалов;
- создавать графики финансовых вложений в строительство;
- вести документальную отчетность в единой BIM-модели.

Литература

1. Сулейманов К. А., Кунцев А. С. Информационное моделирование зданий и сооружений // В сборнике: Международный студенческий строительный форум – 2018 (К 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова). Сборник докладов: в 2-х томах. БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. С. 88–91.
2. Сулейманова Л. А., Темурзиева Р. Н., Рябчевский И. С. Оптимизация технологических процессов в строительном производстве с помощью BIM-технологий // Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации в строительстве». Белгород, 2020. С. 121–127.
3. Таланов В. В. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. ДМК-Пресс, 2015. 410 с.
4. Мустафин Н. Ш., Барышников А. А., Спрыжков А. М. Анализ возможности внедрения в строительство технологии информационного моделирования зданий программами вида «BIM» // Региональное развитие: электронный научно-практический журнал. Самара, № 8 (12). 2015. С. 1–4.
5. Сулейманова Л. А., Рябчевский И. С., Атапина Н. А. Совместное моделирование ограждающих конструкций зданий // Университетская наука. 2021. № 1 (11). С. 77–79.
6. Иванов И. А., Маркарян Р. А. Технология информационного моделирования: терминология, коллизии, процесс внедрения в России // Дневник науки. 2018. № 6 (18). С. 9.
7. Щеглов Д. В. Сравнительный анализ проверки на коллизии в программных комплексах Revit и Navisworks Manage // В сборнике: BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы III Международной научно-практической конференции. 2020. С. 433–439.
8. Сулейманова Л. А., Погорелова И. А. Аддитивные технологии в строительстве: учебное пособие / Л. А. Сулейманова, И. А. Погорелова. Белгород, 2018. 228 с.

УДК 658.512:624.05

Хурейни Надим К. Р.,
аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: nadimhuraini@gmail.com

Huraini Nadim Q.R,
postgraduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: nadimhuraini@gmail.com

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ И РИСКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕЖДУ ТЕОРИЕЙ И ПРАКТИКОЙ

UNCERTAINTY AND RISKS IN CONSTRUCTION BETWEEN THEORY AND PRACTICE

Риски возникают из разных типов неопределенности и интерпретируются как факторы, которые оказывают неблагоприятное воздействие на достижение целей проекта. Статья представляет собой обзор кратко изложенного средства представления неопределенности и литературы по управлению рисками строительных проектов, которые могут оказаться полезными для решения задачи оценки рисков в строительстве. Были рассмотрены вероятностный подход, теория Демпстера–Шефера, теория нечетких множеств и состояние вопроса оценка рисков в строительстве. В статье представлены не все существующие методы, а лишь наиболее широко известные. В свете выбранной литературы предложен список решений и рекомендации, они имеют непосредственное отношение к решению рассматриваемой задачи для оценки рисков в строительных проектах.

Ключевые слова: управление, риск, неопределенность, планирование, строительство.

Risks arise from different types of uncertainty and are interpreted as factors that have an adverse effect on the achievement of project objectives. The probabilistic approach, the Dempster Schaefer theory, the theory of fuzzy sets and the state of the current status of risk assessment in construction are considered. The article presents not all existing methods, but only the most widely known and in the light of the selected literature and offers a list of solutions and recommendations, they are directly related to solving the problem under consideration for assessing risks in construction projects.

Keywords: management, risk, Palestine, planning, construction.

Введение

Строительство – быстрорастущая и важная отрасль, способствующая экономическому росту страны. При быстром прогрессе растущее число неопределенностей и рисков неизбежно будет препятствовать успешному развитию проекта и достижению целей, связанных с бюджетом, качеством, продолжительностью и безопасностью.

Одна из причин низкой производительности в строительных проектах – это неадекватная оценка рисков, которая влияет на все этапы планирования, реализации и сдачи. Есть четкие доказательства того, что проведение количественного анализа рисков, в частности, важно для управления рисками в строительстве. Согласно Caltrans [1] процесс количественного анализа рисков важен в сложных проектах. Процесс количественного анализа рисков помогает процессу принятия решений по распознаванию возможных отклонений от целей. Исследователи использовали количественные методы и разработали модели, структуры и системы количественного анализа рисков, чтобы улучшить практическую методику использования этого процесса. Таким образом, эта статья направлена на проведение обзора теории и технологии науки об управлении и различных используемых методов по моделированию, анализу и управлению рисками.

Риск имеет разное значение для разных людей, то есть, концепция риска варьируется в зависимости от точки зрения, отношения и опыта. Инженеры, проектировщики и подрядчики видят риск с технологической точки зрения; кредиторы и банки рассматривать это с точки зрения экономики и финансовой стороны, а специалисты в области здравоохранения, заботятся о безопасности окружающей среды.

Согласно РМВоК, риск – это неопределённое событие или условие, которое в случае возникновения имеет позитивное или негативное воздействие на проект.

Цель управления рисками проекта – снижение вероятности и воздействия на цели проекта неблагоприятных событий и повышение вероятности и воздействия на цели проекта благоприятных событий [2].

Прогнозируемость неблагоприятных ситуаций и последствий означает наличие некоего механизма управления рисками [3].

Материалы и методы

Неопределенность – это в широком смысле отсутствие полной информации об интересующем объекте [4].

Согласно [5] неопределенность подразделяется на три вида в зависимости от вероятности наступления событий: полная неопределенность, полная определенность, частичная неопределенность. Разнообразие с точки зрения различных типов неопределенности делает процесс моделирования очень сложной задачей, потому что информации о каждой конкретной неопределенности мало. Было разработано несколько формальных методов управления различными типами неопределенности, но до сих пор не было единого мнения о целесообразности таких методов. Кажется, что нет лучшей теории неопределенности, поэтому выбор наиболее подходящего метода зависит от конкретной проблемы. Для решения проблемы неопределенности использовались три основных подхода: теория вероятностей, теория Демпа-Стира-Шеффера и теория нечетких множеств.

Теория вероятностей использовалась для моделирования описанных повторяющихся экспериментов, содержащие точное описание и заметные результаты, но неопределенные.

Базовое предположение классической теории вероятностей состоит в том, что все неопределенности – это меры случайности или субъективной меры доверия. Разработана теория цепей Маркова. Современный вид теории вероятностей получилась благодаря аксиоматизации, предложенной А. Н. Колмогоровым. Вероятностный подход к представлению и обработке неопределенности предполагает использование методов теории вероятности и математической статистики, то есть, основан на понятии вероятности того, что некоторое событие произойдет, либо того, что некоторое логическое утверждение окажется истинным.

Основная проблема случайных процессов – это статистика. Исторически сложилась сильная зависимость от теории вероятностей, как единственно эффективной и надежной методологии работы с неопределенностью.

Теория вероятностей имеет хорошо обоснованную и прочную научную базу, которая широко используется.

Вероятностные специалисты утверждают, что случайные методы являются единственными эффективными методами борьбы с неопределенностью.

Метод Демпстера-Шафера. Обычно называется эпистемической вероятностью, потому что она обеспечивает альтернативную модель для оценки числовых степеней уверенности. Разработана для того, чтобы можно было учесть различие между неопределенностью (uncertainty) и незнанием (ignorance).

Подход Демпстера-Шафера решает проблему измерения достоверности, делая коренное различие между отсутствием уверенности и незнанием. В теории вероятностей мы вынуждены выражать степень нашего знания о гипотезе единственным числом. Проблема такого подхода согласно Демпстеру-Шаферу, заключается в том, что мы просто не всегда можем знать значения вероятностей, и поэтому не любой выбор может быть обоснован.

Теория нечетких множеств – это раздел современной математики, который был сформулирован Заде [6] для моделирования неопределенности, присущей когнитивным процессам человека. Поход является распространенным и быстроразвивающимся. Нечеткость представляет неполноту знаний в экспертных системах.

Многими исследователями выдвигались аргументы, показывающие, что теория вероятности не является адекватным инструментом для решения задач представления неопределенности знаний и данных. Некоторые аргументы были упомянуты в работе [7].

Теория нечетких множеств использует лингвистические переменные и функции принадлежности с разными степенями, чтобы смоделировать неопределенность, присущую естественному языку.

Неопределенность и управление рисками в строительстве. В мировой практике используются различные методы анализа рисков. В настоящее время наибольшее распространение получили следующие методы: метод анализа чувствительности, метод сценариев, метод корректировки нормы дисконта, метод построения дерева решений проекта, метод Монте-Карл [8]. По результатам анализа авторов пришли к выводу, что статистические методы не являются надежным инструментом для решения слабо формализованных задач управления рисками, а использование методов, основывающихся на нечеткой логике, становится альтернативным способом для нахождения решения, который может преодолеть недостатки и ограничения существующих методов оценки проектных рисков [8].

Во всестороннем обзоре литературы [9] рассматривались работы по моделированию и оценке строительных рисков, а также рассматривалась реальная практика оценки рисков. В результате обзора было заметно, что вероятность и последствия модели рисков доминирует в литературе. Однако значительное количество предложений по улучшению требуют дополнительной оценки.

Большой вклад в решение проблемы оценки и управления рисками внесли работы таких отечественных ученых как Абчук В. А., Альгин А. П., Артамонов А. А., Асаул А. Н., Балабанов И. Т., Болотин С. А. и др.

Проведенный анализ Болотина С. А. [10] показал основные существенные характеристики различных методов прогноза продолжительности строительства и качество методики, обеспечивающей усреднение результатов прогноза, и рекомендовал методику квалиметрической оценки весов аддитивных показателей качества. Также в своей работе [11] автор предложил алгоритм прогноза окончания строительства на основе статистического и нейросетевого моделирования.

Многие модели оценки рисков адаптировали гибридные методы на основе искусственного интеллекта для решения проблемы сложности и неопределенности информа-

ции о рисках строительных проектов. В работе [12] дается подробное представление об инструментах оценки рисков перерасхода средств с целью выявления сложных взаимозависимостей рисков в дисциплине управления строительством, автор затронул важную тему исследования. В будущем необходимо разработать алгоритмы вывода гибридных байесовских сетей доверия, которые могут решить проблему непрерывного состояния переменного риска.

В статье Гинзбурга А. В., Рыжкова А. И. [13] были изучены наработки в области повышения организационно-технологической надежности строительного производства за счет анализа и управления потенциальными «чистыми» рисками строительного проекта, а также проведена работа по интеграции технологии искусственного интеллекта и был представлен ими алгоритм создания в области идентификации потенциальных «чистых» рисков строительных проектов. Полученные результаты полезны для проработки практических шагов по освоению технологии искусственного интеллекта с целью повышения надежности строительного производства, предлагаемой авторами модели. Последующее использование искусственного интеллекта может помочь более эффективно с минимальными затратами ресурсов (времени, людей, денежных средств) идентифицировать и анализировать потенциальные «чистые» риски.

Выводы

В свете упомянутых теорий и работ мы можем сделать следующие выводы:

1. Исследователи использовали методы, основанные на теории вероятностей и статистике, с помощью PERT и MCS, в основном чтобы объединить вероятностные распределения для продолжительности проектов или затрат (стоимости) и оценить риски перерасхода или задержки проекта.

2. Подходы к оценке риска строительного проекта постепенно менялись от дисперсии оценки к характеристике проекта. Вначале оно рассматривалось, как характеристика проекта, которую можно анализировать на уровне проекта. Такого подхода достаточно для анализа небольших проектов. Все более систематические подходы к управлению рисками все чаще применяются в сложных проектах. Риски проекта систематически идентифицируются, классифицируются и структурируются различными способами, такими как диаграммы воздействий, байесовские сети, деревья решения и иерархическая структура риска. Сложность структур рисков отражает сложность проектных систем и взаимозависимость рисков.

3. Агрегирование индивидуальных оценок рисков по их структурам для получения оценки уровня риска проекта было сложной задачей. В большинстве случаев механизм агрегирования усреднял индивидуальные оценки рисков. Например, правило нечеткого усреднения широко используется для агрегирования индивидуальных оценок риска в лингвистических терминах. Усреднение может быть не лучшим вариантом для получения реалистичной оценки риска. В других случаях уровень риска проекта был получен как взвешенная сумма индивидуальных оценок. Такой подход ограничен предположением, что совокупные риски независимы.

4. Развитие инструментов и появление гибридных систем на основе искусственного интеллекта может подтолкнуть колесо оценки риска вперед.

5. Есть необходимость в создании достаточно комплексного и простого подхода, позволяющего одновременно улавливать риски и их воздействия на цели проекта.

6. Есть необходимость в создании общего выражения риска. Хотя многие авторы рекомендуют использовать «стоимость риска» в качестве общего выражения такие как [14], [15].

7. Есть необходимость во включение большего количества параметров в модель рисков: вероятность – воздействия, чтобы отразить природу рисков, такие как опыт экспертов, время возникновения, взаимосвязь между рисками проекта, и влиянием среды проекта на оценку рисков.

8. Смена парадигмы в оценке рисков привела только к принятию новых инструментов. Необходимо понять причины не использования существующих инструментов, чтобы разработать лучшие альтернативы и преодоление разрыва между теорией и практикой в оценке рисков.

Литература

1. Project Risk Management Handbook: A Scalable Approach. Caltrans Risk Management Task Group, 2012. 50 p.

2. A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide). Project management institute, PMI. Sixth edition. 2017. 756 p.

3. Артамонов А. А. Функции управления рисками в процессе реализации инвестиционных строительных проектов. 2003. P. 122.

4. Ross T. J., Booker J. M., Montoya A. C. New developments in uncertainty assessment and uncertainty management // Expert Systems with Applications. 2013. Vol. 40, № 3. P. 964–974.

5. Морозова Т. Ф., Кинаят Л. А., Кинаят А. Ж. Оценка рисков в строительстве // Строительство Уникальных Зданий И Сооружений. 2013. № 5 (10).

6. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Information and Control. 1965. Vol. 8, № 3. P. 338–353.

7. Суворова А. В. Подходы К Представлению И Обработке Неопределенности Данных И Знаний О Поведении Индивидов // Труды Спиран. 2012. № 4 (23).

8. Анатольевна С. А., Витальевич Г. А. Количественная оценка рисков строительно-инвестиционного проекта: 3 // Вестник МГСУ. Россия, Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 2013. № 3. P. 201–206.

9. Taroun A. Towards a better modelling and assessment of construction risk: Insights from a literature review // International Journal of Project Management. 2014. Vol. 32, № 1. P. 101–115.

10. Болотин С. А., Дадар Алдын-Кыс Хунаевна, Мальсагов А. Р. Анализ современных методов прогноза продолжительности строительства // Недвижимость: Экономика, Управление. 2018. № 4.

11. Болотин С. А., Дадар Алдын-Кыс Хунаевна, Мальсагов А. Р. Прогнозирование продолжительности строительства на основе исполнительных календарных графиков, статистического и нейросетевого моделирования // Недвижимость: Экономика, Управление. 2017. № 3.

12. Afzal F. et al. A review of artificial intelligence based risk assessment methods for capturing complexity-risk interdependencies: Cost overrun in construction projects // International Journal of Managing Projects in Business. Emerald Publishing Limited, 2019. Vol. 14, № 2. P. 300–328.

13. Витальевич Г. А., Игоревна Р. А. Возможности искусственного интеллекта по повышению организационно-технологической надежности строительного производства: 1 (112) // Вестник МГСУ. Россия, Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 2018. Vol. 13, № 1 (112). P. 7–13.

14. Chan E. H., Au M. C. Relationship between Organizational Sizes and Contractors' Risk Pricing Behaviors for Weather Risk under Different Project Values and Durations // Journal of Construction Engineering and Management. American Society of Civil Engineers, 2008. Vol. 134, № 9. P. 673–680.

15. Sanchez P. M. Neural-Risk Assessment System for Construction Projects. American Society of Civil Engineers, 2012. P. 1–11.

УДК 692:624

Анастасия Юрьевна Бибарсова,
начальник отдела специальных
строительных работ

Наталья Сергеевна Лорер,

главный специалист отдела общестроительных
работ АО «Силтумэлектропроектс»

E-mail: a.bibarsova@sep-spb.ru,

n.lorer@sep-spb.ru

Anasrasiia Bibarsova,
Head of Special Construction
Works Department

Natalia Lorer,

Chief specialist of General Construction Work
Department JSC Siltumelektroprojekts

E-mail: a.bibarsova@sep-spb.ru,

n.lorer@sep-spb.ru

МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В СЕЙСМООПАСНЫХ ЗОНАХ С ТРОПИЧЕСКИМ КЛИМАТОМ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К АЭС «АККУЮ». УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ И СТРОИТЕЛЬСТВО ФУНДАМЕНТОВ

METHODS OF ORGANIZATION OF CONSTRUCTION WORKS OF NUCLEAR POWER PLANTS IN SEISMIC ZONES WITH A TROPICAL CLIMATE APPLIED TO THE “AKKUYU” NPP. STRENGTHENING OF SOILS AND CONSTRUCTION OF FOUNDATIONS

Работа над Проектом атомной станции «Аккую» по возведению и эксплуатации атомной станции на площадке «Аккую» началась с подписания Межправительственного соглашения между правительствами Российской Федерации и Турецкой Республики. В соответствии с положениями соглашения на площадке Аккую, округа Гюльнар провинции Мерсин, будет возведено 4 энергоблока с реакторами типа ВВЭР 1200 поколения III+. АЭС «Аккую» – первая атомная электростанция в Турецкой Республике. Референтными для АЭС «Аккую» являются энергоблоки Нововоронежской АЭС-2.

Строительные площадки многих АЭС, как правило, расположены на равнинных участках. Отличительная особенность проекта АЭС «Аккую» – горный рельеф (высотные отметки площадки варьируется от 0 до 50 м над уровнем моря) со сложным инженерно-геологическим строением представленным дисперсными грунтами (техногенные и аллювиальные), скальные и полускальными породами (в основном, доломитизированные известняки, брекчия).

Значительные коррективы в производство работ вносят так же тропический климат Турецкой Республики – необходимость защиты конструкций от нагрева летом, в зимнее время от ливней и сильных ветровых нагрузок), так и расположение станции в стесненных условиях на берегу Средиземного моря – для реализации проекта часть зданий и сооружений возводилась на намытых территориях.

В данной работе рассматриваются основные особенности как конструкции данного проекта – наличие свайных фундаментов под башенные краны, устройство бетонных подушек под фундаменты зданий, применение сталефибробетона в качестве горизонтальной гидроизоляции, массивное бетонирование фундаментов, так и дополнительные мероприятия, с которыми столкнулись производители работ при сооружении объекта – необходимость дополнительного армирования с целью предотвращения усадочного трещинообразования, применение дополнительных адгезионных материалов при работе со сталефибробетоном.

Ключевые слова: Фундамент башенного крана, подготовка бетонного основания, гидроизоляция из сталефибробетона, устройство фундаментов.

The Akkuyu Nuclear Power Plant project for the construction and operation of a nuclear power plant at the Akkuyu site was launched in connection with the signing of an Intergovernmental Agreement between the Governments of the Russian Federation and the Republic of Turkey. In accordance with the provisions of the agreement, 4 power units with VVER 1200 generation III+ reactors will be built at the Akkuyu site, Gulnar District, Mersin Province. Akkuyu NPP is the first nuclear power plant in the Republic of Turkey. The reference units for the Akkuyu NPP are the Novovoronezh NPP-2 power units.

The construction sites of many nuclear power plants, as a rule, are located on flat areas. A distinctive feature of the Akkuyu NPP project is the mountainous terrain (the elevation of the site varies from 0 to 50 m above sea level) with a complex engineering-geological structure represented by dispersed soils (man-made and alluvial), rocky and semi-rock rocks (mainly dolomitized limestones, breccia).

Significant adjustments to the production of works are also made by the tropical climate of the Republic of Turkey – the need to protect structures from heating in summer, in winter from heavy rains and strong wind loads), and the location of the station in cramped conditions on the Mediterranean coast – for the implementation of the project, part of the buildings and structures were erected on alluvial territories.

This article discusses the main features of both the design of this project – the presence of pile foundations for tower cranes, the device of concrete pillows for the foundations of buildings, the use of steel fiber concrete as horizontal waterproofing, massive concreting of foundations, and additional measures faced by manufacturers of works during the construction of the facility – the need for additional reinforcement to prevent shrinkage cracking, the use of additional adhesive materials when working with steel fiber concrete.

Keywords: The foundation of a tower crane, preparation of a concrete base, waterproofing of steel-fiber concrete, foundation construction.

Введение

Район строительства АЭС «Аккую» относится к Средиземноморскому региону – площадка расположена на берегу Средиземного моря. С севера и востока район сооружения АЭС окружен холмами с высотой до 250 м над уровнем моря. Холмы создают естественную границу и отделяют его от прилегающих территорий.

Макроклиматический район АЭС «Аккую» согласно Техническому отчету по видам инженерных изысканий, определяется как «тропический», атмосфера площадки АЭС «Аккую» относится к III типу – морская.

Турция расположена вдоль сектора Восточного Средиземноморья, относящегося к сейсмически активному Альпийско-Гималайскому орогеническому поясу. Интенсивность проектного землетрясения составляет 7 баллов по шкале интенсивности MSK-64. При интенсивности землетрясения 7 баллов происходит повреждение зданий, могут возникнуть оползни и трещины на дорогах.

Коренная порода, находящаяся под основными зданиями и сооружениями на площадке АЭС «Аккую», состоит из пород среднедевонского периода, относящегося к формации Вüйükeseli (село Буюкеджели), в структурах которой преобладают карбонатные отложения.

В связи со сложными структурными процессами, формация Вüйükeseli (Буюкеджели) круто наклонена. Вдоль осей антиклинали «Аккую» под действием растягивающих и сжимающих напряжений образовались трещины разлома, в связи с чем наблюдается сильная раздробленность пород, расположенных вблизи ядра антиклинали. Последующее выветривание и эрозионные процессы образовали обширную трещиноватую зону. Современные отложения представлены почвенно-растительным слоем, техногенными грунтами, аллювиальными отложениями, отложениями морских пляжей и морского дна. Техногенные отложения представлены преимущественно дресвяными и щебенистыми грунтами с песчано-глинистым заполнителем. Мощность техногенных отложений достигает 16 м. Аллювиальные грунты представлены желтовато-коричневато-серыми, коричневатокрасными крупнообломочными грунтами (дресва, щебень известняков и доломитов) с песчано-глинистым заполнителем, песками от гравелистых до пылеватых, и глинистыми грунтами. Мощность отложений изменяется от 0,5 до 16,0 м. Отложения морских пляжей представлены гравийно-галечниковыми грунтами, реже песчаными разностями. Мощность отложений составляет от 0,5 до 9,0 м. Отложения морского дна в верхней части представлены гравийно-галечниковыми и песчаными грунтами, под-

стилающимися отложениями Каличе (известковая корка) и латифицированными осадками (песчаники, конгломераты брекчий). Мощность отложений морского дна достигают 22,0 м. Грунты, заполняющие пустоты и трещины в скальном массиве представлены крупнообломочными грунтами (гравийными, дресвяными и щебенистыми), песками от гравелистых до пылеватых, и глинистыми грунтами (глинами, суглинками, супесями). Мощность отложений изменяется от 0,35 до 14,5 м.

Скальный массив основания реакторных зданий примерно на 70...80 % состоит из доломитизированных известняков с подчиненным количеством брекчий (15...20 %) и известковистых аргиллитов (5...10 %).

В зонах тектонических нарушений породы интенсивно перемяты и раздроблены.

По результатам геофизических исследований, анализа лабораторных испытаний большого количества образцов скальных пород, по данным детальной документации керна 104 скважин и сравнительного анализа результатов прессиометрических работ, установлена вертикальная зональность массива скальных пород.

Ввиду сложного геологического строения на площадке АЭС «Аккую», земляные работы ведутся двумя способами: дисперсные грунты (техногенные и аллювиальные) разрабатываются экскаваторами, скальные грунты (в основном, доломитизированные известняки, брекчия) – с предварительным рыхлением буровзрывным способом или гидромолотами.

Особенности фундаментов под башенные краны

Основной целью усиления фундаментов под башенные краны на площадке АЭС является сложная геологическая и сейсмическая обстановка.

Для безопасной эксплуатации башенных кранов возникает необходимость усиленного фундамента – опирание фундаментной плиты размерами 9,0×9,0×2,2 м из бетона В30 производится на буронабивные сваи длиной 8,5 м (рис. 1).

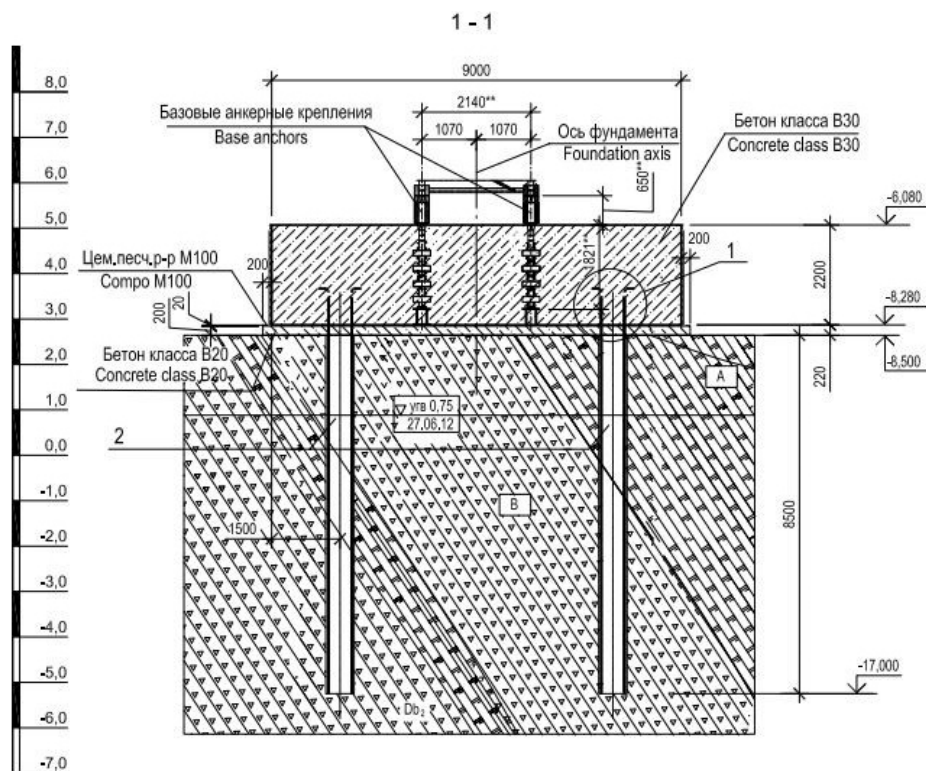


Рис. 1. Схема устройства фундамента под башенные краны. А – зона интенсивного выветривания и разгрузки; В – зона разгрузки; 1 – арматура Ø28 – А 400; 2 – буронабивные сваи

Выполнение работ по устройству свай производится методом непрерывного полого шнека (НПШ). НПШ – буринъекционные сваи, представляющие собой аналог буронабивных свай. Они устраиваются нагнетанием (так называемой инъекцией) цементно-песчаного раствора или бетонного раствора в заранее подготовленные скважины. Эта технология широко известна под названием непрерывного полого шнека (НПШ), или Continuous Flight Auger (CFA). Суть технологии непрерывного полого шнека состоит в том, что буровая колонна, которая состоит из инвентарных секций, погружается в грунт. При этом затвор в нижней части шнека находится в закрытом положении, препятствуя проникновению в полость штанги воды и грунта. Когда проходка скважины выполняется до проектного уровня, производится контроль скважины. Если ее фактическая глубина равна расчетной (с допуском ± 100 мм), в полость штанги подается бетонный раствор. Под его напором затвор открывается, и скважина под шнековой колонной заполняется бетоном. Одновременно сподачей раствора выполняется подъем шнека без его вращения. Грунт подается на поверхность по мере подъема колонны. Арматурный каркас погружается в бетонную смесь сразу после полного подъема шнека и заполнения скважины бетоном. Для опускания армирующей конструкции используется вибратор, установленный на каркасе.

При невозможности устройства свай методом НПШ, например – при наличии монолитной скалы на пути устройства свай, выполняется бурение гидравлическими буровыми установками с установленным на них пневмомолотом.

Под воздействием пневмомолота, установленного на буре, скала дробится на мелкие части и пыль, которые выдуваются из скважины сжатым воздухом на поверхность в циклонный бункер.

Скважина в скале должна иметь правильную геометрическую форму. Если породы, окружающие скважину – осыпающиеся, используется метод бурения метод роторного бурения с промывкой водой. В этом случае на бур устанавливается роторная головка. Процесс бурения производится с постоянной промывкой водой, используемой для охлаждения роторного сверла и транспортировки высверленного материала.

После бетонирования свай, независимо от метода бурения, производится диагностика свай методом сейсмоакустического зондирования с головы свай.

Цель этих испытаний состоит в том, чтобы определить – имеются ли какие-либо разрывы по длине свай, и определить длину свай. Испытания целостности основаны на создании удара по голове свай ручным молотком и регистрации удара с помощью акселерометра, размещенного на голове свай. Сигнал, который записывается акселерометром, оцифровывается с использованием определенных коэффициентов усиления. Полученные записи с помощью портативного компьютера на площадке анализируются программным обеспечением.

Бетонирование фундаментной плиты осуществляется после выполнения работ по подготовке основания, установке опалубки, армирования и установке закладных изделий для анкерования башенного крана.

Укрепление грунтов под фундаменты зданий

В нормативно-технической документации и заключениях, разработанных для АЭС «Аккую», приведен состав грунтов, которые должны быть в обязательном порядке уда-

лены ввиду несоответствия по физико-механическим свойствам требованиям к основаниям основных и вспомогательных зданий. Непригодные грунты, согласно разработанным требованиям, должны быть удалены и заменены на бетонную подушку.

Согласно проектной документации, бетонные подушки выполняются из бетона класса по прочности на сжатие В20, марки по водонепроницаемости не ниже W6. По периметру предусматривается противоскольная арматурная сетка (рис. 2, 3).

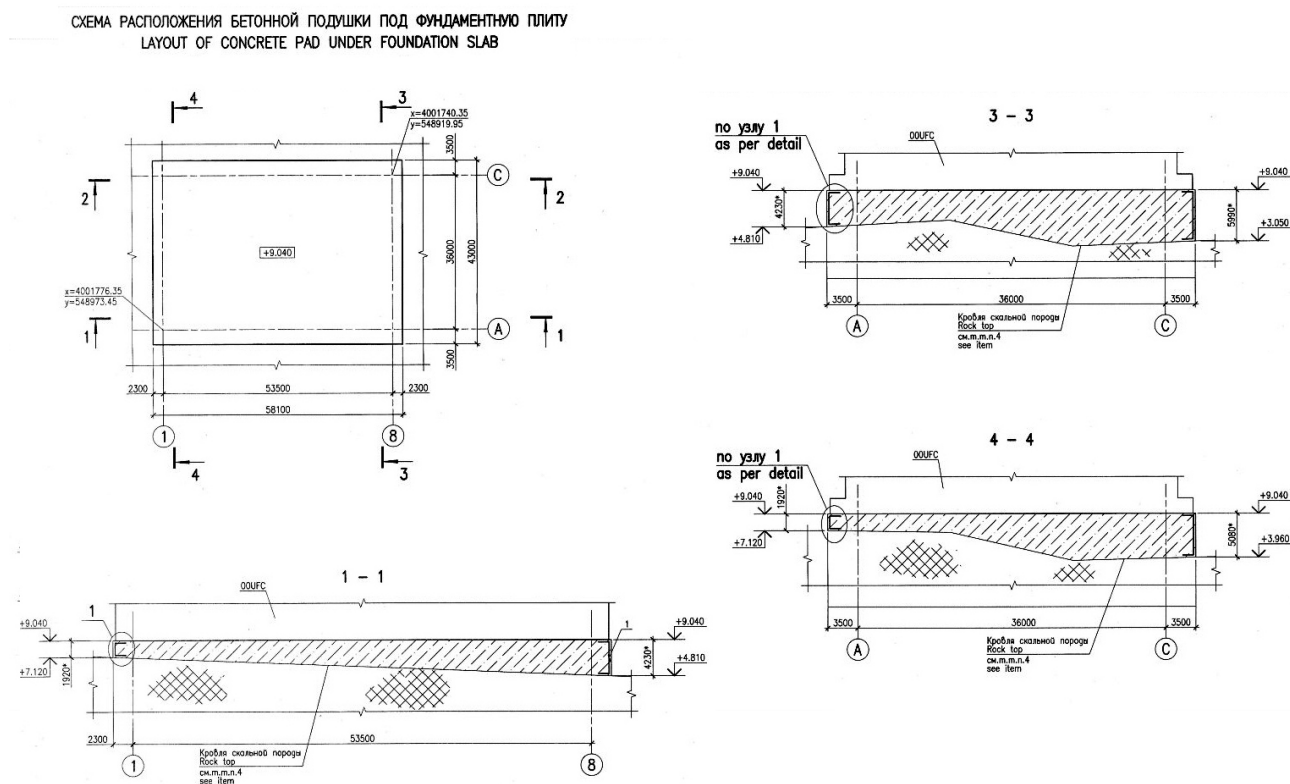


Рис. 2. Пример устройства бетонной подушки под фундаментную плиту

Отличительной особенностью выполнения строительных работ на этапе устройства оснований под здания является необходимость оперативного пересмотра и выпуска ревизий проектной документации после вскрытия грунтов. Сложное геологическое строение и проведение буровзрывных работ, либо работ с использованием гидромолота, ведет к отклонениям фактических отметок основания котлована от проектных с последующим увеличением объема бетонных подушек на величину до 10 % (рис. 4).

Сложности возникают и на этапе бетонирования. При наборе бетоном прочности, могут образовываться трещины и основание фундаментной плиты перестает отвечать проектным характеристикам.

Для соблюдения сроков строительных работ для улучшения качества сооружаемых конструкций, а также для исключения образования усадочных деформаций, превышающих допустимые требования, на площадке строительства были приняты дополнительные технические решения, а именно (рис. 4):

- послойное бетонирование толщиной слоя не более до 800 мм (последний слой толщиной не более 300 мм);
- укладка противоусадочной сетки в последний и предпоследний слой бетонирования.

основания, отвечающего требованиям высокой термостойкости, влагостойкости, быстрым срокам схватывания и высокой долговечности. Этим требованиям отвечает сталефибробетон, выступающий в большинстве конструкций фундаментов АЭС «Аккую» горизонтальным гидроизолирующим слоем, связывающим конструкции фундаментных плит и бетонную подготовку под них (рис. 5).

Для проекта АЭС «Аккую» используют гидроизоляцию из сталефибробетона класса В80, W14.

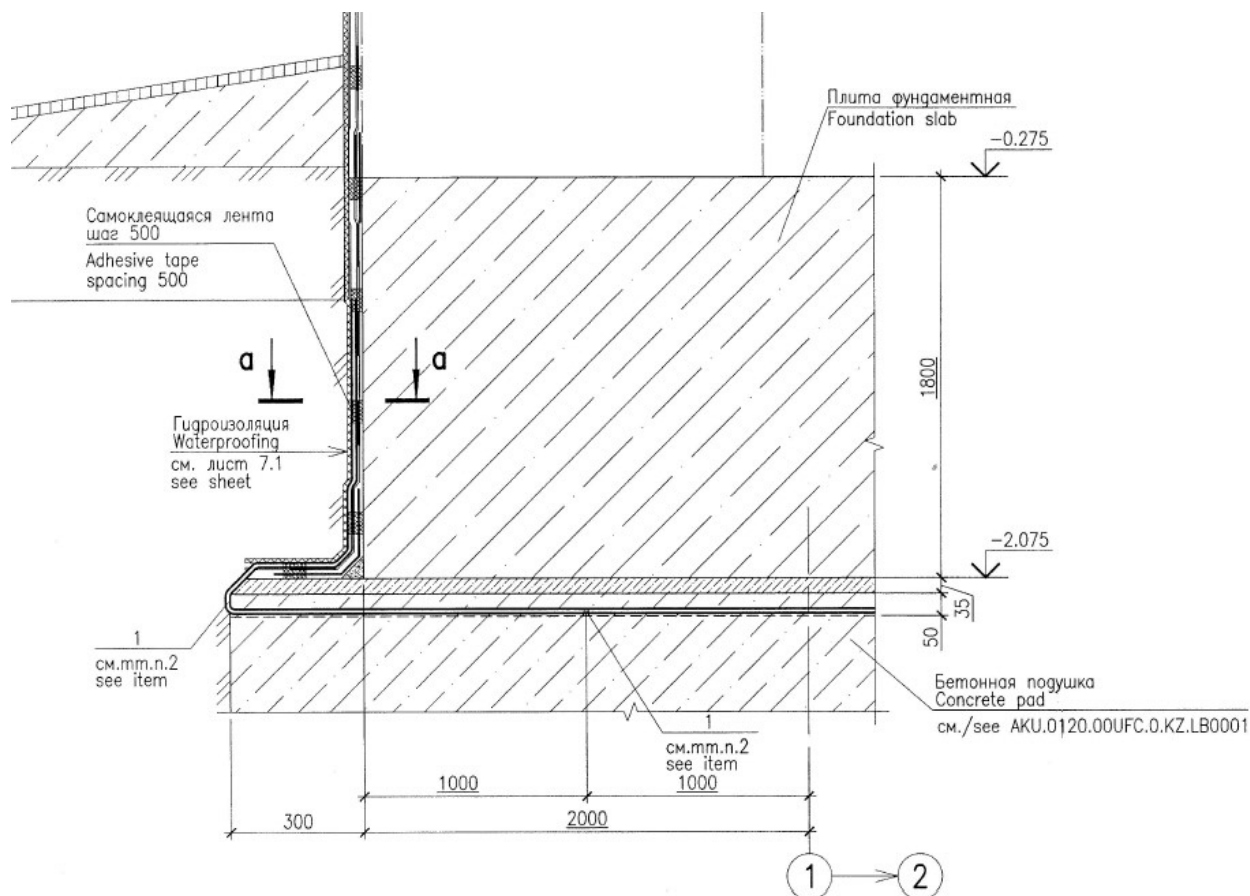


Рис. 5. Схема устройства основания здания с гидроизоляцией из сталефибробетона

Фиброармированный бетон обладает значительным преимуществом по сравнению с обычным бетоном. Этот материал обладает большей степенью сопротивления трещинообразованию, повышенной прочностью при сжатии, растяжении и изгибе, водонепроницаемостью, морозостойкостью и долговечностью.

Повышаются также такие свойства как водо- и морозостойкость, термостойкость, водонепроницаемость и коррозионная стойкость фибробетонных изделий.

В сталефибробетоне, в силу объемного армирования, на начальном этапе воздействия нагрузки, развитию трещины препятствуют стальные волокна. При дальнейшем росте нагрузки стальные волокна сдерживают раскрытие трещины, передавая нагрузку на соседние элементарные объемы бетона, включая в работу соседние волокна. Чем больше раскрывается трещина, тем большее сопротивление оказывают этому волокна, попавшие в зону раскрытия – это провоцирует возникновение все новых и новых трещин, за счет чего величина раскрытия каждой из настолько мала, что не позволяет проникать воде и посторонним частицам и позволяет волокнам работать в пределах упругости.

После снятия нагрузки, в этом случае, волокна «закрывают» трещину полностью – конструктив принимает свои первоначальные геометрические характеристики.

Разница температур воздуха в районе строительства АЭС «Аккую» в ночные и дневные часы достигает 15 градусов, а разница температур конструкций – еще больших величин. Большой диапазон температурных колебаний в конструкциях усиливает температурные напряжения на границах конструкций, связанные с различиями температурных расширений в них, так как коэффициенты температурного расширения железобетона и сталефибробетона неодинаковы. В связи с этим, особенностью работ по устройству гидроизоляционного покрытия из сталефибробетона для площадки АЭС «Аккую» стало устройство дополнительного слоя (между бетонной подготовкой и гидроизоляцией из сталефибробетона) из эпоксидного адгезионного состава Sikadur-32. Остаточная эластичность Sikadur-32 компенсирует возникающие в бетонах температурные напряжения и обеспечивает монолитность конструкции. Укладка сталефибробетона выполняется на свежий слой (выполненный непосредственно перед укладкой сталефибробетонной смеси) адгезионного состава.

Особенности устройства фундаментных плит под основные здания и сооружения

Основными зданиями на территории площадки АЭС «Аккую» по размерам и выразительности являются реакторные здания. На примере одного из них рассмотрим особенности устройства фундаментных плит, а также бетонирование и уход за бетоном в условиях жаркого климата Турецкой Республики.

Реакторное здание прямоугольное в плане и имеет сложное конструктивное членение на несколько технологических зон, расположенных на общей фундаментной части здания. Фундаментная плита здания ректора имеет размеры: длина – 84,8 м, ширина – 77 м, толщина – 2,6 м. Конструкция запроектирована из самоуплотняющегося тяжелого бетона (СУБ) с проектными требованиями: класс по прочности бетона на сжатие – В30, марка по водонепроницаемости не ниже – W6. Общий объем бетона в конструкции составляет 17188 м³.

Особым требованием к конструкции фундаментной плиты является минимизация вероятности образования термических трещин, что обеспечивается соблюдением теплового режима твердения бетона, полученного расчетом термонапряженного состояния бетона, и защитой бетона от потери влаги.

Фундаментная плита бетонируется на высоту 2,6 м и является массивной конструкцией, для которой выполняются расчеты температурных полей и полей напряжений на основе экспериментально полученных показателей свойств бетона.

Оценка трещиностойкости бетона при различных температурных и влажностных условиях для массивных конструкций

В условиях наличия густоармированного конструктива при применении обычных бетонных смесей возникают трудности с обеспечением стопроцентного заполнения формы плиты. Для обеспечения качества монолитной конструкции применяется самоуплотняющаяся бетонная смесь (СУБ). Научно-испытательной лабораторией строительных конструкций и материалов подбирается состав самоуплотняющегося (растекающегося) бетона. В результате возрастает темп укладки бетона, снижаются трудо- и энергозатраты, повышается качество конструкции.

Для изготовления СУБ используются местные материалы. Бетонная смесь, поступающая на строительную площадку для укладки в конструкцию, соответствует Российским и Европейским нормативным требованиям.

Бетонирование плиты производится поэтапно в шахматном порядке по захваткам, разделенным вертикальными рабочими швами (рис. 6).

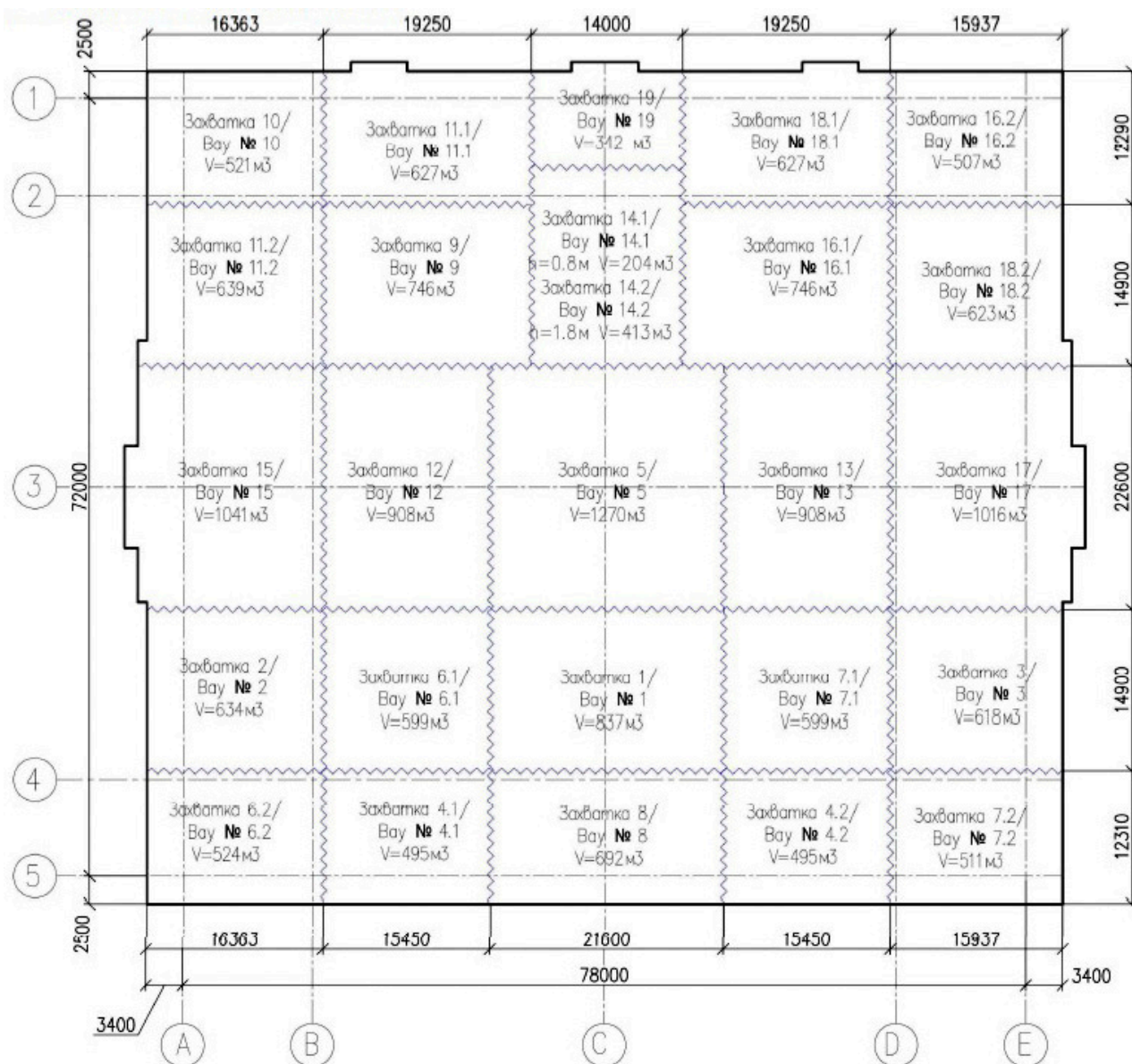


Рис. 6. План фундаментной плиты с разбиением на захватки

После разработки захваток бетонирования в составе особо сложного проекта производства работ (ОС ППР) дополнительно к рабочей документации производится разработка Технологического регламента производства бетонных работ по возведению железобетонной фундаментной плит.

Работы по бетонированию ведутся строго в соответствии с Технологическим регламентом, в котором указываются:

- требования к укладке бетонной смеси с конструкцией;
- наличие дополнительного армирования с целью предотвращения усадочного трещинообразования. Применительно к фундаментной плите здания реактора – устройство

дополнительных противоусадочных сеток из арматуры Ø16 на средней отметке, вертикальных поверхностях (торцах), по верхней рабочей арматуре (с условием обеспечения защитного слоя не менее 30 мм) и во внутренних уголках каждой бетонируемой захватки. В местах примыкания захваток, арматура противоусадочных сеток, устанавливаемая на верхней горизонтальной поверхности, имеет перехлест не менее 300 мм с арматурой соседних захваток;

- требования к температуре основания, опалубки, арматуры, закладных деталей, находящихся в пространстве захватки. В случае перегрева конструктивных элементов необходимо до начала бетонирования провести их охлаждение путем совместного применения интенсивного полива холодной водой и вентиляции. Бетонные поверхности основания и опалубка с внешней стороны охлаждаются путем периодического полива холодной водой. Охлаждение арматуры и закладных элементов проводится путем периодического орошения холодной водой с использованием распылителей. Температура воды для охлаждения должна составлять от +5 до +15°C. Непосредственно перед началом бетонирования лишняя вода должна быть удалена;

- указываются места установки температурных датчиков;

- применение и состав компонентов для искусственного охлаждения бетонной смеси (искусственное охлаждение с помощью ледяной шуги), применение специальной теплоизоляции (10 мм Этафома).

- приводятся результаты расчетов термонапряженного состояния конструкций;

- мероприятия по уходу за бетоном. С учетом тропического климата Турецкой Республики основной уход за бетоном направлен на защиту бетона от температурных воздействий и влагопотерь через поверхности конструкции.

Укрытие бетона необходимо произвести не позднее чем через 20 минут после окончания бетонирования. В случае невозможности укрытия поверхности бетона пленкой, ввиду конструктивных особенностей (выпуски арматуры и т. п.), необходимо обеспечить постоянное увлажнение поверхности поливом нехолодной водой.

Для обеспечения мероприятий по уходу за бетоном на площадке строительства, заготавливается инвентарный комплект влаго- и теплозащитных покрытий включающий в себя: влагоудерживающие материалы, укрывочные материалы, теплоизоляционные материалы, временное технологическое устройство, состоящее из конструктивных элементов и светоотражающей водонепроницаемой ткани.

Открытые поверхности бетона, а также оголенные поверхности после снятия опалубки также подлежат защите от потерь влаги путем укрытия их влагоудерживающим материалом, который после укладки насыщают водой. Влагоудерживающие материалы покрывают полиэтиленовой пленкой. Поверх пленки укладывается теплоизоляция, если это требуется по расчету. Влагоудерживающий материал должен постоянно находиться во влажном состоянии. Для этого осуществляется регулярный полив водой под пленку с периодичностью, исключающей высыхание поверхности. Температура воды для полива должна составлять от +20 до +30°C. Полив нельзя производить холодной водой, т. к. холодная вода может вызвать резкое охлаждение поверхности бетона и привести к образованию трещин.

В процессе ухода осуществляется контроль температуры твердеющего бетона.

Вывод

Представленные материалы освещают опыт строительства АЭС «Аккую», теоретических и практических исследований грунтов оснований, фундаментных конструкций в условиях сложного геологического строения сейсмоактивной зоны.

Для безопасной эксплуатации башенных кранов на АЭС «Аккую» выбрана фундаментная плита с опиранием на буронабивные сваи.

Непригодные грунты заменены на бетонную подушку под фундаменты здания с укладкой противоусадочной сетки в последний и предпоследний слои бетонирования, чтобы обеспечить качество сооружаемых конструкций и исключить образование усадочных деформаций.

Предложены решения по технологии производства бетонных работ при возведении фундаментной плиты, позволяющие существенно сократить трудоёмкость и, что не менее важно, длительность бетонных работ, а также повысить качество конструкции.

Сформированы основные принципы выдерживания бетона в условиях тропического климата, обеспечивающие требующую интенсивность набора прочности бетоном в конструкциях и их качество.

Данные решения позволяют вести строительство в ритмичном потоке без вынужденных простоев.

Литература

1. Рабочая документация, разработанная АО «Атомэнергопроект», для проекта АЭС «Аккую».
2. Проект организации строительства, разработанный АО «Атомэнергопроект», АО «Институт Гидропроект» для проекта АЭС «Аккую».
3. Особо сложные проекты производства работ, разработанные АО «Силтумэлектропроектс» для АЭС «Аккую».
4. АЭС «АККУЮ» Энергоблоки 1, 2, 3, 4. Технические требования к основаниям зданий и сооружений. ОАО «Атомэнергопроект» 2013 г.
5. Заключение об оценке безопасности в отношении отчета о параметрах площадки для атомной станции «Аккую» ANS.GDR02.SPR Департамент ядерной безопасности Турецкое агентство по атомной энергии.
6. Технологический регламент производства бетонных работ по возведению железобетонной фундаментной плиты реакторного здания 20UJA АЭС «Аккую». 2020 г. Аккредитованная научно-испытательная лаборатория строительных конструкций и материалов «Политех-СКИМ-Тест».
7. Технические решения «Об изменении технологии и последовательности выполнения работ по бетонированию бетонных подушек под фундаментные плиты» 2020 г. AKKUYU NÜKLEER A.Ş.
8. *Вострецов Ф. И.* «Применение сталефибробетона в 1999-2005гг. Анализ, практика применения, выводы, предложения». «Дороги России-21век. № 5, 2005 г.
9. *Баженов Ю. М.* «Технология бетона», Москва, Высшая школа, 1979.

УДК 692:624

Евгения Вадимовна Кучер,
заместитель начальника отдела специальных
строительных работ
Ульяна Кирилловна Мазурина,
инженер 2-й категории отдела специальных
строительных работ АО «Силтумэлектропроектс»
E-mail: e.kucher@sep-spb.ru,
u.mazurina@sep-spb.ru

Evgeniia Vadimovna Kucher,
Deputy Head of Special Construction
Works Department
Uliana Kirillovna Mazurina,
2nd category engineer of Special Construction
Works Department JSC Siltumelektroprojekts
E-mail: e.kucher@sep-spb.ru,
u.mazurina@sep-spb.ru

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ РЕАКТОРНЫХ БЛОКОВ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В СЕЙСМООПАСНЫХ ЗОНАХ С ТРОПИЧЕСКИМ КЛИМАТОМ НА ПРИМЕРЕ АЭС «АККУЮ»

PECULIARITIES OF WORK PRODUCTION DURING THE CONSTRUCTION OF REACTOR UNITS OF NUCLEAR POWER PLANTS IN SEISMIC ZONES WITH A TROPICAL CLIMATE, BY THE EXAMPLE OF THE AKKUYU NPP

В статье рассматриваются конструктивные особенности здания реактора, направленные на сохранение максимальной целостности здания, а также особенности ведения работ и монтажа основных сборных конструкций с целью оптимизации трудозатрат и уменьшения сроков строительства.

АЭС «Аккую» сооружается по российскому проекту, включающему в себя строительство и ввод в эксплуатацию четырёх энергоблоков с реакторами типа ВВЭР-1200 поколения III+.

В связи с расположением площадки строительства в районе с повышенной сейсмической активностью необходимо применение специальных технологий. Проектные решения станции АЭС «Аккую» отвечают всем современным требованиям мирового ядерного сообщества, закреплённым в нормах безопасности МАГАТЭ, Международной консультативной группы по ядерной безопасности и требованиям EUR.

Ключевые слова: здание реактора, муфтовые арматурные соединения, внутренняя защитная оболочка, наружная защитная оболочка, самоподъёмная опалубка.

The article discusses the structural features of the reactor building, aimed at maintaining the maximum integrity of the building, as well as the features of the work and installation of the main prefabricated structures in order to optimize labor costs and reduce construction time.

The Akkuyu NPP is being built according to a Russian project, which includes the construction and commissioning of four power units with VVER-1200 reactors of generation III +.

Due to the location of the construction site in an area with increased seismic activity, it is necessary to use special technologies. The design solutions of the Akkuyu NPP meet all the modern requirements of the world nuclear community, enshrined in the IAEA safety standards, the International Nuclear Safety Advisory Group and EUR requirements.

Keywords: reactor building, reinforcement couplings, inner containment, outer containment, self-climbing formwork.

Введение

При строительстве АЭС наиболее распространено использование водо-водяных реакторов (более 50 % от общего количества). Для обеспечения безопасности III+ в проекте используются следующие строительные конструктивы:

- двойные (двухбарьерные) цилиндрические железобетонные оболочки с пологим сферическим и полусферическим куполом (внешняя оболочка) на общей железобетонной плите. Наружная оболочка рассчитывается на внешние воздействия, выполняется без предварительного напряжения и имеет толщину 500–800 мм при диаметре до 55 м и высоте до 80 м (мощность реактора 900–1500 МВт). Основное назначение внутренней оболочки – удержать радиоактивные парогазовые и аэрозольные продукты аварии при расчетном давлении (в зависимости от особенностей АЭС до 0,4–0,5 МПа). Ширина воздушного зазора между оболочками 1,5–2,0 м. В зазоре системой вентиляции поддерживается давление ниже атмосферного. Здесь собираются и отводятся на фильтры газовые протечки из внутренней оболочки;

- двойные оболочки из металла и железобетона. Внешняя – железобетонная цилиндрическая оболочка с полусферическим куполом. Диаметр и высота около 60 м, толщина 1800–2000 мм (мощность реактора 1200–1300 МВт). Внутренняя стальная сферическая – диаметром до 55–60 м при толщине 30–40 мм. Нижняя часть сферы заделана в железобетонные конструкции фундаментной части.

Двойная железобетонная оболочка сохраняет герметичность при землетрясении в 8 баллов. Выдерживает падение самолета, весом до 200 тонн. А также позволяет выдерживать экстремальные внешние воздействия, такие как смерчи и ураганы при максимальной скорости ветра 56 м/с, вероятность которых возможна 1 раз в 10 тысяч лет и воздушные ударные волны с давлением во фронте волны до 30 кПа.

Проект АЭС «Аккую» рассматриваемый данной статье относится к поколению III+ и характеризуется наличием двойной защитной оболочки здания реактора. Такая конструкция герметичной оболочки обладает большей надежностью и является новым шагом в повышении безопасности атомных станций. Энергоблоки ВВЭР-1200 российского дизайна сооружаются не только в Турции, но и в других странах – в Беларуси, Китае, Египте и т. д. Три энергоблока с реакторами ВВЭР-1200 успешно эксплуатируются в России.

Затраты на сооружение систем безопасности составляют 40 % от общей стоимости самой станции. Значительная доля средств вкладывается в автоматику, конструкцию энергоблока и оборудование систем безопасности.

В основу обеспечения безопасности в реакторах ВВЭР заложен принцип глубокоэшелонированной защиты, основанный на использовании системы из 4 физических барьеров, препятствующих выходу радиоактивных веществ:

- прочность самих таблеток с урановым топливом;
- герметичность циркониевой оболочки тепловыделяющих элементов;
- прочный стальной корпус реактора (толщиной 20 см);
- герметичная защитная оболочка самого реакторного зала, так называемый *контеймент*.

Конструктивные особенности здания реактора АЭС «Аккую»

Весь конструктив здания реактора направлен на сохранение максимальной целостности здания при любых экстренных ситуациях и запроектных авариях. Именно этот факт и является причиной конструктивных решений, разработанных в рабочей документации, а также подбора прочностных характеристик материалов, применяемых при строительстве. Говоря об АЭС «Аккую», можно отметить следующие конструктивные особенности здания реактора (рис. 1):

- реакторное здание в плане в осях имеет размер 78,0×72,0 м и состоит из фундаментной части, двойной защитной цилиндрической железобетонной оболочки, внутри которой находится зона локализации аварии (ЗЛА), и примыкающей обстройки. ЗЛА и обстройка расположены на общей фундаментной части здания.

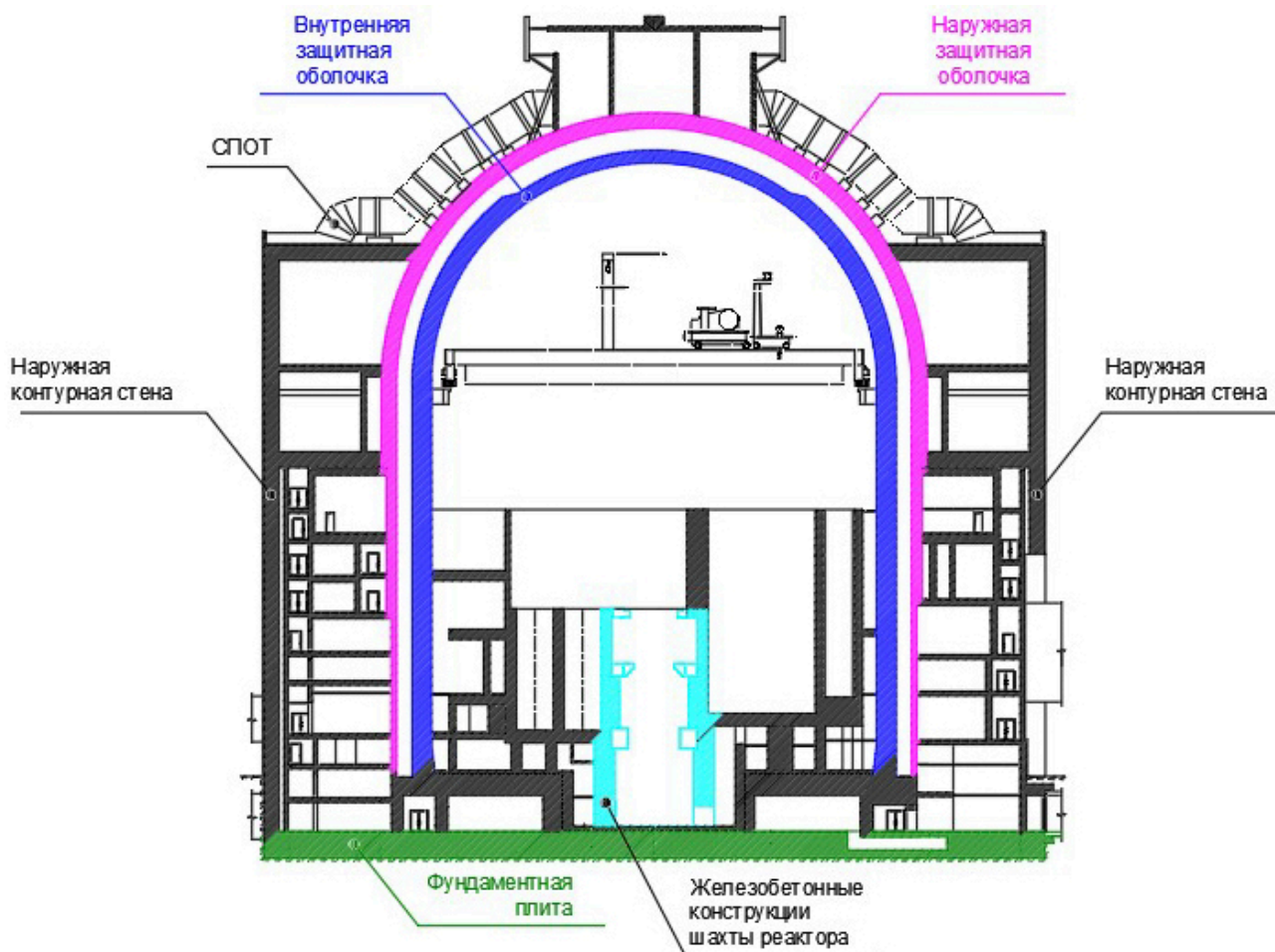


Рис. 1. Схематичный разрез здания реактора

Внешняя оболочка обеспечивает защиту от всех внешних воздействий, как природного, так и техногенного характера. Толщина внешней оболочки 120 см высокопрочного бетона В60. Внутренняя защитная оболочка выдерживает давление в 7 кг/м² и температуру до 200°С. Наружная защитная оболочка (НЗО) представляет собой цилиндр с внутренним диаметром 50,80 м, перекрытый куполом в виде полусферы. Толщина наружной оболочки от 50 до 150 см. Между внутренней и внешней оболочками существует межоболочечное пространство. Межоболочечное пространство имеет систему фильтрации газов, попадающих из реакторного отделения;

- внутренние конструкции реакторного здания защищены от падения самолета наружными контурными стенами. Наружные контурные стены имеют толщину 2,00 и 1,50 м;
- железобетонные конструкции шахты реактора выполняют функции несущих конструкций корпуса реактора и биологической защиты, разделены по высоте на четыре части и имеют соответственно толщину 2,0; 2,6; 1,95 и 1,25 м. Конструкции стен шахты реактора выполняются в виде крупногабаритных армоопалубочных блоков с использованием съемной и несъемной опалубки и включают в себя 9 блоков;

- железобетонные конструкции бассейна выдержки примыкают к железобетонным конструкциям шахты реактора и выполняются из крупногабаритных армоопалубочных блоков;

- шахты ревизии внутрикорпусных устройств (ВКУ) и блока защитных труб (БЗТ) примыкают к железобетонным конструкциям шахты реактора. Нижняя часть шахт представляет собой железобетонный массив размерами в плане 5700×10500 мм с двумя шахтами: для ревизии блока защитных труб (БЗТ) и шахты внутрикорпусных устройств (ВКУ);

- строительные конструкции СПОТ (системы пассивного отвода тепла) расположены с внешней стороны купола и верхней цилиндрической части наружной оболочки. Помещения теплообменников СПОТ представляют собой двухэтажную кольцевую галерею, состоящую из ограждающих конструкций кольцевой стены и кровельного перекрытия, а также внутренних перекрытий и радиальных стен. Восемь теплообменников СПОТ расположены по периметру оболочки над воздухозаборным коридором. Конструкции наружной кольцевой стены галереи СПОТ выполняются с использованием крупногабаритных армоблоков в несъемной опалубке из фибробетонных плит толщиной 30 мм.

Основными материалами, применяемыми при строительстве реакторного здания на АЭС «Аккую» являются:

- самоуплотняющийся бетон (СУБ): класс по прочности (В30 и В60), марка по водонепроницаемости (W6, W8, W10), марка по удобоукладываемости (Р6), средней плотностью от 2350 до 3350 кг/м³;

- арматура класса А600С, А500С, А240;

- муфты Ancon, Dextra, Титан-2.

В общей массе арматурный каркас здания возводится из укрупненных армоблоков с целью оптимизации трудозатрат и уменьшения сроков строительства.

Всё оборудование и основные сборные конструктивы, заложенные в проекте реакторного здания, монтируется методом «Open-Top», что позволяет оптимизировать сроки строительства и увеличить точность установки монтируемых элементов.

Муфтовые арматурные соединения

В связи с расположением площадки строительства АЭС «Аккую» в районе с повышенной сейсмической активностью необходимо применение передовых технологий, позволяющих повысить прочность конструкций при воздействии динамических нагрузок. Одним из таких решений при армировании железобетонных конструкций в сейсмоопасных районах является применение механических соединений арматурных стержней.

Мировым опытом общепризнано, что сварные соединения, как способ равнопрочного стыкования строительной арматуры, не имеют перспектив. Опыт возведения арматурных каркасов монолитных сооружений однозначно определяет, как наиболее рациональные, экономически целесообразные и гарантирующие эксплуатационную надежность технологии – муфтовые механические соединения стержневой арматуры: обжимные; резьбовые, винтовые с стопорными гайками и болтовые.

Механические соединения арматурных стержней не имеют ограничений по употреблению в проектировании зданий, воспринимающих нагрузки статического, повторно-статического или динамического действия. В связи с чем, их рекомендуется использовать преимущественно в железобетонных конструкциях повышенной ответственности

(сооружений блоков АЭС, транспортного строительства, высотных зданий, возведение сооружений в сейсмических районах и т. п., которые воспринимают повторно-статические, динамические и сейсмические нагрузки вместо (или вместе) сварных соединений и соединений внахлестку (без сварки).

В проекте АЭС «Аккую» применяются муфтовые соединения трех производителей: Ancon, Dextra, Титан Технолоджи Пайплайн.

Муфтовые соединения применяются на арматурных стержнях периодического профиля от 20 до 40 мм. Их можно использовать для получения равнопрочного соединения арматурных стержней как одного, так и разного диаметров (рис. 2).

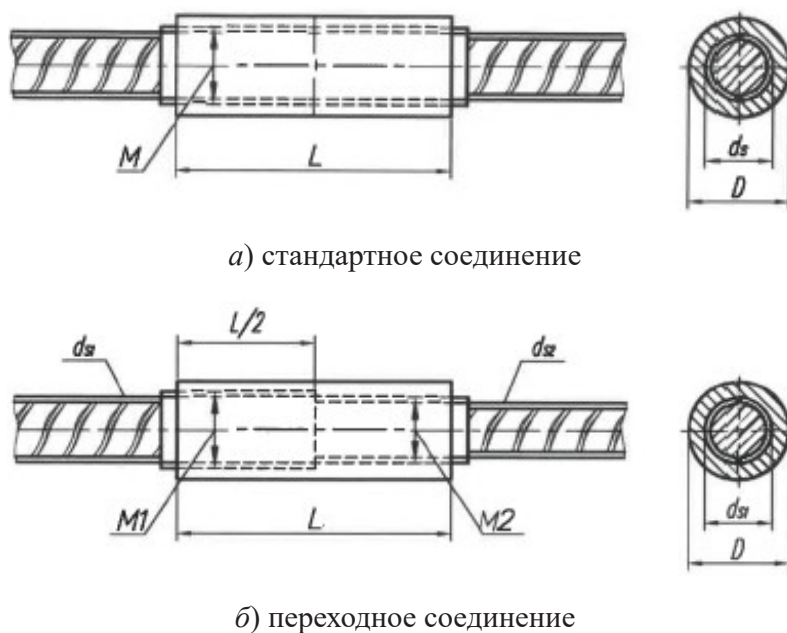


Рис. 2. Конструкция муфтового резьбового соединения:

M – параметры резьбы; L – длина муфты; d_s – номинальный диаметр стержня

Применение муфтовых соединений позволяет избежать целого ряда существенных недостатков присущих сварным (большая трудоёмкость, необходимость в привлечении высококвалифицированных сварщиков, сложность и высокая цена контроля качества сварного соединения) и нахлесточным (перерасход арматуры, необходимость в дополнительном поперечном армировании, вероятность полной потери прочности соединения в случае разрушения бетона) соединениям.

В свою очередь муфтовые соединения обеспечивают равнопрочное соединение арматуры при меньших трудовых и материальных затратах. Согласно испытаниям, проведенным ОАО «НИЦ «Строительство» «Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций имени В. А. Кучеренко» образцы соединений на муфтах Ancon соответствуют требованиям предъявляемым к сварным соединениям по ГОСТ 10922 и равнопрочны арматуре А500С. Муфтовые соединения в процессе проведения усталостных испытаний и испытаний на циклические нагрузки не разрушились. После статических испытаний разрушение образцов произошло вне зоны нарезки резьбы и вне муфтового соединения.

Арматурные работы являются наиболее затратными по сравнению с бетонными и опалубочными работами и составляют основную часть стоимости сооружения. В свя-

зи с этим выбор муфтового соединения является приоритетным, так как он позволяет значительно сократить перерасход арматуры необходимый при использовании нахлесточного соединения.

Соединения на муфтах можно выполнять при любых погодных условиях круглогодично без применения дополнительных технологических укрытий. Кроме того, применение муфтовых соединений позволяет исключить риск возникновения пожара при выполнении работ в отличие от соединений, связанных со сварочными работами.

Особенности ведения работ при сооружении внутренней и наружной защитной оболочки

При строительстве атомных электростанций (АЭС) наиболее конструктивно сложным, материалоемким и трудоемким является реакторное отделение и особенно зона локализации возможных аварий – защитная оболочка и конструкции внутри нее.

Защитная оболочка (герметичная оболочка; контайнмент – от англ. containment) – пассивная система безопасности энергетических ядерных реакторов, главной функцией которой является предотвращение выхода радиоактивных веществ в окружающую среду при тяжёлых авариях. Защитная оболочка является наиболее характерным в архитектурном плане и важнейшим с точки зрения безопасности сооружением АЭС, последним физическим барьером на пути распространения радиоактивных материалов и ионизирующих излучений. Кроме того, оболочка защищает реакторную установку от внешних воздействий.

С учетом этого, в настоящее время особо актуальны исследования, направленные на совершенствование конструктивных решений и технологий возведения защитных оболочек с целью уменьшения стоимости и сроков их строительства. Для определения основных направлений дальнейших исследований рассмотрим конструкции эксплуатируемых защитных железобетонных оболочек и современные тенденции в их развитии.

Компоновочно-конструктивные решения, форма, размеры оболочек зависят от ряда факторов, среди которых можно выделить следующие:

- тип, мощность реактора;
- технологическая схема АЭС;
- способ снижения давления внутри оболочки при авариях;
- требования по безопасности национальных органов и МАГАТЭ.

Стальная облицовка является частью оболочки. Конструктивная связь стальной облицовки и бетона осуществляется анкерами, основное назначение которых состоит в обеспечении их совместной работы и предотвращении выпучивания облицовки при любой комбинации действующих на нее нагрузок.

В отличие от облицовки ряда помещений, листы которой часто привариваются к полосовым закладным элементам после бетонирования стен и перекрытий, облицовка оболочек проектируется как конструкция, способная выдержать транспортно-монтажные нагрузки и давление смеси при бетонировании (рис. 3).

Конструкция облицовки включает помимо листов ее каркасную часть – элементы жесткости. Каркас состоит из связанных между собой прямолинейных и гнутых прокатных профилей и (или) фермочек, к которым привариваются листы облицовки. Кроме того, в состав металлоконструкций оболочки входит арматура, каналобразователи для преднапрягаемой арматуры и многочисленные проходки.



Рис. 3. Монтаж яруса внутренней защитной оболочки (ВЗО) на здании реактора АЭС «Аккую»

При этом внутренняя оболочка рассчитывается на повышенное давление при аварии, и во избежание раскрытия трещин и утечки газообразных радиоактивных продуктов выполняется преднапрягаемой, что увеличивает ее несущую способность многократно. Напрягаемые пучки арматурных канатов протягивают внутри металлических или полимерных каналобразователей диаметром до 270 мм, заложенных в бетон (рис. 4). Для цилиндрических с куполом оболочек имеют место геликоидальная и ортогональная схемы расположения каналобразователей-пучков.

В конструкциях ВЗО используется самоуплотняющийся бетон – это бетонная смесь, способная под действием собственной массы заполнять форму без придания ей механического воздействия и повторять мельчайшие подробности опалубки. Позволяет получать идеальную поверхность даже при густом армировании.

Для самоуплотняющихся бетонов защитных оболочек и других предварительно напряженных конструкций должны быть определены деформационные характеристики (показатели ползучести, усадки). Значения предельных относительных деформаций из самоуплотняющихся бетонов принимают в соответствии с требованиями СП 63.13330.

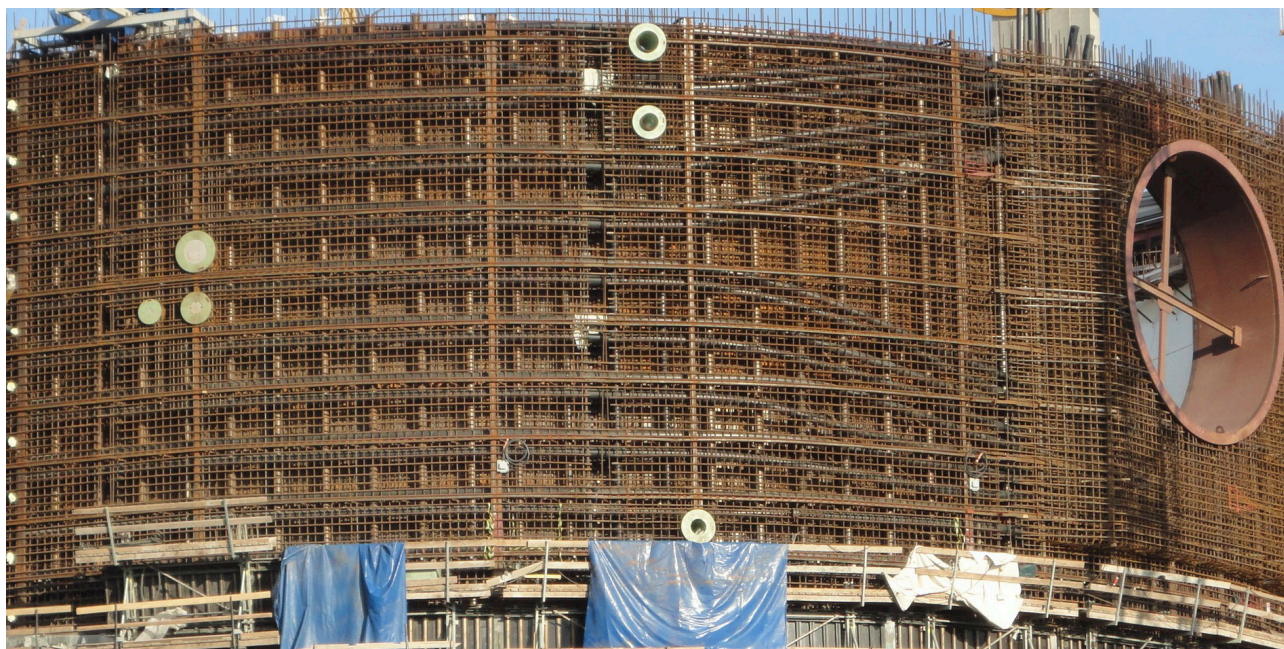


Рис. 4. Фотография ВЗО: 1 – горизонтальные каналобразователи;
2 – вертикальные каналобразователи

После набора прочности бетоном купольная часть обжимается пучками, которые располагаются в двух взаимно-перпендикулярных направлениях. Анкеровка и натяжение осуществляется в карнизе. К недостаткам схемы следует отнести конструктивный узел карниза. Карнизная часть получается материалоемкой и трудоемкой при возведении.

Внешняя железобетонная оболочка предназначена для защиты реакторных установок от внешних опасностей, в том числе взрывной волны и падения самолета.

Преднапряжение железобетонной защитной оболочки необходимо во избежание раскрытия в ней трещин при всех видах воздействий, в том числе при повышении давления внутри нее в случае максимальной проектной аварии.

На отечественных АЭС нового поколения используется система преднапряжения СПЗО-М с ортогональной схемой расположения преднапрягаемых арматурных пучков в оболочке.

Система характеризуется высокими техническими и эксплуатационными показателями, среди которых: цанговая конструкция анкерных зажимов, исключая неравномерность натяжения элементов каната; низкий коэффициент трения – 0,05 %; высокий срок службы – 50 лет; подтяжка канатов во время всего жизненного цикла не требуется; вероятность отказа 10^5 , до настоящего времени ни на одном из 112 эксплуатируемых в мире энергоблоков не зафиксированы отказы.

СПЗО-М состоит из горизонтальных арматурных пучков в цилиндрической части в количестве 53 шт. и в купольной части в количестве 15 шт., а также вертикальных U-образных арматурных пучков, охватывающих купольную часть, – 60 шт. (рис. 5).

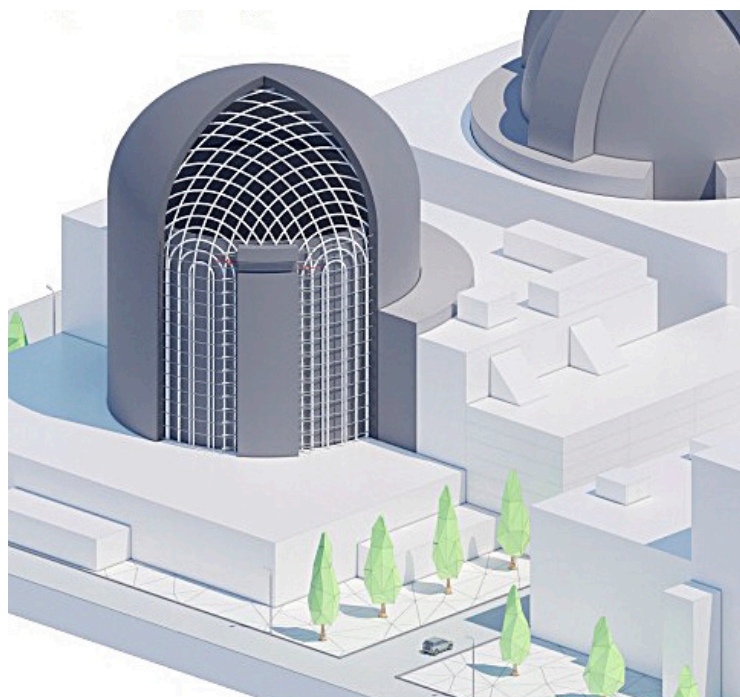


Рис. 5. Схема устройства СПЗО

Защита от коррозии обеспечивается: полиэтиленовой оболочкой каждого каната со смазкой внутри; замоноличиванием армопучка в каналообразователе; консервацией парафином под защитным колпаком анкерного узла.

Пучок представляет собой конструкцию из 55 арматурных канатов, концы которых цанговыми зажимами закреплены в конических отверстиях анкерных блоков. Последние передают усилие натяжения на опорные поверхности анкерных колодцев. В процессе возведения оболочки, при монтаже каналообразователей анкерные колодцы крепятся к опалубке болтовыми соединениями.

Начало работ по натяжению СПЗО начинают по истечению девятистодневного срока после достижения 100 % проектной прочности бетона. В период подготовительных работ проводят тщательный контроль документации и оценку соответствия оборудования и материалов проекта. Особое внимание уделяют измерению длины канатов и проверке их поперечного сечения. Проверка сечения производится путём протаскивания шаблона (лидера) диаметром 190 мм и длиной 250 мм. Измерение фактической длины выполняется при помощи мерной проволоки длиной 115 м и дублируется акустическим прибором «ЗВУК-3М». Оборудование и канаты располагаются на опорном кольце и обстройке реакторного отделения.

После проведения подготовительного этапа проводят работы по натяжению арматурных канатов, эти работы включают в себя протаскивание арматурных канатов в каналообразователи и процесс их натяжения.

После завершения напряжения оболочки проводят консервацию узлов крепления канатов к опорному кольцу, в дальнейшем при проведении планово-предупредительных ремонтных работ проверяют усилие натяжения канатов и при необходимости проводят подтяжку либо замену каната.

Во время эксплуатации АЭС ведется непрерывный мониторинг работы всех систем, в том числе и защитной оболочки. Эксплуатационная пригодность защитной оболочки определяется соответствием множества проектных требований, таких как соответствие геометрических параметров, качества материала, уровня преднапряжения и т. д. Контроль геометрических параметров осуществляется в период возведения оболочки, во время её сдачи в эксплуатацию, а также в период испытания на прочность. Качество материала изготовления подтверждается в процессе строительных работ, а также в период эксплуатации. Уровень преднапряжения защитной оболочки ВВЭР-1000 производят непрерывно, так как на уровень натяжения канатов может оказывать воздействие множество факторов, таких как температура, усадка бетона, релаксация строительных элементов ЗГО и растяжение самих канатов.

Применение самоподъемной опалубки

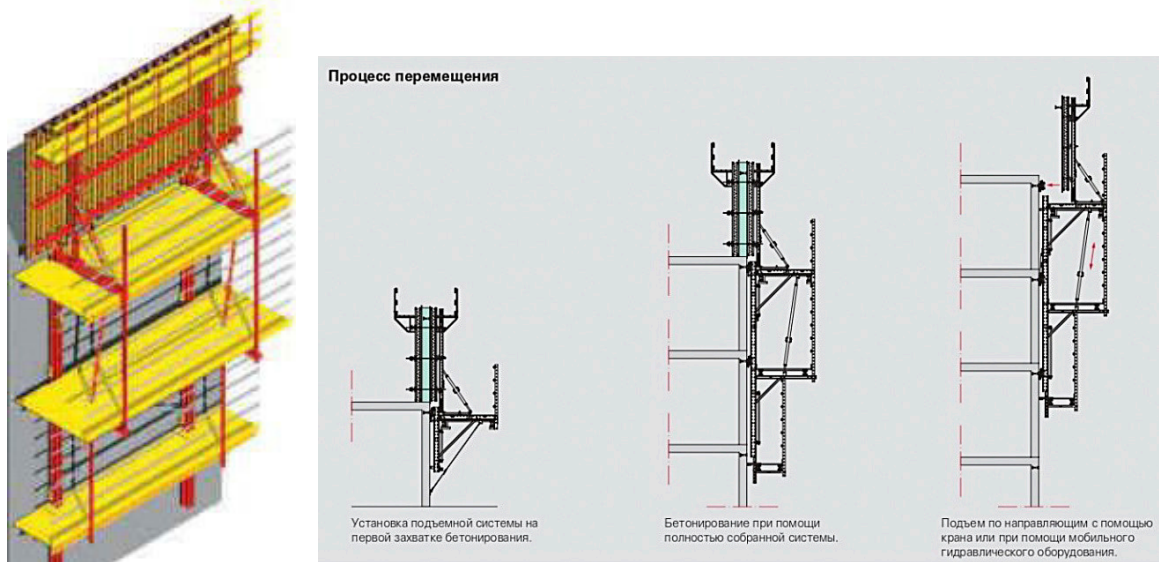
Одним из важнейших технологических этапов монолитного строительства являются опалубочные работы. Современные системы опалубок в сочетании с передовыми технологиями подачи и укладки бетонной смеси позволяют вывести монолитное строительство на качественно иной технологический уровень. Для возведения строительных конструкций цилиндрической части наружной и внутренней защитной оболочки АЭС «Аккую» была выбрана самоподъемная опалубка за высокий уровень геометрической точности и высочайший темп строительства.

Самоподъемная опалубка не зависит от кранов и позволяет создать безопасные условия выполнения работ. В отличие от высотных кранов, такая опалубка не боится капризов погоды и является невероятно экономичной при выполнении строительных работ на объектах всех типов и конфигураций. Эта система позволяет экономить время монтажных работ и, кроме того, позволяет не задействовать башенные краны, работа которых во многом и определяет максимальный темп строительства.

Значительное место среди современных опалубок занимают подъемно-переставные или, как их еще называют, самоподъемные опалубки или самодвижущиеся подъемно-переставные (climbing, self-climbing, jump-form). Подъемно-переставные опалубки перемещаются самостоятельно за счет собственных подъемных средств, перемещается от уровня к уровню и смесь укладывается на всю высоту опалубки. Средняя скорость бетонирования равна 100 мм/ч (рис. 6).

Высокое качество поверхности, получаемое при бетонировании в подъемно-переставной опалубке, обеспечивается тем, что ее щиты остаются неподвижными во время схватывания бетонной смеси. Бетонирование в такой опалубке может быть приостановлено при неблагоприятной погоде. Толщину стен в той и другой опалубке можно контролировать и легко изменять, увеличивая или уменьшая расстояние между щитами.

a)



б)

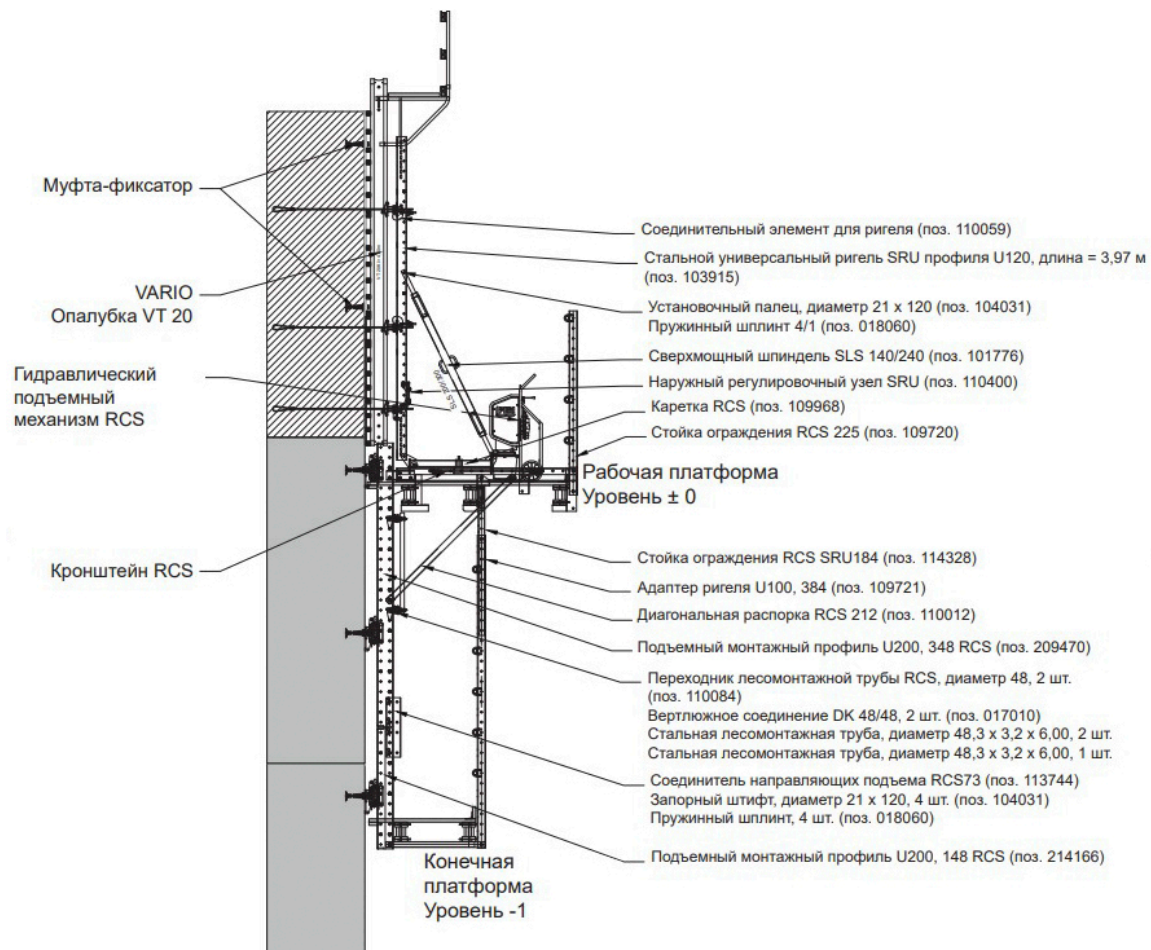


Рис. 6. Подъемно-переставная опалубка фирмы PERI: *a* – общая схема; *б* – схема опалубки, разработанная для ВЗО проекта АЭ «Аккую»

Благодаря тому, что опалубка крепится к каркасу с двумя или более направляющими, она всегда выровнена. На каркасе крепятся также рабочие платформы, часто две или три, на которых можно располагать арматуру и оборудование для укладки бетонной сме-

си. С этих же платформ производят закручивание и раскручивание болтов при перестановке опалубки. Экономичность подъемно-переставных опалубок возрастает по мере увеличения высоты сооружений.

К крупнейшим производителям опалубок, обеспечивающим всесторонний спрос, относятся: Peri, Doka, Thyssen Hunnebeck, NOE, Pashal, Faresin, Cifa, Outinord, SGB, RMD и др., которые выпускают полный набор опалубочных систем или специальные опалубки высокого качества, позволяющие эффективно и безопасно производить бетонные работы любой сложности.

Компания Peri имеет опыт опалубки для возведения высотных сооружений. В наличии имеются три варианта модульной системы ACS (рис. 7), подъемные приводы которых идентичны, а различия в самих системах обозначаются соответствующим индексом. Опалубка *ACS R* (индекс *R* от немецкого *Regular* означает – регулярный или чаще всего используемый). Опалубка открыта сверху, что позволяет производить установку крупной арматуры. Опалубка применяется там, где бетонируются большие площади и где стены имеют свободный доступ сверху. Большие расстояния между консолями снижают потребность в анкерных креплениях и, таким образом, снижают количество дефектов в стене. Кроме того, имеется много места для закладных деталей, оконных и дверных проемов, а также для примыканий, которые бывают в высотных зданиях как, например, присоединительные плиты для стальных балок при сталежелезобетонных сборномонолитных конструкциях. Опалубка *ACS P* (*P* – платформа). Этот вид опалубки наиболее пригоден для бетонирования стволов жесткости высотных зданий или башнеобразных сооружений.

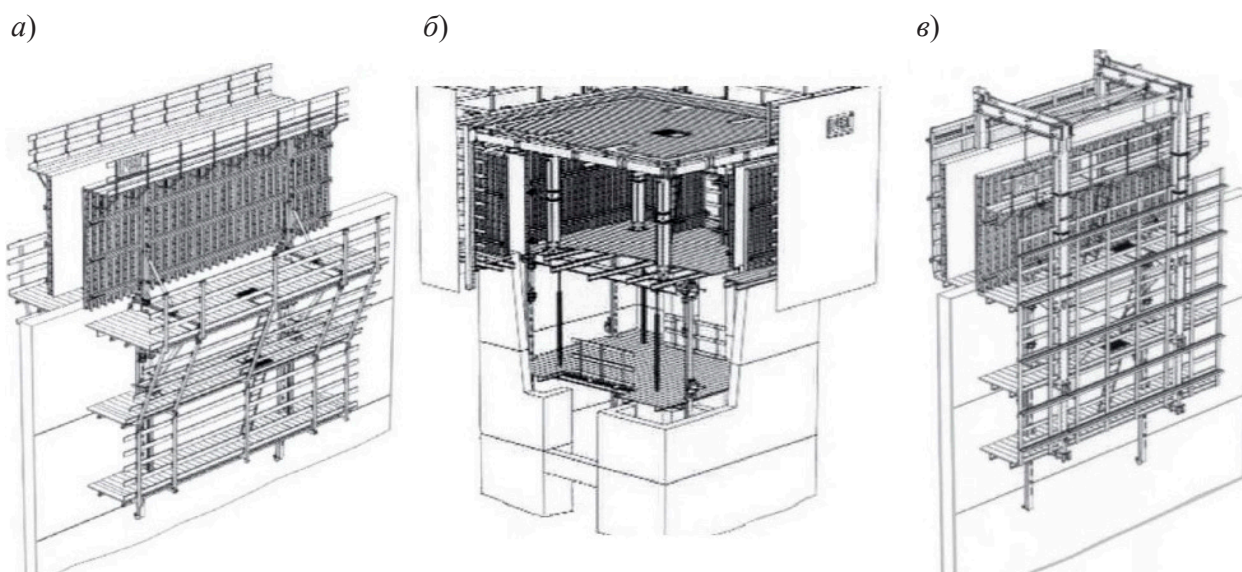


Рис. 7. Три варианта подъемной модульной системы ACS:
a – *ACS R* – типовой; *б* – *ACS P* – платформа; *в* – *ACS G* – Г-образный

Платформы образуют широкие рабочие и складские площади. При системе *ACS P* только небольшое количество ригелей платформы пересекают стены, поэтому частично возможна установка укрупненной арматуры. Весь комплект опалубки с рабочими лесами, складскими платформами и рабочая оснастка для опалубливания наружных и внутренних стен перемещаются самостоятельно одной операцией. При этом, целая подъемная единица остается огражденной.

Нет незащищенных краев, где может возникнуть опасность падения. Опалубка *ACS G* (*G* – Г-образный) работает консолью, которая поднимается через перекрытие.

При помощи этой опалубки можно бетонировать перекрытие и стену одной за хваткой. Система разработана с целью быстрого прогресса строительных работ, так как бетонирование перекрытия и стены одной захваткой сокращает время рабочего цикла и экономит издержки при подготовке арматуры. Отпадает также необходимость в болтовых соединениях между стеной и перекрытием.

ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ
ПО УСТАНОВКЕ ПОДЪЕМНОЙ ПЛАТФОРМЫ

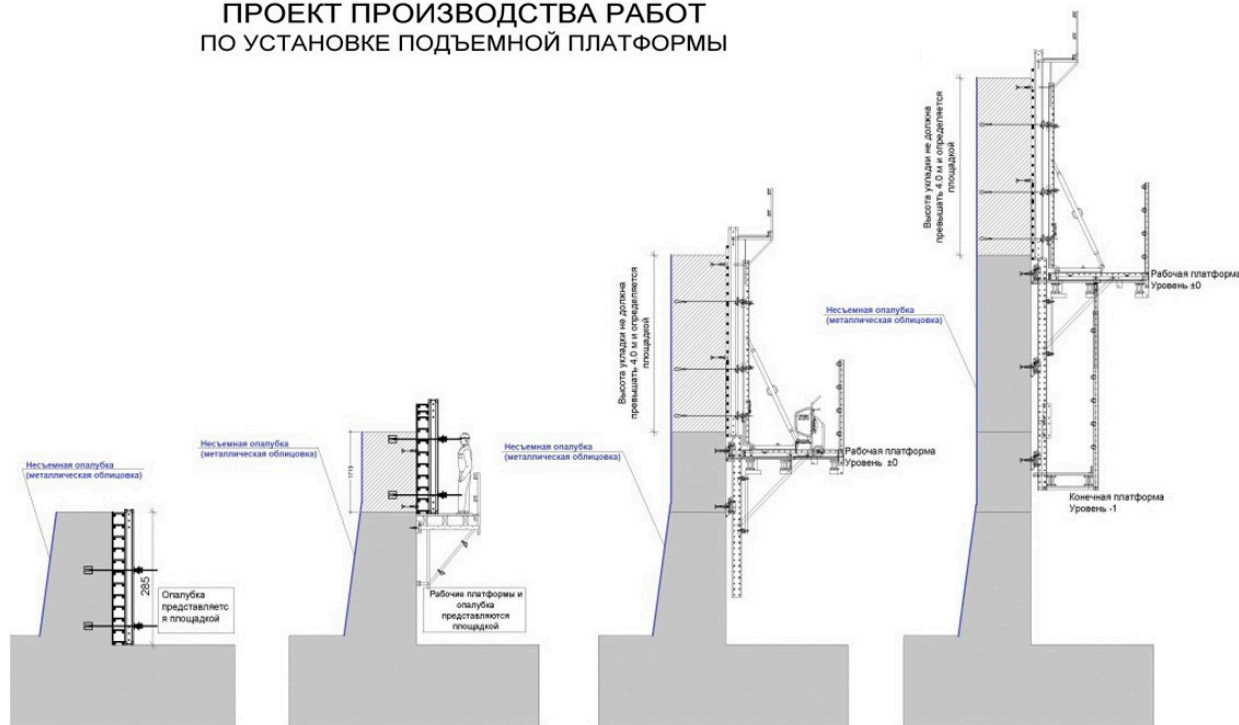


Рис. 8. Схема работ по устройству самоподъемной опалубки фирмы Peri на АЭС «Аккую» для работ на ВЗО

Привод подъема является главным механизмом у всех вариантов ACS. Система может подниматься вверх, опускаться вниз, а также перемещать груз по горизонтали. Запатентованная система защелок работает автоматически, без рывков, безопасна и управляется принудительным образом. Нагрузка передается на сооружение в каждой фазе подъема.

Благодаря почти бесшумной работе гидравлики подъемного механизма можно вести работы в любое время суток на площадках, где существуют ограничения по шуму.

Скорость хода поршня гидроцилиндра (100 кН) составляет 0.5 м/мин, а эффективная скорость подъема 0.2 м/мин.

Отдельные консольно-переставные единицы ACS могут приводиться в действие различными гидравлическими агрегатами. Данные единицы могут подниматься отдельно или вместе. Можно применять четыре разных гидравлических насоса (2-, 4-, 6- и 8-кратные агрегаты).

Нагрузки от консольно-переставных лесов должны передаваться надежно через анкерное крепление на сооружение. Это особенно важно, так как, как правило, следующий подъем производится уже через день после бетонирования.

Принимая во внимание особенность каждого проекта, например, структура здания, нагрузка, толщина стены и требуемая прочность бетона для каждого конкретного случая выбираются оптимальный подъемный башмак и тип анкерного крепления и определяется его положение. Таким образом, возникающие растягивающие и поперечные усилия надежно передаются на стену.

В настоящее время на мировом рынке опалубочных систем присутствует огромное разнообразие высококачественной продукции, удовлетворяющей практически все запросы подрядчиков, занятых в строительстве из монолитного железобетона.

Новым в совершенствовании систем опалубок является внедрение композитных материалов для панелей, которые, возможно, заменят в будущем традиционную фанеру. Фанерные панели пока еще преобладают, но в их отделке используют различные материалы, повышающие прочность опалубки и увеличивающие циклы оборачиваемости. Стальные панели используются для тех опалубок, где требуется высокая несущая способность и оборачиваемость.

Для ускорения и надежности сборки отдельных щитов опалубок используются надежные и быстродействующие соединительные элементы, многие компании имеют свои собственные разработки в этом направлении.

Таким образом, развитие опалубочных систем в большой мере идет по пути совершенствования известных, хорошо зарекомендовавших себя продуктов и технических решений, которые улучшаются за счет унификации, увеличения несущей способности, повышения долговечности, оборачиваемости, снижения массы, упрощения сборки-разборки, обеспечения безопасности работ и др.

Повсеместно внедряются компьютерные технологии, причем как в процессы проектирования и разработки опалубок, так и в процессы подборки опалубок к конкретному проекту и дальнейшего производства работ на объекте.

Вывод

Здание реактора имеет сейсмоустойчивую компоновку монолитного диска без шарнирных сопряжений, что позволяет выполнять функции контейнеров с высокой степенью защиты, а конструктивные особенности защитной оболочки предохраняют от любых экстренных ситуаций и запроектных аварий.

Внедрение передовых технологий, таких как применение механических соединений арматурных стержней при армировании железобетонных конструкций, позволяет повысить прочность конструкций при воздействии динамических нагрузок.

Использование системы самоподъемной опалубки повышает уровень геометрической точности, уменьшает сроки строительства и является невероятно экономичной при выполнении строительных работ на объектах всех типов и конфигураций.

Литература

1. Рабочая документация, разработанная АО «Атомэнергопроект», ООО «Следящие тест – системы» для проекта АЭС «Аккую».
2. Проект организации строительства, разработанный АО «Атомэнергопроект» для проекта АЭС «Аккую».
3. Особо сложные проекты производства работ, разработанные АО «Силтумэлектропроектс» для АЭС «Аккую».
4. Технические условия 25.11.23-001-15412501-2018 ООО «Титан Технолоджи Пайплайн» 2018 г.
5. *Пергаменщик Б. К.* Возведение специальных защитных конструкций АЭС / Б.К. Пергаменщик, В.И. Теличенко, Р.Р. Темишев; под общ. ред. В.И. Теличенко. М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 240 с.
6. *Забазнов Ю. С.* Разработка и исследование методики геодезического контроля технического состояния защитных оболочек АЭС.
7. *Шатовалова О. Я.* Современные системы опалубок ведущих мировых производителей // Обзорная информация Сер. «Технология и механизация в строительстве». Вып. 2. М.: ВНИИТПИ, 2006.
8. *Подколзин А.* Самоподъемная опалубка PERI. www.peri.com

УДК 69.059.35

Игорь Анатольевич Алексеев, студент
Вера Михайловна Челнокова,
канд. техн. наук, доцент
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: a4039249i@yandex.ru

Igor Anatolyevich Alekseev, student
Vera Mikhailovna Chelnokova,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: a4039249i@yandex.ru

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ЗДАНИЯ ПОДПЛАЗОВОГО УЧАСТКА

ORGANIZATION OF WORKS ON THE RECONSTRUCTION OF THE CULTURAL HERITAGE OBJECT OF THE BUILDING OF THE SUBPLASE SECTION

В статье приводятся результаты научных исследований по реконструкции объекта культурного наследия Здания подпласового участка. Анализ исходных данных и характеристик объекта культурного наследия Здания подпласового участка позволил идентифицировать проблему безопасности данного объекта. Проведенное обследование позволило выявить признаки достижения несущими конструкциями I группы предельных состояний, что подтверждает несоответствие здания необходимым требованиям по прочности, жесткости и устойчивости. Сделаны выводы о необходимости выполнения реставрационных работ основного периода на объекте в две очереди: первая очередь – ремонт и реставрация крыши, вторая очередь – ремонт АБК.

Ключевые слова: здание, объект культурного наследия, реставрация, реконструкция, предельное состояние.

The article presents the results of scientific research on the reconstruction of the cultural heritage Building of the subplase section. The analysis of the initial data and characteristics of the cultural heritage Building of the subplase section made it possible to identify the security problem of this object. The survey made it possible to identify signs that the load-bearing structures of group I have reached the limit states, which confirms that the building does not meet the necessary requirements for strength, rigidity and stability. Conclusions are drawn about the need to carry out restoration work of the main period at the facility in two stages: the first stage is the repair and restoration of the roof, the second stage is the repair of the ABC.

Keywords: building, cultural heritage object, restoration, reconstruction, marginal condition

1. Анализ исходных данных и характеристика объекта

Здания подпласового участка расположено на территории завода «Адмиралтейские верфи» на Галерном острове в дельте реки Невы.

Фотография общего вида здания подпласового участка представлена на рис. 1.

Габаритные размеры здания в плане: ширина – 31,4 м; длина – 135,3 м; высота – 24,5 м.

История завода «Адмиралтейские верфи» связана с идеей Петра I основать в устье Невы приморский город с мощным флотом, а также связать Россию с Европой с помощью торговых путей.

В то же время Адмиралтейский двор все более становится тесным, поэтому для построения судов пришлось заложить еще одну верфь, ниже по течению Невы, которую назвали Галерной.

Далее на территории Галерной верфи в 1799 году началась ее реконструкция. Указом императора Павла I верфь получила название «Новое Адмиралтейство». В «Новом Адмиралтействе» сначала стали размещать склады и магазины, но с начала девятнадцатого века оно стало приспособляться к нуждам строительства крупных судов.



Рис. 1. Фотография общего вида здания подплавового участка лит. АЦ

В начале двадцатого века в 1910 году было закончено переоборудование правого рукава Фонтанки под судостроительный бассейн и углублен ее фарватер. В основе идеи генеральной перепланировки Галерного островка было полное разделение территории на судостроительную и вспомогательную части.

В эти годы были построены электрическая станция и судостроительная мастерская с кузницей. Данный объект культурного наследия был построен в 1914 г. по проекту Козлова Н. П.

Из технической документации завода известно, что в 1965–1966 гг. была выполнена реконструкция стропильной системы и покрытия здания, включавшая в себя демонтаж существовавших световых фонарей, расположенных по стропильным фермам. Также была произведена реконструкция стропильных ферм для возможности монтажа фотопроекторной будки. Вероятнее всего, тогда же на торцевых фасадах плаза историческое мелкое геометрическое остекление оконных заполнений было заменено стеклблоками.

Рассматриваемое нами здание является двухэтажным и прямоугольным, его ориентация по главной оси с запада на восток. Крыша имеет форму полуцилиндра, а рядом устроен трехэтажный административно-бытовой блок. Крыша не имеет чердака и имеет совмещенную арочную кровлю. На кровле отсутствует парапетное ограждение. Несущими конструкциями кровельного покрытия являются металлические клепаемые фермы с криволинейным верхним поясом и опирающимися на них деревянными. Конструктивная схема здания представляет собой полный каркас (остов) из монолитных

железобетонных колонн и подкрановых балок. Наружные стены заполнены кирпичной кладкой, которая заполняет проемы между колоннами, а также их часть выполнена из шлакобетонных блоков. Здание не имеет подвала.

Фасады выполнены в приемах рационального модерна. Объемы здания имеют полуциркульную кровлю с покрытием из рубероидного ковра на битумной мастике по деревянному настилу, выполненному в шестидесятые годы двадцатого века. Существующая кровля не утеплена. Водоотвод является неорганизованным и осуществляется за счет скатов кровли и карнизных свесов значительного выноса. Ограждение кровли отсутствует.

На основании результатов обследования здания подплатового участка согласно [3] и [4] можно сделать следующие выводы по каждой отдельной группе его конструкций:

1. В связи с отсутствием дефектов и повреждений, значительно влияющих на несущую способность фундаментов, их техническое состояние можно признать **работоспособным**.

2. Фундаментные балки, выполненные из железобетона и металлических прокатных профилей, из-за значительной коррозии находятся в **ограниченно работоспособном** состоянии.

3. Наружные самонесущие кирпичные стены за годы длительной эксплуатации накопили физический износ. Так, многочисленное замачивание стен атмосферными осадками, привело в ряде мест к естественной деструкции, связанной с химическими реакциями в агрессивной среде. Данная деструкция совместно с вымыванием раствора из швов способствует потере прочности кирпичной кладки. Кроме этого, существует наличие различного рода закладок и пробивки неорганизованных проемов. Таким образом, кирпичные наружные стены находятся в **ограниченно работоспособном** состоянии. Необходимо также сразу отметить, что техническое состояние внутренней стены по оси 16 из-за наличия значительной трещины по оси В следует признать **недопустимым**.

4. Монолитное железобетонное перекрытие в целом находится в **ограниченно работоспособном** состоянии. При этом также необходимо отметить, что в перекрытии обнаружено множество неиспользуемых проемов, отверстий и пробивок, которые влияют на его эксплуатационную способность.

5. Техническое состояние обвязочных и подкрановых балок можно признать **ограниченно работоспособным**.

6. Металлические конструкции в покрытии м/о А-В/1-16, согласно результатам детального обследования, находятся в **недопустимом состоянии**. Особо следует отметить отсутствие горизонтальных связей в уровне верхних поясов, наличие недопустимых искривлений и значительного уровня рабочих напряжений в раскосах, стойках и в элементах вертикальных связей, а также наличие механических локальных повреждений в некоторых отмеченных в конструктивных элементах.

7. Деревянные прогоны между арками и настил находятся в **недопустимом состоянии**.

8. Кровля здания находится в **работоспособном состоянии** и требует только местного ремонта.

9. Полы в рассматриваемом здании на момент обследования находятся в **ограниченно работоспособном состоянии**.

10. Заполнения оконных проемов в производственной части, выполнены из стеклоблоков и находится **ограниченно работоспособном** состоянии. В части АБК оконные заполнения из деревянных рам с двойным остеклением также находятся в **ограниченно**

работоспособном состоянии, а замененные на фасаде по оси 17 на стеклопакеты – **в работоспособном состоянии**.

Все наружные ворота по результатам обследования можно признать в **ограниченно работоспособном** состоянии.

Общее техническое состояние основных несущих конструкций здания подпلاзового участка следует признать **ограниченно работоспособным**, кроме покрытия в осях А-В/1-17, которые находятся в недопустимом техническом состоянии. Согласно СП 22.13330.2016 Приложение Д (таблица Д. 1), категория технического состояния данного здания III – ограниченно работоспособное.

2. Идентификация проблемы

Проведенный анализ исходных данных и характеристик объекта культурного наследия Здания подплазового участка позволил идентифицировать проблему безопасности данного объекта, которая включает в себя следующие положения:

1. Объект в целом соответствует требованиям п.1 статьи 9 Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» №116-ФЗ от 21.07.1997 г.

2. Объект не в полной мере соответствует требованиям п. 1 статьи 7 Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» № 384-ФЗ от 30.12.2009 г.

3. Объект не в полной мере соответствует требованиям Приложения 14 СНиП «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» (в ред. от 12.04.2016 г.), утвержденных приказом Ростехнадзора № 533 от 12.11.2013 г, а именно:

- выявлены трещины по фасадной поверхности колонн каркаса здания;
- выявлены деструктивные разрушения защитного слоя бетона с оголением и коррозией арматуры монолитных железобетонных подкрановых балок и колонн каркаса здания;
- выявлены участки механического разрушения защитного слоя бетона с оголением и коррозией арматуры монолитных железобетонных колонн каркаса здания;
- отклонения осей колонн от вертикали величиной более 30 мм не выявлено;
- разность отметок верха колонн каркаса не превышает 25 мм.

3. Методы решения проблемы

При разработке проекта реконструкции и реставрации здания подплазового участка рекомендуется выполнить следующие работы.

Первоочередные мероприятия:

1. Организовать и проводить постоянный инженерный мониторинг наружных стен АБК, а также внутренней стены по оси 16;

2. До производства реконструкции покрытия установить дополнительные деревянные распорки между верхними поясами ферм, где отмечаются значительные искривления;

3. В перекрытии над первым этажом убрать временные заделки неорганизованных проемов из фанеры и досок и выполнить их из более надежных материалов.

Эти мероприятия необходимо выполнить до начала ремонтно-реставрационных работ. Работы, выполняемые при реконструкции и реставрации:

1. Произвести ремонт и ликвидацию всех дефектов и повреждений, отмеченных на схемах и в ведомостях.

2. Полностью разобрать и заменить деревянное покрытие (прогоны, настилы) на негорючее. При этом по возможности применять легкие конструкции. Работы производить захватками, с устройством страховочных лесов, обеспечивающих сохранение несущих металлических стропильных конструкций.

3. Усилить или заменить поэлементно все непригодные элементы металлических стропил.

4. Восстановить горизонтальные связи в уровне верхних поясов.

5. Установить дополнительные вертикальные связи в тех местах, которые не были предусмотрены в первоначальном проекте.

6. Заменить кровлю с утеплителем из эффективного материала, уменьшив тем самым собственный вес кровельного «пирога».

7. Отремонтировать шлакобетонные наружные стены АБК с ликвидацией всех дефектов и повреждений, отмеченных на схемах, обеспечить надежную защиту этих стен от увлажнения атмосферными осадками.

8. Выполнить компенсационное конструктивное обрамление существующего проема в перекрытии м/о 1-1/1.

9. Выполнить ремонт или усиление фундаментных балок.

10. Выполнить отмостки и обеспечить надежный водоотвод атмосферных осадков от здания.

Все работы, связанные с реконструкцией и реставрацией строительных конструкций вести по специально разработанному проекту.

Работы по реставрации следует производить согласно технологии производства реставрационных работ.

Обоснование принятой организационно-технологической схемы состоит в определении задачи календарного планирования. Задача календарного планирования включает в себя следующие частные задачи:

1. Определение общей продолжительности строительства при заданных ресурсах.

2. Определение потребности в основных ресурсах при заданной продолжительности ремонтно-реставрационных работ.

Временные задачи предусматривают взаимную увязку работ только во времени и при этом не учитываются ограничения на ресурсы.

Ресурсные задачи возникают при наличии ограничений на использование трудовых, материально-технических и финансовых ресурсов, указанных ограничений нет.

Работы по ремонту предусматривается выполнять в два периода: подготовительный и основной.

Исходя из описания сведений о возможности использования местной рабочей силы при осуществлении реставрации, оценка развитости транспортной инфраструктуры, условий и особенностей проведения работ можно сделать следующие основополагающие выводы:

1. Основным критерием является стоимость и сроки выполнения реставрационных работ, при этом стоимость работ определяется на основании сметной стоимости. Стоимость работ может быть уменьшена подрядчиком в ходе торгов. Иных ограничений по стоимости работ заданием на проектирование не предусмотрено.

2. Сроки выполнения работ определяются на основании решения, принятого в проекте организации работ и могут быть уменьшены подрядчиком за счет повышения производительности труда. Собственник предприятия может ограничить время ремонтно-реставрационных работ из-за технологических требований действующего производства. Настоящим проектом организации работ возможные ограничения из-за технологических тревожащих заказчика не рассматриваются и должны быть учтены при разработке проекта производства реставрации. Таким образом, каких-либо ограничений по срокам выполнения работ и на проектирование не предусмотрено.

3. Ремонтируемое здание является четырехэтажным с единой кровлей и встроенным АБК, который находится на последнем этаже в подкровельном пространстве. Одновременное выполнение работ по ремонту кровли и АБК невозможны. Указанные работы не повторяются. По этой причине разбить объект на участки с повторяющимися технологическими процессами (частным фронтам).

Поэтому предусмотрено выполнение работ основного периода на объекте в две очереди:

Первая очередь – ремонт и реставрация крыши.

Вторая очередь – ремонт АБК.

Первая очередь. Ремонт и реставрация крыши ведутся комбинированным методом: поточным методом по захваткам с параллельными частными фронтами внутри захватки.

Ремонт кровли и стропильной системы разбит на 23 отдельные захватки. Выполнение работ одновременно на нескольких захватках невозможно, так как при монтаже сложных конструкций кровли достичь нормативной точности состыковки отремонтированных параллельно участков кровли чрезвычайно трудно. Поэтому ремонт осуществляется захватками начиная с первой оси и последовательно продвигаясь в сторону увеличения нумерации осей.

Внутри частного фронта (захватки) возможно выполнение параллельных частных фронтов:

1. Демонтаж существующего покрытия.

2. Реставрация, ремонт и усиление стропильных ферм.

3. Монтаж нового покрытия кровли по отремонтированным на предыдущей захватке фермам.

Исходя из предложенной схемы, работы должны проводиться одновременно по двум осям каждого элемента, захватки проводятся в трех последовательных подзахватках. В первую очередь должен осуществляться демонтаж существующего покрытия. Во вторую очередь должна осуществляться реставрация, ремонт и усиление стропильных ферм. В третью очередь должен осуществляться монтаж нового покрытия кровли по отремонтированным фермам.

Вторая очередь. Существующий АБК располагается на 4-м этаже. При ремонте выделить участки с повторяющимися технологическими процессами не представляется возможным. Поэтому возможно использование только поточного метода.

Реконструкцию рекомендуется осуществлять генподрядным способом, который является стационарным способом использования ресурсов специализированными бри-

гадами. Способ строительных работ – последовательный во времени. Схема движения строительных работ разветвленная.

Следующие виды строительных и монтажных работ, ответственных конструкций, подлежат освидетельствованию с составлением соответствующих актов приемки:

1. Демонтажные работы.
2. Освидетельствование отреставрированной и усиленной конструкции ферм.
3. Монтаж металлических конструкций кровли (прогоны, связи и т.п.).
4. Сварка соединительных элементов.
5. Кровельные работы.
6. Монтаж металлических конструкций АБК.
7. Устройство подготовки под чистые полы.
8. Инженерные сети.

Перечень документации, которую надлежит вести на объекте следующий:

1. Общий журнал работ.
2. Журнал авторского надзора.
3. Журнал сварочных работ.
4. Журнал бетонных работ.
5. Журнал антисептирования и биозащиты.
6. Журнал входного учета и контроля качества получаемых деталей, материалов, конструкций и оборудования.

7. Журнал учета элементов, переданных на сохранение подрядной организации, на период производства реставрационных работ в цеху.

Организация строительных работ объекта была выбрана по принципам применения наиболее прогрессивных и экономически выгодных методов, средств и технологического оборудования, а также возможности реализации поточного и комбинированного методов организации работ.

Работы при ремонте здания предусмотрены в следующей технологической последовательности: первая очередь – ремонт реставрация и усиление конструкций крыши, устройству новой кровли; вторая очередь – демонтаж существующего и устройство нового АБК.

Вторая очередь работ начинается после завершения работ по первой очереди.

Первая очередь – работы по ремонту крыша состоит из: подготовительного и основного периодов.

Подготовительный период включает в себя:

1. Приемку и рассмотрение утвержденной в установленном порядке документации.
2. Получение и оформление разрешительной документации.
3. Разработку, согласование и утверждение проекта производства реставрации.
4. Уведомление заинтересованных лиц о начале производства работ.
5. Издание приказа по подрядной организации о назначении ответственных лиц за подготовку, проведение и завершение основных работ.
6. Очистку территории стройплощадки.
7. Устройство временных сооружений: контейнер для бытовых отходов, установку пожарных щитов, противопожарное водоснабжение.
8. Устройство временных перегородок из гипсокартона, при этом пространство между верхом перегородки и покрытием перекрывается армированной полиэтиленовой плен-

кой для обеспечения нормативных условий труда в существующем АБК в условиях рас-крытой кровли.

9. Устройство временного освещения стройплощадки.

10. Устройство временного энергоснабжения от существующих сетей.

11. Устройство площадок открытого типа для складирования строительных матери-алов и конструкций.

Перед началом строительного производства на территории действующего произ-водственного объекта работодатель и руководитель или полномочный представитель руководителя хозяйствующего субъекта, эксплуатирующего производственный объект, должны оформить акт-допуск для производства строительно-монтажных работ на тер-ритории действующего производственного объекта

Завершение подготовительного периода оформляется актом.

4. Общие выводы

Проведенные научные исследования показали, что техническое состояние рассма-триваемого объекта в целом, следующее:

1. В рассматриваемом здании отсутствуют косвенные признаки, свидетельствующие о неравномерных осадках грунтов основания и предельных деформациях фундаментов, такие как: крены, перекосы, деформации конструкций, характерные трещины в несущих и ограждающих конструкциях, осадки полов и т.п.

2. По результатам технического диагностирования установлено, что прочност-ные характеристики материалов, применённых в строительных конструкциях зда-ния, соответствуют нормам проектирования, существовавшим на момент строитель-ства здания.

3. Проведенное обследование здания идентифицировало признаки достижения его несущими конструкциями I группы предельных состояний. С другой стороны, суще-ствующие архитектурные и конструктивные решения объекта не в полной мере обеспе-чивают выполнение необходимых требований по прочности, жесткости, общей устой-чивости здания.

4. Общая картина выявленных дефектов и повреждений для различных типов строи-тельных конструкций позволяет выявить причины их происхождения и может быть доста-точной для оценки их технического состояния. Детальное обследование не проводилось.

5. Согласно данным технического заключения о техническом состоянии строитель-ных конструкций здания на момент проведения обследования комплексно оценивается как ограниченно-работоспособное, за исключением аварийных конструкций стропиль-ной системы.

Исследовав технологию выполнения работ по реставрации объекта, выяснили:

1. Выполнение работ Первой очереди одновременно на нескольких захватках не-возможно, так как при монтаже сложных конструкций кровли достичь нормативной точности состыковки отремонтированных параллельно участков кровли чрезвычайно трудно. Поэтому ремонт осуществляется захватками начиная с первой оси и последо-вательно продвигаясь в сторону увеличения нумерации осей. Внутри частного фронта (захватки) возможно выполнение параллельных частных фронтов. Исходя из вышеиз-ложенных условий выбираем для Первой очереди (ремонт и реставрация кровли) ком-

бинированный метод: поточный метод по захваткам с параллельными частными фронтами внутри захватки.

2. Так как при реставрации Второй очереди (ремонт АБК) невозможно выделить участки с повторяющимися технологическими процессами, то возможно использование только поточного метода.

Также по результатам исследования технологии работ составлен перечень исполнительной документации, являющийся необходимой частью для организации и ведения работ по реставрации здания подплазового участка.

Литература

1. Федеральный закон РФ № 384-ФЗ от 30.12.2009 г. «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

2. Федеральный закон РФ № 123 от 22.07.2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

3. ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».

4. ГОСТ Р 55567-2013. «Порядок организации и ведения инженерно-технических исследований на объектах культурного наследия памятники истории и культуры общие требования».

5. СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих конструкций зданий и сооружений».

6. РД 22-01.97 «Требования по проведению оценки безопасной эксплуатации производственных зданий и сооружений поднадзорных промышленных производств и объектов (обследования строительных конструкций специализированными организациями)».

7. *Болотин С. А.* Организация строительного производства. / С.А. Болотин, А.Н. Вихров / М.: Издательский центр «Академия» 2007г. 201 с.

8. *Александрова В. Ф.* Организация и планирование в строительстве. Разработка календарных и строительных генеральных планов при проектировании жилых объектов: учеб. пособие / В.Ф. Александрова, Ч.О. Бахтинова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. 82 с.

9. *Дикман Л. Г.* Организация строительного производства / Учебник для строительных вузов / М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. 608 с.

10. *Афанасьев В.А.* Поточная организация строительства. Л.: Стройиздат, 1990. 304 с.

11. Приказ Министерства культуры РФ от 13 января 2016 года № 28 «Об утверждении Порядка определения предмета охраны объекта культурного наследия, включенного в единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации в соответствии со статьей 64 Федерального закона от 25 июня 2002 года № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации»».

12. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ.

УДК 692.232.4.: 693.98

Дмитрий Михайлович Андреев,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: dmitri_andreev97@mail.ru

Dmitri Michailovich Andreev,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: dmitri_andreev97@mail.ru

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ШУМА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

METHODS FOR NOISE REDUCTION IN THE RECONSTRUCTION OF BUILDINGS IN THE HISTORICAL CENTER OF SAINT PETERSBURG

В данной работе рассматриваются проблемы, возникающие при строительстве и реконструкции зданий и сооружений исторического центра Санкт-Петербурга. Требования по защите окружающей среды от шума прописаны в нормативных актах, их необходимо соблюдать для производства строительных работ в существующих стесненных условиях городской застройки. Совершенствование организационно технологических решений в виде применения современных методов ограничения и избегания шумового воздействия в процессе строительного производства поможет уменьшить общие сроки строительства, что в свою очередь положительно скажется на итоговых затратах на строительство. Необходимо еще в процессе проектирования, учитывать применение малозумных технологий и использование современной строительной техники.

Ключевые слова: реконструкция, шумовое воздействие, историческая застройка, стесненные условия, малозумные технологии, шумопоглощение.

This article discusses possible problems arising during the construction and reconstruction of buildings and structures of the historical center of St. Petersburg. Requirements for the protection of the environment from noise are prescribed in regulations, they must be observed for the production of construction work in the existing cramped conditions of urban development. The improvement of organizational and technological solutions in the form of the use of modern methods of limiting and avoiding noise exposure in the process of construction production will help to reduce the overall construction time, which in turn will have a positive impact on the final construction costs. It is necessary to take into account the use of low-noise technologies and the use of modern construction equipment in the design process.

Keywords: reconstruction, noise impact, historical buildings, cramped conditions, low-noise technologies, noise absorption.

Введение

Санкт-Петербург является уникальным по масштабу памятником архитектуры, не имеющим аналогов во всем мире. Высокая степень подлинности и сохранности исторической территории, позволило включить в список Всемирного наследия Юнеско не отдельные здания, а весь исторический центр Санкт-Петербурга, вместе с пригородами, такими как Ораниенбаум, Петродворец, Пушкин, Павловск [1]. Лучшими методами для сохранения памятников архитектуры является консервация и их бережная эксплуатация. Но в современном ритме крупного мегаполиса необходимо максимально эффективно использовать всю имеющуюся территорию центра. Реконструкция является вынужденной и дорогостоящей мерой, включающей в себя глубокое вмешательство в целостность здания, унося с собой частицу подлинности [2]. Приспособление для современного использования исторических зданий помогает найти необходимые средства на сохранение памятника, даря ему вторую жизнь.

С 2012 г в Санкт-Петербурге принята программа сохранения исторического центра Санкт-Петербурга, ключевыми направлениями которой являются: реконструкция объектов недвижимости и приспособление для современного использования объектов культурного наследия; повышение привлекательности Санкт-Петербурга для туристов, что имеет большое значение для сохранения культурного наследия, поскольку бюджет Санкт-Петербурга на 13 % состоит из получаемых от туристической отрасли доходов [3].

Строительные работы в историческом центре Санкт-Петербурга характеризуют некоторые негативные факторы, такие как плотная застройка, сформировавшаяся дорожная сеть с маленькой пропускной способностью транспорта, памятники охраны КГИОП, необходимость соблюдения норм по защите окружающей среды от шума, а также геологические особенности расположения города – структурно неустойчивые грунты. Все эти условия делают реконструкцию дорогостоящим, и растянутым во времени процессом. Чтобы уменьшить затраты, необходимо еще в процессе проектирования учитывать и находить решения данным проблемам, совершенствовать организационно-технологические решения, применять современные методы реконструкции.

Материалы и методы

Снижение шумности строительных работ, напрямую сказывается на сроках реконструкции, что в свою очередь оказывает положительное влияние на стоимость всего проекта. Проведение строительно-монтажных работ в условиях сложившейся городской застройки осложняется необходимостью обеспечения требований по охране окружающей среды от шума. Рядом с площадкой строительства могут находиться социально значимые общественные учреждения, такие как больницы, школы и детские сады, которые требуют строгого соблюдения норм. Запрещается превышать уровень звука в 55 дБА и 45 дБА, в дневное и ночное время соответственно [4]. Дневное время исчисляется с 07:00 до 23:00, а ночное с 23:00 до 07:00 [5].

Главным источником шумового загрязнения в строительстве, являются специализированные машины: бульдозеры, самосвалы, грузовые машины, автокраны, погрузчики, компрессоры, которые создают шум высокой интенсивности (фактический уровень издаваемого звука варьируется в пределах 75-90 дБА). Помимо этого, такие машины как сваебойные установки, создают сильные вибрации. Невозможно организовать полностью бесшумное производство, но использование малозумных технологий, позволит минимизировать количество жалоб жителей, штрафов и позволит ускорить сроки строительства.

Необходимо еще на этапе проектирования ПОС, ПОР и ППР предусматривать мероприятия по борьбе с производственным шумом.

По своему действию, методы защиты от шума подразделяются на звукоизолирующие и звукопоглощающие [6]. Эффективность наиболее распространенных средств минимизации шума представлена в табл. 1.

Исходя из данных, представленных в табл. 1, мы видим, что наиболее эффективными средствами снижения шума, являются использование строительной техники с электродвигателями, использование шумовых экранов и применение малозумных технологий. Одним из примеров малозумных технологий, является применение метода вдавливания свай или погружения в лидерную скважину, вместо забивки. Вдавливание свай происходит по средством прикладывания к готовым цельным или сборным, железобетонным

или стальным элементам значительной статической нагрузки сваевдавливающей установкой (СВУ). Однако из-за своих внушительных размеров которой, этот метод не подходит для стесненных условий. Также данная технология очень дорогостоящая и применять её для маленьких объемов работ не всегда целесообразно. Лидерные скважины позволяют вести забивку свай на уменьшенной мощности дизель молотов, что обеспечивает снижение шума и уменьшает вредное разрушительное воздействие на находящиеся рядом существующие постройки.

Таблица 1

Эффективность мероприятий по снижению шума

Методы снижения шума	Средства по снижению шума	Эффективность, дБА
На пути распространения шума	Увеличение расстояния до жилых зданий	4
	Сооружение земляных валов	3–8
	Монтаж акустических экранов	8–17
	Использование зеленых насаждений (высотой более 1м)	2–6
	Использование бетонных ограждений строительной площадки	3–4
	Звукоизолирующие капоты на строительном оборудовании	2–3
	Расположение строительной площадки в выемке	8–10
В источнике шума	Использование высокоэффективных глушителей на ДВС	2–3
	Использование малошумных современных технологий	10–15
	Использование строительной техники с электродвигателями	25–30

Основными источниками шума строительной техники является двигатель внутреннего сгорания и выпускная система. Комплексная модернизация строительной техники позволяет снизить уровень издаваемого шума на 7-8дБА. В её состав входит: улучшение подвески двигателя, установка более эффективного глушителя, устройство звукоизоляции подкапотного пространства, использование резиновых прокладок для всех элементов кузова.

В настоящее время, многие компании, производящие строительную технику, такие как *JCB, Hyundai, Caterpillar, Volvo* начали производить экскаваторы, погрузчики и другую строительную технику с электродвигателями [7]. Многотонные строительные машины, могут работать на электротяге полную рабочую смену (8 часов) без подзарядки. Данные двигатели практически бесшумны (уровень звукового давления составляет 7-10дБА), звук издают только гидравлические привода. Также отсутствуют вредные выбросы в атмосферу. Замена 2500 экскаваторов на электрические по влиянию на экологию

равносильна отказу от 60000 легковых автомобилей, что в условиях мегаполиса, является значимым условием, для людей и фирм, заботящихся о здоровье себя, своих сотрудников и окружающих их людей [8].

Одним из наиболее эффективных методов борьбы с негативным воздействием шума на окружающую среду является использование акустических экранов. Шумозащитные экраны представляют собой вертикальную стенку, установленную на пути распространения шума. Их следует устанавливать на минимальном расстоянии от источника шума, но с учетом нормативных требований к их эксплуатации [9]. Конструкции акустических экранов должны опираться на самостоятельные фундаменты, они должны быть механически прочными, плотно прилегать друг к другу без щелей и отверстий. Габаритные размеры экранов подбираются по расчету, но наиболее целесообразно принимать высоту в пределах 3-6 метров, в зависимости от защищаемых от шума зданий и их расположения, в свою очередь их протяженность может достигать сотни метров. Материал, из которого необходимо спроектировать и изготовить акустические панели подбирается по расчету и исходя из климатических условий нахождения строительной площадки, а также требуемого срока эксплуатации. Это может быть древесина, сталь, алюминий, пластик. Сравнительные характеристики использования данных материалов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнительная характеристика применения материалов для акустических экранов

Материал	Толщина панели, мм	Коэффициент звукопоглощения	Звукоизоляция, дБА
Древесина	100–120	0,9	29
Сталь	50–100	0,7–0,9	25–28
Алюминий	100–120	0,7–0,9	25–28
Пластик	15	0,01	20–25

По принципу действия акустические экраны можно разделить на 3 группы [10].

Звукоотражающие – только отражают звуковую волну, конструкция однослойная.

Звукопоглощающие – отражают и поглощают звуковую волну, конструкция многослойная (металлические трехслойные панели с звукопоглощающим материалом)

Комбинированные – выполнены из металлических панелей в сочетании с прозрачным пластиком или акриловым стеклом, улучшающим обзор и эстетическое восприятие.

Можно увеличить эффективность шумозащитного экрана с помощью нанесения на поверхность, обращенную к источнику шума специального материала со звукопоглощающими свойствами или с помощью установки на верхнюю грань экрана специальных конструктивных элементов, рассеивающих и поглощающих дифрагирующую звуковую волну.

Добиться снижения негативного влияния шума со строительной площадки, можно также методами календарного планирования. В таких случаях необходимо распределить в течение дня шумные работы. В дневное время выполнять работы снаружи здания с применением строительной техники и автомобилей осуществляющих доставку грузов. В ночное время выполнять работы внутри здания, соблюдая при этом требования по за-

щите окружающей среды от шума и локальные нормативные акты. Необходимо минимизировать использование ударной и режущей техники в ночное время, также следует закрывать оконные и дверные проемы во избежание распространения шума за пределы здания.

Вывод

Все вышеописанные методы по борьбе с распространением шума, могут оказать положительный эффект только при комплексном использовании. Однако их применение будет способствовать увеличению количества рабочих часов в сутки, что в свою очередь уменьшит общие сроки строительства, накладные расходы на производство и позволит избежать штрафов за нарушение допустимого уровня шума и многих конфликтных ситуаций, связанных с недовольством жителей близлежащих домов.

Литература

1. Historic Centre of Saint Petersburg and Related Groups of Monuments // URL: <https://whc.unesco.org/ru/list/540> (дата обращения: 05.10.2021).
2. Постановление администрации Санкт-Петербурга от 16.06.2016 № 478 (ред. от 07.09.2020) «Об организации учета объектов благоустройства и элементов благоустройства на территории Санкт-Петербурга» // Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru, 21.06.2017, № 7800201706210002
3. *Акуленкова И. В.* Эффективность реконструкции жилых зданий (на примере Санкт-Петербурга): специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Акуленкова Ирина Валерьевна. Санкт-Петербург, 2004. 24 с.
4. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Утверждены Госкомсанэпиднадзором 31 октября 1996 г.
5. Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 13.07.2020) «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» // «Собрание законодательства РФ», 05.04.1999, № 14, ст. 1650.
6. *Кучукбаева, К. А.* Исследование шума на строительных площадках и мероприятия по его снижению / К. А. Кучукбаева, С. И. Вахрушев // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2018. Т. 2. С. 484-493.
7. Hyundai презентовал электроэкскаватор, который может работать до 8 часов на одном заряде [Электронный ресурс] // elektrovesti.net [сайт]. [2018]. URL: https://elektrovesti.net/63296_hyundai-prezentoval-elektroekskavator-kotoryy-mozhet-rabotat-do-8-chasov-na-odnom-zaryade (дата обращения: 07.10.2021)
8. Caterpillar unveils an all-electric 26-ton excavator with a giant 300 kWh battery pack [Электронный ресурс] // electrek.co [сайт]. [2019]. URL: <https://electrek.co/2019/01/29/caterpillar-electric-excavator-giant-battery-pack/> (дата обращения: 07.10.2021).
9. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с Изменением № 1)
10. *Коваленко А. А.* Пути снижения шумового загрязнения при строительстве, реконструкции и ремонте зданий // Материалы V Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2013/article/2013008693> (дата обращения: 04.10.2021).

УДК 658.5:624.05

Олеся Александровна Анохина,
студент

Людмила Васильевна Волкова,

канд. экон. наук, доцент

(Санкт-Петербургский
архитектурно-строительный университет)

E-mail: Anokhina-o.a@yandex.ru,

vlv2000@inbox.ru

Olesya Aleksandrovna Anokhina,
student

Ludmila Vasil'evna Volkova,

PhD in Sci. Ec., Associate Professor

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: Anokhina-o.a@yandex.ru,

vlv2000@inbox.ru

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ BIM В РОССИИ

DEVELOPMENT OF BIM TECHNOLOGY IN RUSSIA

Основной целью технологии информационного моделирования здания является объединение данных на всех этапах жизненного цикла строительного объекта. BIM-моделирование позволяет избежать возможные ошибки при проектировании и строительстве, уменьшить срок окупаемости и увеличить эффективность проекта. Программа объединяет в себе данные по архитектуре, экономическим и инженерным решениям, дизайнерским решениям и эксплуатации. На сегодняшний день, внедрение информационного моделирования является приоритетным направлением Минстроя. Правительство России утвердило законопроект, согласно которому все застройщики, работающие с государственными заказами, с января 2022 должны использовать при строительстве информационную модель. В статье рассмотрено состояние нормативно-правовой базы информационного моделирования, сделан обзор практики внедрения BIM-технологий в строительстве.

Ключевые слова: информационная модель, BIM-моделирование, внедрение BIM, жизненный цикл объекта, технология информационного моделирования здания.

The main purpose of building information modeling technology is to combine data at all stages of the life cycle of a construction object. BIM modeling allows you to avoid possible mistakes in design and construction, reduce the payback period and increase the efficiency of the project. The program combines data on architecture, economic and engineering solutions, design solutions and operation. To date, the introduction of information modeling is a priority direction of the Ministry of Construction. The Russian government has approved a bill according to which all developers working with government orders, from January 2022, must use an information model during construction.

Keywords: information model, BIM modeling, BIM implementation, object lifecycle, Building information modeling technology.

Building Information Modeling (BIM) переводится с английского как информационное моделирование здания. BIM-проектирование значительно отличается от традиционного проектирования, основанного на двухмерных моделях. Традиционное проектирование включает в себя планы, чертежи, техническую документацию. Технология информационного моделирования здания, или BIM, позволяет сделать огромный шаг вперед на всех этапах жизненного цикла объекта от концептуальной проработки проекта до его вывода из эксплуатации [1]. С помощью BIM-моделирования возможно объединить данные по архитектуре, экономическим и инженерным решения, дизайн проекта и многое другое. Все это позволяет избежать ошибок при проектировании и строительстве, уменьшить срок окупаемости и увеличить эффективность проекта.

BIM-моделирование позволяет собирать и обрабатывать данные об архитектурно-планировочных, эксплуатационных, технологических, экономических характеристиках. Все

собранные данные объединяются в единую трехмерную модель (BIM-Модель). BIM дает возможность представить строение как единый объект, в котором все элементы взаимосвязаны и связаны. При изменении какого-либо показателя, система автоматически меняет остальные показатели, в том числе чертежи и календарные графики.

Все данные вносятся в программу в соответствии со всеми стандартами и обновляются регулярно. Основным преимуществом BIM-моделирования является сокращение расходов и времени со стороны заказчика. Технология информационного моделирования дает возможность улучшать и исправлять проект на самых начальных этапах формирования проекта. Иногда бывают моменты, когда задумка архитектора, проектировщика, дизайнера или заказчика не может иметь практического исполнения, и только программа BIM-моделирования позволяет определить на начальных этапах проектирования возможные ошибки и недочеты [2].

Внедрение данной технологии способно значительно повысить качество проектирования, а также упростить работу на всех этапах жизненного цикла [3].

На сегодняшний день BIM работает в экспериментальном режиме даже в экономически развитых странах (США, Франция, Германия, Великобритания, Китай), так как для цифровизации строительной отрасли требуется время, однако прослеживается большая заинтересованность застройщиков в ускорении данного процесса. По данным аудиторской компании Pricewaterhouse Coopers (PwC), самый высокий уровень проникновения BIM в мире у Великобритании – около 70%, немного уступает Сингапур, где BIM используется при строительстве любых зданий от 5000 кв. м.

На 2021 год в России около 12 % девелоперов используют BIM-технологии, по данным исследования, проведенного «Деловой Россией» среди 541 проектной организацией. По данным реестра на сайте центра государственной экспертизы по Санкт-Петербургу, среди крупных можно выделить такие проектные компании, как ООО «Институт территориального развития», ГУП «Ленгипроинженерпроект», АО «Ленгипротранс», ООО «Эталон-проект», АО «ЭН-систем», ЗАО «СИГНИ-ГРУПП», ООО «РОСЭКО-СТРОЙПРОЕКТ» и другие. На данный момент, большая часть девелоперов, которые используют технологию BIM, ограничиваются лишь стадией проектирования; около 80 % застройщиков ограничиваются этапом проектирования объекта, 15 % используют цифровую модель непосредственно при возведении здания и лишь 5 % – при эксплуатации объекта [4].

Ситуация на строительном рынке постепенно меняется. Минстрой неоднократно заявлял, что внедрение информационного моделирования является приоритетным направлением деятельности ведомства. Министерство строительства в декабре 2014 года разработало «План поэтапного внедрения технологии информационного моделирования». Согласно паспорту национального проекта «Жилье и городская среда», одной из задач федеральной программы «Жилье», является актуализация до 1 февраля 2022 года 250 действующих нормативно-технических документов на предмет внедрения передовых технологий и установления ограничения на использование устаревших технологий в проектировании и строительстве, в том числе в жилищном строительстве» [5]. Национальный проект «Цифровое строительство» определяет классификатор строительной информации, нормативно-техническую базу внедрения информационного моделирования в строительстве, ключевые элементы цифровой трансформации отрасли,

а также ее целевые результаты. В 2019 году было введено понятие в Градостроительном кодексе «Информационное моделирование».

Значительную роль в ускорение реализации проекта «Цифровое строительство» летом 2020 года сыграла пандемия, которая вынудила все сферы, в том числе и строительную, массово перейти на удаленный режим работы. Внедрение технологии информационного моделирования, в отличие от традиционного проектирования, не является препятствием для удаленной работы.

По данным Минстроя, эффект от внедрения BIM-технологии позволит до 40 % снизить количество ошибок и погрешностей в проектной документации, сократить время проектирования на 20–50 %, в 6 раз уменьшить время на проверку проекта, до 90 % сократить сроки координации и согласования проекта, в 4 раза снизить погрешность в проекте при планировании бюджета, сократить сроки строительства на 20–50 % и до 30 % сократить затраты на строительство и эксплуатацию – все это в сравнении с традиционным методом проектирования.

На строительном рынке России количество BIM-проектов только растет, что связано со снижением стоимости такого проекта, а также с совершенствованием нормативно-правовой базы России. Так, согласно Постановлению № 331 от 05 марта 2021 года, Правительство РФ утвердило обязательное использование BIM на всех проектах с государственным финансированием, за исключением объектов капитального строительства, которые создаются в интересах обороны и безопасности государства, начиная с января 2022 года. Таким образом, использование информационной модели становится обязательным для заказчика, застройщика, технического заказчика, эксплуатирующих компаний, если при строительстве данного объекта используются средства из государственного бюджета. Изначально предполагалось, что использование BIM-моделей будет обязательным только для объектов строительства стоимостью свыше 500 млн. рублей, но постановлением правительства определено, что все объекты госзаказа – от муниципальных до федеральных, вне зависимости от их стоимости, должны возводиться исключительно с применением информационной модели [6].

Ожидается, что переход от традиционного проектирования к BIM повысит качество строительства, оптимизирует использование человеческих и материальных ресурсов, существенно упростит работу на всех этапах жизненного цикла объекта, при том, что сократится срок строительства. Внедрение информационного моделирования зданий и сооружений позволит перейти на новый этап развития всей строительной отрасли [3].

Использование информационной модели позволит повысить прозрачность на всех этапах жизненного цикла объекта.

Около 30 % проектов укладываются в заявленный бюджет и сроки, остальные реализуются со значительным превышением сметы сроков строительства.

Однако, несмотря на все преимущества и удобство использования единой модели, внедрение технологии информационного моделирования продвигается с трудом. Основной проблемой в России, до 2019 года, было устаревшее регулирование. Даже тем компаниям, которые перевели в цифровой формат весь жизненный цикл объекта, приходилось дублировать всю документацию на бумажном носителе.

Еще одним препятствием является высокий уровень затрат на начальном этапе – закупка дорогостоящего оборудования, лицензии, дефицит квалифицированных специалистов и высокий уровень их зарплат.

Внедрение BIM является важнейшим шагом в цифровизации строительной отрасли. Основная задача – перевод всех взаимодействующих участников в цифровой формат, включая государственные услуги. Массовая цифровизация строительства позволит эффективно использовать BIM не только на этапе проектирования, но и для оптимального управления уже готовой недвижимостью, причем не важно коммерческой, жилой или производственной.

Внедрение BIM-технологий позволит не только обеспечить единый стандарт цифровизации строительной отрасли, выбор оптимальных технических решений, сокращение сроков и стоимости строительства, но также позволит внедрить современный подход к строительному контролю и повысить качество строительства в целом.

Литература

1. *Талапов Владимир*. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. ДМК-Пресс, 2015г. 410 с.

2. *Пеньковский Г. Ф.* Основы информационных технологий и автоматизированного проектирования в строительстве. СПбГАСУ. СПб., 2008, 150 с.

3. СП 333.12.35800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» [Электронный ресурс]// Информационно справочная система «Техэксперт». URL: <https://docs.cntd.ru/document/556793897> (дата обращения: 11.09.2021).

4. СП 333.1325800.2020 Приказ Минстроя от 21.12.2020 №928/пр «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» [Электронный ресурс]// Информационно справочная система «Техэксперт». URL <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minstroja-rossii-ot-31122020-n-928pr-ob-utverzhenii/> (дата обращения: 11.09.2021).

5. Национальный проект «Жильё и городская среда» | Минстрой России [Электронный ресурс]. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/trades/natsionalnye-proekty/natsionalnyy-proekt-zhilye-i-gorodskaya-sreda/> (дата обращения: 11.05.2021).

УДК 69.05

Никита Евгеньевич Бажуков,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: bazhukov.n@mail.ru

Nikita Evgenyevich Bazhukov,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: bazhukov.n@mail.ru

АНАЛИЗ СТРОИТЕЛЬСТВА МОНОЛИТНОГО МНОГОЭТАЖНОГО АДМИНИСТРАТИВНО-БЫТОВОГО КОРПУСА НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА СУРГУТ

ANALYSIS OF CONSTRUCTION OF MONOLITHIC MULTI-STOREY ADMINISTRATIVE BUILDING IN THE SURGUT CITY

Целью данной работы является анализ строительства монолитного многоэтажного административно-бытового корпуса (АБК) в г. Сургут. Для достижения цели, был проведен сравнительный анализ основных типов конструкций АБК, оценена их потребность в условиях Крайнего Севера. Установлено, что конструкции из монолитного железобетона не подвержены сильной усадке, имеют высокую прочность и долговечность конструкции.

Ключевые слова: административно-бытовой корпус, зимнее бетонирование, промышленные условия, монолитный железобетон.

The purpose of this work is to analyze the construction of a monolithic multi-storey administrative building (ABK) in the city of Surgut. To achieve the goal, a comparative analysis of the main types of ABK structures was carried out, their need was assessed in the conditions of the Far North. It was found that structures made of monolithic reinforced concrete are not subject to strong shrinkage, have high strength and durability of the structure.

Keywords: administrative building, winter concreting, industrial conditions, far north, monolithic reinforced concrete.

Развитие промышленной отрасли в нашей стране остается приоритетной. Большими темпами продолжает осваиваться Западная Сибирь. Город Сургут является одним из крупнейших промышленных центров не только в Западной Сибири, но и всей России. Для развития своих промышленных предприятий перед городом встает вопрос обеспечения комфортных и современных условий для рабочих. Таким целям и служит административно-бытовой корпус (в дальнейшем АБК), в котором рационально размещаются различные по своему функциональному назначению помещения.

По климатическим условиям район приравнен к Крайнему Северу. Холодная и продолжительная зима, длящаяся почти 8 месяцев, континентальный климат, низкие отрицательные температуры. Строительство зданий из монолитного железобетона в таких условиях значительно усложнено [1–2].

Целью данной работы является анализ строительства монолитного многоэтажного административно-бытового корпуса в г. Сургут. Для достижения поставленной цели, будет проведен сравнительный анализ основных типов конструкций, применяемых для строительства АБК, произведено исследование потребности в административно-бытовых зданиях на Крайнем Севере.

Строительство АБК главным образом осуществляется для производственных нужд, крупных строительных комплексов, добывающей отрасли. Применение таким зданиям

может быть очень широкое. В зависимости от того, где и в каких условиях будет эксплуатироваться АБК, его конструкция может быть выполнена в четырех основных вариантах:

1. Из кирпичной кладки.
2. По крупнопанельной технологии.
3. Из монолитного железобетона.
4. По блочно-модульной технологии.

Блочно-модульные здания представляют собой модули высокой степени заводской готовности. Модули состоят из каркасно-панельных конструкций, в которых установлена не только внутренняя отделка, но и смонтированы внутренние сети и оборудование. Модульные здания транспортируются отдельными контейнерами вместе с полной комплектацией к каждому модулю [5]. Обычно, такие здания не возводятся выше трех этажей.

АБК, возведенный по блочно-модульной технологии, не обладает серьезными прочностными и конструктивными характеристиками. Обычно, такое здание служит местом деятельности рабочих, находящихся в условиях вахтового поселка, на труднодоступных месторождениях, временных городках, научных базах или крупных строительных площадках. В зависимости от возложенных задач, здание модульного АБК может быть спроектировано и изготовлено со встроенными внутренними помещениями для размещения рабочего персонала, руководящего звена, инженерно-технических работников и обслуживающего персонала. Для обеспечения полного цикла жизнедеятельности, в модульном АБК могут быть реализованы встроенные помещения душевых, банных комнат, коммерческих точек (магазины, кафе, комнаты досуга и отдыха). Такие здания возводятся довольно быстро, имеют сравнительно низкую стоимость строительства, а модули, из которых сделано здание, можно демонтировать, перевозить, а затем повторно монтировать в другом месте [5].

Здание АБК, возведенное из кирпичной кладки, по крупнопанельной технологии или из монолитного железобетона, обладает более серьезными прочностными и конструктивными характеристиками. Зачастую, предназначение таких зданий заключается в том, чтобы объединить помещения различных видов обслуживания и административных служб в едином многофункциональном комплексе. Здание из таких конструкций обычно располагается на действующих производствах. В них могут располагаться помещения управления, конструкторских бюро, информационно-технического назначения, вычислительной техники, охраны труда и т. д. Помещения санитарно-гигиенического обслуживания располагаются, как правило на первом этаже такого здания, в то время как офисные и административные помещения на втором и выше. В табл. 1 показаны основные преимущества и недостатки каждой технологии.

Из выше произведенного анализа, можно сделать вывод, что блочно-модульная технология больше подойдет для возведения зданий небольшой этажности на период проведения каких-либо работ или в условиях, где нет серьезного влияния технологических процессов производства на работу здания. АБК, возведенный по другим технологиям, очевидно нецелесообразно использовать для временного использования из-за высокой стоимости и длительности строительства. Такие конструкции подойдут для многоэтажного строительства на долгий срок эксплуатации. Несмотря на то, что возведение здания из монолитного железобетона имеет самую высокую стоимость и длительность, оно имеет ряд преимуществ, незаменимых при работе здания в условиях

вредных и опасных производств. При этом, строительство зданий из монолитного бетона, по сравнению с крупнопанельной технологией, позволяет значительно снизить единовременные затраты на создание производственной базы на 30–40 %, уменьшить расход стали – на 7–20 %, энергозатраты – на 30 %. Остается проблема больших трудозатрат при монолитном строительстве, из-за текущего уровня технологии и организации производства работ [2].

Таблица 1

Основные преимущества и недостатки технологий возведения АБК

Способ возведения	Преимущества	Недостатки
По блочно-модульной технологии	<ul style="list-style-type: none"> ● высокая скорость возведения; ● низкая стоимость строительства; ● возможность многократного использования блок-модулей; ● небольшая стоимость транспортировки конструкций 	<ul style="list-style-type: none"> ● малая этажность; ● скудность планировок; ● ограниченная величина габаритных размеров модулей; ● слабые конструкционные характеристики
Из кирпичной кладки	<ul style="list-style-type: none"> ● устойчивость к внешним факторам и природным условиям; ● высокие противопожарные свойства; ● широкие архитектурные возможности; ● простота возведения конструкций 	<ul style="list-style-type: none"> ● большой вес конструкции; ● высокая теплопроводность стен; ● относительно небольшая морозостойкость
По крупнопанельной технологии	<ul style="list-style-type: none"> ● относительно быстрая скорость возведения; ● низкая, в сравнении с монолитным строительством стоимость возведения; ● простота возведения конструкций; ● независимость строительства от времени года; ● большой срок эксплуатации 	<ul style="list-style-type: none"> ● низкая звуко- и теплоизоляция стен; ● устаревшие планировочные решения; ● зависимость от заводской готовности панелей
Из монолитного железобетона	<ul style="list-style-type: none"> ● высокая прочность конструкций; ● небольшая усадка; ● высокая звуко- и теплоизоляция стен; ● широкие архитектурные возможности; ● долговечность конструкций 	<ul style="list-style-type: none"> ● низкая скорость возведения; ● большие трудозатраты при строительстве; ● сложность строительства в плохих погодных условиях; ● относительно высокая стоимость строительства

На основе всех данных, можно произвести анализ востребованности в административно-бытовых зданиях, возведенных по каждой из технологии, который приведен в табл. 2.

Анализ потребности во временных и постоянных административно-бытовых зданиях

Способ возведения	Потребность во временных административно-бытовых зданиях		Потребность в постоянных административно-бытовых зданиях	
	На крупной строительной площадке	На промышленном предприятии	На крупной строительной площадке	На промышленном предприятии
По блочно-модульной технологии	Высокая (частично, потребность удовлетворяется за счет существующих зданий ближайших населенных пунктов)	Ниже среднего	Отсутствует	Ниже среднего
Из кирпичной кладки	Низкая	Низкая (с учетом возможности приспособления для нужд строительства существующих зданий и сооружений из материалов и конструкций при демонтаже такого здания)	Отсутствует	Высокая
По крупнопанельной технологии	Низкая	Очень низкая	Отсутствует	Ниже среднего
Из монолитного железобетона	Очень низкая	Очень низкая	Отсутствует	Высокая

Строительство в г. Сургут осложнено длительными низкими отрицательными температурами. Глубина промерзания грунта составляет 2,0–2,5 м. Устойчивый снежный покров образуется в середине октября. На большей части севера Западной Сибири присутствует торфяной грунт [3]. В таких условиях, монолитное строительство выглядит сложным. Для получения монолитных конструкций, удовлетворяющих всем требованиям нормативных документов, особенно при низких температурах (до –20 до –40 °С), обязательно нужно применять комбинированный метод, основанный в сочетании опалубки с коэффициентом теплопередачи не более 3,6 Вт/(м² °С), бетона с комплексными противоморозными добавками и тепловой обработки бетона [2]. Так же, будет разумно использовать комбинированный фундамент, например ленточный совместно со свайным.

С одной стороны, конструкции из монолитного железобетона не подвержены сильной усадке, имеют высокую прочность и долговечность конструкции, что является достоинством при размещении здания на территории промышленного предприятия. С другой стороны, монолитное строительство будет сопровождаться большими расходами на покупку и устройство теплой опалубки, использование противоморозных добавок может повлиять на качество конструкции, а трудозатраты будут очень большими.

Строительство АБК из монолитного железобетона будет хорошим решением, при соблюдении правильной технологии работ и экономической обоснованности строительства.

Литература

1. *Гучкин И. С.* Сборно-монолитный каркас высотного здания для условий Севера / И. С. Гучкин, Н. Н. Ласьков, В. С. Колос // Региональная архитектура и строительство. 2020. № 1(42). С. 113–118.
2. *Маковецкая-Абрамова О. В.* Механизация монтажа монолитных железобетонных каркасов зданий в районах Крайнего Севера / О. В. Маковецкая-Абрамова, К. Г. Сидоров, Р. Т. Хакимов // Известия Международной академии аграрного образования. 2020. № 48. С. 20–24.
3. Опыт устройства фундаментов зданий повышенной этажности в условиях Юга Тюменской области / Я. А. Пронозин, М. А. Степанов, Д. В. Волосюк [и др.] // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 3 (114). С. 282–292. DOI 10.22227/1997-0935.2018.3.282-292.
4. Особенности проектирования жилых зданий для строительства в северных широтах / В. И. Жданов, Д. А. Украинченко, И. С. Инжутов, В. Е. Афанасьев // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2017. № 4. С. 55–65.
5. Использование быстровозводимых блочно-модульных конструкций при строительстве столовых вахтовых поселков / О. М. Евтухова, О. Я. Кольман, Е. О. Никулина, Е. М. Сергуничева // Технология и продукты здорового питания: материалы IX международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию специальности, Саратов, 01–12 декабря 2015 года. Саратов: ООО «Центр социальных агроинноваций СГАУ», 2015. С. 111–114.
6. *Усов Б. А.* Бетонирование монолитных конструкций из литых смесей в зимних условиях // Системные технологии. 2016. № 21. С. 5–17.
7. *Котилко В. В.* Проблемы строительства в районах Севера / В. В. Котилко // Государственный советник. 2016. № 3 (15). С. 17–25.
8. СП 44.13330.2011. Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87.

УДК 69.07

Виталий Дмитриевич Баранов,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: vitalijbaranov194@mail.ru

Vitalij Dmitrievich Baranov,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: vitalijbaranov194@mail.ru

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ УСИЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ И ИХ ОТЛИЧИЯ

MAIN DIFFERENCES OF FOUNDATION STRENGTHENING METHODS

В связи с недолговечностью строительных конструкций, возможных ошибках при строительстве и проектировании, а также в связи с необходимостью увеличения нагрузок на фундаменты возникает необходимость в его усилении. Существует множество причин для усиления фундаментов. Различные технологии усиления фундаментов существует столько же, сколько существует строительство, поэтому условно по технологии работ все способы делятся на современные и традиционные. Современные способы отличаются от традиционных использованием современных технологий, позволяющих сократить использование ручного труда. В работе выполнен анализ одних из самых ключевых традиционных и современных способов усиления фундаментов. В результате получилось сделать вывод об основных различиях между ними, а именно о практике применения того или иного способа усиления фундамента в зависимости от условий строительства и причин проведения работ.

Ключевые слова: фундамент, усиление фундамента, сваи, реконструкция, капитальный ремонт.

Due to the fragility of building structures, possible errors in construction and design, as well as the need to increase the load on foundations, there is a need to strengthen it. There are many reasons to strengthen foundations. Various technologies of foundation reinforcement are as old as the construction industry, that is why all methods are conditionally divided into the modern ones and the traditional ones. The modern methods differ from the traditional by the use of modern technology, which allows to reduce the use of manual labor. In this paper, we analyzed some of the key traditional and modern methods of strengthening the foundations. As a result, it was possible to draw a conclusion about the main differences between them, namely, the practice of using a particular method of foundation reinforcement depending on the conditions of construction and the reasons for the work.

Keywords: foundation, reinforcement of foundation, piles, reconstruction, capital repair.

Фундамент – одно из сложнейших составляющих здания. От него зависит на сколько здание будет устойчиво, как долго оно сможет прослужить. С каждым годом приобретает все большую актуальность вопросы, связанные с усилением фундаментов. Особенно это важно в исторических центрах городов, где невозможно снести здание и построить на его месте новое [1].

Существует множество причин износа фундаментов. К ним относятся:

1. Вспучивание грунтов. В данном случае из-за процесса заморозки-оттаивания грунта происходит вспучивание грунтов и фундамент при неправильной глубине заложения начинает неравномерно «выталкиваться» наружу, в связи с чем он начинает разрушаться [1, 8].

2. Незащищенный достаточной гидроизоляцией фундамент подвергается воздействию подземных вод, что приводит к его разрушению [1, 8].

3. Ошибки в проектировании фундамента. Обычно это неправильно рассчитанные нагрузки, в связи с чем появляются разрывы, большие трещины.

4. Проведение строительных работ рядом со зданием без или с неправильно выполненными расчетами.

В связи с различными просчетами здания быстро становятся негодными к эксплуатации, в связи с чем необходимо произвести усиление и восстановление фундамента.

Усиление фундаментов можно условно разделить на современные методы и традиционные.

Традиционные методы усиления фундаментов заключаются в непосредственной частичной или полной замене разрушенной кладки, а также в увеличении площади опирания фундамента с помощью специально устраиваемых обойм или банкетов. Иногда возможно встретить дополнительные фундаменты и опоры рядом с существующими [1].

Частичная или полная замена кладки является относительно дорогостоящим процессом. Он выполняется в следующей последовательности:

- усиляемая часть фундамента делится на захватки;
- производится полная разгрузка фундамента;
- устраиваются шурфы;
- разбирается старая кладка с устройством новой при соблюдении перевязки швов.

Обычно длина захватки не превышает 2 м, при этом возможно ведение работ сразу на двух захватках в случае, если они удалены друг от друга на расстояние не менее 4–6 м. Работы на соседних захватках производят с перерывом в 10 дней.

К традиционным способам можно также отнести уширение фундаментной кладки с помощью обойм. Такой способ тоже существует очень долгое время, со временем менялись только материалы. При производстве работ обычно используется тот же материал, из которого выполнен сам усиливаемый фундамент. Для уширения фундамента сооружаются прикладки, которые могут быть как выше, так и ниже опирания основной части фундамента. Ещё реже возможно было встретить опирание прикладок на забитые деревянные сваи [2].

Современные методы усиления фундамента основаны на механизации процесса, сведения к минимуму ручного труда. В свою очередь их можно разбить на усовершенствованные традиционные методы и принципиально новые методы [2].

Увеличение площади опирания фундамента с помощью обойм было усовершенствовано следующим образом: по обе стороны от усиливаемого фундамента располагаются железобетонные блоки, через нижнюю часть которых пропущен анкер, пересекающий так же и сам фундамент (рис. 1).

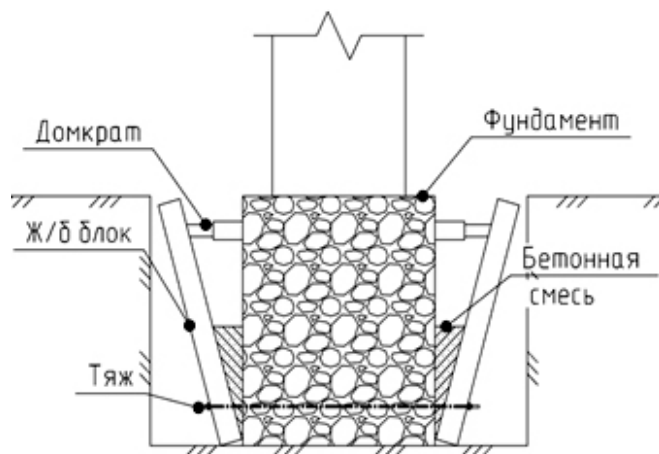


Рис. 1. Усиление фундамента с помощью поворота железобетонных блоков

В верхней части, используя домкраты, поворачивают блоки вокруг нижней точки. Таким образом, происходит сжатие основания фундамента, а получившиеся щели заполняют бетонной смесью. Данный способ все равно остается довольно трудоемким и требует больших затрат ручного труда, но уже является более надежным по сравнению с традиционным [2, 1, 8].

Для усиления фундамента сейчас можно встретить способ устройства железобетонной обоймы. Такой способ обычно применяется в случае, когда слои фундамента с малой прочностью располагаются ниже прочных слоев. Такой способ выполняется следующим методом: сначала в теле существующего фундамента устраиваются сквозные отверстия, потом по обе или по одну сторону подготавливают арматурный каркас, который соединяют с фундаментом и друг с другом (если обойма двусторонняя) через просверленные в теле фундамента отверстия. После проведенной работы по устройству арматурного каркаса производят бетонирование. На рис. 2 отображен схематично данный метод усиления фундамента [2, 1, 8].

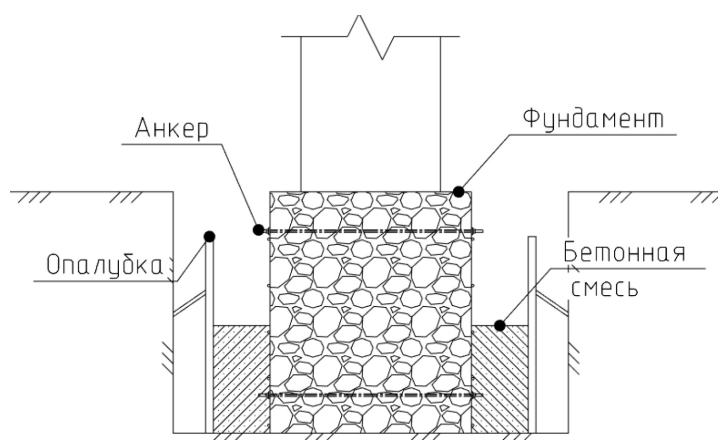


Рис. 2. Усиление фундамента с помощью обоймы

В случае если основание фундамента имеет достаточную несущую способность, возможно применение такого способа усиления фундамента как метод укрепительной цементации. Обычно он используется при разрушении фундамента, когда нет необходимости в восприятии фундаментом дополнительной нагрузки. Метод заключается в следующем: сначала в теле фундамента устраиваются небольшие отверстия (около 25–30 мм) под иньектор, после чего по нему нагнетается цементный раствор, который должен заполнить пустоты, образованные в следствии дефектов. Часто тем же методом одновременно усиливают и основание. Вместо цемента также может использоваться различные составы: силикаты (при силикатизации), смолы (при смолизации) и так далее [2, 1, 8].

В случае возможности уширения фундамента иногда применяется метод подводки железобетонных плит. Для этого под усиливаемым фундаментом производят удаление грунта, после чего производят под него монтаж железобетонных или монолитных плит. Перед монтажом плит необходимо устройство грунтовой подготовки. Расстояние между подошвой существующего фундамента и плитами заполняется цементно-песчаным раствором. Схематично способ отображен на рисунке 3 [2, 1, 8].

Когда реконструируемое здание особенно сильно пострадало из-за значительных осадок в совокупности с высоким уровнем подземных вод, уширение фундамента производить нецелесообразно. В таком случае более результативно будет передать нагрузку

от фундамента на располагающееся ниже подошвы фундамента грунты с помощью дополнительных конструкций. Чаще всего в качестве таких конструкций выступает свайный фундамент [2, 1, 8].

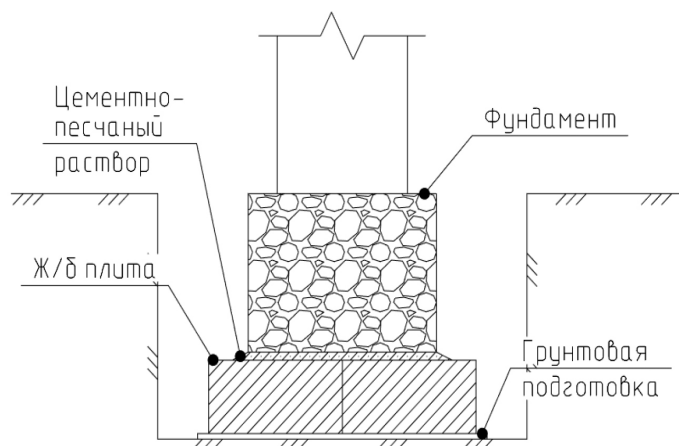


Рис. 3. Усиление фундамента с помощью подводки плит

Существует множество способов усиления фундаментов с помощью свай. Одним из таких способов является усиление с помощью выносных свай, которые располагают с одной или по обе стороны от фундамента. Процесс устройства буронабивных свай довольно обыден, его осуществляют по обычной схеме: бурение под защитой обсадной трубы, извлечение грунта и цементация с армированием сваи. После устройства свай с помощью специальных балок производится перераспределение нагрузки на эти сваи. Данный способ показан на рис. 4 [2, 1].

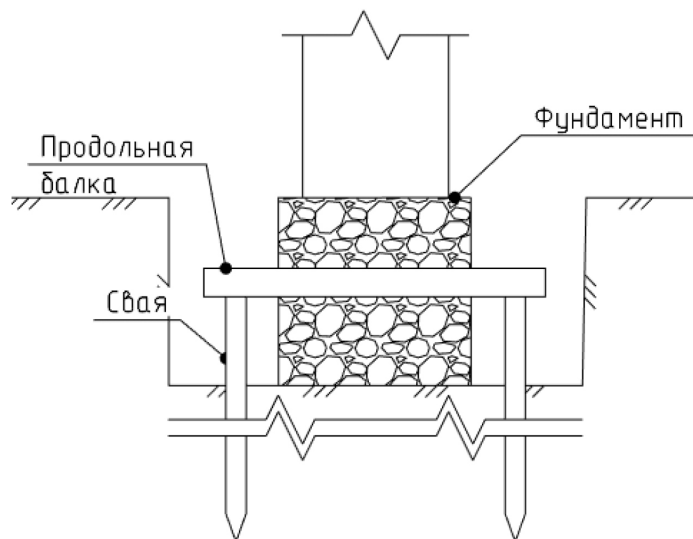


Рис. 4. Усиление фундамента с помощью устройства выносных свай

Аналогичный способ усиления фундамента выполняется с помощью вдавливания свай. Для такого способа характерно использование металлических свай, которые с помощью домкратов вдавливаются в грунт. В остальном данный способ аналогичен предыдущему.

Возможен также такой способ усиления фундамента, при котором устраиваются буринъекционные сваи. Данный способ отличается от вышеперечисленных тем, что сваи

устраиваются через тело фундамента. Устройство данных свай производится с помощью наклонных установок вращательного бурения. В пробуренные скважины нагнетается цементно-песчаный раствор под защитой глинистого раствора [2, 1, 8].

Резюмируя все вышеперечисленное, можно сделать вывод, что кроме отличий в технологии производства работ, различные виды усиления фундаментов различаются по условиям применения и применяются при следующих условиях:

1. Замена кладки производится в случаях, когда фундамент разрушен не слишком сильно, несущая способность основания фундамента находится в состоянии, достаточном, чтобы выдержать существующие нагрузки, при чем существующие нагрузки остаются неизменными.

2. Уширение фундаментной кладки осуществляется при увеличении нагрузки на фундамент, а также при недостаточной несущей способности основания.

3. Вдавливание свай производится при условиях сильного увеличения нагрузки на фундамент, обязательным условием является наличие прочных грунтов.

4. Выносные сваи используются при водонасыщенных грунтах и также наличии прочных грунтов.

5. Буроинъекционные сваи устраиваются при увеличении нагрузок на фундамент, а также при стесненных условиях производства работ.

6. Подведение плит под основание фундамента применяется в случаях, когда слабые грунты основания имеют относительно большую величину.

Литература

1. *Егоров А. И.* Методические рекомендации по проектированию и производству работ при усилении оснований и фундаментов памятников истории и культуры / А. И. Егоров. Москва: Спецпроектресторвация, 1984. 55 с.

2. *Белый Д. А., Леонова А. Н.* Способы усиления фундаментов мелкого заложения: Экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры / сборник статей Международной научно-практической конференции; ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». 2017. С. 13–16.

3. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* (с Изменениями № 1, 2).

4. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87.

5. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81.

6. *Матвеев Е. П.* Технические решения по усилению и теплозащите конструкций жилых и общественных зданий / Е. П. Матвеев, В. В. Мешечек. Москва: Старая Басманная, 1998. 209 с.

7. *Шишлов С. Б., Кириллов В. М.* Инженерная геология и свойства грунтов. СПб.: СПГУВК, 2005.

8. *Коробова О. А., Максименко Л. А., Федорова Т. М.* «Экспертиза объектов недвижимости на основе обследования технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений». Учебное пособие. Новосибирск: НГАСУ, 2005. 108 с.

УДК 69.051

Валерия Владимировна Богданова,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: valera.ryabinskaya@mail.ru

Valeriya Vladimirovna Bogdanova,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: valera.ryabinskaya@mail.ru

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ В Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

ANALYSIS OF APPLICATION OF MODULAR SYSTEMS FOR CONSTRUCTION OF PRESCHOOL EDUCATIONAL INSTITUTIONS IN ST. PETERSBURG

В данной статье приведён анализ применения модульной системы строительства для решения вопроса дефицита мест в дошкольных образовательных организациях Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Дано определение модульной системы строительства, рассмотрены особенности технологии и организации строительства зданий с использованием блоков-модулей полной заводской готовности. Приведено сравнение основных показателей капитального и модульного строительства, описаны преимущества и недостатки возведения зданий из блок-секций. Указаны варианты перепрофилирования и трансформации зданий дошкольных образовательных учреждений, в условиях нестабильной демографической обстановки.

Ключевые слова: модульное строительство, модульные здания, детские сады, технология строительства, организация строительства, нормативная документация.

This article provides an analysis of the application of a modular construction system to address the issue of a shortage of places in preschool educational institutions of St. Petersburg and the Leningrad region. The definition of a modular construction system is given, the features of the technology and organization of the construction of buildings using blocks - modules of full factory readiness are considered. A comparison of the main indicators of capital and modular construction is given, the advantages and disadvantages of building buildings from block sections are described. The options for re-profiling and transformation of buildings of preschool educational institutions, in the context of an unstable demographic situation, are indicated.

Keywords: modular construction, modular buildings, kindergartens, construction technology, organization of construction, regulatory documentation.

Введение

Недостаток мест в дошкольных образовательных учреждениях Санкт-Петербурга и Ленинградской области является огромной проблемой для жителей города и области. В новых микрорайонах наблюдается нехватка объектов здравоохранения, объектов образования и социального обеспечения населения. Низкие темпы строительства социальных объектов не удовлетворяют потребности горожан в получении услуг дошкольного образования. В условиях дефицита социальных учреждений необходимо рассмотреть альтернативные варианты строительства детских садов с применением новых технологий. Оперативным решением данного вопроса становится сооружение специализированных быстровозводимых модульных зданий, что позволяет существенно сократить затраты и сроки.

В 2019 г. Счётная палата РФ провела проверку и выявила значительный недостаток детских садов и школ в Санкт-Петербурге (табл. 1). Специалисты проверили, как были

израсходованы средства резервного фонда правительства в 2019–2020 годах, выделенные для решения данной проблемы.

Таблица 1

Расчет возникающей потребности в объектах социальной инфраструктуры, исходя из объемов введенного в эксплуатацию жилья с учетом требований нормативов градостроительного проектирования Санкт-Петербурга, а также количество фактически созданных мест в ДОУ и ООУ [2]

Год	Количество озвещенного жилья, тыс. кв. м	Прогнозное количество жителей во введенном жилом фонде (из расчёта 28 кв. м на одного чел.)	Дошкольные образовательные учреждения			Общеобразовательные учреждения		
			Расчётная обеспеченность местами (из расчёта 61 место на 1 тыс. чел.)	Фактически создано мест		Расчётная обеспеченность местами (из расчёта 120 мест на 1 тыс. чел.)	Фактически создано мест	
				всего	В % к расчётной обеспеченности		всего	В % к расчётной обеспеченности
2018	3950,31	141083	8606	4128	48,0	16930	4375	25,8
2019	3471,26	123974	7562	6688	88,4	14877	7050	47,4

Сводный годовой доклад о ходе реализации и об оценке эффективности государственных программ Санкт-Петербурга содержит следующие сведения о степени достижения в 2019 г. показателей государственной программы Санкт-Петербурга «Развитие образования в Санкт-Петербурге»: обеспеченность местами в дошкольных образовательных учреждениях составляет 46,6 на 1 тыс. жителей (вместо допустимого уровня обеспеченности 61 место на 1 тыс. жителей) [2].

Указанное свидетельствует о фактическом комплектовании дошкольных образовательных учреждений большим количеством детей, чем рассчитано при строительстве зданий детских садов (рис. 1).

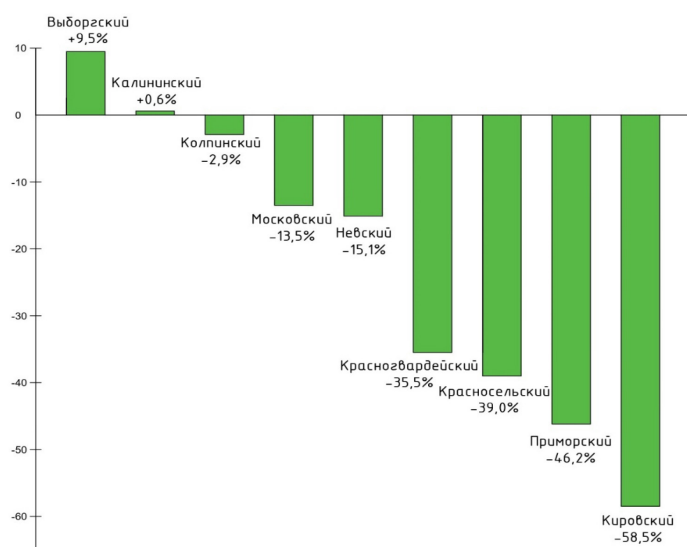


Рис. 1. Динамика потребности в местах в детских садах в разрезе районов Санкт-Петербурга [2]

Одним из вариантов решения сложной социальной проблемы является модульное строительство (рис. 2).

Определение модульного строительства

Модульное здание – это сборное здание, состоящее из повторяющихся секций, называемых модулями [7]. Модульность предполагает строительство секций в заводских условиях, а затем доставку их на предполагаемое место. Монтаж сборных секций завершается на месте. Модули размещаются определенным образом в соответствии с проектной документацией, образуя общую структуру здания.

В России данный метод использовали для установки временных зданий и сооружений и объёмно-блочного домостроения [4]. На данный момент существует потребность строительства высококачественного, энергоэффективного, недорогого жилья, отвечающего высоким стандартам потребителя [4]. Поэтому модульные системы набирают всё большую популярность в нашей стране. Наряду с проектированием жилых домов появляются реализованные проекты объектов социальной инфраструктуры, таких как: детские сады, школы, больницы и пр.

Технология строительства модульных зданий

В основе сборно-разборных контейнеров, из которых состоят блочно-модульные сооружения, лежит жесткий сварной каркас из стали повышенной прочности. Он принимает на себя нагрузку, которую испытывает конструкция при возведении здания в несколько уровней. Все металлические элементы обрабатываются антикоррозийным средством.



Рис. 2. Вид модульного детского сада

Стены состоят из сэндвич-панелей с утеплителем различной толщины – параметр определяется с учетом климатических условий региона. Также присутствует слой гидроизоляции, которая обеспечивает оптимальный микроклимат в помещениях. Все составы, используемые для обработки открытых поверхностей блок-контейнеров, пригодны для применения в детских учреждениях (рис. 3).

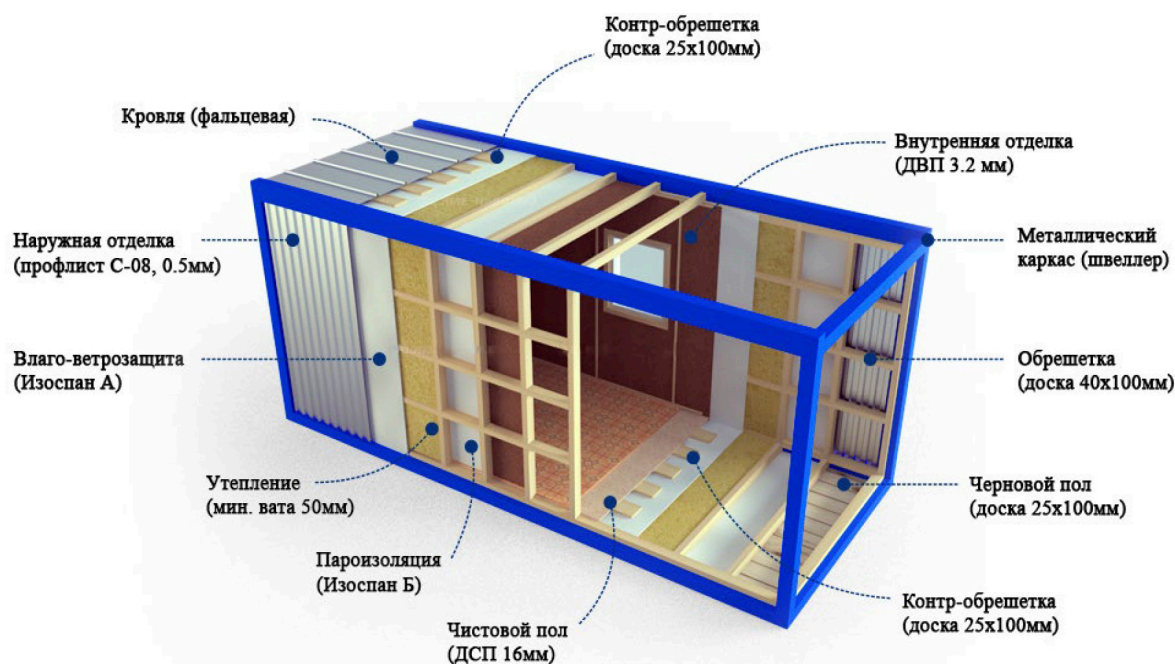


Рис. 3. Пример блок-модуля

В производственных условиях изготавливаются следующие элементы строительных модулей: несущие конструкции (металлические), сэндвич-панели, из которых формируются наружные стены и внутренние перегородки, межэтажные перекрытия, основные элементы для осуществления внутренней и наружной отделки, элементы кровельных конструкций, окна и двери (наружные, межкомнатные и т. д.).

Прокладка инженерных коммуникаций, а также установка специализированного оборудования также осуществляется в производственных условиях.

В основании здания модульного типа могут быть расположены различные виды фундаментов: ленточные, свайные, из кирпича или каменного бута, свайно-винтовые [6]. После устройства фундамента начинается сборка сооружения из готовых блок-модулей.

С помощью подъёмного крана блоки устанавливаются на готовый фундамент так, чтобы поверхности соседних секций отделялись зазором в 20 мм. Затем при помощи деревянных клиньев между двумя блок-контейнерами укладывается специальный резиновый уплотнитель, обеспечивающий герметичность наружного сопряжения, и с помощью стяжных болтов зазор уменьшают до 15 мм. Аналогично к имеющимся конструкциям присоединяются следующие блок-контейнеры [9]. Затем происходит монтаж кровли, подключение здания к инженерным сетям и проверка функционирования всех систем.

Преимущества и недостатки модульных зданий

Модульные здания имеют преимущества перед обычными зданиями по целому ряду причин [8]:

1. Скорость строительства, быстрая окупаемость инвестиций.
2. Сборка не зависит от погодных условий.
3. Возможность обслуживания удаленных местоположений.
4. Низкий уровень отходов.
5. Экологически чистый строительный процесс.
6. Высокое качество.

Благодаря сокращению сроков строительства, уменьшаются затраты на рабочую силу и на содержание строительной площадки, снижаются накладные расходы. Инвесторы получают возможность получить прибыль гораздо быстрее. Себестоимости проектов уменьшается более, чем на 20 % [3].

К недостаткам относятся [8]:

1. Гибкость: из-за транспортных, а иногда и производственных ограничений размер модуля может быть ограничен, что влияет на размеры помещений.
2. Транспортировка готовых секций модульного здания занимает много места.
3. Срок эксплуатации до 50 лет.

Таким образом, модульное строительство не уступает капитальному, а по некоторым показателям даже превосходит его.

Таблица 2

Сравнение капитального и модульного строительства [1]

№ п/п	Наименование конструкции	Виды строительства	
		Модульное	Капитальное
1	Фундамент	Не обязателен	Заглублённый фундамент
2	Сезонность	Всесезонность	Ограничение работ по сезонности
3	Мобильность	Многоплановая	Недвижимое
4	Долговечность	До 50 лет	До 150 лет
5	Инженерное оборудование	Готовые внутренние коммуникации	Проведение коммуникаций
6	Стоимость	Относительно не высокая	Более высокая
7	Сроки возведения	Быстровозводимое	Длительное время

ГРАФИК СТРОИТЕЛЬСТВА



ГРАФИК МОДУЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

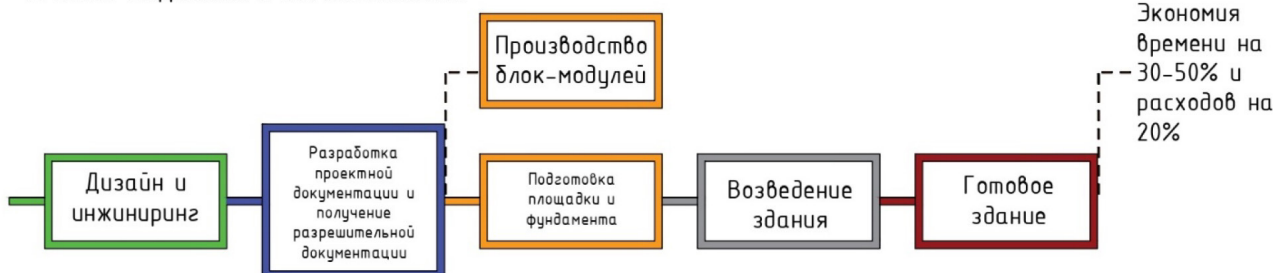


Рис. 4. Сравнение графиков капитального и модульного строительства

В связи с нестабильной демографической обстановкой в городе, при необходимости детские сады блочного типа могут быть переоборудованы посредством добавления или изъятием блок-секций из общей конструкции здания [4]. При необходимости здание детского сада может быть перепрофилировано в начальную школу, центр для развития детей, либо его можно сдавать в аренду. На федеральном уровне рассматриваются предложения о строительстве трансформирующихся объектов, но никаких изменений в нормативную документацию пока внесено не было [4]. В условиях плотной городской застройки данный тип строительства идеально подойдет даже для районов с небольшим процентом свободного пространства.

Выводы

Во многих городах на территории Российской Федерации уже появились модульные детские сады. Успешно реализованные проекты позволяют судить об эффективности данной технологии. Здания из блок-модулей выполняются в соответствии с требованиями нормативных документов, регулирующих строительство дошкольных образовательных учреждений. Необходимые производственные мощности для начала использования данной технологии в масштабе города имеются. Большое количество организаций в Санкт-Петербурге занимаются производством и монтажом блок-контейнеров, разрабатываются проекты для функционирования не только детских садов, но и других социальных объектов. Исходя из вышперечисленного можно сделать вывод, что внедрение метода строительства из блок-модулей позволит решить одну из наиболее острых проблем жителей Санкт-Петербурга – отсутствие достаточного количества мест в дошкольных образовательных учреждениях.

Литература

1. Лукьяненко Л. А., Артемьева Ю. В., Шайбакова Н. И. Модульное строительство как современное направление возведения доступного жилья // Фотинские чтения. 2018. № 1 (9). С. 218 –225.
2. Средства резервного фонда Правительства помогли частично покрыть дефицит школ и детских садов в Санкт-Петербурге. URL: <https://ach.gov.ru/checks/12668> (дата обращения 05.09.2021 г.).
3. Modular construction: From projects to products. URL: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/modular-construction-from-projects-to-products> (дата обращения 11.09.2021 г.).
4. Ермоленко Д. И., Дорофеева Н. Н. Международный опыт применения модульных систем для строительства детских садов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46507653>.
5. Young, BE, Seidu, RD, Thayaparan, M and Appiah-Kubi, J (2020). Modular Construction Innovation in the UK: The Case of Residential Buildings. The 10th Annual Industrial Engineering and Operations Management (IEOM) Conference. Dubai 10–12 Mar 2020 IEOM Society.
6. Анциферова Е. О., Лотенкова М. Д. Технология модульного строительства [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42901923>.
7. House Chief. Что такое модульное строительство и будет ли оно востребовано в наших условиях? URL: <https://housechief.ru/modulnoe-stroitelstvo.html> (дата обращения 18.09.2021 г.).
8. Ultimate guide to understanding modular construction and modular buildings. URL: <https://vesta-modular.com/blog/guide-to-modular-construction/> (дата обращения 11.09.2021 г.).
9. CSR, available at: http://blok-konteiner.ru/proizvodstvo/article_post/montazhmodulnyh-zdaniy--tehnologiya-ob_edineniya-blok-konte (дата обращения 17.09.2021 г.).

УДК 691.116

Дарья Алексеевна Выхрыщук,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: 89613615448@mail.ru

Darya Alekseevna Vykhryshchuk,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: 89613615448@mail.ru

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ CLT-ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF USING CLT PANELS FOR THE CONSTRUCTION OF FRAME BUILDINGS

В XXI веке остро стоит вопрос повышения эффективности как самого процесса организации строительства, так и эффективности применяемых материалов и их комбинаций. Одним из самых перспективных материалов является CLT-панели, многофункциональность которых не уступает бетону. В данной статье кратко представлен обзор современного зарубежного опыта использования CLT-панелей и проведено оценочное сравнение преимуществ и недостатков материала. Рассмотренные гибридные деревянные конструкции со временем обязательно получат распространение и в российской строительной практике, что обеспечит дополнительные объемы потребления древесины и увеличит экологичность современного строительства.

Ключевые слова: CLT-панели, перекрестно-клеенная древесина, строительство из древесины, каркасные здания, технологии.

In the XXI century, the issue of increasing the efficiency of both the construction organization process itself and the effectiveness of the materials used and their combinations is acute. One of the most promising materials is CLT panels, the versatility of which is not inferior to concrete. This article briefly presents an overview of the modern foreign experience of using CLT panels and an estimated comparison of the advantages and disadvantages of the material. The considered hybrid wooden structures will eventually become widespread in Russian construction practice, which will provide additional volumes of wood consumption and increase the environmental friendliness of modern construction.

Keywords: CLT-panels, cross-layered wood, construction of wood, public buildings, technologies.

Введение

CLT (Cross-Laminated Timber) это европейская технология клееных деревянных панелей, которая последние годы охватила страны Европы и начала распространяться в Австралии, США, Канаде и добралась до России [1 – 4]. CLT – это экологически чистый и перерабатываемый строительный материал, который при правильном использовании имеет долгий срок службы. Затем его можно повторно использовать в новых структурах или сжигать для рекуперации энергии – в современном мире с уклоном в «ЭКО» – материалы ему нет равных. Как материал, панели обладают высокой стабильностью (величина деформации при изменении влажности – 0,3 мм/пог.м), что позволяет соблюдать геометрические размеры до одной десятой миллиметра при заводском исполнении конструкционных материалов, а это, в свою очередь, сокращает до минимума использование квалифицированной рабочей силы при выполнении монтажных и сборочных работ на строительной площадке. Плита принципиально отличается от клееного и массивного бруса, а также иных изделий из древесины меняющих геометрию в прямой зависимости от влажности и атмосферных осадков.

Преимущества и недостатки материала

Панели CLT состоят из ламелей (досок) толщиной 20–60 мм. Поперечное сечение CLT обычно состоит из досок одного и того же класса прочности в основном направлении нагрузки. Самый распространенный тип панелей – 3, 5 и 7-ми слойные (выпускаются также плиты из 9 и 12 слоев). Толщина изделий – от 45 до 480 мм, высота – до 4 м, длина – 3, 6, 9, 16,5 м и более, в зависимости от производителя. При этом толщина самих ламелей может составлять, например, 16/20/33/43 мм и в разных слоях отличаться. Так, возможные варианты 5-слойной панели: 43 + 20 + 20 + 20 + 43 мм (общая толщина 146 мм); 33 + 33 + 33 + 33 + 33 мм (165 мм); 43 + 20 + 43 + 20 + 43 мм (169 мм) и т. д. Чтобы наилучшим образом использовать прочность древесины, древесина более высокой прочности обычно используется в поверхностном слое поперечного сечения и в основном направлении нагрузки, где обычно наибольшие напряжения. Также к неоспоримому преимуществу материала нужно отнести его низкий вес: удельный вес CLT-панелей составляет всего 480–500 кг/м³, а бетона – 2600 кг/м при соотносимых прочностных характеристиках. Их собственный вес обеспечивает преимущества с точки зрения подготовки, транспортировки и сборки, а также позволяет применять менее мощные основания, что выгодно с точки зрения экономии. При этом масса CLT-панели в 4–5 раз меньше массы железобетонного элемента, что позволяет экономить на подъемных механизмах, фундаменте и транспортировке.

Плита CLT, благодаря технологии перекрестной склейки, отсутствия мостиков холода и мест утечек тепла, обладают на 35 % лучшими теплозащитными характеристиками, чем бревно и брус, в том числе клееный брус аналогичных размеров. Звукоизоляционные же характеристики выгодно конкурирует по данному техническому параметру со многими другими традиционными материалами.

Применяемые клеи в панелях отвечают самым высоким экологическим требованиям. Для склейки ламелей и слоев используют составы класса E1–E0, не выделяющие опасных веществ (эмиссия на уровне естественного фона). Это могут быть либо не содержащие формальдегида полиуретановые клеи (наиболее дорогой вариант), либо меламиновые, в которых он присутствует в объеме 0,5–0,1 %. Отношение количества клея к весу панели, составляющему 480–500 кг/м³, не более 1 или 2,2 % соответственно, что гораздо меньше, чем, скажем, у OSB-плит (до 45 % по массе). Данные составы паропроницаемы и не мешают древесине дышать, толщина клеевого слоя – всего 0,1 мм.

CLT-панель является массивным материалом, что при возгорании затрудняет поступление кислорода к горячей поверхности. Это кардинально отличает данный материал от каркасных технологий, страдающих низкой пожарной безопасностью. Термостойкость плиты характеризуется скоростью горения 0,6–0,7 мм в минуту при температуре 1200 градусов с уменьшением этого показателя в процессе образования углеродного защитного слоя при горении [7]. Если добавить к этому списку негорючий материал облицовки становится, очевидно, почему к конструкциям из CLT-панелей не возникает вопросов с точки зрения пожарной безопасности.

С точки зрения организации строительного производства необходимо отметить, что при монтаже окружающая температура не играет никакой роли, здания из CLT-панелей возможно возводить круглый год без дополнительных мер, которые применяется для бетона.

Из явных минусов данного материала хочется выделить два:

1. Трудоемкость производства и необходимость применения специальных тяжелых гидравлических прессов, а также большой цех для раскроя, строгания и шлифовки для получения ровной и гладкой поверхности влекут за собой увеличение стоимости панелей. Дело в том, что для изготовления перекрёстно-клеёных панелей требуется гораздо больше оборудования, и стоит оно и его обслуживание немалых денег. И если процессы сушки, калибровки, вырезания дефектов, сортировки и торцевого сращивания пиломатериалов действительно выполняются точно так же, как и при производстве клеёного бруса, то далее требуется применение высокоточных автоматизированных станков. Для автоматизации процесса необходимы автоматические наборные станции, которые послойно укладывают ламели в пласти, равномерно наносят на них клей и загружают в пресс.

2. CLT-панели подвержены гниению при постоянном контакте с влагой, а их внешний слой – растрескиванию под действием солнечных лучей. Это требует системной обработки поверхности различными защитными составами либо фасадной отделки, а также особых условий хранения.

При временном хранении следует использовать прочную, прямую и сухую платформу, и расположить ее на строительной площадке на закрытом складе. Высота опор (ползьев) должна быть не менее 30 см. Чтобы избежать скручивания или растрескивания продукта, держатели между упаковками должны быть выровнены вертикально с наземными опорами. Пластиковая обертка каждой упаковки должна быть разрезана снизу, чтобы обеспечить циркуляцию воздуха и испарение влаги из пачек. Состояние изделия и защитной крышки следует регулярно контролировать во время хранения.

Эти факторы делает невозможным для использования данных панелей для малого или среднего бизнеса – только действительно развитые корпорации смогут взять на себя подобные расходы.

Применение CLT-панелей

Вариантов применения множество – CLT-панель можно использовать в комбинации с другими материалами (металл, бетон) или как отдельный конструктивный элемент, оболочку, которая использует уникальные возможности CLT по-разному и в разной степени в зависимости от нагрузок и формы.

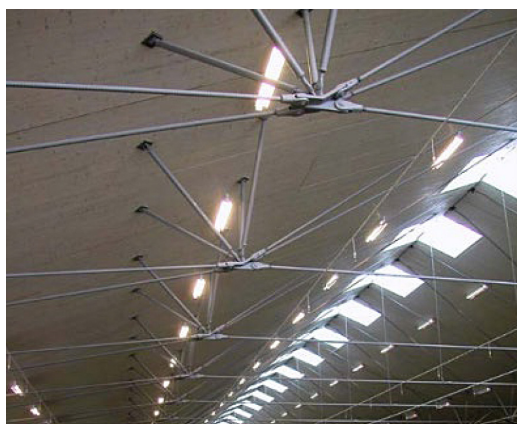


Рис. 1. CLT-панели в качестве покрытия металлических ферм, школа верховой езды Flyinge, Лунд, Швеция

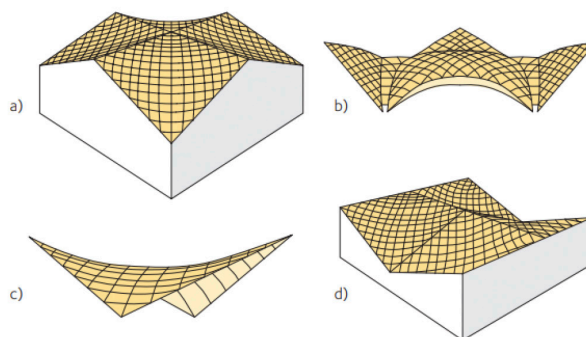


Рис. 2. Примеры конструкций оболочек

За последнее десятилетие было построено несколько высотных зданий, в которых в качестве конструкционного материала использовался CLT. Например, строительные элементы здания башни Мьеса были изготовлены из сборных материалов с исключительной точностью изготовления. Это приводит к многократной экономии времени при строительстве здания и позволяет вносить исправления или корректировки на месте. Ход строительных работ в среднем составляет уровень/этаж в неделю, что на 40 % быстрее по сравнению с ходом строительства при использовании бетона и классического строительства.


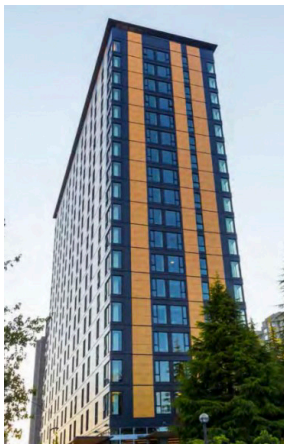
Строительство с 1302 сборными деревянными столбами и 464 панелями CLT позволило завершить строительство жилья Op-campus в Колумбийском колледже еще до установленного ожидаемого срока [5]. Строительные работы начались, состояние несущей способности и безопасность узлов и звеньев были проверены на масштабной модели.

Ограждающие конструкции навешиваются на силовой каркас, что позволяет, во-первых, изменять шаг стоек их внутреннего каркаса, приспособив его как к утеплителю выбранного типа (сторонники применения натуральных теплоизоляторов смогут использовать солому, опилки и т. д.), так и к размеру элементов отделочного материала. Во-вторых, появится возможность сооружать утепленные ограждающие каркасные конструкции без мостиков холода, каковыми, например, в фахверке являются деревянные элементы, видимые как снаружи, так и изнутри дома. И наконец, в-третьих, при необходимости, существующие наружные стены удастся без проблем заменить, скажем, более тёплыми, оставив при этом каркас в неизменном виде, чего не позволяет никакая иная технология. Поскольку внутри дома нет несущих стен, его пространство допустимо перепланировать и перестраивать, как угодно. А можно и вовсе не разделять его перегородками, обозначив те или иные зоны с помощью стоек и балок каркаса.

После сборки дома можно сразу приступать к внутренней и наружной отделке. При этом стены не нужно штукатурить, так как они приобретают идеально ровную поверхность после механической обработки на производстве. Для всех коммуникаций уже подготовлены необходимые отверстия, места для установки щитков, ревизионных лючков и т. д.

Таблица 1

Зарубежный опыт строительства каркасных зданий из CLT-панелей

Здание	Башня Мьеса (Mjøstårnet)	Op-campus в Колумбийском колледже
Внешний облик		
Расположение	Брумундаль, Норвегия	Ванкувер, Канада
Высота, м	85,4	54,0
Год постройки, годы	2019	2017

Неоспоримым преимуществом является то, что панели не подвержены усадке и не растрескиваются. Это позволяет устанавливать панорамное остекление без рисков дальнейшей деформации. Благодаря этой особенности дом можно отделывать и вводить в эксплуатацию сразу же после окончания строительства.

Также строительство из этого материала имеет еще одну технологическую особенность. В конце срока полезного использования CLT, когда здание демонтируется, панели можно повторно использовать в последующих проектах. При выполнении аккуратного демонтажа будет минимум отходов, а те деревянные элементы, которые будут непригодны для повторного использования можно переработать в другой древесный продукт.

Гибридное строительство с CLT-панелями

Стоит упомянуть и выгодное использование CLT-панелей совместно с другими материалами [6]. Так называемое гибридное строительство предлагает использовать CLT-панели и бетон совместно, в одной конструкции – в стеновых панелях. Потребность в более экологически безопасных решениях является острой, потому что строительство вызывает 30 % всех выбросов CO₂. Комбинируя бетон и CLT, гибридные сэндвич-элементы стены предлагают простой способ заменить типичные бетонные сэндвич-элементы, популярные стеновые элементы в жилых многоэтажных домах. Гибридный стеновой элемент сэндвич поможет увеличить долю древесины для более эффективного строительства более экологичных зданий. Поскольку CLT – легкий материал, гибридные элементы стеновых панелей будут быстрее изготавливаться на заводе и транспортироваться на объект, и даже выбросы от транспорта снизятся из-за небольшой нагрузки.

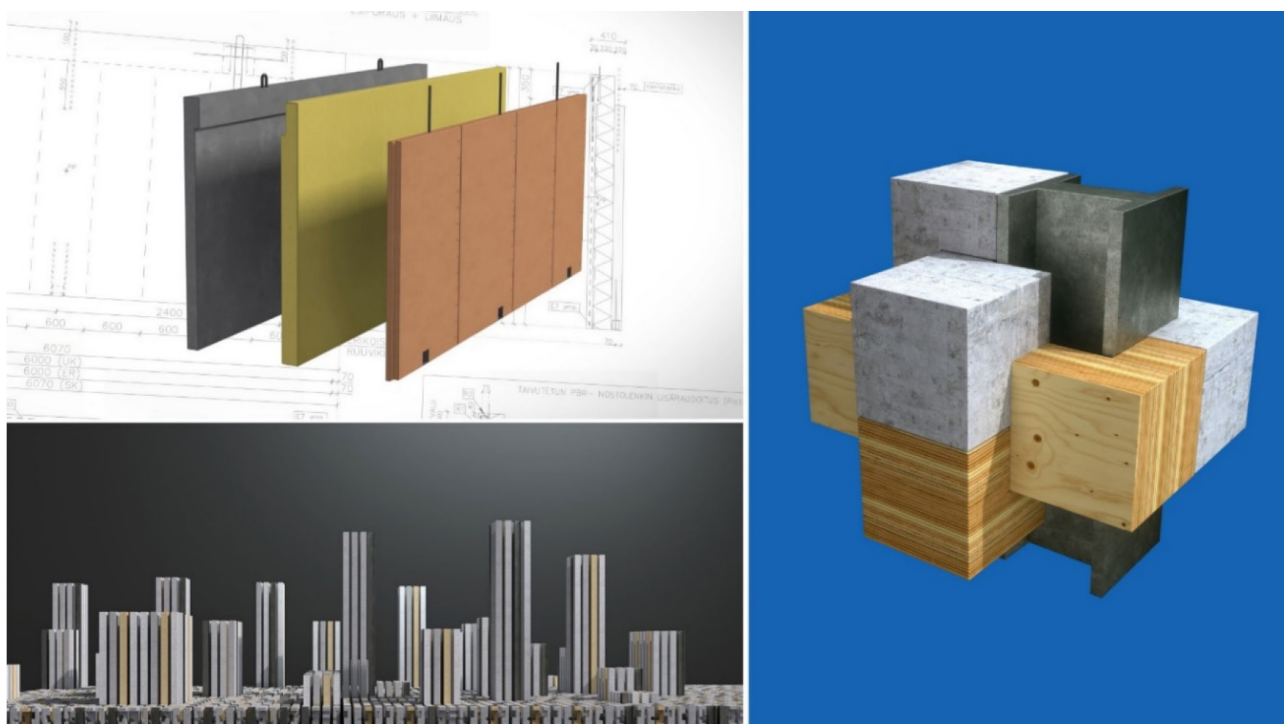


Рис. 3. Гибридные сэндвич-элементы

Вывод

В XXI вв. можно наблюдать активный синтез разрозненных методов и подходов в области повышения комфорта и экологичности городской среды. Появление CLT-панелей

может быть предвестником рождения нового глобального архитектурного стиля, формирование которого уже началось. Это можно наблюдать при анализе создаваемых проектных решений объектов различного функционального назначения, объединенных общей идеологической линией. Учитывая преимущества технологии и организации строительства каркасных зданий из CLT-панелей, новейшие инженерно-технические разработки, разработки в области энергосбережения и аккумуляции природных ресурсов данное направление еще наберет свою популярность в России. Тот факт, что более 20 % всех запасов древесины сосредоточены в России, сделает панели востребованными во всех регионах. Возможно, учитывая большую стоимость CLT как материала и требование высокой точности про его изготовление, на первый взгляд кажется, что технология экономически невыгодна. Но на практике доказано обратное. Отдельные европейские производители плиты дают гарантийный срок ее использования до 200 лет, что ставит ее на уровень выше бетона.

Нет сомнений, что CLT технология частично заменит традиционные способы строительства, ведь она позволяет: повысить экологичность строительства и без грязи и шума возводить здания в условиях плотной застройки; повысить этажность уже существующих домов без усиления фундамента; строить объекты, которые можно без проблем разобрать, а материал использовать повторно. Основная идея всех этих действий - упрощение строительного процесса и сокращение сроков строительства.

Литература

1. CLT-панели. Еженедельный журнал WhatWood Weekly. URL: <http://whatwood.ru/news/weekly-journal>.
2. Комплексная линия Ledinek для производства панелей CLT. URL: <https://www.derevo.info/content/detail/5451>
3. Has the wooden skyscraper revolution finally arrived? URL: <https://edition.cnn.com/style/article/wooden-skyscraper-revolution-timber/index.html>
4. The CLT Handbook. CLT structures – acts and planning. Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2019. P. 11-26, 133-140.
5. Cross-laminated timber (CLT) application in multi-storey buildings Article in Technics Technologies Education Management, 2021. P. 96-101.
6. *Вавилова Т. Я.* Актуальные тенденции использования деревянных конструкций в архитектуре // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации, 2016. С.203–211.
7. *Сивенков А. Б.* Огнестойкость клееных деревянных конструкций типа LVL // Технологии Техносферной Безопасности, 2015. С.1–5.

УДК 69:658.5:004.94

Тимур Русланович Галиуллин,

студент

Игорь Вадимович Бушин,

студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: timur2609@yandex.ru,

igor_bushin1996@mail.ru

Timur Ruslanovich Galiullin,

student

Igor Vadimovich Bushin,

student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: timur2609@yandex.ru,

igor_bushin1996@mail.ru

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

APPLICATION OF BIM TECHNOLOGIES IN PRODUCTION ACTIVITIES FOR THE EFFICIENT ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

Рассмотрены способы применения BIM технологий для оптимизации организации строительного производства. Разобраны особенности организации проектной деятельности в организации. Рассмотрены исторические этапы развития вопроса совершенствования организации проектных работ. Приведен механизм совершенствования организации проектных работ, путем внедрения BIM-технологий в проектную деятельность организации. Рассмотрены особенности данной технологии, плюсы и минусы. Приведены рекомендации по внедрению BIM – технологий в производственную деятельность.

Ключевые слова: строительство, проектирование, BIM-технологии, внедрение BIM-технологий.

This article discusses how to use BIM technologies to optimize the organization of construction production. The features of the organization of project activities in the organization are analyzed. The historical stages of development of the issue of improving the organization of design work are considered. The mechanism for improving the organization of design work by introducing BIM technologies into the design activities of the organization is given. The features of this technology, pros and cons are considered. Recommendations for the implementation of BIM-technologies in production activities are given.

Введение

Строительство на данном этапе находится в стадии очередной технологической революции мировой архитектурно-строительной отрасли. Благодаря инструментам оперативного управления и принятия решений на основе достоверной информации, стало возможным заблаговременно знать характеристики, стоимость и сроки возведения объектов, что позволяет значительно сократить риски, потери и издержки, интенсифицировать и оптимизировать оборот привлекаемых финансов. В перспективе эти технологии создадут единую цифровую среду взаимодействия всех участников экономики с переносом основных этапов возникновения добавленной стоимости и всех транзакций в виртуальную среду.

Основным инструментом оперирования достоверной информацией, управления сроками и издержками в настоящее время в мире признано информационное моделирование объектов капитального строительства и процессов их возведения (BIM). Информационная модель позволяет формировать измеримые цели и контролировать выполнение плановых целевых показателей.

BIM Building Information Modeling – Информационное моделирование зданий – процесс генерации и управления данными о здании (или иной строительной конструкции)

на протяжении его (ее) жизненного цикла. BIM используется в средствах архитектурно-строительного проектирования для того, чтобы создать единую информационную модель здания, с которой соответственно могут работать все команды, которые участвуют в разработке строительного проекта. Информационная модель возводимого здания имеет информацию о его геометрии, пространственных отношениях, географическом расположении, свойствах материалов и т. п. Особенная польза информационной модели состоит в том, что весь строительный объект проектируется фактически как одно целое; соответственно при изменении одного из параметров строительного объекта, вслед за ним автоматически изменяются остальные, связанные с ним, параметры и объекты, вплоть до чертежей, визуализаций, спецификаций и календарного графика.

При использовании BIM-технологий снижение издержек достигает 30 % – на этапе проектирования, 40 % – на этапе строительства и 5 % на этапе эксплуатации (самый существенный вклад в экономику расчета, исходя из десятилетних сроков эксплуатации).

Методология комплексного применения информационного моделирования предполагает, что на основе конструктива информационной модели осуществляется планирование производственного процесса, а избранная парадигма производственного процесса в свою очередь влияет на создание конструктива.

Моделирование процессов производства работ относится к разряду действий по составлению проектов организации строительства (ПОС) и проектов производства работ (ППР). Эти разделы в обязательном порядке проходят согласования и различного рода экспертизы. На основе данных, полученных в результате моделирования процессов строительства объекта, составляются графики производства работ, внутренние документы организаций-участников процесса и формируются все финансовые показатели будущего строительства.

Для точного соответствия будущему объекту, необходимо, чтобы проектировщик/моделировщик оперировал вполне конкретными материалами и оборудованием, указывая их в проекте – то есть, все решения принимаются именно автором проекта и Заказчиком, а не отдаются на откуп подрядчикам. Это также позволит заблаговременно планировать процессы закупки, поставки и монтажа. При такой системе торги для выбора поставщика должны проводиться не в момент, когда материал уже требуется на стройплощадке, а еще на этапе проектирования.

Данную проблему невозможно решить без привлечения к взаимодействию в рамках организационной структуры Проекта дополнительных участников – производителей, поставщиков, подрядчиков и т. д. Между всеми участниками заключаются договоры о взаимодействии, и дальнейшая детализация проекта осуществляется с участием Поставщиков и Подрядчиков – в качестве легитимных источников информации. Участники из ситуации конфликта интересов и борьбы за ресурсы, переходят к взаимовыгодному сотрудничеству, обеспеченному заранее заключёнными договорами.

Производители и поставщики строительных материалов, конструкций, инженерного оборудования и услуг, предоставляющие свою информацию для моделирования, должны отвечать за ее достоверность. Преимущество получают субъекты, готовые предоставлять проектным организациям и другим потребителям сведения о своей продукции и услугах в виде информационно-насыщенных графических элементов (ИНГ-элементов), используемых на всех стадиях жизненного цикла товара (от изготовления до эксплуатации и утилизации), и состоящих как из 3D-графики с приписанными свойствами изделия, так и из отдельных информационных блоков, наглядно представляющих товар, услугу и готовых к внесению в проект.

Главное преимущество использования BIM-моделирования – результат работы. Как правило, объекты, которые возведены при помощи BIM, отличаются хорошим качеством застройки, правильной архитектурой, продуманной инфраструктурой, удобством и безопасностью. Также информационное моделирование зданий помогает значительно сократить время и расходы на разработку, избежать возможных ошибок при строительстве, а также более рационально распределить человеческий и материальный ресурс.

К долгосрочным преимуществам BIM относятся:

1. Увеличение прибыли.
2. Привлечение новых Заказчиков.
3. Уменьшение сроков и стоимости строительства.

Основными недостатками перехода на технологию BIM являются:

1. Большие затраты на внедрение и поддержание работоспособности технологии информационного моделирования зданий в организации.
2. Повышение прозрачности реализации проектов.
3. Высокие затраты на повышение квалификации сотрудников по работе с BIM.
4. Относительно высокая технологическая сложность.
5. Высокие временные затраты.

Несмотря на вышеперечисленные недостатки внедрения технологии информационного моделирования, все большее количество компаний решают перейти к использованию технологии BIM. Согласно отчёту, об исследовании «Уровень применения BIM в России» 2019 г., 22 % российских организаций инвестиционно-строительной сферы применяют BIM технологии [7]. В свою очередь при возрастании конкретных запросов на внедрение в организации технологии BIM, стало массово увеличиваться количество компаний, которые оказывают услуги по внедрению технологии информационного моделирования в работу проектной организации. Сценарий действий по внедрению BIM зависит от специфики организации, предлагающей услуги по внедрению данной технологии. Но, в основном, сценарий по внедрению BIM в проектную организацию содержит следующие шаги:

1. Анализ деятельности организации.
2. Разработка новой технологии процессов работы.
3. Формирование BIM команды.
4. Разработка BIM стандартов предприятия.
5. Пилотный проект.
6. Анализ результатов пилотного проекта.

Ключевые моменты разработки эффективной концепции BIM:

Мотивация. Концепция должна быть масштабной и достаточно мотивирующей, чтобы охватить всю компанию. Если информационное моделирование начинает использоваться в компании как очередная заурядная технология, такой подход не даст организации нужного импульса и достаточной мотивации. В принятой концепции путь к достижению масштабных целей должен быть разделен на этапы (см. «Разделение на этапы» ниже). Сотрудникам нужно четко понимать, какую группу работников организации затрагивают изменения на каждом этапе, а также какие из этапов будут являться наиболее важными. Большинство компаний ставят высокие цели на незначительных промежуточных этапах и это является самой распространенной ошибкой.

Пять вопросов. Чтобы правильно преподнести концепцию BIM работникам, нужно изъясняться ясно и кратко. Пять основных вопросов (Кто? Что? Где? Когда? и Зачем?) точно передадут сотрудникам детали и принципы использования информационного моделирования и помогут сформировать четкое представление и понимание о том, что кон-

кретно требуется сделать для выполнения поставленных задач при помощи BIM технологии. Некоторые из этих вопросов могут оказаться достаточно сложными, и ответы на них руководству компании придется взять на себя.

Разделение на этапы. Внедрение информационного моделирования в организации – трудоемкий и достаточно сложный процесс; у сотрудников, особенно в начале, часто возникают трудности с определением конкретных действий. Избежать ошибок при производстве работ можно, разделив выполнение общей задачи на этапы. Кроме того, завершение каждого из этапов становится своеобразной победой для коллектива, сплачивает его и усиливает мотивацию, придает сил на пути к достижению конечной цели и дает полное представление и понимание о деталях процесса в целом и промежуточных результатах. Есть этапы, общие для всех организаций, но, в зависимости от каждого конкретного случая, при внедрении BIM возникают и некоторые специфические шаги. Для большей объективности оценки промежуточных результатов полезно выполнять пилотные(пробные) проекты в рамках внедрения информационного моделирования.

Интересно отметить, что сценарий действий для каждой конкретной организации должен быть индивидуален. Организация работ, традиции и привычки – всё это влияет на процесс внедрения. Поэтому, предлагается модернизировать методику совершенствования организации проектных работ путём внедрения BIM-технологий в сторону гибкости и индивидуальности. Данная методика позволит на раннем этапе определить основные потребности и задачи компании, нуждающейся во внедрении технологии BIM в свою организацию работ, а также отслеживать процесс внедрения на всех его этапах, для принятия оперативных решений.

Первый этап – аудит; очень важна оценка потребности организации в переходе на систему информационного моделирования. Первый этап считается одним из самых важных, так как на нем компания может определиться в целом, нуждается ли организация во внедрении (например, из-за долгих устоявшихся традиций подхода к работе). Внедрение системы информационного моделирования зданий в такие организации может значительно ухудшить организацию работ или вовсе развалить ее.

Проблемы в организации процессов как правило выявляются как раз на этапе аудита. Например, большие временные затраты на разработку документации. Все проблемы должны быть зафиксированы и оформлены, так как процесс внедрения системы информационного моделирования зданий, в первую очередь, должен быть направлен именно на решение выявленных с его помощью проблем. После проведения аудита начинаются основные этапы внедрения технологии информационного моделирования. Во время выполнения этих этапов следует уделить особое внимание дифференциации технологических решений для того, чтобы более точно выявить и заблаговременно решить возникающие проблемы.

Следующим этапам принято считать создание новой технологической схемы работы. На этом этапе следует расписать и зафиксировать все производственные процессы от начала проекта до его завершения. Производство работ в одной единой информационной модели в значительной степени увеличивает уровень прозрачности проекта для всех, кто принимает в нем участие, но в то же время и изменяет привычное представление о проектировании зданий и сооружений.

Далее следует провести мероприятие, посвященное базовому обучению сотрудников по новому программному обеспечению в сфере информационного моделирования, так как инструменты по созданию информационной модели объекта разнообразны и в основном отличаются технологической сложностью. Также необходимо разработать стандарты предприятия, внедряющего моделирование зданий в свою структуру. При этом

стандарты предприятия должны отражать как сам процесс моделирования, так и создание чертежей. Существует заблуждение, что чертежи формируются автоматически из единой информационной модели, но это не так. Для разработки чертежей необходимо приложить также не мало усилий и времени.

Следующим этапам по классической схеме должен быть запуск пробного проекта, который в свою очередь станет первым в организации, разработанным по системе информационного моделирования зданий. Обычно, это новый проект, который создается с полного нуля. Однако данный подход не позволяет провести анализ одновременно двух систем подхода к проектированию объектов. Созданный проект с нуля отражает преимущества внедрения информационного моделирования, но не показывает, на сколько организация может увеличить свои показатели эффективности в сравнении с САД-проектированием. В следствие этого предлагается использовать в качестве пилотного проект, который разрабатывался организацией по технологии САД ранее. Благодаря этому, организация может оценить не только показатели эффективности внедрения современной технологии информационного моделирования, но и сравнить показатели эффективности с созданными ранее проектами.

Таким образом, может оказаться так, что после сравнительного анализа двух выполненных проектов, технология информационного моделирования может показаться менее эффективной и внедрять ее на данном этапе пока что рано. Такая ситуация может возникнуть, к примеру, при выполнении проектов по обследованию зданий и сооружений. На сегодняшний день, инструментария для полного создания базы данных о дефектах и повреждениях строительных конструкций недостаточно. Есть подходы и методики по созданию информационной модели обследуемого объекта, но для полноценного создания проекта этого недостаточно.

Таким образом, одним из способов совершенствования организации проектных работ является внедрение технологий информационного моделирования. При помощи данной технологии увеличиваются показатели эффективности работы организации в целом, но также она имеет и ряд минусов при эксплуатации, таких как дороговизна и дефицит квалифицированных кадров для работы с BIM-технологией. В процессе перехода на технология информационного моделирования, важным фактором является методика, по которой происходит внедрение. Очень важно предусмотреть все индивидуальные качества организации и принимать гибкие и взвешенные решения на каждом из этапов внедрения метода информационного моделирования зданий в проектную деятельность организации.

Литература

1. Шнотов Б. М. Использование опыта США при организации и управлении строительством в СССР в 1920–1930 гг. // Российский журнал менеджмента. Том 3, № 1, 2005. С. 145–162.
2. Строительное проектирование в условиях экономического роста [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sovman.ru/article/7605/>.
3. Стратегия развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.minstroyrf.ru/docs/11870/>.
4. Основные проблемы проектирования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dmstr.ru/articles/osnovnye-problemy-proektirovaniya/>
5. Так ли эффективны BIM технологии проектирования, как об этом говорят? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://maistro.ru/articles/stroitelnye-konstrukcii.-proektirovanie-i-raschet/obzor-BIM-tehnologij>.
6. BIM: что под этим обычно понимают [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14078.
7. Отчет по исследованию «Уровень применения BIM в России 2019» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://concurator.ru/information/BIM_report_2019/.

УДК 658.5:624.05

Максим Дмитриевич Горшков,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: skandiy97@gmail.com

Maksim Dmitrievich Gorshkov,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: skandiy97@gmail.com

АНАЛИЗ ОТРАСЛИ СТРОИТЕЛЬСТВА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ ИХ ВОЗВЕДЕНИЯ

ANALYSIS OF THE NUCLEAR POWER PLANT CONSTRUCTION INDUSTRY AND ANALYSIS OF THEIRS CONSTRUCTION METHODS

Строительство атомных электростанций (далее АЭС) начиная с середины прошлого столетия неуклонно занимает все большую долю в выработке электроэнергии по всему миру. До 2021 года данный вид выработки электроэнергии считался не экологичным, однако с начала ввода в эксплуатацию первого в мире энергоблока знания человечества о мирном атоме достигли небывалых высот. Пройдя долгий путь в освоении атомной энергии, преодолев множество катастроф, аварий и происшествий в атомной промышленности, люди разработали технологии, обеспечивающие безопасное использование энергии распада атома для выработки электричества. 19 марта 2021 года Объединенный исследовательский центра (JRC) признал атомную энергию – «зеленой» [6]. На текущий момент Российская федерация является лидером в атомной промышленности. Все активные строительные площадки подконтрольны госкорпорации РОСАТОМ. Ниже в статье будет проведен анализ перечня возводимых на текущий момент атомных станций.

Ключевые слова: строительство АЭС, метод совмещенного монтажа, open-top, организация строительства, СМР (строительно-монтажные работы, ЭМР (электро-монтажные работы), монтаж крупногабаритного оборудования.

Since the middle of the last century, the construction of Nuclear Power plants has steadily taken an increasing share in electricity generation worldwide. Until 2021, this type of electricity generation was considered unecological, but since the commissioning of the world's first power unit, mankind's knowledge of the peaceful atom has reached unprecedented heights. Having come a long way in the development of atomic energy, having overcome many catastrophes and accidents in the nuclear industry, people have developed technologies that ensure the safe use of atomic decay energy to generate electricity. On March 19, 2021, the Joint Research Center (JRC) recognized nuclear energy as "green" [6]. At the moment, the Russian Federation is a leader in the nuclear industry. All active construction sites are controlled by ROSATOM State Corporation. Below, the article will analyze the list of nuclear power plants currently under construction.

Keywords: building of nuclear electrical plant, combined mounting method, open-top, organization of construction, construction and installation works, electrical installation works, installation of large-sized equipment.

Введение

Основной целью при строительстве АЭС является обеспечение мира чистой, безопасной, доступной энергией и инновациями на основе атомных технологий [2]. При этом огромное внимание уделяется системам защиты зданий АЭС от разнообразных угроз, как внешних, так и внутренних.

При возведении АЭС используются уникальные термины, обозначения зданий и их компоновка. Прежде всего нужно отметить, что сама по себе АЭС – это комплекс зданий

и сооружений, возводимых под определенный тип реактора. Принципиально здания и сооружения АЭС делятся на 4 основных типа: временные здания строительной-монтажной базы (СМБ), гидротехнические сооружения и градирни (предназначены для охлаждения теплоносителя в контуре АЭС), здания турбинного острова (предназначены для выработки электричества путем превращения тепловой энергии в механическую), здания атомного острова. (предназначены для контролируемого атомного распада с выделением колоссального количества тепла). Данная статья рассматривает вопросы строительства атомного и турбинного островов (Далее – энергоблок) (рис. 1) как наиболее технологически сложных комплексов.

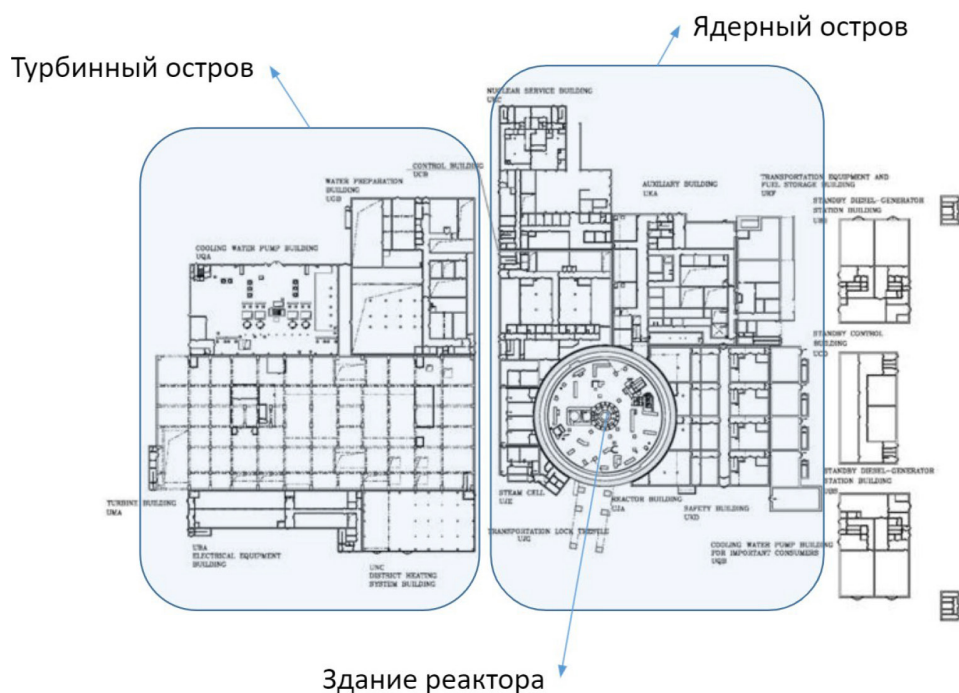


Рис. 1. Схема взаимного расположения зданий атомного и турбинного островов

Атомная энергетика как и любая отрасль имеет свои особенности, обуславливающие ее развитие. Можно выделить наиболее значимые:

1. Высокий уровень технологий. Строительство АЭС является колоссальным сосредоточением технологий в разных сферах (атомная промышленность, машиностроительная промышленность, строительство, логистика).

2. Высокий уровень одобрения общественности. Ряд стран отказался от мирного атома после проведения общественного референдума, в то время как соседние государства считают данный вид электроэнергии приемлемым.

3. Высокая цена возведения атомной станции. Зависит от следующих факторов: технологий, принимаемых при строительстве, политических факторов, типа местности строительства, типа энергоблока. И составляет порядка 3–7 млрд. долларов США.

4. Долгий процесс строительства. Составляет от 5 до 10 лет. Это связано с технологичным оборудованием и сложностью строительства, ее масштабностью [3].

Материалы и методы

Рассмотрим АЭС, которые возводятся на данный момент госкорпорацией РОСАТОМ по всему миру. Определим наиболее распространенный тип реактора, а следовательно,

выявим какие типы АЭС наиболее актуальны на данный момент. Ниже приведена выборка наиболее актуальных проектов [2]:

1. Курская АЭС-2

Расположение: площадка Макаровка, Курчатовский район (Курская обл.)

Тип реактора: ВВЭР-ТОИ

Количество энергоблоков: 4

2. АЭС Брест-ОД-300

Расположение: площадка СХК (Северск, Томская обл.)

Тип реактора: БРЕСТ-ОД-300

Количество энергоблоков: 1

3. АЭС «Аккую» (Турция)

Расположение: близ г. Мерсин (провинция Мерсин)

Тип реактора ВВЭР-1200

Количество энергоблоков: 4 (в стадии сооружения)

4. АЭС Ханхикиви-1

Расположение: Пюхяйоки (Финляндия)

Тип реактора ВВЭР-1200

Количество энергоблоков: 1 (работы нулевого цикла)

5. Белорусская АЭС (Беларусь)

Расположение: город Островец (Гродненская область)

Тип реактора: ВВЭР-1200

Количество энергоблоков: 2 (в стадии сооружения)

6. АЭС «Пакш-2» (Венгрия)

Расположение: близ г. Пакш (регион Тольна)

Тип реактора: ВВЭР-1200

Количество энергоблоков: 2

7. АЭС «Сюйдапу» (Китай)

Расположение: близ г. Хулудао (провинция Ляонин, Северо-Восточный Китай)

Тип реактора: ВВЭР-1200

Количество энергоблоков: 2 - энергоблоки № 3 и № 4

8. АЭС «Эль-Дааба» (Египет)

Расположение: область Матрух на берегу Средиземного моря

Тип реактора: ВВЭР-1200

Количество энергоблоков: 4

Как видно из перечня проектов, приведенных выше, наиболее актуальным является реактор ВВЭР-1200 (водо-водяными энергетическими реакторами поколения III+), как самый распространенный. Преимущественный выбор энергоблоков на базе данного реактора связан с тем, что по сравнению с традиционными энергоблоками такого же типа проект ВВЭР-1200 превосходит конкурентов по ряду факторов, существенно повышающих его экономические характеристики и безопасность. К примеру, основной показатель – мощность установки выросла по сравнению с предыдущим типом (ВВЭР-1000) на 20 %, обслуживающий персонал сократился порядком на 30–40 %, Эксплуатационный срок основного оборудования увеличен в 2 раза и равен 60 лет. При этом проектом предусматривается возможность увеличения срока эксплуатации еще на 20 лет. Главный акцент в проекте ВВЭР-1200 сделан на безопасность. В нем заложены несколько эшелонов защиты как от внешних факторов (Энергоблок способен выдержать землетрясения

в 7 баллов, а также выдержать падение крупного самолета на здание реактора), так и от внутренних («ловушка расплава» – устройство, служащее для локализации расплава активной зоны ядерного реактора, система пассивного отвода тепла через парогенераторы (СПОТ), призванная в условиях отсутствия всех источников электроснабжения обеспечивать длительный отвод в атмосферу тепла от активной зоны реактора) [2].

В качестве детального объекта рассмотрения принимается здание реактора. Этот выбор связан с тем, что данное здание содержит в себе наиболее технологически сложное оборудование (такое как атомный реактор, парогенераторы, ловушка расплава и др.) Рассмотрение технологий строительства данного здания максимально подробно опишет специфику строительства атомных станций. Для наглядности на рис. 2 изображен схематический разрез здания реактора.

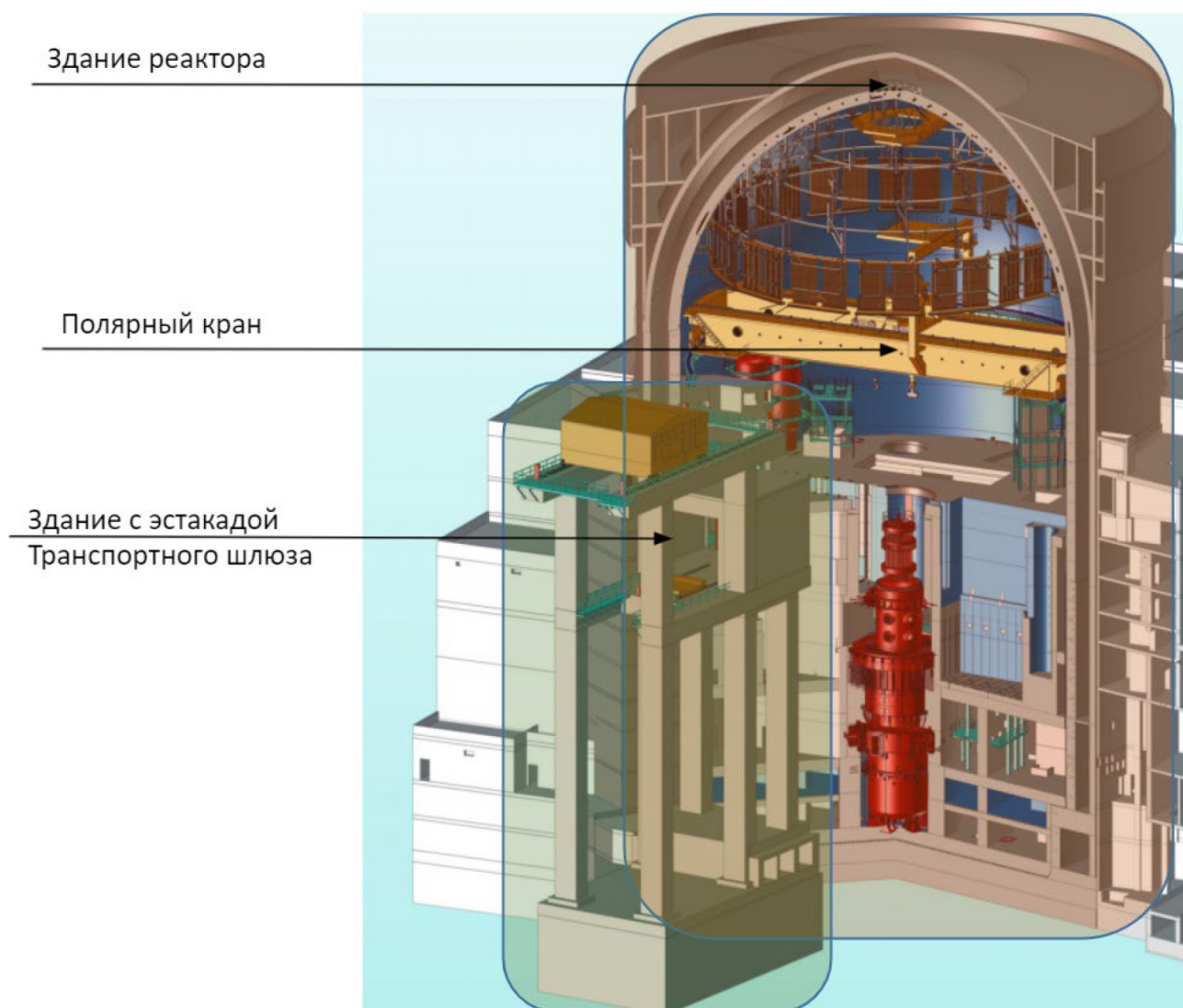


Рис. 2. Разрез здания реактора с примыкающим зданием транспортного шлюза

На рисунке выше красным цветом изображена реакторная установка с ловушкой расплава в нижней части, полярный кран (Предназначен для загрузки топлива в реактор и для монтажа крупногабаритного оборудования внутри здания, здание с эстакадой транспортного шлюза (соединяется с зданием реактора через транспортный шлюз. Предназначено для доставки топлива и оборудования в здание реактора).

Существует несколько принципиальных технологий возведения здания реактора [1]. Перечислим их ниже:

1. Блочный монтаж. Заключается в использовании заранее изготовленных модулей и частей оборудования.

2. Поточное строительство при сооружении энергоблоков. Применимо при сооружении нескольких энергоблоков.

3. Разбиение основных элементов зданий на системы монтажных модулей. Наиболее сложным, по технологии монтажа является сборка в проектное положение гермозоны реактора. Как пример, на рис. 3 изображен купол гермозоны на площадке укрупнительной сборки возле здания реактора.

4. Технология совмещенного монтажа. Данная технология подразумевает параллельный монтаж крупногабаритного технологического оборудования с производством строительных и электромонтажных работ (СМР и ЭМР соответственно).

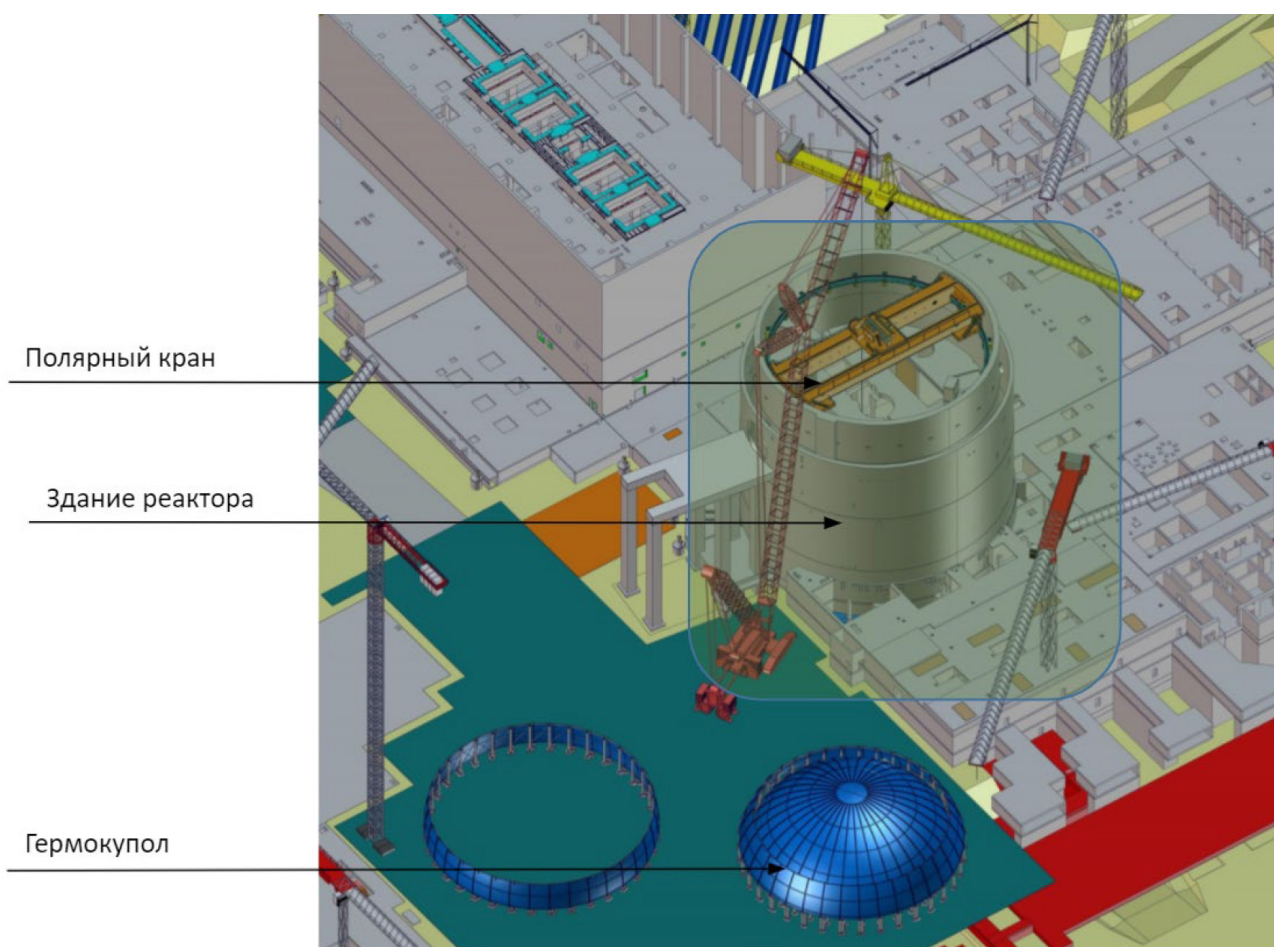


Рис. 3. Схема здания реактора и здания эстакады с транспортным шлюзом при монтаже по технологии Open-Top

Далее рассмотрим технологии совмещенного монтажа. Ее вершиной на сегодняшний день является метод Open-top. Он подразумевает, что по мере возведения здания реактора, кран большой грузоподъемности устанавливает в проектное положение крупногабаритное оборудование, с дальнейшей консервацией агрегатов. По итогу, как показано на рис. 3 к моменту готовности здания к монтажу купола гермооболочки, основное крупногабаритное оборудование уже смонтировано в проектное поло-

жение. По средним оценкам, такой подход дает экономию во времени строительства в 4–6 месяцев [1].

Полученные результаты

Для наглядного отображения распределения пакета проектов по сооружению АЭС госкорпорации РОСАТОМ по миру приводится информация в табл. 1. В ней сразу видно, что строительные площадки преимущественно возводят станции вокруг реактора ВВЭР-1200.

Таблица 1

Результаты анализа распределения АЭС, возводимыми госкорпорацией РОСАТОМ

Проект	Страна строительства	Количество энергоблоков	Тип энергоблоков
Курская АЭС-2	Россия	4	ВВЭР-ТОИ
АЭС Брест ОД-300	Россия	1	АЭС Брест-ОД-300
АЭС «Аккую»	Турция	4	ВВЭР-1200
АЭС Ханхикиви-1	Финляндия	1	ВВЭР-1200
Беларусская АЭС	Беларусь	2	ВВЭР-1200
АЭС «Пакш-2»	Венгрия	2	ВВЭР-1200
АЭС «Сюйдапу»	Китай	2	ВВЭР-1200
АЭС «Эль-Дааба»	Египет	4	ВВЭР-1200

Вывод

На сегодняшний день отрасль строительства атомных станций набирает все большие обороты в темпах производства работ. Однако АЭС имеют недостатки в виде колоссальных ресурсных и временных затрат на их сооружение. Следует отметить, что научные исследования, направленные на снижение сроков производства строительных и монтажных работ, оптимизацию строительных процессов при возведении энергоблоков и их удешевление за счет снижения трудозатрат, являются актуальными в наше время.

Литература

1. Теличенко В. И. Организация и технология строительства атомных станций: учебник / Ю. Н. Доможиллов, Э. Л. Кокосадзе, О. В. Колтун [и др.]. М.: МГСУ, 2012 400 с.
2. АО «Концерн Росэнергоатом» (Входит в Электроэнергетический дивизион госкорпорации «Росатом»): официальный сайт URL: <https://www.rosenergoatom.ru/> (Дата обращения: 9.03.2020).
3. Марченко А. С. Особенности международного рынка строительства АЭС // Российский внешнеэкономический вестник М.: «Роспечать», 2020. С.29–39.
4. Виноходова М. Г. Современный опыт поточного строительства атомных станций. М.: НИМГСУ, 2017. С. 386–388.
5. Конусбаев Р. Е. Новые технологии в строительстве АЭС // Научно-практический электронный журнал Аллея Науки. М., 2018.
6. Technical assessment of nuclear energy with respect to the ‘do no significant harm’ criteria of Regulation (EU) 2020/852 (‘Taxonomy Regulation’).

УДК 699.866

Анна Сергеевна Горюнова,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: anngoryunova@mail.ru

Anna Sergeevna Goryunova,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: anngoryunova@mail.ru

АЭРОГЕЛИ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

AEROGELS AS PROMISING THERMAL INSULATING MATERIALS

Энергосбережение одна из самых актуальных задач нынешнего столетия. Рост производства и потребления энергии являются ключевыми условиями и индикаторами экономического развития, но существующий темп энергопотребления увеличивает нагрузку на окружающую среду, приводит к дефициту энергетических ресурсов и возможности возникновения природно-техногенных катастроф. Задача энергосбережения напрямую касается строительства, которое потребляет более 40% всех энергетических ресурсов планеты. Ежегодно поднимается вопрос об уменьшении количества потребляемой энергии при строительстве и эксплуатации зданий.

Появление новых энергоэффективных материалов и инновационных технологий, а также поиск еще более перспективных решений продолжает набирать обороты. Аэрогель - актуальная разработка в области нанотехнологий, которая может решить существующие проблемы. Наноструктура геля имеет ряд уникальных характеристик, такие как рекордно малая плотность, высокая пористость и высокая площадь удельной поверхности. Это позволило стать аэрогелю совершенно уникальным продуктом на строительном рынке.

Ключевые слова: теплоизоляция, нанотехнология, аэрогель, пирогель, криогель, аэрокирпич.

Energy conservation is one of the most pressing challenges of this century. The growth of energy production and consumption are key conditions and indicators of economic development, but the current rate of energy consumption increases the burden on the environment, leads to a shortage of energy resources and the possibility of natural and man-made disasters. The task of energy saving directly concerns construction, which consumes more than 40 % of all energy resources of the planet. The issue of reducing the amount of energy consumed during the construction and operation of buildings is raised annually.

The emergence of new energy-efficient materials and innovative technologies, as well as the search for even more promising solutions, continues to gain momentum. Airgel is a topical development in the field of nanotechnology that can solve existing problems. The nanostructure of the gel has a number of unique characteristics, such as record low density, high porosity, and high specific surface area. This allowed the airgel to become a completely unique product in the construction market.

Keywords: thermal insulation, nanotechnology, airgel, pyrogel, cryogel, air brick.

Введение

В последнее время в мире растет тенденция экологичного потребления. Проведено большое количество исследовательских работ нацеленных на уменьшение выбросов парниковых газов, твердых отходов и снижение энергетических затрат. Применение аэрогелевой теплоизоляции является одним из перспективных способов борьбы с данной проблемой. Процесс создания аэрогеля заключается в полном замещении жидкости газом. Вещество становится сверхлегким, поскольку на 90 % состоит из воздуха.

В 1931 году в общенаучном журнале «Nature» [1] были опубликованы первые результаты по извлечению жидкой составляющей из геля без усадки материала, изобретателем которого стал Стивен Кистлер из Тихоокеанского колледжа (College of the Pacific) в Стоктоне (Калифорния, США).

Последователями Кистлера проведено множество опытов инновационного материала. Описаны процессы получения селикогелей с использованием диоксида кремния, аэрогеля с использованием алюминия и на основе меди. Значительное внимание было уделено жидкометаллическому методу получения аэрогелей. Данный метод не требует повышенного атмосферного давления и специальных реагентов. Это помогает снизить трудоемкость и стоимость производства аэрогеля.

Сотрудники Института катализа им. Г. К. Борескова Сибирского Отделения Российской Академии Наук (г. Новосибирск) и сотрудники Объединенного Института Ядерных Исследований (г. Дубна) были первыми, кто смог получить аэрогель в России [2].

Применение аэрогеля достаточно разнообразно. Его используют в качестве материала для ловушек космической пыли на аппарате «Стардаст». Кроме этого, применяют в качестве жидкостных и газовых фильтров, заполнителя в стеклопакетах, теплоутеплителя для разного оборудования с высоко- и низкотемпературными процессами. Аэрогель на основе железа с алюминиевыми наночастицами может служить в качестве взрывчатки.

Получение аэрогеля

Аэрогель – совокупность глобул, размером в несколько нанометров, соединенных между собой разветвленной сетью мезопор, которые заполнены воздухом. Размер пор превышает размер самих кластеров в десять и более раз. Таким образом, материал, являясь твердым веществом, на 99 % состоит из воздуха (рис. 1).



Рис. 1. Аэрогель

Чтобы получить этот материал, необходимо выполнить определенную цепочку технологических операций [3].

Предварительно подготавливаются четыре вещества: тетраметаксисилан, метанол, концентрированный аммиак и вода. Отмеренное количество тетраметаксисилана и метанола помещают в лабораторный стакан с магнитным шариком. Все компоненты перемешиваются под действием генератора вращающегося магнитного поля и образуется однородную смесь.

При добавлении в нужном количестве воды, метанола и гидрата аммиака возникает химическая реакция, образуется двуокись кремния, смесь превращается в гель. В приготовленные формы с метанолом заливают селикатно-гелевую смесь. При запуске

смеси метанол испаряется, не давая гелю пересохнуть. По прошествию суток гель принимает твердое состояние, после чего селикагели вымачивают ежедневно в метаноловых ваннах в течение недели для удаления загрязнений из геля.

Последний процесс, имеющий наиболее важное значение при производстве аэрогеля, сушка. Молекулы воды создают давление около 2000 МПа в порах кремнезема с размером 2 нм [3]. При высушивании на воздухе в основе аэрогеля создается большое внутреннее напряжение, которое приводит к сдавливанию изнутри и дальнейшему разрушению. Кистлер нашел решение этой проблемы в 30-х годах XX века. Селикогель отправляют в автоклав, для достижения экстремально высокой температуры и сверхкритического давления. В автоклав с помощью шланга закачивается сжиженный углекислый газ. Он заменяет метанол в порах. Нагретая до критического состояния двуокись кислорода диффундирует, при этом прочностная структура не меняется. Селикогель превращается в практически прозрачный твердый материал, состоящий в основном из воздуха. Таким образом получается аэрогель.

Свойства аэрогеля

Необычной структурой обусловлены уникальные свойства аэрогеля:

1. Легкий вес (аэрогель на 99 % состоит из воздуха, следовательно, не утяжеляют веса конструкций). Плотность составляет от 1 до 150 кг/м³. В легкости аэрогель уступает другому твердому материалу, графеновому аэрогелю. Его созданием занималась команда ученых из Китая (Отдел науки о полимерах и технологиях университета Чжэцзяна). Основой служили оксид графена или лиофилизированного углерода. Его плотность составляет всего 0,16 кг/м³, но это не мешает оставаться очень прочный материал. Этот материал настолько легок, что трава может выдержать его вес.

2. Высокая удельная площадь поверхности. Кубик аэрогеля с гранью всего лишь в один дюйм обладает внутренней площадью пор, эквивалентной футбольному полю.

3. Теплопроводность. Низкая теплопроводность аэрогелей обеспечена за счет эффекта Кнудсена: аэрогель на 98–99 % состоит из воздуха, из этого количества 75 % находится в статическом состоянии. Величина пор меньше длины свободного пробега молекул газа воздуха и не позволяет им переносить энергию. Коэффициент теплопроводности аэрогеля составляет 0,016 Вт/м.К при 10 °С. Процесс обмена теплом фракталов аэрогеля представлен на рис. 2.

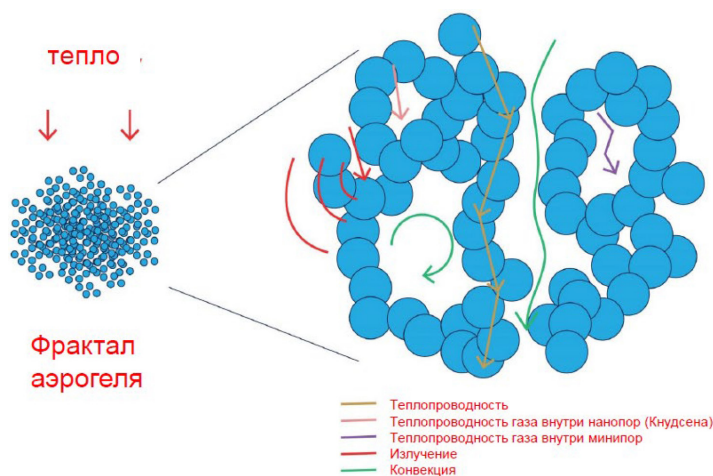


Рис. 2. Теплопроводность в аэрогелях

4. Гидрофобность. Технология открытых ячеек, используемая при производстве аэрогелевой теплоизоляции, способствует испарению всей влаги, находящейся внутри теплоизоляционного слоя. Влагоизоляционная способность позволяет использовать аэрогель в условиях повышенной влажности, защищая от воздействия атмосферных осадков и предотвращает появление коррозии на конструкции.

5. Высокое сопротивление паропрооницанию. Аэрогели обладают сопротивлением паропрооницанию в десять-пятнадцать раз выше, чем минеральные ваты.

6. Высокая прочность. Аэрогель выдерживает нагрузку в 2000 раз превышающую его собственный вес. Одновременно с высокой прочностью аэрогель достаточно хрупкий материал. Появление аэрографена способствовало устранению этого недостатка. Аэрогели из графена и углеродных нанотрубок – устойчивые и достаточно эластичные к разрушению материалы.

7. Высокая отражающая способность.

8. Шумоизоляционный материал. Низкая скорость распространения звука в аэрогелях (до 100 м/с) позволяет использовать как шумоизоляционный материал для перегородок и перекрытий, а также для создания линий звуковой задержки и разных акустических систем.

9. Негорючий материал. Класс НГ (на керамической основе) или Г1. Высокие эксплуатационные качества сохраняются даже в экстремальных температурах. Аэрогель представляет собой барьер на пути распространения огня и дыма. Из дополнительных преимуществ аэрогелей можно выделить следующее:

1. Это экологически чистый и безвредный материал.

2. Долговечность. Аэрогель можно использовать в течение многих лет без явного снижения полезных свойств благодаря высокой прочности, гибкости и эластичности. Материал хорошо работает при циклическом температурном режиме. Страховая гарантия на аэрогелевую теплоизоляцию составляет 25 лет. Расчетно-экспериментальная – свыше 100 лет.

3. Изделия из аэрогелей поставляются в виде рулонов и плоских элементов (рис. 3). Это существенно упрощает транспортировку и хранение материала.

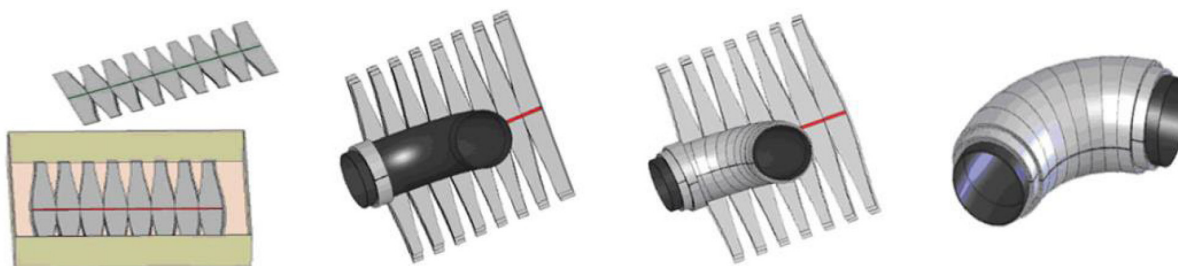


Рис. 3. Монтаж и фиксация изоляции из аэрогеля на трубопровод

4. Эстетичность. Трубопроводы, изолированные аэрогелем, не только надежно защищены от коррозии, но и выглядят аккуратно и эстетично.

5. Низкая теплопроводность в сочетании с малой толщиной позволяет применять материал в условиях высоких требований к теплоизоляции и строгих ограничениях по величине теплоизоляционного слоя.

К принципиальным недостаткам относится только то, что изготовление аэрогеля является достаточно дорогостоящей операцией. Еще одним минусом можно назвать недо-

статочную прозрачность аэрогеля. Аэрогель имеет слегка желтоватый оттенок на светлом фоне, и светло-голубой на темном, что мешает использовать его в качестве остекления.

Разновидности аэрогеля

Выше был описан способ получения силикогеля – аэрогеля на керамической основе. В настоящее время популярностью пользуются также аэрогели на основе стекловолокна и карбона. Основа в аэрогеле выполняет роль скелета и значительно сказывается на свойствах и характеристиках аэрогеля (табл. 1).

Из нанопористого аэрогеля получают совершенно революционные материалы, к примеру, криогель (Cryogel) и пирогель (Pyrogel).

Пирогель (Pyrogel) – материал для утепления промышленных трубопроводов и техники, работающих при высоких температурах (от -40°C до $+650^{\circ}\text{C}$). Относится к негорючим материалам (НГ).

Криогель (Cryogel) – предназначен для утепления труб и техники, работающих при низких температурах (от -260°C до $+90^{\circ}\text{C}$). Относится к слабогорючим материалам (Г1).

Таблица 1

Сравнение аэрогелей на разных основах

Характеристики аэрогелей	Основа аэрогеля		
	Стекловолокно (Evergel)	Керамическая (SACTT-X)	Карбоновая (SACTT-A)
Максимальная температура применения	$+675^{\circ}\text{C}$	$+1000^{\circ}\text{C}$	$+1000^{\circ}\text{C}$
Минимальная температура применения	-250°C	$+12^{\circ}\text{C}$	0°C
Пожарная классификация	Г1 ¹ , КМ1 ²	НГ, КМО	НГ, КМО
Класс акустической изоляции	A2, B2, C2 ³	A2, B2, C2	A2, B2, C2
Толщина	6,5 мм; 13 мм	3 мм; 6 мм; 10 мм	2 мм
Коэффициент теплопроводности	0,018–0,049 Вт/К·м	0,019–0,032 Вт/К·м	0,019–0,058 Вт/К·м
Прочность на сжатие при 10 % деформации	не менее 10 кПа	не менее 30 кПа	не менее 70 кПа
Сорбционная влажность при относительной влажности:			
40 %	0,05 %	0,09 %	0,06 %
60 %	0,07 %	0,13 %	0,08 %
97 %	0,10 %	0,27 %	0,12 %

¹ Обозначение горючести (НГ - негорючий, Г4 полностью сгорает).

² Способность к горению строительных конструкций из материалов (К – конструкция, М – материал).

³ Классы звукоизоляции труб и арматуры трубопроводов в зависимости от вносимых потерь, номинальный диаметр трубы $300 \leq D < 650$ [4].

Применение аэрогелей в строительстве

В строительной сфере аэрогели нашли применение в качестве теплоизолирующих и теплоудерживающих материалов для теплоизоляции стальных трубопроводов, зданий и сооружений. Конструкции с применением аэрогеля эффективно работают в условиях высоких и сверхнизких, криогенных температур. Одним из ярких примеров служит ОАО «Газпром» компрессорная станция «Северная» [5]. При строительстве объекта было необходимо найти способ эффективной шумо- и теплоизоляции. Применение Pyrogel помогло справиться с поставленными задачами. При высоких температурах он не производит токсичных выбросов и не выделяет дыма, не дает распространяться огню, становится барьером и может обеспечивать сохранность оборудования от воздействия открытого огня в течение расчетного времени.

Компания Shell применила Pyrogel на своем нефтеперерабатывающем заводе в заливе Пьюджет-Саунд (побережье США) при теплоизоляции бензольных колонн.

Аэрогеля имеет более низкий коэффициент преломления, чем у стекла, 1,05 и 1,5 соответственно. В связи с этим, учёные рассматривают возможность применения аэрогеля в роли заполнителя межстекольного пространства стеклопакета. Благодаря аэрогелю фасадное остекление может стать самым обычным архитектурским приемом в ближайшее время.

Аэрокирпич. Кирпич с заполненными аэрогелем пустотами (рис. 4) изобрели ученые из института Empa в Швейцарии. Перед ними стояла задача улучшить теплоизоляционные свойства кирпича посредством внедрения теплоизоляционного материала. Был разработан пастообразный материал с частицами аэрогеля, который может быть выведен или залит в любые отверстия или пустоты. Таким образом обычные полые кирпичи с легкостью заполняются аэрогелевой пастой.



Рис. 4. Аэрокирпич

По проведенным экспериментам теплотехнические показатели аэрокирпича определены лучше, чем у кирпича с перлитовой засыпкой на 35% [6]. Одинаковые показатели теплопроводности у стены шириной 263 см из кирпича с перлитовой засыпкой и стены шириной 165 см из аэрокирпича, разница ощутима. При сравнении с обычным пустотелым кирпичом аэрокирпич в 8 раз лучше удерживает тепло.

Заключение

В результате проведенного анализа можно заключить следующее:

1. Аэрогель обладает уникальными физическими и теплотехническими характеристиками, большим сроком службы, экологичностью и легкостью монтажа. Кроме этого, он не утяжеляет конструкцию, водонепроницаем, не горюч и является эффективным теплоизолятором.

2. На основе аэрогеля создаются высокотехнологичные материалы, такие как пирогель и криогель, способные работать в широком диапазоне температур (от -260 °С до $+650$ °С).

3. Аэрогель применяется как наполнитель для стеклопакетов и используются для изготовления стеклянных стен. Появление новой строительной конструкции – аэрокирпич.

4. В настоящее время процесс производства аэрогелевой теплоизоляции трудозатратен и экономически не выгоден.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при нахождении способа снижения себестоимости материалов и конструкций с применением аэрогелей на строительном рынке эта продукция займет лидирующую позицию.

Литература

1. Чиликина К. В., Халиуллина Л. Ф. Аэрогелевая изоляция в строительстве // Сборник трудов конференции «Новое слово в науке: стратегии развития». Чебоксары. Изд-во: ООО «Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс». 2018. С.198–200.

2. Pierre A. C., Pajonk G. M. Chemistry of Aerogels and Their Applications // Chemical Reviews. 2002. V. 102, № 11. P. 4243–4266.

3. [Электронный ресурс] URL: <http://himbio.ru/company/news/magnitnye-meshalki-dlya-osnashcheniya-laboratorii/> (дата обращения: 25.10.2018).

4. Interplanetary Dust. Springer / E. Grun [et al.] // Astronomy and Astrophysics Library. 2001. P. 804.

5. Шемаев А. Н., Лещев С. И. Материаловедение и нанотехнологии в строительстве // Сборник трудов конференции «Международный студенческий строительный форум – 2017». Белгород. Изд-во: БГТУ им. Шухова. 2017. С. 402–406.

6. Фаликман В. Р. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве строительных материалов // Вестник НИЦ Строительство. 2017. № 1 (12). С. 68–79.

7. Советников Д. О., Семашкина Д. О., Баранова Д. В. Оптимальная толщина утеплителя наружной стены для создания энергоэффективного и экологичного здания в условиях Санкт-Петербурга // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 12 (51). С. 7–19.

8. Игами М., Оказаки Т. Современное состояние сферы нанотехнологий: анализ патентов // Форсайт. 2008. № 3 (7). С. 32–43.

9. Иванов И. Е. Экспериментальные исследования эффективной жидкой теплоизоляции по ГОСТ 7076-99 // Наука и образование: сохраняя прошлое, создаем будущее, сборник статей X Международной научно-практической конференции. Пенза. Изд-во: «Наука и Просвещение». 2017. С. 85–89.

10. [Электронный ресурс] URL:http://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/431265 (дата обращения: 25.10.2018).

11. Якубовский Ю. Е., Лобач И. А. Использование аэрогеля в качестве теплоизоляционного материала магистральных трубопроводов // Сборник трудов конференции «Проблемы функционирования систем транспорта». 2010. С. 379–380.

12. Остапенко С. В. Наноматериалы как фактор технологического прорыва // Сборник трудов конференции «Механизмы развития современного общества». Зеленоград. Изд-во: ООО «Виктория плюс». 2014. С. 65–66.

13. Меньшутина Н. В., Каталевич А. М., Лебедев А. Е. Наноструктурированные материалы на основе диоксида кремния: аэрогель, ксерогель, криогель // Естественные и технические науки. 2013. № 2. С. 374–376.

УДК 69.059.25

Екатерина Михайловна Грачева,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: catherinerookme@gmail.com

Ekaterina Mikhailovna Gracheva,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: catherinerookme@gmail.com

АНАЛИЗ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПТИМИЗАЦИИ МЕТОДА ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА ОБЪЕКТОВ

ANALYSIS OF CALENDAR PLANNING OF REPAIR AND CONSTRUCTION WORKS WITH THE APPLICATION OF OPTIMIZATION OF THE METHOD OF PHYSICAL WEAR OF OBJECTS

В данной работе проанализированы особенности календарного планирования ремонтно-строительных работ: методы его организации и возможные методы измерения физического износа, на основе которого выбираются необходимые к проведению работы в определенной последовательности.

Предложен возможный вариант усовершенствования метода разбивки за счет комбинации нескольких методов, а именно экспертного метода для расчета износа недолговечных элементов и метода хронологического возраста для расчета износа несущих элементов каркаса.

Анализ сводится к использованию изложенной методики в сочетании с современным программным обеспечением с применением блок-схемы.

Ключевые слова: физический износ, метод разбивки, ремонтно-строительные работы, календарное планирование, усовершенствование метода.

This article analyzes the features of the scheduling of repair and construction work: methods of organizing it and possible methods for measuring physical wear, on the basis of which the necessary work is selected in a certain sequence.

A possible option for improving the breakdown method by combining several methods, namely the expert method for calculating the wear of short-lived elements and the chronological age method for calculating the wear of the load-bearing elements of the frame, is proposed.

The analysis is reduced to the use of the described methodology in combination with modern software using a block diagram.

Keywords: physical wear, breakdown method, repair and construction works, scheduling, method improvement.

Введение

Качественное сохранение надлежащих эксплуатационных свойств действующего здания или сооружения является одним из приоритетных направлений в современном строительстве. Это происходит в связи тем, что объемы ремонтно-строительных работ, особенно жилых зданий, увеличиваются и требуют циклического повторения наряду с профилактическими мерами [1].

В свою очередь, календарное планирование ремонтно-строительных работ имеет свою специфику, направленную на эффективное распределение трудовых, технических и временных ресурсов [2]. Его неотъемлемыми составляющими являются: порядок производства работ, временные рамки их выполнения, назначение трудовых ресурсов (соответствующих каждому виду работ), в соответствии с объемами, рассчитанными с учетом физического износа здания.

Для составления календарных планов ремонтно-строительных работ могут быть применены различные методы организации, рис. 1 [3].

В связи с тем, что основой для календарного планирования ремонтно-строительных работ являются отдельные виды работ сформированные в определенной последовательности, возникает серьезное отличие от календарного планирования на возведение нового здания или сооружения.

Эти комплексы работ подбираются с учетом процентной величины физического износа на основании ВСН 53-86р [4].

Понятие физического износа здания или сооружения подразумевает ухудшение или потерю эксплуатационных, механических и других характеристик элемента конструкции.



Рис. 1. Схема методик организации ремонтно-строительных работ

Этот процесс возникает вследствие изменений свойств объекта и может быть как устранимым (ухудшение эксплуатационных и технико-экономических показателей), так и неустранимым (продолжение эксплуатации невозможно).

Существуют следующие методики определения физического износа [5]:

- метод компенсации затрат;
- метод хронологического возраста;

- метод эффективного возраста;
- экспертный метод;
- метод разбивки.

Следует обратить внимание, что у каждого из этих методов есть свои преимущества и недостатки.

Экспертный метод основывается на шкале оценок для определения физического износа, изложенную в Ведомственном нормативном документе ВСН 53-86р [4].

Положительные качества методики в том, что порядок определения износа и необходимые расчетные показатели изложены в утвержденной нормативной документации.

Отрицательными сторонами являются вероятная большая погрешность и недостаточная точность измерений с отклонением 5 %.

Метод разбивки, в свою очередь, предполагает для определения общего износа здания разбивку на структурированные группы, учитывающие стоимость и рентабельность устранения дефектов или насколько реально физически ликвидировать образовавшийся износ [6].

Положительное качество метода состоит в учете всех дефектов (видимых и скрытых).

Отрицательные качества метода в большом объеме расчетов, их возможное несоответствие (когда износ больше того, который зафиксирован в акте осмотра) и невозможность применения без документации на предыдущие работы.

Основываясь на проведенном анализе, предлагается следующий вариант усовершенствования метода разбивки с применением экспертного метода.

Первый этап: расчет для недолговечных элементов здания выполняется экспертным методом, чтобы избежать двойного учета неисправимого износа, повторный расчет не производится.

Второй этап: расчет износа для несущих элементов каркаса здания при помощи метода хронологического возраста. В силу того, что визуальные дефекты в полной мере не показывают масштаб проблемы, оптимальным вариантом становится использование нормативных документов, отражающих неоднократно подтвержденный срок службы таких элементов и их безопасная эксплуатация.

Третий этап: суммирование первых двух этапов по стоимости.

Комбинирование данных методов в перспективе способствует сократить количество используемых ресурсов (трудовых, временных и финансовых) и минимизировать сроки составления календарного плана ремонтно-строительных работ.

Для оптимизации и удобства составления календарного планирования ремонтно-строительных работ в современном строительстве используется различное программное обеспечение [7]. Одним из самых практичных и многозадачных в этом сегменте является MS Project.

В спектр возможностей MS Project входят:

- отслеживание в течении времени выполнение работ;
- объединение нескольких календарных планов в общие проекты;
- производство мониторинга стоимости работ;
- быстрое отслеживание и устранение различных неполадок;
- отслеживание и регулирование движения ресурсов;
- автоматическое составление графической части (графика) наглядно представляющего всю последовательность (связи) работ;

- вывод составленных и скорректированных данных в различных формах отчета-анализа;
- совмещение календарных планов, выгруженных в формате MS Project с другими программными обеспечениями, такими как Navisworks, позволяющий формировать визуальную модель производства строительства.

Из проведенного анализа следует, что конструктивные элементы здания подвержены различному проявлению физического износа. Для упрощения сбора данных и четкого регламента действий, при составлении календарного плана на ремонтно-строительные работы, используются так называемые работы-модули [8].

Используя представленную блок-схему с использованием работ-модулей появляется возможность аргументированно и в короткий срок составить в необходимой последовательности календарный график ремонтно-строительных работ [9].

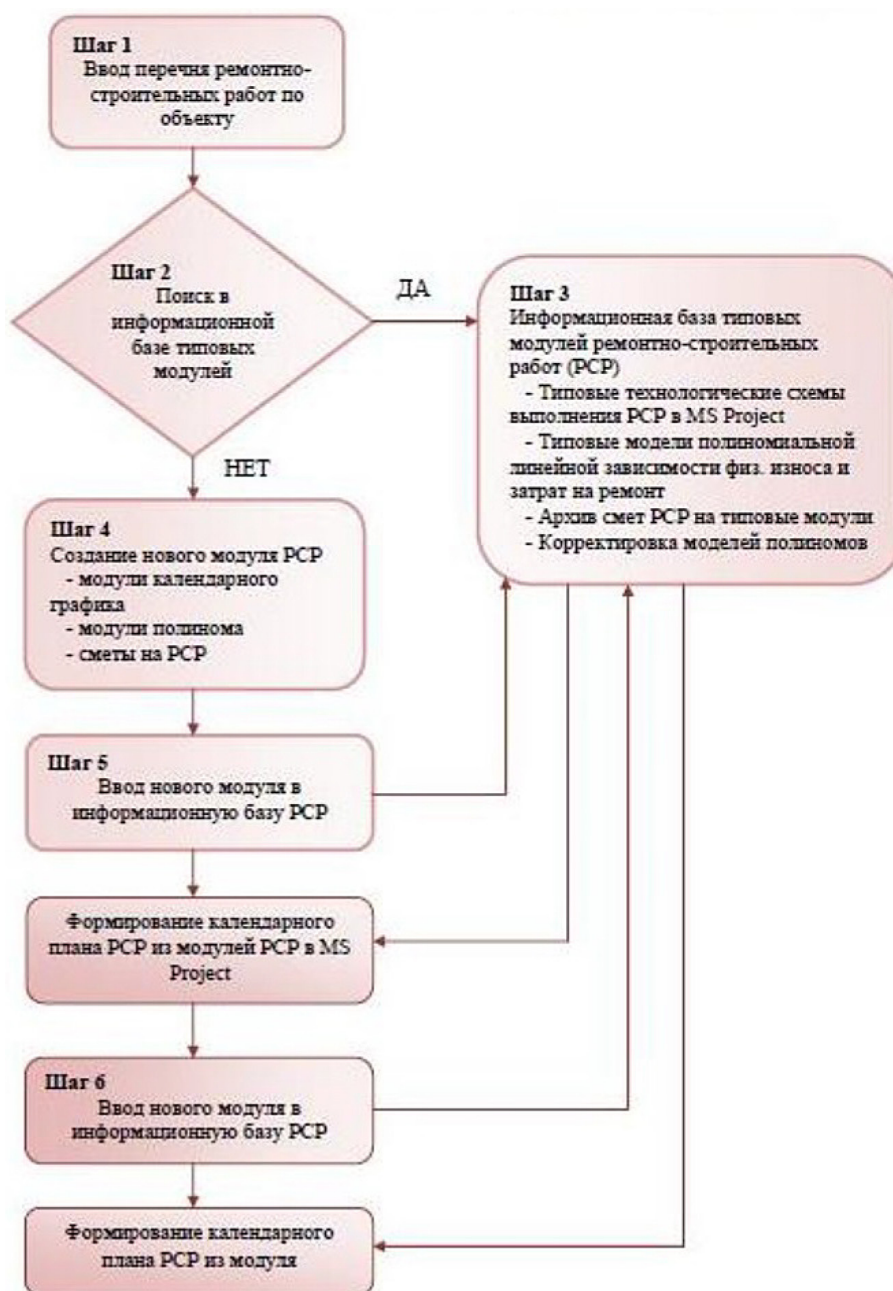


Рис. 2. Блок-схема модулей

Выводы

В результате проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

1. Календарное планирование ремонтно-строительных работ имеет свою уникальную специфику, отличную от календарного планирования нового строительства зданий и сооружений.
2. Применяются различные методы измерения физического износа, необходимого для регламента производящихся работ.
3. Существует возможное улучшение методики измерения физического износа, приводящее к положительной динамике для календарного планирования с меньшими затратами ресурсов.
4. Применение программного обеспечения MS Project существенно облегчает работу над календарным планированием в целом и календарным планированием ремонтно-строительных работ в частности.
5. Использование блок-схемы позволяет упорядочить существующие инструменты для составления календарного плана ремонтно-строительных работ.

Литература

1. *Болотин С. А.* Техничко-экономическая оценка календарных планов в условиях неопределенности экономической информации. Теоретические основы строительства: Материалы семинара VIII Российско-Польский семинар. СПб.: 1999.
2. *Болотин С. А.* Методология оптимального ресурсораспределения в календарном планировании строительства объектов и их комплексов. СПб.: СПбГАСУ, 1998.
3. *Жолобова Е. А.* Подготовка оптимальных организационно-технологических решений по ремонту жилых многоквартирных зданий. СПб.: СПбГАСУ, Вестник гражданских инженеров, 2009.
4. Правила оценки физического износа жилых зданий ВСН 53-86(р), утвержденные приказом Государственного комитета по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР от 24 декабря 1986 г. № 446.
5. Нормативный документ «Методика определения физического износа гражданских зданий», утвержденная приказом по Министерству коммунального хозяйства РСФСР 27 октября 1970 г. № 404.
6. *Брайла Н. В.* Диссертация на соискание ученой степени «Календарное планирование ремонтно-строительных работ на основе совершенствования методики определения физического износа объектов». СПб.: СПбГАСУ, 2012.
7. *Жолобова Е. А.* Оптимизация организационно-технологических решений по ремонту жилых зданий на стадии предпроектной подготовки. Т.: Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2007.
8. *Бокова Н. Н.* Магистерская диссертация «Календарное планирование ремонтно-строительных работ на основе системного подхода к проведению обследования объектов». СПб.: СПбПУ, 2013.
9. *Попова О. Н.* Диссертация на соискание ученой степени «Метод календарного планирования ремонта жилых зданий на основе их структурного анализа». СПб.: СПбГАСУ, 2014.

УДК 004.942.001.57

Полина Андреевна Зайцева,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: polina7313@gmail.com

Polina Andreevna Zaitceva,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: polina7313@gmail.com

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ 5D ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

ANALYSIS OF APPLICATION 5D TECHNOLOGIES INFORMATION MODELING IN ORGANIZATION OF BUILDING SITE

Информационный век развивается стремительными темпами, инновационные технологии приходят во все сферы экономики, так что уже трудно представить нашу жизнь без них, развитие затронуло и строительную деятельность. В проектных организациях использование BIM-моделирования становится неотъемлемой частью производственного процесса проектирования. Проектирование многих специальностей не ограничилось использованием 3D моделирования, стали задумываться что необходимо добавить привязку ко времени и финансирования проекта. В данной статье проанализировано развитие и применение BIM-технологий в мире, рассмотрен процесс для определения сметной стоимости инвестиционно-строительных проектов привязкой ко времени 4D, определены их преимущества и сложности внедрения 5D-моделирования.

Ключевые слова: 5D моделирование, сметы, BIM, технологии информационного моделирования, 4D моделирование, интеграция сметных расчетов в BIM.

The information age is developing at a rapid pace, innovative technologies are entering all spheres of the economy, so it is already difficult to imagine our life without them, and development has affected construction activities. In design organizations, the use of BIM modeling is becoming an integral part of the design production process. The design of many specialties was not limited to the use of 3D modeling; they began to think that it was necessary to add a link to the time and financing of the project. This article analyzes the development and application of BIM technologies in the world, considers the process for determining the estimated cost of investment and construction projects by reference to 4D time, and identifies their advantages and difficulties in implementing 5D modeling.

Keywords: 5D modeling, estimates, BIM, information modeling technologies, 4D modeling, integration of estimate calculations into BIM.

Введение

Проектные организации выходят на новый уровень технологических возможностей, что должно спровоцировать масштабное применение автоматизированного программного комплекса с повышенной производительностью. Использование BIM-технологий дает возможность объединять все этапы строительства зданий – от проектирования до ввода в эксплуатацию перевести в прозрачную и четкую систему, где любое изменение фиксируется, что в последствии влечет за собой и другие изменения. Проектные организации BIM-моделирования открывают новые «понятия» измерения проекта, такие как «время» и «деньги». При учете фактора времени создает 4-е измерение: 3D + «Время», а фактор «Денег» привносит 5-е измерение. 5D моделирование – это дополнение к детализированному графику производства работ BIM-модели стоимостных показателей по работам, материалам. Такое объединение «времени» и «денег» в проекте показывает нам, что возможно предвидеть и запланировать денежные потоки на всех стадиях жизненного цикла проекта.

Анализ применения BIM-технологий в мире

Компания PlanRadar изучила внедрения информационного моделирования в строительстве согласно результатам исследования, в российской строительной индустрии отмечен относительно невысокий процент внедрения BIM-технологии, однако из всех рассмотренных в ходе анализа стран в России предпринимаются наиболее активные действия на государственном уровне для скорейшего распространения технологии [1–6].

На сегодняшний день достаточно организаций используют при проектной работе технологии BIM. Для BIM показательно 4 уровня от 0 до 3, которые представляют собой сложность применяемой системы, начиная от 2D чертежей и заканчивая 3D моделью, которая включает все стадии проекта.

В числе рассмотренных стран, использующих BIM-технологии: США, Канада, Великобритания, Франция, Германия, Финляндия, Австрия, Польша, Сингапур. Европейские страны показывают самое широкое использование технологии информационного моделирования в строительной деятельности, но лидерами можно считать Великобританию, Финляндию, Германию, применения BIM строительными организациями достигает 70–80 % и это означает применение BIM 2 и 3 уровня. Стоит отметить Сингапур считается одним из лидеров развития и применения информационных технологий в Юго-Восточной Азии. Для того чтобы выше перечисленные страны являлись лидерами на данном рынке были произведены следующие мероприятия: официальное принятие и разработка стандартов BIM, оказание финансовой поддержки малым и средним компаниям при переходе на BIM, разработки и систематизации операционной при использовании BIM на всех стадиях жизненного цикла проекта.

Уровень внедрения технологий в США и Канаде уваливается стремительными темпами, более 60 % проектов реализуются за счет BIM. Во Франции, Польше использование технологии начинается от 20 % и заканчивается 60 %, есть трудности с разрозненности формата передачи информации, отсутствие стандартизации из чего следует вывод, что BIM превагирует 1 уровень с тенденцией к переходу ко 2 уровню.

Сегодня анализируя применение BIM среди российских организаций занимающихся инвестиционно-строительной деятельностью, можно увидеть положительную динамику развития, по данным на март 2021 года 12 % девелоперов используют BIM, в сравнении с 2020 г., прирост составил 4 %. На рис. 1 наглядно изображена динамика развития BIM рынка по остальным странам.

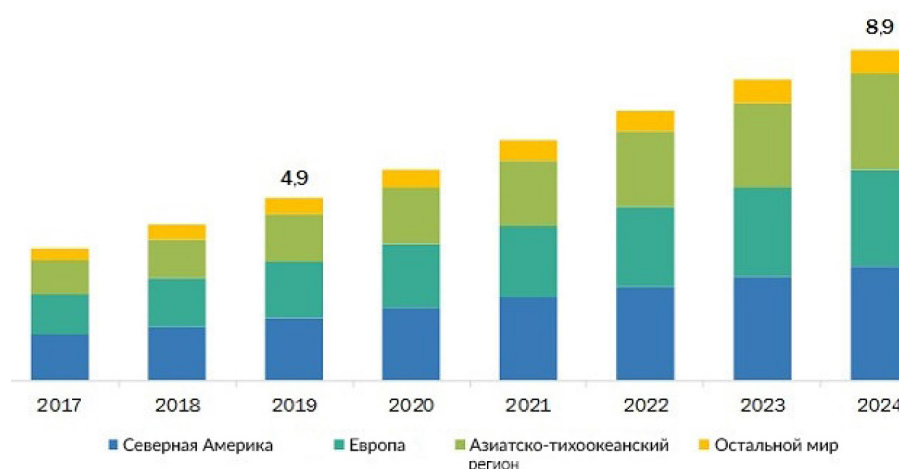


Рис. 1. Динамика рынка BIM по странам, %

Россию среди рассмотренных стран трудно считать лидером по содействию со стороны государства по внедрению информационных технологий в капитальном строительстве. Было принято много законов по стандартизации и обязательному внедрению, сроки которых обязательного использования несколько раз сдвигались или уточнялись. Тем не менее Постановлением Правительства № 331 от 5 марта 2021 года «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства» закреплено следующее применение BIM становится обязательным для объектов, финансируемое из бюджета разных уровней: муниципального, регионального и федерального. В итоге договоры заключающиеся после 1 января 2022 года на строительство, детских садов, школ, больниц и многих других объектов субсидированных за государственный счет, по всей видимости должны содержать в себе положения о формировании BIM-модели.

Понятие 5D-моделирования. Преимущества использования 5D моделирования

Информационное моделирование дает возможность объединять в себе все разделы проекта в одной модели. Модель может показать результаты строительства еще до его начала. При затрагивании BIM обычно используют такие термины как «3D модель», «4D» и «5D». Перечисленные термины увеличивают количество пространственных измерений, которые привязываются к модели в виде календарного графика производства строительных работ и сметной стоимости инвестиционно-строительного проекта.

В составе каждого проекта обязательно присутствует сметная документация, которая является одним из основных этапов начало строительно-монтажных работ, которая содержит в себе подробную информацию о стоимости проекта: начиная от цен на материалы заканчивая расчетом затрат на ввод строительного объекта в эксплуатацию.

При рассмотрении привычной работы инженера-сметчика, можно увидеть сопутствующие проблемы в процессе создания сметных расчетов: высокая трудоемкость исправления ошибок и производимый заново расчет, не осведомленность сметчика о внесении правок в проект, сметная документация формируется без привязки к производственному процессу, длительность процесса подготовки и согласования смет, устаревшие нормативные базы, корректность заполнения ведомости объемов работ и составления спецификации на материалы.

Рассмотрим одну из проблем, которая заключается в правильном сборе, получении и обработки сметчиком поступающей информации по разделам проектной документации. Если рассматривать поступающие данные только в структуре одной организации, то специалист по сметной работе может еще вносить изменения в смету параллельно со смежными подразделениями проектного офиса, но иногда количество участников инвестиционно-строительного проекта больше. Сведения могут поступать от разных подрядных организаций, каждая из которых формирует данные по-своему, в связи, с чем сметчику необходимо современно озвучивать новые требования при составлении сметных расчетов, спецификаций, или в последующем самостоятельно их дорабатывать.

Для того чтобы минимизировать ошибки человеческого фактора из процесса составления сметы, необходимо качественно подготовленная информационная модель, откуда

все данные загружаются в сметную программу и в дальнейшем могут корректироваться сметчиком.

На данный момент для реализации строительного объекта, а именно проектирования, планирования работ и оценки его стоимости, существует много специализированных программных комплексов, направленных на оперативное управление материально-техническими ресурсами формат, которых является 5D-моделирование. Формат 5D-моделирования – это строительный объект, представляющий себя не только в 3D-пространстве, но и во времени (4D), а также во взаимосвязи со сметными расчетами.

Преимущества от использования новых 5D-технологий расчета смет, при корректно разработанной информационной модели: увеличивается скорость формирования стоимости строительства, снижение количества ошибок при оценивании проекта за счет устранения «человеческого фактора», возможность сравнить стоимость и объемы работ для разных вариантов проекта, ускоренное согласования графиков и смет, детальный подсчет трудозатрат и стоимости при выполнении определенных в проекте строительного-монтажных работ, при разработке «проекта организации строительства» специалист имеет четкое понимание в потребности материально-технических ресурсов, упорядочивание и просмотр данных (спецификаций, ведомостей объемов работ и др.) большая часть перечисленных процессов будет происходить в автоматическом режиме.

При трехмерном виде модели с привязкой ко времени дает специалисту более глубокое понимание проекта, чем работа только с плоскостными чертежами и таблицами. Программный комплекс привязанный к BIM-модели автоматически определяет объемы работ и материалов с привязкой к стоимости работ, делая работу сметчика качественнее.

По мнению аналитиков, BIM способствует снижению количества ошибок в проектной документации на 40 %, уменьшения времени проектирования на 20–60 %, а на проверку проекта – в 5 раз, существенное сокращение согласование проектной документации до 70 %, сроков реализации проекта – до 50 %, продолжительности строительства – 10 %, расходов на строительство и эксплуатацию до 30 %. Данные можно рассмотреть на рис. 2.



Рис. 2. Диаграмма снижения количества ошибок на стадиях жизненного цикла проекта, %

Вывод

Используемая практика расчета сметной стоимости только после завершения этапов проектирования всех участников, зачастую может привести к увеличению сметной стоимости проекта.

5D модель на стадии «Рабочая документация» дает возможность, воспроизвести в интерактивном режиме детальное строительство здания, оценить все принятые решения и при необходимости внести корректировки материально-технических ресурсов и сметной стоимости. Теперь можно увидеть, что в процессе разработки 5D-модели увеличилось количество участников не только смежные направления проектирования, но и строительно-монтажные организации, поставщики оборудования и материалов.

Данный подход приводит к прозрачности формирования сметного расчета. Еще до начала строительства инвестор может увидеть, как будут формироваться денежные потоки на каждом этапе реализации проекта, что в дальнейшем может предотвратить превышения сметной стоимости строительства, так как формирование сметы происходит посредством автоматизации строго без ошибок.

Литература

1. «Состояние внедрения BIM в 2021 году: сравнение 7 стран» // Электронный журнал [сайт]. ООО «Икс медиа», 2021. Режим доступа: <https://www.iksmedia.ru/news/5847181-Sostoyanie-vnedreniya-BIM-v-2021.html> (дата обращения 07.10.2021).

2. «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства» [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 27.03.2018 № 331 // Консультант плюс [сайт]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_294631/0b88710e249ab2806074e06e64d02ae3040609e9/ (дата обращения 07.10.2021).

3. *Чегодаева М. А.* Информационная модель как основа современных проектных решений [Электронный ресурс] / М. А. Чегодаева // Молодой ученый. 2017. № 10. С. 108–111.

4. Отчет «Оценка применения BIM-технологий в строительстве Результаты исследования эффективности применения BIM-технологий в инвестиционно-строительных проектах российских компаний» [Электронный ресурс] // Официальный сайт НОПРИЗ. Режим доступа nopriz.ru/upload/iblock/2cc/4.7_bim_rf_otchet.pdf (дата обращения 08.10.2021).

5. *Герман Н. М.* Анализ интеграции сметных расчетов в BIM-процессы / Н. М. Герман, В. В. Соколова // Наука и молодежь: материалы XVII Всерос. науч.-технич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. Ч. 2. С. 35–37. URL: https://journal.altstu.ru/konf_2020/2020_1/46/ (дата обращения: 09.10.2021).

6. 5D Смета. Интеграция проектов Autodesk Revit и сметных расчетов. URL: <https://5dsmeta.ru/> (дата обращения: 09.10.2021).

УДК 721.021.1

Маргарита Вячеславовна Засыпкина,
студент
Василя Касимовна Нефедова,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: zasypkina.mv@gmail.com

Margarita Vyacheslavovna Zasypkina,
student
Vasilya Kasimovna Nefedova,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: zasypkina.mv@gmail.com

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТАУНХАУСОВ В Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

ORGANIZATION OF DESIGN OF TOWNHOUSES IN ST. PETERSBURG

Таунхаус в переводе с английского означает «дом в городе» – это соединение городской квартиры и частного дома, представляющий собой сблокированные малоэтажные коттеджи, с прилегающими земельными участками. В российском законодательстве на данный момент определения «таунхаус» не существует. Таунхаусы можно относить как и к многоквартирной застройке, так и к отдельно стоящему частному дому. К чему именно будет относиться блокированная застройка зависит от статуса и назначения земли на которой он будет построен.

В данной статье рассмотрена проектная документация, которая разрабатывалась для строительства таунхаусов в статусе индивидуально жилого дома. В проектной документации отражены решения, которые соответствуют требованиям законодательства и нормативным актам, соблюдая которые можно получить разрешение на строительство.

Ключевые слова: таунхаусы, блокированные дома, проектная документация, земельный участок, разрешение на строительство.

The townhouse stands for the connection of a flat with a private house, representing semi-detached low-rise cottages, with adjoining land plots. In Russian law currently, there is no definition of a townhouse. Townhouses can be attributed both to multi-apartment buildings and to detached private houses. What exactly the terraced building will relate to depends on the status and purpose of the land on which it will be built. This article discusses the project documentation that was developed for the construction of townhouses in the status of an individual residential building. The project documentation reflects solutions that comply with the requirements of legislation and regulations, observing which it is possible to obtain a construction permit.

Keywords: townhouses, terraced houses, project documentation, land plot, construction permit.

Введение

Таунхаус – это тип малоэтажной застройки, подразумевающий комплекс малоэтажных благоустроенных домов, совмещённых друг с другом боковыми стенами. Каждый из таких домов имеет свой вход, небольшой земельный участок и, иногда, гараж. Таунхаусы – не типичный для России формат жилья, целевая аудитория которого ограничена.

Проектирование таунхаусов или блокированных домов предусматривает расположение отдельных квартир в виде модулей-блоков со стандартным набором помещений, характерного как для городских квартир. Модуль-блок представляет собой завершённую объёмно-планировочную единицу в строительном и инженерном отношении. Как правило, таунхаусы и блокированные дома проектируют и строят до трех этажей. В зависимости от этажности планировкой таунхаусов определяются следующие функциональные зоны: цокольный этаж (при наличии) – это гараж и подсобные помещения, первый этаж – активная зона, второй – спальная зона, а на третьем этаже (или мансардном) располагают кинозал, студию, детскую игровую комнату.

Спросом в данном сегменте пользуются таунхаусы, которые расположены в благоустроенных поселках с наличием городских удобств и хорошей транспортной доступностью. В силу ограниченности количества земельных участков, пригодных для строительства подобного жилья в Санкт-Петербурге, и высокой цены на землю застройщики больше предпочитают строить многоквартирные жилые дома.

На данный момент законодательство не трактует понятие «таунхаус». Но в Градостроительном кодексе [4] содержится определение «жилые дома блокированной застройки» – жилые дома с количеством этажей не более чем три, состоящие из нескольких блоков, количество которых не превышает десяти и каждый из которых предназначен для проживания одной семьи, имеет общую стену (общие стены) без проемов с соседним блоком или соседними блоками, расположен на отдельном земельном участке и имеет выход на территорию общего пользования.

В настоящее время право собственности на такой объект жилой недвижимости можно зарегистрировать или как на индивидуальный жилой дом (индивидуальное жилищное строительство) или как на квартиру в многоквартирном доме (малоэтажное жилищное строительство).

В качестве примера рассмотрен проект микрорайона индивидуальных блокированных домов (таунхаусов) – ЖК «Новый Петергоф», расположенный в Петродворцовом районе, между Ропшинским шоссе и Суворовским городком. Проект таунхаусов в ЖК «Новые кварталы Петергофа» разработан на землях под индивидуальное жилищное строительство (ИЖС). На такой земле можно возводить только отдельно стоящий жилой дом с количеством этажей не более трёх, предназначенный для проживания одной семьи.

Рассматриваемые таунхаусы соединены с другими аналогичными домами стенами и соседние блоки не имеют общие помещений (чердаки или подвалы).

Проектирование таунхаусов выполняется по своду правил [1], что обеспечивает надежность и комфорт при эксплуатации.

Предпроектная подготовка

До начала разработки проектной документации проводится предпроектная подготовка, которая начинается с получения от заказчика исходно-разрешительной документации.

Исходно-разрешительная документация – совокупность документов, содержащих сведения градостроительного, землеустроительного, инвестиционно-экономического характера и иную информацию, необходимую для принятия органами государственной власти и органами местного самоуправления обоснованных решений о возможности строительства заявленного объекта недвижимости (здания, сооружения, линейного объекта и др.).

Исходно-разрешительной документацией при проектировании проектной документации блокированных жилых домов является: техническое задание на проектирование, выданное заказчиком; топографическая съемка; технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий; свидетельство о государственной регистрации права на земельный участок; актуализированная топографическая съемка с границами участка и красными линиями; Кадастровый паспорт о земельном участке (выписка из государственного кадастра недвижимости); технические условия о возможности подключения объекта к сетям инженерно-технического обеспечения.



Рис. 1. Жилой комплекс «Новые кварталы Петергофа»

Проектирование

Проектная документация – это совокупность текстовых и графических документов, определяющих архитектурные, функционально-технологические, конструктивные и инженерно-технические решения. Проектная документация необходима для оценки соответствия принятых решений требованиям законодательства, нормативным правовым актам, документам в области стандартизации [5].

Проектирование таунхаусов, так же как и разработка коттеджей или объектов малоэтажного строительства, осуществляется по схеме одностадийного проектирования, не требующее прохождения государственной экспертизы [9].

Состав проектной документации на строительство таунхаусов согласно постановлению [2]:

Раздел 1 – Пояснительная записка.

Раздел 2 – Схема планировочной организации земельного участка.

Раздел 3 – Архитектурные решения.

Раздел 4 – Конструктивные и объемно-планировочные решения.

Раздел 5 – Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений.

Подраздел 5.1 – Система электроосвещения.

Подраздел 5.2 – Система водоснабжения и водоотведения.

Подраздел 5.3 – Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети.

Подраздел 5.4 – Сети связи.

Подраздел 5.5 – Система газоснабжения.

Раздел 8 – Перечень мероприятий по охране окружающей среды.

Раздел 9 – Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Раздел 10.1 – Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов.

Раздел 12 – Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами.

Проектная документация должна состоять из двух взаимосвязанных между собой частей – текстовой и графической. В текстовой фиксируется вся информация о технических характеристиках объекта, указываются ссылки на все используемые при проектировании технические и нормативные документы, обосновывается целесообразность принятых решений.

Графическая состоит из схем, чертежей, планов и других схематических материалов.

В основной пакет документов для получения разрешения на строительство входят: заявление на получение разрешения на строительство, правоустанавливающие документы на земельный участок, градостроительный план земельного участка, выданный не ранее, чем за три года до подачи заявления и разделы проектной документации содержащие архитектурные, конструктивные, технико-экономические показатели объектов капитального строительства, их частей.

Рассмотрим основные показатели указанные в разделах проектной документации, которые необходимы для получения разрешения на строительство более подробно.

Схема планировочной организации земельного участка

Это схема на которой отображаются характеристики земельного участка, предоставленного для размещения объекта капитального строительства, обоснование решений по размещению инженерных сетей, технико-экономические показатели земельного участка и ситуационный план с указанием всех объектов, расположенных как на указанном участке, так и вблизи него.

Таунхаусы, размещенные на землях ИЖС, должны удовлетворять определенным условиям [1]: индивидуальное подключение коммуникационных сетей, возможность беспрепятственного подъезда автотранспорта к каждому блоку и развитая инфраструктура всей территории жилого комплекса.

Зона размещения участка под таунхаусы жилого комплекса «Новые кварталы Петергофа», по правилам землепользования и застройки (ПЗЗ) [3], относится к зоне Т1Ж2-1: это жилая зона индивидуальных (одноквартирных) жилых домов (отдельно стоящих и (или) блокированных) с участками не менее 150 квадратных метров, с включением объектов социально-культурного и коммунально-бытового назначения, связанных с проживанием граждан, а также объектов инженерной инфраструктуры.

Таким образом, таунхаусы на данной территориальной зоне являются объектами основного разрешенного вида использования. На участках также разрешено размещать гаражи и вспомогательные постройки, выращивать сельскохозяйственные культуры.

В квартале таунхаусов размещены индивидуальные одноквартирные жилые дома сблокированные по 5–10 жилых блоков в одном объеме. Площадь секций составляет 85, 88, 116 и 146 м². У каждой секции имеется придомовой участок размером от 1,4 до 3,4 соток.

Подъезд к зданиям жилых домов предусмотрен от внутриквартальных проездов.

Для хранения легкового автотранспорта на каждом придомовом участке индивидуального жилого дома запроектировано одно машиноместо.



Рис. 2. Схема планировочной организации земельного участка

Архитектурные решения

В архитектурную часть проекта жилого комплекса «Новые кварталы Петергофа» входит детальное описание планировочных решений.

Таунхаусы – двухэтажные, с внутренней лестницей соединяющей две функциональные зоны жилого дома – гостевую и хозяйственно-бытовую зоны на первом этаже со спальняной зоной на втором этаже. Между конструкциями блокированных жилых домов предусмотрен 1 осадочный шов.

На первом этаже запроектированы холл, гостиная, кухня-столовая, гостевой санузел. Главный вход в жилой блок осуществляется с придомового участка через тамбур, так же имеется второй выход на придомовой участок из кухни-столовой во внутренний двор. На 2-м этаже – спальняные комнаты, ванная комната.

Жилые дома блокированного типа и решены в единой архитектурно-художественной стилистике с использованием приемов функционализма основанного на технологии строительства и сочетании контраста сопоставления цвета и текстуры отделки плоскостей фасада. Доминирование крупных членений фасадов в сочетании с контрастом текстур холодной и теплой формирует единый образ композиции с цельным восприятием. Ритм выступающих по главному фасаду эркеров в уровне второго этажа придает динамику фасадным решениям заметно оживляя композицию объемного решения фасадов. Выступающий эркер акцентирует центральное расположение каждого жилого блока относительно своей оси расставляя акценты на главном входе каждого жилого блока.

Отделка стен жилых домов выполнена керамическими фасадными панелями с текстурой и фактурой натурального камня. В отделке фасадов также применяется обшивка деревянной фасадной доской акцентируя по фасаду плоскость вокруг входа. Для зданий

характерно сочетание чистых лаконичных прямоугольных фасадных плоскостей и выступающих эркеров в противовесе с металлическим покрытием скатной кровли выходящими на главный и дворовой фасады. Легкость фасадным решениям придают оконные и дверные проемы со сплошным остеклением высотой от пола до потолка в уровне эркера и первого этажа.

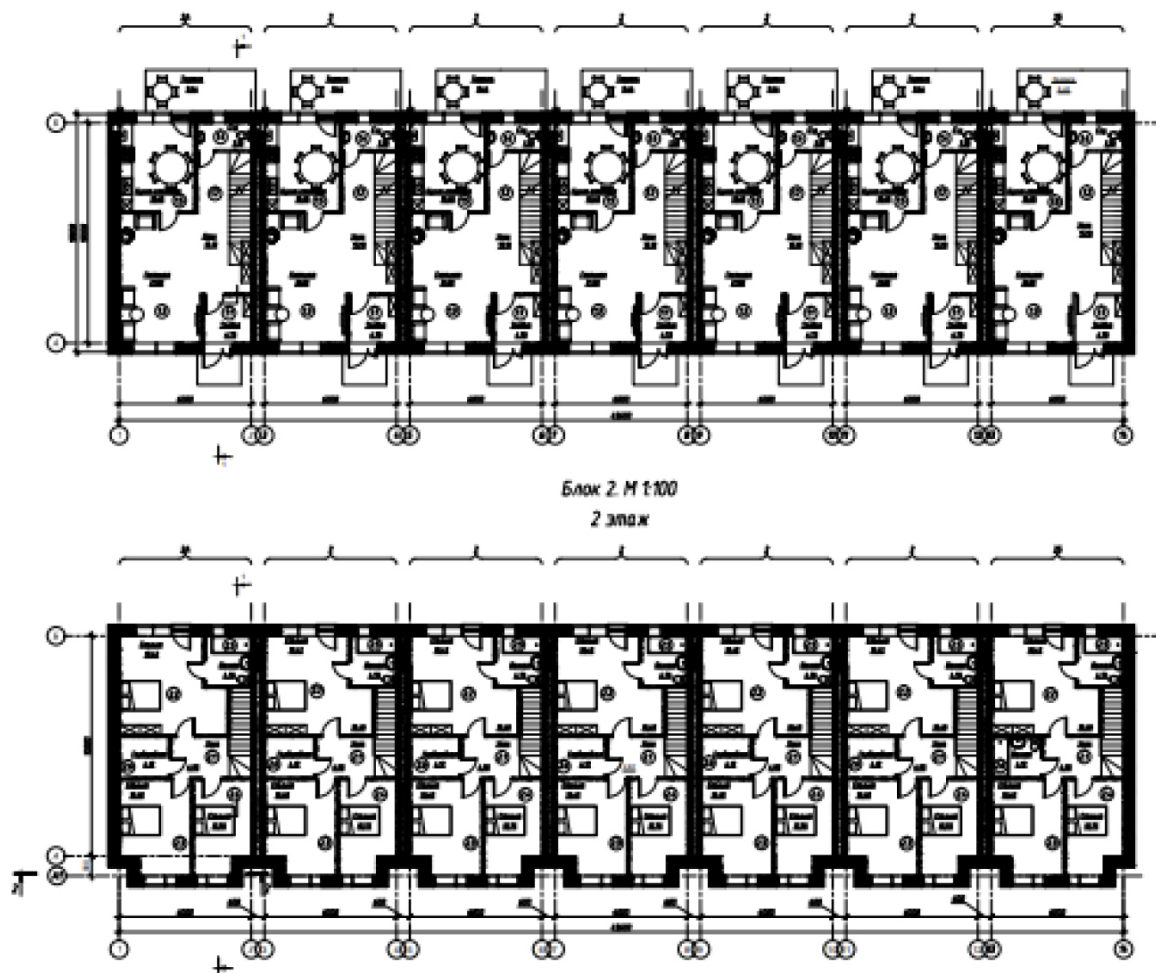


Рис. 3. Планы 1-го и 2-го этажей

Здания запроектированы без подземной части.

Инженерное обеспечение индивидуальных одноквартирных жилых домов блокированного типа, включающее теплоснабжение, электроснабжение, водоснабжение и газоснабжение осуществляется независимым вводом сетей в каждый жилой дом, что соответствует [1].

Вывод

Рассмотренный комплекс разрабатывался на землях, предназначенных для застройки индивидуальными жилыми домами, поэтому архитектурные решения и технико-экономические показатели проектировались в соответствии с заданием заказчика и с учетом планировочных ограничений, действующих на данной территории.

На примере жилого комплекса «Новые кварталы Петергофа» рассмотрены основные особенности, которые необходимо учитывать при строительстве таунхаусов, которые будут оформлены как «индивидуальное жилищное строительство».

Отсутствие общих помещений и необходимость проектирования индивидуальных инженерных систем для каждого блока отрицательно сказывается на стоимости обслуживания. Технически и экономически для застройщика более выгодно прокладывать общие для всего дома инженерные коммуникации. Именно поэтому застройщики не охотно, строя на землях, отведённых под индивидуальное жилищное строительство (ИЖС).

Литература

1. СП 55.13330.2016. Дома жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-02-2001 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: [сайт]. – АО «Кодекс», 2020. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456039916> Загл. с экрана.

2. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию [Электронный ресурс]: постановление правительства РФ от 16.02.2008 г. № 87 (с изменениями на 15 июля 2021 года.) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: [сайт]. АО «Кодекс», 2020. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902087949> Загл. с экрана.

3. О Правилах землепользования и застройки Санкт-Петербурга (с изменениями на 17 мая 2021 года) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: [сайт]. АО «Кодекс», 2020. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456007157> Загл. с экрана.

4. «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 02.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.10.2021).

5. ГОСТ Р 21.101-2020. Национальный стандарт Российской Федерации. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации. М.: Стандартинформ, 2020.

6. Аникин Ю. В., Царев Н. С. [науч. ред. В. И. Аксенов]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015.

УДК 69.05

Анастасия Алексеевна Ильина, студент
Артур Вячеславович Неведов,
канд. экон. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: a.a.iliina@mail.ru

Anastasia Alekseevna Iliina, student
Arthur Vyacheslavovich Nefedov,
PhD in Sci. Ec., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: a.a.iliina@mail.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

INNOVATIVE METHODS IN CONSTRUCTION

В статье дается оценка строительства как передового процесса. Рассматриваются перспективы развития инноваций в строительной сфере. Подчеркивается значимость применения инноваций в строительстве. Раскрывается актуальность инновационных методов строительства. Формируется и проводится анализ основных значимых направлений в строительной сфере, в которых развитие инноваций не только распространено и востребовано, но и может оказать положительное влияние на экономику страны в целом. Также рассмотрены уже состоявшиеся примеры внедрения инноваций, которые повышают благоустроенность, комфортабельность, безопасность и экономическую эффективность эксплуатации зданий.

Ключевые слова: инновационные методы, строительство, экономическое развитие, организация строительства.

The article gives an assessment of construction as an advanced process. The prospects for the development of innovations in the construction sector are considered. The importance of applying innovations in construction is emphasized. The relevance of innovative construction methods is revealed. An analysis of the main significant areas in the construction sector is being formed and carried out, in which the development of innovations is not only widespread and in demand, but can also have a positive impact on the country's economy as a whole. The examples of innovations that have already taken place, which increase the well-being, comfort, safety and economic efficiency of building operation, are also considered.

Keywords: innovative methods, construction, economic development, organization of construction.

Сфера строительства, как и российская экономика в целом, в ближайшем будущем находятся перед следующими системными вызовами в части инновационного развития, отражающими основные мировые тенденции.

В настоящее время внедрение инноваций в строительстве становится все более значимым и востребованным. Развитие данного направления обеспечивает снижение стоимости строительства, сокращает сроки и повышает качество строительства. Также продвижение инноваций дает возможность повысить динамику развития сферы, что влечет за собой повышение эффективности и развитие всех смежных сфер экономики.

Именно инновационные методы развития сферы являются определяющим обстоятельством для модернизации экономики страны, что и обосновывает актуальность темы статьи.

Инновации в строительстве – это совокупность организационной, финансовой, научно-технической и коммерческой деятельности, направленной на создание и внедрение на рынке нового (модернизированного) продукта, технологий, которые бы обеспечивали необходимую экономическую и социальную выгоду.

Целями развития инноваций в строительстве является повышение конкурентоспособности, которая бы формировала среду, отвечающую за комфорт и безопасность.

Для достижения поставленных целей необходимо непрерывное развитие кадрового персонала, формирования нормативной базы, стимулирование роста инвестиций и спроса на инновационную продукцию.

К задачам инновационной деятельности можно отнести:

1. Повышение разносторонности производства.
2. Улучшение качества продукции.
3. Снижение затрат.
4. Улучшение экологической обстановки.
5. Обеспечение современных стандартов.

Инновации, которые можно реализовать и использовать в строительстве, условно разделяются на следующие направления:

1. Строительные материалы и технологии.
2. Архитектура и строительство.
3. Строительная техника и оборудование.
4. Автомобильные дороги и сооружения.
5. Инженерные сети и оборудование.
6. Экология и безопасность в строительстве.
7. Инновации в проектировании.

Освоение новых технологий и строительных материалов направлено, главным образом, на уменьшение себестоимости и сроков строительства. Например, технологии, которые можно считать инновационными, рассмотрены в табл. 1.

Таблица 1

Инновационные технологии

Технология	Суть инновации
Монолитно-каркасное строительство	Технология подразумевает создание монолитного бетонного каркаса с использованием съемной опалубки, таким образом создается единая цельная конструкция
Несъемная опалубка	Технология, при которой происходит заливка бетона в армированную несъемную опалубку из полистирола или древесины
Технология тонкостенных конструкций	Стальной несущий каркас с готовыми стеновыми, кровельными, перегородочными и другими элементами
Полноборное крупнопанельное строительство	Комбинирование типовых конструкций для создания различных по структуре сооружений

На первый взгляд может показаться, что многие, приведенные в пример, технологии уже хорошо известны и широко используются в России, однако с рассматривая их со стороны текущего строительного законодательства, эти технологии все также мало распространены и востребованы.

К достоинствам технологий относят достойную скорость строительства, высокое качество по окончанию работ, хорошую энергоэффективность. Также строительные организаций осваивают новые технологии, которые способствуют снижению себестоимости жилищного строительства.

Представленные примеры доказывают то, что очень важно создавать и вводить новые строительные технологии. Для этого необходимо развивать и поддерживать отечественные производства уже на основе инноваций.

При развитии промышленности строительных материалов, изделий, конструкций важными составляющими должны быть энерго- и ресурсосбережение.

Существенная часть инноваций приходится на производство строительных материалов. Материалы, которые можно считать инновационными, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Инновационные материалы

Материалы	Достоинства
Фибра	Повышает физико-механические свойства материалов, прочно встраивается в матрицу бетонов и обладает высокой адгезией к цементу
Стеновые ЖБИ-панели с утеплением	Ускоряют и удешевляют строительство за счет встроенного утепления
Нанобетон	Бетоны разной плотности повышенной огнестойкостью, прочностью и т. д.
Микроцемент	Используется как защитный, декоративный материал, прочный и надежный
Стекломагnezитовый лист	Универсальный материал для отделки стен, пола и потолков, созданный на основе оксида магния, хлорида магния, перлита и стекловолокна. Технология изготовления и состав придают ему гибкость, прочность, огнеупорность и влагостойкость
Торфоблок	Имеет хорошие тепло- и звукоизоляционные характеристики. При эксплуатации здания достигается значительная экономия тепла
Эковата	Экономичность, биостойкость (эковата исключает появление грибка, плесени, грызунов и насекомых), экологичность (не содержит и не выделяет в процессе эксплуатации веществ, вредных для здоровья)

Конечно же, вышеприведённые примеры недостаточно характеризуют развитие инноваций в направлении строительных технологий и материалов. Необходимо точно понимать, какие современные материалы подходят для изготовления строительных конструкций, определить отличительные черты планирования технологических процессов, спроектировать строительные-монтажные работы, квалифицировать техническое обеспечение монтажных работ. Также важно изложить особенности в проектировании новых конструктивных элементов зданий, задать нормативные нагрузки, обосновать надежность строительных конструкций и многое другое.

Хоть, строительная отрасль современности, как известно, оперируется множеством технологий, максимально значимыми в работе. Однако, развитие инвестиций в данном направлении происходит в медленном темпе. По статистике, отечественное производство

способно удовлетворить потребности на строительные материалы примерно на 75 %, для удовлетворения остальных потребностей материалы необходимо закупить за рубежом. Также разработка строительных материалов значительно запаздывает, по сравнению с внедрением новейших технологий. Эти факторы тормозят развитие строительной сферы.

Особо значимым является направление «архитектура и строительство», так как в его рамках возможно определить не только архитектурные решения застройки городов, грамотное и полезное использование подземного пространства, экологические основы жилой среды, но и мероприятия, которые направлены на улучшение качества жизни, улучшение городских пространств.

Развитие инноваций направления «Строительная техника и оборудование» обусловлено изучением образцов инновационных строительных машин и оборудования, их особенностей эксплуатации строительной техники, а также технического состояния строительных машин.

Основными направлениями инновационного развития строительных технологий и техники является:

1. Рост механизации и энерговооруженности труда использование на стройплощадках мобильной спецтехники и инструмента, включая робототехнику.
2. Замещение импорта в производстве строительной техники.

В направлении «автомобильные дороги и сооружения на дорогах» необходимо создавать и развивать материалы для покрытия дорог, находить новые подходы к проектированию и расчетам, внедрять новейшие конструктивные решения, а именно строительство мостов, тоннелей, дорожных эстакад.

Направление «Инженерные сети и оборудование зданий и сооружений» обладает значительным потенциалом для активного ввода современных инновационных решений. При развитии инноваций в данном направлении необходимо освещать современные аспекты в проектировании инженерных сетей отопления, вентиляции, водоотведения кондиционирования воздуха. Значимо рассматривать новые способы утилизации осадков и сточных вод, а повышать надежности работы инженерных сетей. Используя при этом перспективные информационные и интеллектуальные технологии возможно качественно повысить эффективность полного жизненного цикла объектов строительства.

Внедрение инновационных инженерных систем и интеллектуальных технологий в строительстве на основе парадигмы перспективного моделирования жизненного цикла зданий, сооружений и комплексов должно быть направлено на решение следующих задач:

1. При потере функциональности и работоспособности инженерной инфраструктуры снизить риски.
2. Важно обеспечить комфортные условия жизни, учитывая требования индивидуального характера.
3. Уменьшение затрат на строительство и эксплуатацию зданий, сооружений и комплексов.
4. Повышение эффективности управления и контроля над состоянием инженерных систем объекта.
5. Комплексное сбережение ресурсов.
6. Ввод эффективных способов утилизации мусора и очистки сточных вод.

Значимым является направление «экология и безопасность в строительстве». Инновации в данном направлении должны содержать разработку новых методик по оценке степени загрязнения окружающей среды при воздействии факторов техногенного характера, разрабатывать технологии энергосбережения в строительстве и повышать эффективность системы управления охраной труда.

Относительно категории проектирования следует отметить, что здесь инновации больше относятся к цифровым технологиям и требуют внедрения новейшего программного обеспечения, которое благодаря достаточно точному пространственному воспроизведению позволяет оценивать и анализировать применение различных нововведений.

Инновационное развитие проектирования определяется следующими тенденциями:

1. Уменьшение временных и финансовых затрат при проектировании и строительстве зданий.

2. Построение эффективных регулирующих полномочий относительно технического регулирования, строительного надзора, экспертизы и прочее.

3. Разработка стандартов информационного моделирования, цифрового формирования градостроительной области и проектной документации.

Таким образом, проанализировав вышеуказанные направления развития инноваций в строительстве, можно сделать следующий вывод – развитие и внедрение инноваций способствует уменьшению времени строительства, затрат на строительство, улучшает экологическую обстановку. В совокупности, современный и инновационный подход в строительной сфере способствует улучшению качества жилья, что повлечет за собой положительные изменения в уровне жизни и комфорте граждан.

Литература

1. *Абакумов Р. Г.* Проявление инноваций в инвестиционно-строительной деятельности // *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования.* 2016. № 1 (11). С. 126–130.

2. *Абакумов Р. Г.* Управление инвестиционными рисками в строительстве // *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования.* 2016. № 1 (11). С. 314–318.

3. *Волкова А. В.* Инновации в сфере строительства: проблемы апробации в регионах // *Среднерусский вестник общественных наук.* 2015. Т. 10, № 4. С. 194–204.

4. *Коваленко Т. Л., Абакумов Р. Г.* Проявление инноваций в инвестиционно-строительной деятельности / *Коваленко Т. Л., Абакумов Р. Г.* // *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования.* 2016. № 1 (11). С. 126–130.

5. *Черепанова Е. В.* Инвестиционная привлекательность инноваций в строительстве: проблемы и пути решения / *Е. В. Черепанова, А. А. Норкин* // *Вестник современной науки.* 2015. Т. 1, № 10–1 (10). С. 75–79.

УДК 624.011.14: 624.011.1

Денис Александрович Копров,
студент

Надежда Владимировна Розанцева,
канд. техн. наук

(Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С. М. Кирова)

E-mail: les-mylo@rambler.ru

Denis Alexandrovich Koprov,
student

Nadezda Vladimirovna Rozantseva,
PhD in Sci. Tech.

(St. Petersburg State Forestry Engineering
University named after S. M. Kirov)

E-mail: les-mylo@rambler.ru

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ДРЕВОПЛАСТИКОВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

THE TECHNOLOGY BEING DEVELOPED FOR THE INSTALLATION OF WOOD PLASTIC STRUCTURAL ELEMENTS

Россия обладает одними из самых богатых запасов уникального возобновляемого строительного материала, такого как лес. Деревянное домостроение было известно на Руси с незапамятных времен. Наши деды и прадеды, как в больших городах, так и в удаленных уголках нашей родины использовали древесину в качестве основного строительного материала. Развитию активного внедрения деревянного домостроения во многом мешают очень сложные и до сих пор не проработанные элементы соединений, требующие при монтаже значительных трудозатрат, и высокой квалификации монтажников. Разрабатываемая технология направлена на упрощение технологии монтажа, и увеличение производительности труда.

Ключевые слова: деревянное строительство, современные древопластиковые строительные материалы, соединения на металлических вкладышах, прочность, деформативность.

Russia has some of the richest reserves of unique renewable building materials, such as wood. Wooden house building has been known in Russia since time immemorial. Our grandfathers and great-grandfathers, both in large cities and in remote corners of our homeland, used wood as the main building material. The development of the active introduction of wooden housing construction is largely hindered by very complex and still undeveloped elements of connections that require significant labor costs during installation, and highly qualified installers. The developed technology is aimed at simplifying the installation technology and increasing labor productivity.

Keywords: wooden construction, modern wood plastic building materials, joints on metal liners, strength, deformability.

Введение

Мировое сообщество все больше и больше задумывается об экологии в том числе и в строительной области. Россия, площадь лесной зоны которой 809 млн га, что в среднем составляет около 20 % от мировых запасов леса, занимает первое место в мире. Никому не секрет, древесина анизотропный материал. Надо признать, что при сушке древесины, а также при неправильном хранении, происходят значительные изменения формы пиломатериалов и заготовок, они очень часто покрываются раскрывающимися трещинами, и дальнейший монтаж с применением столярных шиппазовых и подобных соединений становится очень затруднительным. Ранее все соединения производились или с применением соединений на штампованных металлических зубчатых или нагельных пластинах, или различных видах столярных соединений, но использование металлических пластин и дюбель-гвоздей, приводит к химической коррозии.

Задача данной работы предложить способ монтажа древопластиковых конструкций, значительно снижающий трудозатраты и повышающий точность и надежность монтажа.

Статистические данные о сушке пиломатериалов подтверждают, что верхние 3–5 рядов сушильного штабеля практически полностью подвергаются короблению и уходят на утилизацию.

Примером высокопрочных конструкций из древокомпозитных материалов могут служить деревянные панели CLT и клееный LVL-брус, значительно более устойчивые к деформациям и пространственным изменениям, и обладающие достаточной долговечностью, за счет разнонаправленности слоев [1].

Эти материалы уже давно и активно применяются как в странах Европы, так и в Америке, даже, при строительстве многоэтажных домов. Однако в России, еще с 2015 года, никак не решиться вопрос о принятии закона о безопасности применения древесных материалов по категории огнестойкости, хотя и обсуждался неоднократно.



Рис. 1. Деревянный «небоскреб» в Архангельске, внесенный в Книгу рекордов Гиннеса

В России в начале 2000 годов в Кемском поселке Соломбальского района, Архангельской области, было построено первое самое высокое частное здание из древесины в мире высотой 38 метров, уступавшего по своей высоте только нескольким деревянным храмам в мире, однако в 2007 году решил суд обязать снести здание до 15 мая 2008 года. Увы, так печально закончилась судьба строения в России, внесенного даже в Книгу рекордов Гиннеса (рис. 1).

Здания, построенные из деревянных материалов, легко вписываются в сложные природные ландшафты, их возможно строить на местности со сложными инженерно-

геологическими условиями, а трудозатраты по монтажу и транспортировке деревянных конструкций менее затратны.

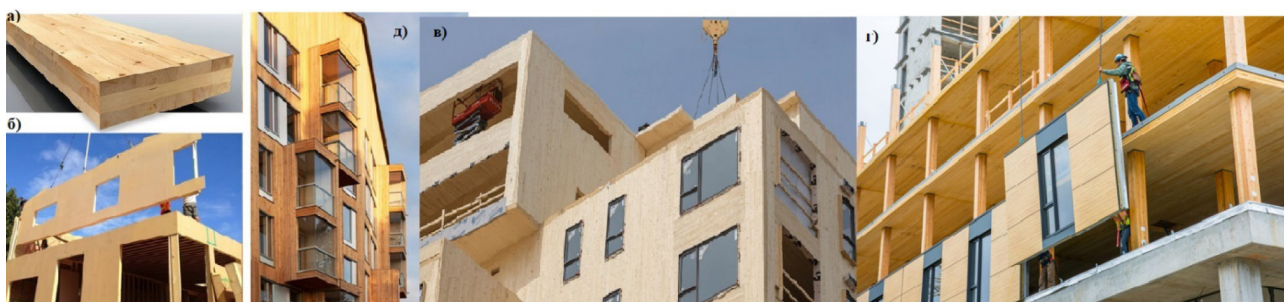


Рис. 2. Варианты существующих технологий строительства из деревянных панелей CLT и клееного LVL-бруса: *a* – отдельная панель; *b*, *c* – применение панелей и бруса в качестве навесных стеновых элементов в каркасном домостроении; *d* – блочное домостроение из древокомпозитного материала; *e* – фасад здания из древокомпозитного материала

Замена фанерных стенок в деревянных панели CLT на LVL брус, дает много преимуществ в технологическом и конструктивном плане (рис. 2). Основными из них являются большая огнестойкость, долговечность, водонепроницаемость, возможность создавать унифицированные конструкции.

Однако, с увеличением толщины бруса возрастают и начальные напряжения, оказывающие влияние на прочность балок, и трудозатраты на монтаж конструктивных элементов, т. к. монтировать поэлементно тяжелые древокомпозитные материалы значительно трудозатратнее, нежели конструкции из деревянных панелей в основе своей из фанерных стенок [1].

Энтузиасты древесных композитов в России, продолжали и продолжают исследования и попытки внедрения своих разработок. Проведенные огневые испытания неоднократно подтверждали, что древокомпозитные конструкции надежнее стальных. При сохранности прочности металлических изделий в период возгорания всего 15 минут, древесные композиты сохраняют прочность и устойчивость в течение 45 минут после начала пожара [2, 3].

Даже в случае полного внешнего обугливания, разнонаправленные внутренние слои сохраняют свои физико-механические свойства, еще на протяжении определенного времени.

Но несмотря на это, на то, что дома из древесных материалов соответствуют современным нормам «зеленого» строительства, значительно лучше отвечают требованиям по теплосопrotивлению, победить старые убеждения и лобби от производства конструкций из железобетона, до сих пор не удается.

Данная исследовательская работа направлена на решение проблемы сокращения трудозатрат и сложных выверочных мероприятий при монтаже, вопросы же правовой базы возможно будет обсудить в другой работе.

Требования к современным строительным материалам: эстетичность, практичность, экономичность, простота в обращении и уходе. Над этими требованиями сейчас работают большинство предприятий как в сфере изобретения новых материалов, так и продолжения выпуска основных существующих линеек, среди них, можно выделить новый древесно-полимерный композит (ДПК), или древопластик.

ДПК состоит главным образом из отходов деревообрабатывающей промышленности – древесных волокон, и связующего вещества- пластмассы. Материал обладает теми же свойствами, что и древесина, аналогичной теплопроводностью, экологичностью [8].

В отличие от древесины у него есть ряд существенных преимуществ: высокая влагостойкость, прочность и износостойкость, позволяющие изделиям из ДПК не бояться нагрузок, ударов и постоянного истирания, более высокая термостойкость и способность выдерживать экстремальные погодные условия, биостойкость, легкость обработки и монтажа.

То есть этот материал прослужит даже в суровых погодных условиях более четверти века, он устойчив к широкому диапазону температур, и воздействию ультрафиолету солнечного света.

Правда, в современных условиях из него в основном выпускают только доски для террас, дорожки, заборы, калитки, сайдинг.

Одним из путей развития строительства из древопластиковых конструкций является совершенствование и повышение надёжности и прочности их узловых соединений.

Как сказано выше, большинство соединения древесных материалов производились и производятся или с применением соединений на штампованных металлических зубчатых или нагельных пластинах, или различных видах столярных соединений [4, 5].

На протяжении долгих лет научный институт ЦНИИСК проводил экспериментальные исследования прочности, в том числе и винтовых соединений в деревянных конструкциях с применением клеев. Эти стержневые соединения работают в основном на выдергивание или продавливание. В нашей стране аналогом исследуемого типа соединений являются соединения на клеенных стержнях (система ЦНИИСК) [6]. В разработанной ЦНИИСК системе, арматурный стержень, устанавливается в заранее просверленное в отверстие на 4–5 мм большее диаметра стержня погружением в эпоксидный клей. Разработанные клеестержневые соединения являются достаточно надежными, в том числе и для стыков древесных конструктивных элементов по длине, однако они весьма трудозатратны, требуют большого количества выверочных работ [7].

В данном случае предлагается технология, основанная на способе от противного от винтовых соединений. Принцип сбора конструкции «детская пирамидка» предполагает наличие в заранее просверленное отверстие в LVL брус или ДПК с применением пропитки из клеев диффузионным методом под атмосферным давлением, и вставляется закладной металлический элемент. Чертеж вкладного элемента представлен на рис. 3.

Технология по сложности сравнима с установкой детской пирамидки, за счет вклеенного элемента, собирается на заранее установленные направляющие элементы в течение очень короткого времени без предварительной выверки, но обеспечивает непрерывность процесса монтажа, и устройства узловых соединений, и за счет вклеенных металлических элементов значительно лучше работает на сжатие и смятие.

Преимуществом клееметаллических соединений является: высокая прочность, отсутствие зависимости от длительности полимеризации клея, значительно меньшие трудозатраты.

Несущая способность обеспечивается как частью вклеенной металлической конструкции, модифицированным клеем, так надежностью и долговечностью LVL брус или ДПК. Применение металлических вкладышей, в том числе с прочностью около 1000 МПа, из нержавеющей стали решает вопрос коррозионной стойкости соединений, позволит

увеличивать прочность соединений из расчета на один вклеенный элемент, и позволит применять в сооружениях с химически агрессивной средой.

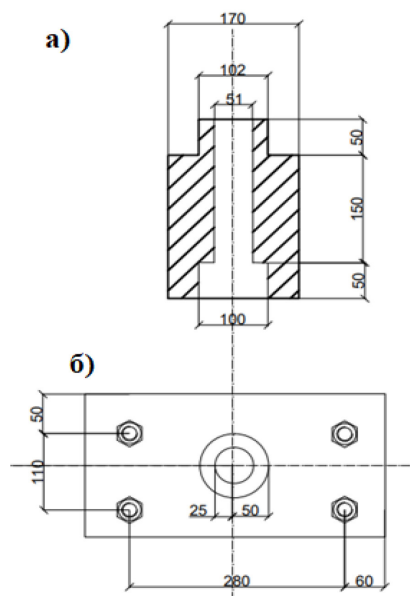


Рис. 3. Вкладной металлический элемент, основа сборной конструкции:
а – разрез элемента; *б* – вариант крепления вкладного элемента к фундаменту или конструкции перекрытия в случае отсутствия анкерной стержневой системы

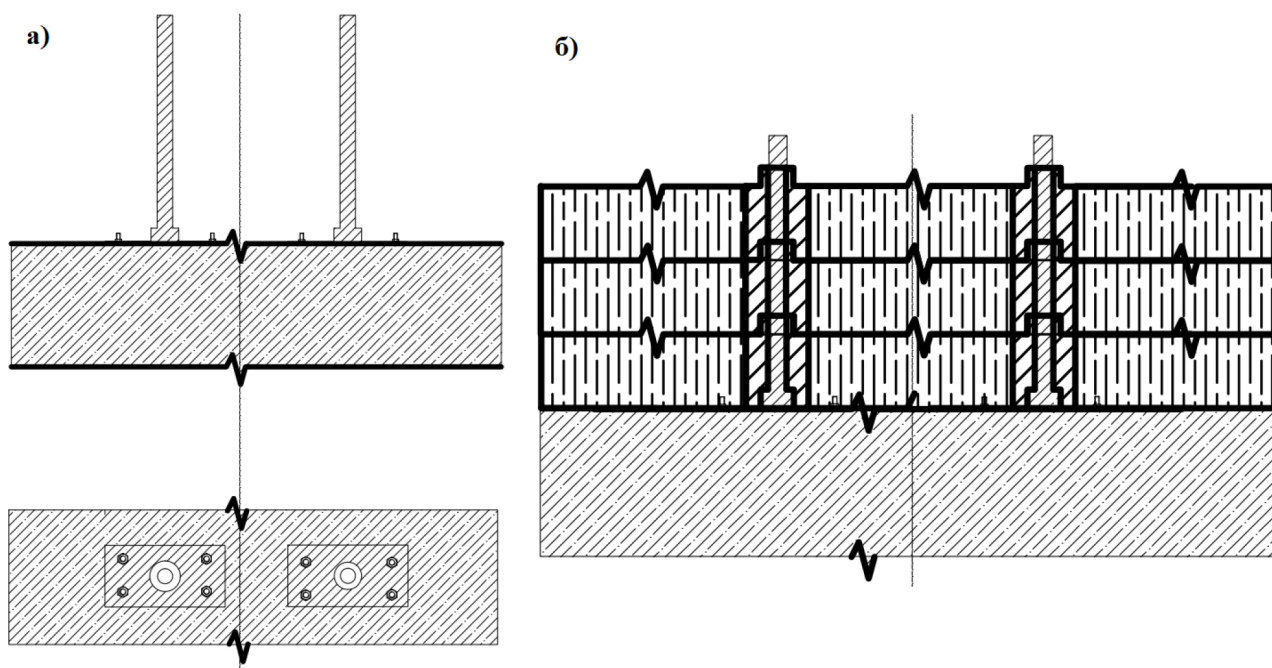


Рис. 4. Схема монтажа разрабатываемой технологии

Применение меламино-мочевина формальдегидного (ММФ) клея для вклеенных металлических соединений деревянных конструкций позволит повысить теплостойкость соединений в сравнении с эпоксидными клеями, подверженными температурным воздействиям [7].

Вывод

Развитие деревянного домостроения в России требует создания комплексных подходов к комплектованию промышленно сырьевой базы, новых способов повышения огнестойкости, транспортабельности и монтажепригодности разрабатываемых материалов и технологий.

Имеющиеся результаты исследований свидетельствуют о высокой прочности клеевметаллических соединений, превышающей прочность соединений на вклеенных стержнях, а с учетом технологии, обеспечивающей непрерывность выполнения работ по их устройству и высокую надежность, новый тип соединений имеет широкие перспективы применения в деревянных конструкциях.

Литература

1. СТО 36554501-021-2010, Деревянные конструкции Многослойный клееный из шпона материал Ultralam (Ультралам), «НИЦ Строительство». Москва. 2010 г.
2. ГОСТ 33124-2014, Брус многослойный клееный из шпона. Технические условия. СтандартИнформ, Москва, 2015.
3. СП 64.13330.2011, Деревянные конструкции Акт. версия СНиП II -25-80, Москва. 2011 г.
4. *Дмитриев П. А.* Экспериментальные исследования соединений элементов деревянных конструкций на металлических и пластмассовых нагелях и теория их расчёта с учётом упруго-вязких и пластических деформаций: автореф дисс. ... докт. техн. наук. Новосибирск: НИСИ; 1975. 67 с.
5. Стандарт Ассоциации деревянного домостроения СтАДД. 3.2. 2011. «Деревянные конструкции. Соединения деревянных элементов с использованием зубчатых пластин. СПб, 2012 г., 59 с.
6. *Турковский С. Б., Погорельцев А. А., Преображенская И. П.* Клееные деревянные конструкции с узлами на вклеенных стержнях в современном строительстве (система ЦНИИСК). М.: РИФ «Стройматериалы», 2013.
7. *Смирнов П. Н.* Винтовые соединения с модификацией древесины клеем – Инновации в деревянном строительстве: материалы 9-й Международной научно-практической конференции; СПбГАСУ. СПб., 2018. С 26–37.
8. <https://rcycle.net/drevesina/drevesno-polimernyj-kompozit/tseny-svoystva-i-harakteristiki>

УДК 699.86

Елизавета Алексеевна Корнеевкова,
студент
Александр Данилович Дроздов,
канд. техн. наук, доцент
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: lizakorneenkova@gmail.com

Elizaveta Alekseevna Korneenkova,
student
Alexander Danilovich Drovdiv,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: lizakorneenkova@gmail.com

ЭФФЕКТИВНЫЙ УТЕПЛИТЕЛЬ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ

EFFECTIVE INSULATION FOR MODERN FACADE SYSTEMS

В данной работе анализируются современные теплоизоляционные материалы для систем фасадных теплоизоляционных композиционных с наружными штукатурными слоями («мокрые» фасады) и для навесных фасадных систем с воздушным зазором. Приводятся марки утеплителей различных производителей на Российском рынке строительных материалов, которые подходят этим системам, такие как «Технониколь», «URSA», «Roockwool», «Isoroc» и т. д. Перечислены серьезные проблемы, которые могут повлечь к отслоению и обрушению всей фасадной конструкции. Подробно рассмотрена тема плесневого поражения утеплителя спорами грибов, вызывая различные заболевания: от аллергии и бронхитов до микозов у человека. Проанализирована пожароопасность навесной фасадной системы, в которой главную опасность представляет воздушный зазор.

Ключевые слова: теплоизоляционный материал, «мокрый» фасад, навесной фасад с воздушным зазором, пожароопасность, биопоражение, эксплуатационная эффективность, воздушный зазор.

This article analyzes modern thermal insulation materials for facade thermal insulation composite systems with external plaster layers («wet» facades) and hinged facade with ventilated gap. The brands of insulation materials of various manufacturers on the Russian market of building materials that are suitable for these systems are given, such as “Technonicol”, “URSA”, “Roockwool”, “Isoroc”, etc. Serious problems that can lead to the detachment and collapse of the entire facade structure are listed. The topic of mold damage to insulation by fungal spores is considered in detail, causing various diseases: from allergies and bronchitis to mycoses in humans. The fire hazard of the hinged facade system, in which the air gap is the main danger, is analyzed.

Keywords: thermal insulation material, «wet» facade, hinged facade with air gap, fire hazard, bio-contamination, operational efficiency, air gap.

Современные фасадные системы, а именно СФТК («Системы фасадные теплоизоляционные композиционные с наружными штукатурными слоями», они же «мокрые» фасады) и НФС («Навесные с воздушным зазором»), получили широкое распространение в качестве эффективного способа утепления наружных стен.

Теплоизоляционный материал в данных системах повышает теплотехнические характеристики ограждающих конструкций за счет снижения теплопереноса через конструкцию стены. При этом уменьшаются энергозатраты на отопление и улучшается микроклимат в помещении для проживания людей.

Согласно [1] в двухслойных стенах утеплитель предпочтительно располагать снаружи, так как при его установке с внутренней стороны помещения возможно накопление влаги в теплоизоляционном материале. В этом случае для сохранения утеплителя требуется устройство сплошного и долговечного пароизоляционного слоя со стороны помещения.

Выбор типа утеплителя и толщины его слоя определяется теплотехническим расчетом, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций здания, с учетом климатических условий района строительства и соблюдения противопожарных норм. Для систем СФТК в зависимости от отделочного слоя из тонко- или толстослойной штукатурки применяются минераловатные изделия из каменной ваты (*Rockwool* ФАСАД БАТТС ЭКСТРА, Технониколь Технофас, *IZOVOL* Ф-120, *PAROC Linio* 18 для тонкослойной штукатурки и *Rockwool* Пластер Баттс, *Isoroc* ИЗОФАС 110, *PAROC Fatio* для толстослойной), минераловатные изделия из стекловаты (*ISOVER* Штукатурный фасад и др.), также пенопластовые изделия из пенополистирола (ППС15Ф, ППС16Ф, ППС20Ф), из экструдированного пенополистирола (*URSA XPS N-III-G3*, *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO FAS* и др.) и из пенополиуретана. Возможно устройство комбинированного теплоизоляционного слоя из минераловатной ваты и пенопластов.

Одним из основных показателей для любой из предложенных фасадных систем теплоизоляции является эксплуатационная эффективность. Под эксплуатационной эффективностью понимается период эксплуатации технологической системы без ремонта, при котором сохраняются ее основные параметры, способные обеспечить функциональное назначение в соответствии с требованиями нормативных документов [2].

Фактический срок эксплуатации «мокрых» фасадов составляет от 5 до 35 лет. Сравнительно небольшой срок службы «мокрого» фасада можно объяснить тем, что на поверхности стены создается сплошной термоизоляционный контур, исключающий функционирование воздуха внутри конструкции, что со временем приводит к физическому износу теплоизоляционного слоя, то есть к его «старению» [3]. В остальных случаях – небольшой срок эффективной эксплуатации объясняется нарушением технологии устройства таких систем, например:

- использованием утеплителя с низкой плотностью в целях экономии;
- отсутствием необходимого количества слоев (чаще всего клеевого слоя), крепление осуществляется только дюбелями. Как показывает обзор используемых стройорганизациями технологий, порядка 12 % из них выполняет только механическое крепление, что приводит к отслаиванию и обрушению системы в дальнейшем [4];
- экономией на клее при создании клеевого слоя между стеной и утеплителем.

Немаловажным фактором, негативно влияющим на эксплуатационные характеристики «мокрых» фасадов, является поражение плесневыми грибами ограждающего контура здания из-за нарушения вентиляции и влажности. Влага конденсируясь, проникая в толщу фасадного пирога, способствует необратимому развитию колоний грибов, разрушающих всю систему теплоизоляции. Особенно подвержены плесени утеплители, способные накапливать влагу (ватные утеплители).

Плесневое поражение теплоизоляционного слоя фасада переносится спорами на отделочные материалы. Споры грибов, попадая в воздух, опасны для здоровья проживающих в этих зданиях людей, вызывая различные заболевания: от аллергии и бронхитов до микозов. Причем, глубоко пораженные грибами волокнистые теплоизоляционные материалы, удаляются радикальным демонтажем фасадных конструкций, утеплителя, и сопутствующих материалов, что чревато финансовыми убытками.

Одним из распространенных и опасных заблуждений является миф о том, что обработка биоцидом (антисептиком) достаточна для решения проблем с плесенью. К сожалению, немногие знают, что споры грибов аллергенны в любом состоянии, в т. ч. будучи

мертвыми, т. к. их аллергенность связана с наличием определенных химических соединений в клеточной стенке грибов (хитин, бета-глюканы и т. д.). Именно поэтому, даже если уничтожить грибы антисептиком (биоцидом), все равно необходимо произвести механическую чистку поверхности стен, что чаще всего на практике возможно только путем полного демонтажа зараженных конструкций или слоев материалов. Массовое плесневое поражение на стадии глубокого проникновения в толщу субстрата следует ликвидировать только путем удаления пораженного материала (например, зараженный ватный утеплитель и сопряженные с ним системы), что зафиксировано в строительных правилах СП 72.13330.2016 «Защита строительных конструкций от коррозии» и в РВСН 20-01-2006, Санкт-Петербург, (ТСН-20-303-2006, Санкт-Петербург) «Защита строительных конструкций, зданий и сооружений от агрессивных химических и биологических воздействий окружающей среды».

Одним из главных факторов, разрешающих использование «мокрых» фасадов, является строгое соблюдение норм пожаробезопасности. Минеральный утеплитель не горюч и удовлетворяет требованиям пожаробезопасности. В случае использования пенополистирольного утеплителя, необходимо производить противопожарные рассечки из негорючего минерально-ватного утеплителя, а именно: оконные и другие проемы по периметру следует обрамлять полосами шириной не менее 200 мм из минераловатного негорючего утеплителя плотностью не менее 80–90 кг/м [1].

Также в целях пожаробезопасности, рекомендуется к использованию самозатухающие пенополистирольные утеплители в комплексе с наружным защитным декоративным слоем из негорючих материалов.

В навесных вентилируемых фасадных системах утеплитель защищен от атмосферных воздействий навесной облицовкой, установленной на кронштейнах подконструкции с образованием воздушного канала между облицовкой и утеплителем. Теплоизоляционный слой в данной системе может устанавливаться в один или два слоя. Согласно [1] при проектировании стен с вентилируемой воздушной прослойкой следует руководствоваться следующей рекомендацией, применимой к утеплителям системы, а именно необходимо применять жесткие негорючие теплоизоляционные материалы плотностью не менее 80–90 кг/м³, имеющие на стороне, обращенной к прослойке, ветро-, воздухозащитные паропроницаемые мембраны (например, Tyvek).

Однослойное утепление является упрощенным вариантом конструкции НВФ, из-за легкого монтажа и реализации на строительной площадке. Двухслойное утепление имеет ряд преимуществ относительно применения однослойного утепления: 1. Закрывает швы между плитами первого слоя, так как по технологии плиты должны укладываться в шахматном порядке. 2. Защищает первый слой утепления от возможного разрушения от действия внешних условий. 3. Влияние металлических кронштейнов на потери тепла велико, с увеличением количества слоев и изменением структуры утепления возможно снижение потерь тепла. 4. Не нуждается в применении ветрозащитных мембран [5].

При однослойном утеплении и во внешнем слое при двухслойном утеплении используются плиты из каменной ваты ТЕХНОВЕНТ, *Rockwool* Вент Фасад Д Оптима, Басвул Вент Фасад 80, *URSA GEO* Фасад и др.. Плиты из каменной ваты ТЕХНОВЕНТН и ТЕХНОБЛОК предназначены для использования в качестве внутреннего теплоизоляционного слоя при выполнении двухслойной теплоизоляции, что сокращает материалоемкость и снижает стоимость [6].

Для технологии НВФ средний срок эффективной эксплуатации составляет до 50 лет [3].

В этой системе также создается сплошной термоизоляционный контур. Теплофизическая суть данной технологии заключается в следующем: влага, проникающая с помощью диффузии сквозь толщу конструкции стены из помещения, попадает в минераловатный утеплитель. Затем, благодаря воздушному зазору и восходящему потоку воздуха, выносятся из него в атмосферу. То же происходит и в том случае, если влага попала изнутри через зазоры между облицовочным слоем на утеплитель. Тем самым утеплитель в таких условиях эксплуатации остается весь период в нормально-влажностных условиях (принято считать сухим). Следует отметить, что в технологии его устройства присутствует обязательное крепление металлического каркаса к основанию (наружной стене) с помощью металлических анкерных дюбелей и дюбелей с рондолью с полиамидным сердечником для крепления материала теплоизоляции и ветрогидрозащитной мембраны. Вследствие этого, наружная стена, практически, вся «пронизана» технологическими отверстиями. Это приводит к образованию большого количества «мостиков» холода.

Особенностью утеплителя, используемого в системе ВФ является довольно частая установка мембран для защиты утеплителя от атмосферных осадков и других воздействий внешней среды. Также мембрана нужна при длительном временном промежутке между установкой утеплителя и облицовкой во время производства работ.

Одним из факторов, негативно влияющих на эксплуатационные характеристики НВФ, является разрушение утеплителя (эмиссия волокон) вследствие отсутствия защитной мембраны и невысокая плотность самого утеплителя.

Проблема заплесневения фасадного пирога в системе НВФ не стоит из-за наличия воздушного зазора и, следовательно, испарения влаги.

Но вот на пожаробезопасность вентилируемых фасадов стоит обратить особое внимание.

Именно защитная мембрана производится из достаточно горючих материалов (класс горючести Г2). Средняя скорость воздушного потока под облицовкой составляет порядка 2 м/с, что способствует быстрому распространению пламени по всему фасаду достаточно быстро при его возгорании.

Опасность составляет не только огонь, быстро охватывающий весь фасад здания, но, также падение во время пожара фасадных панелей по непредсказуемой траектории, что негативно сказывается не только на возможности тушения здания, но и на безопасности прилегающей территории и соседних зданий.

Проблема пожарной безопасности может коснуться не только уже эксплуатируемого здания, но и объекта, находящегося в процессе строительства. Во время производства работ может применяться открытый огонь.

Вышеперечисленные причины убеждают исполнителей работ применять мембраны на основе стеклоткани, пропитанные фторполимером или в качестве утеплителя использовать плиты из минеральной ваты повышенной плотности от 150 кг/м³.

Как показал приведенный выше анализ, «мокрые» фасады и навесные фасады с воздушным зазором эффективны для утепления ограждающих конструкций только в том случае, если проектировщиками подобраны оптимальные и эффективные утеплители для таких систем на основе расчетов и нормативных документов, а строителями установлены конструкции и материалы, удовлетворяющие требованиям технической документации с применением проверенных технологий.

Литература

1. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий ФГУП ЦПП, 2004. 145 с.
2. *Ершов М. Н., Бабий И. Н., Меньлюк И. А.* Анализ технологических особенностей применения фасадных систем теплоизоляции // *Технология и организация строительного производства* 2015. № 4–1. С.43–47.
3. *Гончаров В. В.* Сравнительная оценка современных фасадных систем // *Шаг в науку*. 2020. № 4. С. 29–32.
4. *Чайка В. А., Филимонова О. С.* Формирование микроклимата в жилых квартирах панельных зданий при наружном утеплении фасада // *Современное промышленное и гражданское строительство*. 2013. Том 9. № 4. С. 231–239.
5. *Лаушкина Е. И., Радаева В. В.* Толщина теплоизоляции в навесных вентилируемы фасадах в зависимости от региона // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2018. № 2. С. 7–19.
6. *Румянцев Б. М., Ляпидевская О. Б., Жуков А. Д.* Системы изоляции строительных конструкций: учебное пособие / 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Изд-во Моск. гос. строит. ун-та, 2016. 596 с.

УДК 69.692

Иван Александрович Кошевой,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: Koshevoyi@yandex.ru

Ivan Alexandrovich Koshevoy,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: Koshevoyi@yandex.ru

ВОДОПОНИЖЕНИЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ С ВОДОНАСЫЩЕННЫМИ ГРУНТАМИ

WATER REDUCTION WITH WATER-SATURATED SOILS IN CONSTRUCTION

Целью работы является изучение особенностей организации строительства на местности с высоким уровнем грунтовых вод. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: изучен имеющийся материал по данной тематике; даны определения таким словосочетаниям как грунтовые воды и водопонижение, а также системы водопонижения и водоотведения. Для решения поставленных задач в работе использованы такие методы как анализ, синтез, описание, обобщение. Результат исследования: было показано, что строительство в условиях высокого уровня грунтовых вод осложнено и необходимо применять системы водопонижения и производить осушение территории подлежащей застройке.

Ключевые слова: водопонижение, грунтовые воды, иглофильтр, зумпфы, водоотведение, системы водопонижения.

The purpose of the article is to study the features of the organization of construction in an area with a high level of groundwater. To achieve this goal, the following tasks were solved: the available material on this topic was studied; definitions are given to such phrases as groundwater and dewatering, as well as dewatering and drainage systems. To solve the set tasks, the article uses methods such as analysis, synthesis, description, generalization. The result of the research is very important during the construction use dewatering systems and drain the territory.

Keywords: dewatering, groundwater, wellpoint, sump, drainage system, dewatering systems.

Водопонижением называется – искусственное снижение уровня подземных вод которое достигается с помощью транспортирования или отведением их к более низким или не влияющим на строительство местам. Такое понижение подземных-грунтовых вод называется «строительное водопонижение», и используется при разработке грунта или иных строительных работ по производству фундаментов, разных сооружений, инженерных сетей и коммуникаций, находящихся на минусовых отметках, а помимо того, при разработке горных пород в период строительный.

Суть метода заключается в том, что при извлечении подземных вод, поступающих в котлован, скважину, разработанную часть грунта, верхний слой воды в грунте становится воронкообразной формы, с уклоном ниже основного уровня у места откачки. Такой же эффект достигается при устройстве дренажной системы подземных грунтовых вод. При напорном характере подземных грунтовых вод воронкообразную форму принимает пьезометрическая поверхность, отображающая давление с тех или иных местах грунтовых вод.

Воронкообразная поверхность у грунтовых вод имеет название депрессионной поверхностью, а осушенное пространство между поверхностью с непониженным уровнем грунтовых вод и депрессионной поверхностью, а воронка – депрессионной воронкой.

По мере удаления грунтовых вод площадь, и глубина депрессионной воронки увеличиваются. Если интенсивность удаления грунтовых вод остается неизменной, то со временем стабилизируется – установившийся режим, при котором не происходит дальнейшего увеличения площади депрессионной воронки. При прекращении удаления грунтовых вод уровень восстанавливается, и их поверхность со временем приобретает свою первоначальную форму.

Строительное водопонижение заключается в соответствующем развитии и поддержании в течение определённого времени депрессионной воронки в водонасыщенных грунтах, прорезаемых котлованом, а также в снятии давления в нижних водоносных грунтах, отделенных от котлована шпунтовым ограждением или стеной в грунте.

В случае, ежели депрессионная поверхность водного давления в грунтах, прорезаемая котлованом, нигде его не пересекает, является возможным производить всё подземное строительство насухо. Чем и является полностью решается задача водопонижения.

Снятие давления в нижних слоях как правило возможно осуществить в заданных рамках, избегая изменения в природных свойствах оснований сооружений.

При строительном водопонижении применяются, в основном, временные устройства, а необходимое оборудование и другие средства, предусмотренные для эксплуатации сооружений и предприятий, могут быть использованы временно в течение всего срока данного строительства.

В таком случае выбор средств для водопонижения и устройства должны удовлетворять условия на протяжении всего времени строительства и соответствовать требованиям проекта, с учетом условий их эксплуатации.

Системой строительного водопонижения является совокупность предназначенных для приема, удаления и транспортировки подземных грунтовых вод во время строительства выполняющая планомерную работу и формируется с применением водоотвода из котлованов или траншей, дренажа, открытых и вакуумных водопонижающих скважин, иглофильтров и электроосушения, применяемых в различных сочетаниях в виде линейных, кольцевых, неполнокольцевых, систематических, групповых и отдельных водопонижающих устройств.

Производство работ по водопонижению отражается на состоянии грунтов, их поведение в котловане и в основной близлежащей грунтовой массе.

Понижение уровня водоносного слоя в грунте приводит к увеличению давления от его собственного веса и к дополнительным осадкам территории, а также сооружений, возведенных на данном участке. Обычно эти осадки достаточно равномерные и не оказывают большого влияния на строительство зданий, при неглубоком уровне понижения грунтовых вод данные осадки не влияют и учитываются только в некоторых районах.

При понижении уровня грунтовых вод глубже, на подземные воды дополнительные осадки оказывают значительное влияние и должны учитываться в проекте, а при производстве большого водопонижения работы необходимо производить отслеживая движение земной поверхности и слоёв, просадками зданий и их деформациями (трещинами и так далее.).

В период бурения скважин ударным методом может происходить местные уплотнения грунта, способные к появлению образования дополнительных осадков в близ находящихся фундаментах. В связи с этим необходимо избегать скважины водопонижения в непосредственной близости от находящихся фундаментов.

Во время производства работ по водопонижению возможно не только уплотнение, но и разрыхление грунтовых пород, а также нарушение прочностных характеристик в них. Особо опасными нарушениями считаются нарушения свойств природных грунтов происходящих, если не принимаются надлежащие меры предосторожности при открытом водопонижении, когда существует вероятность возможной значительной фильтрации через откосы котлована.

Фильтрационный поток воздействует, создавая дополнительное давление на слой грунта, ослабляя данным связи влияющие на прочность в нем, что может вызвать вымывание частиц грунта.

Во избежание нарушения геометрии откосов, а также устойчивости их в котловане и разуплотнения основания строения, необходимо учитывать при проектировании в строительстве. В случае поступления грунтовых вод сквозь откосы градиенты давления возле их поверхности не должны достигать значений, при которых возможен вымывание слоя грунта в разрабатываемый котлован.

Основываясь на этом не допустимы резкие понижения уровня грунтовой воды в котловане. Фильтрационный поток при извлечении водоносного слоя из котлована должен быть рассредоточен. Обнаружив сосредоточенной фильтрации для борьбы с суффозией, следует применять фильтрующие пригрузки; в больших котлованах возможно применение рыхление слоя грунта на участках сосредоточенной фильтрации с помощью трактора, экскаватора, бульдозера, которое часто дает благоприятные результаты по распределению фильтрации и прекращению суффозии. В осушаемом котловане весь фильтрационный приток должен накапливаться в водосборных канавах и траншеях (зумпфах) (рис. 1, 2). Для этого они должны быть основаны глубже относительно нижней точки котлована, фильтрация через данное не допускается.



Рис. 1. Разработка грунта для водопонижения зумпфов

Зумпфом называют углубление (отстойник или колодец), находящийся под осушаемым объектом. Туда стекает грунтовая вода, после чего она откачивается с помощью насосов.

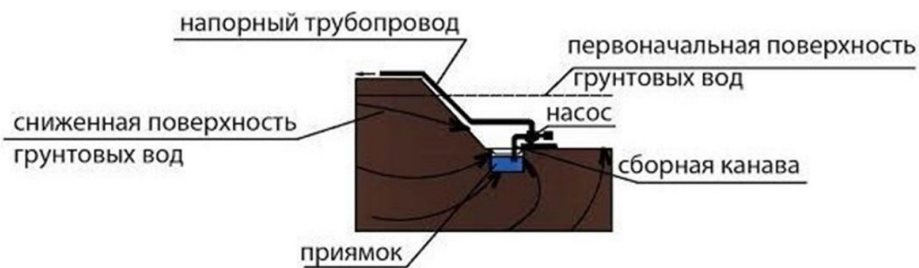


Рис. 2. Схема зумпфа

Снижение уплотнительного слоя грунта возможно также и в процессе производства, и содержания, а также ликвидации водопонижающих скважин.

При производстве погружения иглофильтров с помощью гидравлического механизма, способом без присыпанного грунта вокруг них, происходит разуплотнение. А также частичное разуплотнение слоя грунта происходит и при демонтаже системы водопонижения т. е., извлечение иглофильтров (рис. 3, 4). Данное разуплотнение очень часто не оказывает существенного влияния на прочность откосов, а также и на основание самого сооружения, но не принимать данное во внимание является недопустимым и в каждом отдельном случае учитываются.



Рис. 3. Оборудование строительной площадки иглофильтрами

Обычно, применяют иглофильтры с песчано-гравийной обсыпкой, так как они сводят к минимуму влияние на грунтовый слой и разуплотнение грунтового слоя вокруг скважины, повышая эффективность иглофильтрового метода водопонижения.

Уменьшение плотности слоя грунта по периметру водопонижающих скважин является возможным лишь в процессе бурения разными способами. Помимо этого, посредством удаления водоносного слоя и размывания мелких частиц грунтового слоя при ненадлежащей работоспособности фильтров. Пресечь данное явления возможным лишь только строго соблюдая особую тщательность производства работ при бурении скважин и монтаже оборудования их иглофильтрами. В бурении малоустойчивых слоях грунта необходимо использовать добавление жидкости (воды) в скважины. Состав и модель применяемого иглофильтра в водопонижающих скважин должна строго соответствовать характеру грунта окружающего скважину.

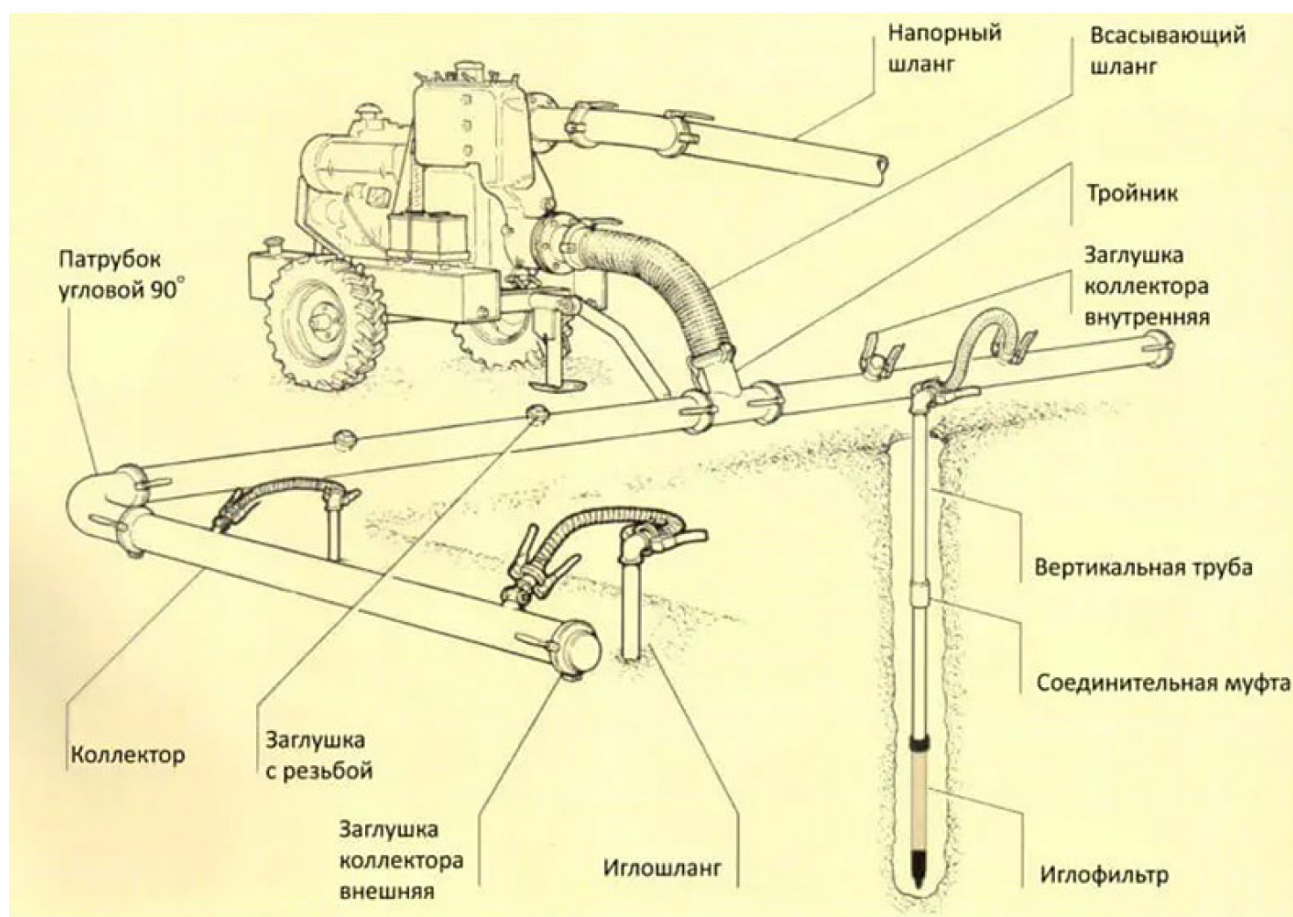


Рис. 4. Схема водопонижающего оборудования (иглофильтры)

Для определения мероприятий при производстве работ для пресечения всех вышеуказанных минорных последствий необходимо учитывать особенность плотности застройки и физический износ сооружений вблизи производства строительного-монтажных работ.

Необходимо применять способы защиты для сооружений. Для этого перед началом производства работ по водопонижению необходимо произвести обследование технического состояния зданий и сооружений, находящихся в близстоящей к зоне работ, а также уточнить расположение инженерных сетей и подземных коммуникаций и на протяжении всего времени по водопонижению производить контроль по изменению технического состояния данных строений и инженерных сетей с коммуникациями.

Работы по обследованию зданий и сооружений, а также подземного хозяйства, коммуникаций, инженерных сетей правильнее производить, на стадии проектирования, и перед составлением проекта по водопонижению. В результате должны быть получены сведения о геологии местности и результаты проведенных обследований. Которые и будут служить для принятия решения о выборе мероприятий обеспечению сохранности всех прилегающих и попадающих в зону производства строительного-монтажных работ и работ по водопонижению. Также необходимо уделить особое внимание объектам использующим подземные воды в данной зоне и принять меры по их отсечению от зоны водопонижения или учесть в проекте их временное или постоянное водоснабжение.

Обращаю внимание на тот факт, что необходимо получить согласие и разрешение соответствующих организаций на производство буровых работ а также работ по водопонижению.

Перед проведением работ по обследованию необходимо ознакомиться с проектной и исполнительной документацией по зданиям, сооружениям и инженерным сетям попадающим или примыкающим к зоне работ по водопонижению. В определённых случаях требуются производить работы для точного определения прохождения инженерных коммуникаций таких как сети водоснабжения и водоотведения, сети электроснабжения, и газификации, а также некоторых частей конструкций тех или иных ответственных или несущую ценность в культурно–историческом отношении зданий и сооружений (шурфовка и обмеры и т. п.). Работы по проведению такого рода обследований и получение разрешений с согласованиями на производство данного вида работ входит в обязанности заказчика, который в свою очередь и согласовывает программу обследования следуя её с проектной организацией и владельцами инженерных сетей которые попадают в зону водопонижения, или данное водопонижение может повлечь сдвиг грунтов где проходят данные сети.

Отчёт с результатами обследования зданий, сооружений, проходящих коммуникаций, и инженерных сетей обязаны учитываться при проектировании и производстве строительно-монтажных работ. Также строительная организация обязана проверить соответствие фактического состояния зданий, сооружений, инженерных сетей, и коммуникаций фигурирующую в проектной документации, а после определить является ли возможным соблюдать правила техники безопасности, в отношении: выполнения работ по бурению и прокладки трубопроводов для систем водопонижения возле существующих кабельных линий и других инженерных сетей и коммуникаций, проложенных в грунте, обязательно учитывая отведённую охранную зону для них и получая разрешения-согласования на производство работ в данной зоне; выполнения работ и безопасному расстоянию с учётом охранной зоны буровых установок с вблизи к высоковольтным линиям – мачтами, воздушным линиям ЛЭП и так далее.

В случае если земляные, а также другие строительные работы уже произвелись, то заранее подготовленные системы водопонижения обязаны обеспечить возможность подключения водопонижающих устройств, установок и средств с определённым опережением развития водопонижения по отношению с земляными и другими работами по строительству.

Для обеспечения высокой эффективности необходимо осуществлять взаимоувязку водопонижающих мероприятий, земляных и других общестроительных работ.

Строительной организации следует создавать наилучшие условия для производства работ по водопонижению и при необходимости вносить корректировки в методику выполнения тех или других работ для увеличения эффективности процесса. И во избежание дополнительных неучтённых затрат, все строительные работы, которые ведутся с применением водопонижения, должны выполняться без временных перерывов и в кратчайшие сроки.

Литература

1. *Горячев О. М., Прыкина Л. В.* Особенности возведения зданий в стесненных условиях. М.: Лсабспйа, 2003. 272 с.
2. *Горячев О. М., Бунькин И. Ф., Прыкина Л. В.* Организационно технологические основы возведения жилых зданий в стесненных условиях // Механизация строительства. 2004. № 1. С. 6
3. *Колесников В. С., Стрельникова В. В.* Возведение подземных сооружений методом «стена в грунте». Технология и средства механизации. Волгоград: ВолГУ, 1999. 144 с.
4. *Вильман К. А.* Технология строительных процессов и возведения зданий. Современные прогрессивные методы. Москва: АСВ, 2013. 336 с.
5. *Кочергин С. М.* Дренажные системы и очистные сооружения. Москва: Стройинформ, 2007. 272 с.

УДК 69.059.2

Дива Кайкаус Мирова, студент
Вера Михайловна Челнокова,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: diva.mirova@mail.ru

Diva Kaikaus Mirova, student
Vera Mikhailovna Chelnokova,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: diva.mirova@mail.ru

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПРИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА

ORGANIZATION OF WORK PRODUCTION WITH STATE SUPPORT OF ENERGY EFFICIENT CAPITAL REPAIRS

Государство реализует множество программ, основные из них направлены на развитие экономики, улучшение качества жизни, развитие регионов, обеспечение безопасности, повышение эффективности работы государства. Федеральные органы исполнительной власти в настоящий момент ведут работы по 46 государственным программам. Высокий уровень жизни населения является важным показателем развитого государства, одной из программ, направленных на улучшение жизни жителей, является программа финансовой поддержки энергоэффективного капитального ремонта. Сбережение энергоресурсов позволяет сократить одну из значимых статей затрат населения – оплату коммунальных услуг. В данной статье рассматривается организация производства работ при государственной поддержке энергоэффективного капитального ремонта, условия и состав государственной программы, примеры и аналитика результатов проведенных работ, а также представлены зарубежные практики, направленные на применение энергосберегающих мероприятий в строительной отрасли.

Ключевые слова: энергоэффективность, капитальный ремонт, организация работ, коммунальные услуги, государственная поддержка, государственная программа.

The state implements many programs, the main of which are aimed at developing the economy, improving the quality of life, developing regions, ensuring security, and increasing the efficiency of the state. Federal executive bodies are currently working on 46 state programs. The high standard of living of the population is an important indicator of a developed state; one of the programs aimed at improving the lives of residents is the program of financial support for energy-efficient capital repairs. Saving energy resources allows you to reduce one of the most significant items of expenditure of the population - payment for utilities. This article discusses the organization of work with state support for energy-efficient capital repairs, the conditions and composition of the state program, examples and analysis of the results of the work carried out, as well as presents foreign practices aimed at the use of energy-saving measures in the construction industry.

Keywords: energy efficiency, overhaul, organization of work, utilities, government support, government program.

Экономика России уже продолжительное время характеризуется падением реальных доходов населения. Большая площадь страны, богатые природные, человеческие, технические ресурсы при правильном и рациональном управлении могут оказать положительное влияние и раскрыть экономический потенциал России, вывести доходы и уровень жизни населения на качественно лучший уровень. С целью развития экономики, поиска новых подходов и решений следует обратиться к положительному опыту экономически развитых стран.

Одним из основных направлений изучения и совершенствования в странах с сильной экономикой является вопрос сохранения природных ресурсов, поиск альтернативных

источников энергии, экологичное производство. Учет факторов энергосбережения в мире становится все более важным, так как основные энергоресурсы исчерпаемы, научно-обоснованные энергоресурсы пока не эффективны, а экономический и технический потенциал возобновляемых источников энергии крайне низок [1].

В строительной отрасли решение данного вопроса заключается в поиске оптимального сочетания применения энергоэффективных инноваций в проектировании, строительстве и эксплуатации зданий. Все страны Европейского Союза, а также страны Скандинавии разработали программы энергосбережения и создали законодательные нормы и стандарты, регламентирующие требования к энергоэффективности возводимых зданий, а также после 2018 года все новые общественные здания, а после 2020 года все новые жилые здания должны соответствовать требованиям к зданиям с практически нулевым потреблением энергии [2, 3].

В мировой практике активно разрабатывают концепции «пассивных домов», а также домов с «нулевым энергобалансом», цель которых свести потребление энергии в процессе эксплуатации здания к минимуму. Есть и исключительные примеры энергоактивных зданий, которые вырабатывают энергии больше, чем потребляют, таким примером является результат реконструкции высотного здания Венского технического университета (рис. 1). До проведения работ общее потребление энергии составляло около $800 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год, когда типичная офисная новостройка в Австрии имела потребление около $450 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год. Целью реконструкции было – уменьшить общие энергозатраты до $56 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ при одновременном производстве энергии в размере $61 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$, и тем самым превратить здание в дом с положительным энергетическим балансом [4].

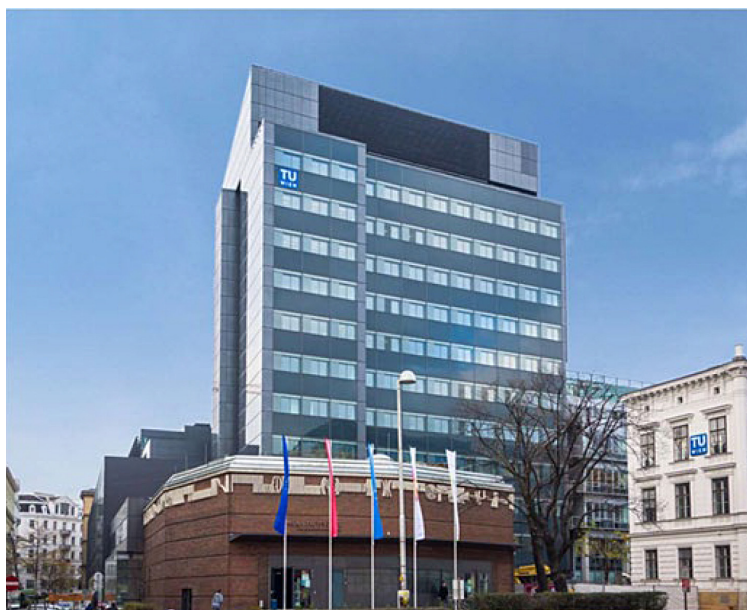


Рис. 1. Фасад Венского технического университета

При реконструкции университета были применены: датчики присутствия и движения, регенеративные источники энергии – солнечные коллекторы (площадью около 2200 м^2), фотоэлектрические панели (рис. 2), лифты класса энергоэффективности выше «А», оснащенные рекуперацией энергии, комнатные контроллеры, светодиодные лампы, а также реализована вентиляция по потребности и замена офисной техники на энергоэффективную.

Россия отличается своей протяженностью и расположением больших территорий в холодном климате, жизнь в таких условиях нуждается в существенных затратах отопления. На сегодняшний день в стране сформировалась проблема, связанная с устаревшими подходами в сфере теплоснабжения зданий, что явилось причиной серьезного отставания российской энергетики от мирового уровня [5].

На федеральном уровне первые требования к тепловой защите зданий в России были прописаны в 1995 году в СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника», большая часть эксплуатируемых на сегодняшний день зданий построена в период с 1946 по 1995 год и их показатели тепловой защиты ниже требуемых [6].

Для решения проблемы возрастающего количества ветхого, аварийного жилья, а также большого количества зданий, нуждающихся в капитальном ремонте, в 2012 году государство внесло изменения в Жилищный кодекс, была изменена система финансирования, сформирован метод привлечения собственников к вопросу проведения ремонтных работ в жилых домах, разработаны два способа формирования фонда средств на специальном счете, либо на счете регионального оператора. В 2013 году введены региональные программы, по которым капитальный ремонт должен производиться с учетом требований энергоэффективности. В 2017 году введена программа государственной поддержки энергоэффективного капитального ремонта.

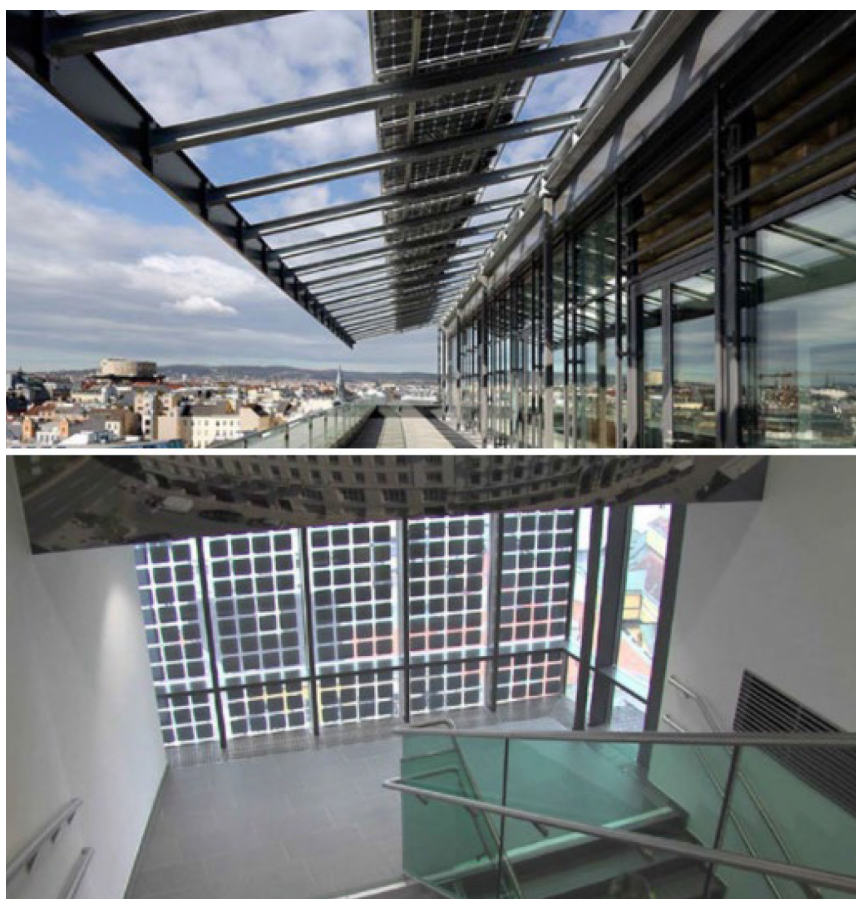


Рис. 2. Дополнительные солнечные коллекторы на крыше и лестничной клетке

Основная цель программы заключается в возмещении денежных средств жильцов на оплату произведенных работ по капитальному ремонту общего имущества многоквартирных домов (МКД) с применением энергосберегающих технологий.

Условие: прогнозируемая экономия коммунальных ресурсов – не менее 10 %.

Требования к МКД, которые могут получить финансовую поддержку:

1. Дом не должен быть признан аварийным и подлежащим сносу или реконструкции.

2. Установлены общедомовые приборы учета (ОДПУ) потребления тепловой и электрической энергии.

3. Расчет потребляемой энергии на основании показаний ОДПУ непрерывно в течение 12 месяцев.

4. При проведении капитального ремонта выполняется одно или несколько мероприятий из перечня, утвержденного Фондом ЖКХ по согласованию с Минстроем России [7].

5. Мероприятия по повышению энергоэффективности МКД осуществляются в рамках договора на проведение капитального ремонта.

Размер поддержки – от 2-х до 4-кратного размера годовой экономии расходов, до 80 % от общей стоимости работ по капитальному ремонту, в ходе которого выполнены мероприятия по повышению энергетической эффективности, но не более 5 млн рублей. Порядок получения поддержки представлен на рис. 3.

Порядок получения финансовой поддержки энергоэффективного капитального ремонта МКД



Рис. 3. Порядок получения финансовой поддержки энергоэффективного капитального ремонта [8]

Значительная доля расходов населения России приходится на оплату коммунальных услуг, из которых большая часть уходит на отопление. Согласно инфографике [9], составленной агентством РИА Рейтинг по заказу РИА Новости доля расходов на оплату ЖКУ среднестатистической семьи по регионам в 2019 году варьируется с 4,9 до 13,7 % (от 2954 рублей до 5802 рублей в месяц), средний показатель для 85 регионов Российской Федерации составляет 9,6 % или 4783 рубля в месяц. Снизить затраты на коммунальные услуги большей части населения, проживающей на территории России можно путем проведения энергоэффективного капитального ремонта многоквартирных домов, расчеты показывают окупаемость энергосберегающих мероприятий в срок до 11 лет, ранжирование мероприятий по сроку окупаемости представлено на рис. 4.

Ранжирование мероприятий по сроку окупаемости

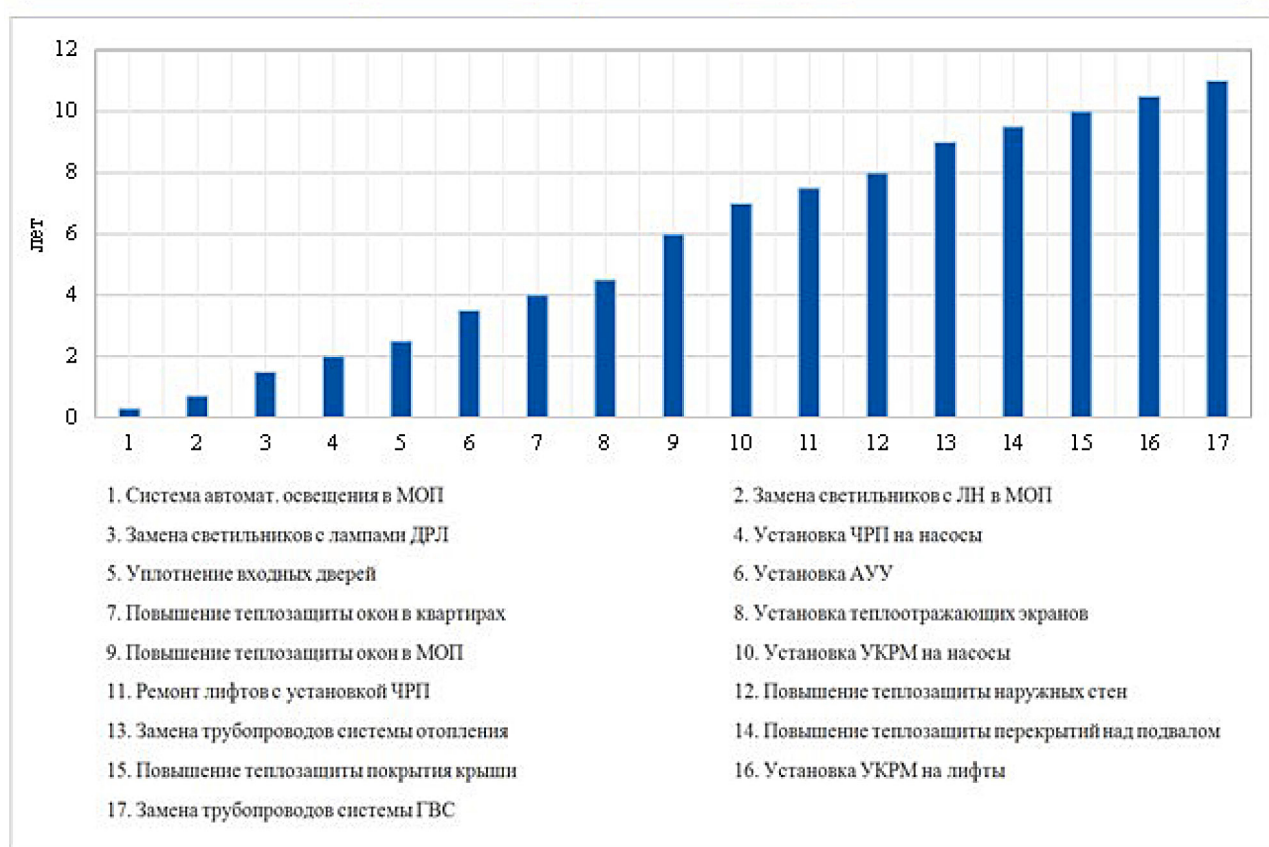


Рис. 4. Сроки окупаемости энергоэффективных мероприятий (названия мероприятий сокращены для удобства восприятия. Источник: ЦЭНЭФ-ХХI)

Результаты проведения программы государственной поддержки энергоэффективного капитального ремонта в 2017–2020 годах:

1. 2017 год – 35 многоквартирных домов, общей площадью 352,37 тыс. кв. м – общая сумма финансовой поддержки – 35,56 млн рублей, экономия на оплату коммунальных ресурсов – около 22 % в год.

2. 2018 год – поддержка не осуществлялась.

3. 2019 год – 49 многоквартирных домов, общей площадью 465 тыс. кв. м – сумма финансовой поддержки – 44,81 млн рублей, экономия на оплату коммунальных ресурсов – около 20 % в год.

4. 2020 год – 124 многоквартирных дома, общей площадью 1077 тыс. кв. м – сумма финансовой поддержки – 125,32 млн рублей, экономия на оплату коммунальных ресурсов – около 22 % в год.

Примеры выполненных работ: Владимирская область, г. Кольчугино, ул. Максимова, д. 25 (рис. 5).



Рис. 5. Пример выполнения работ в г. Кольчугино

Выполненные мероприятия:

1. Утепление фасадных стен минеральной ватой, стоимость – 5 млн рублей.
2. Установка узлов управления и регулирования подачи тепловой энергии, на основе циркуляционных насосов Grundfos, стоимость 1,4 млн рублей.

Результаты:

1. Класс энергетической эффективности здания изменился с E (пониженный), до A+ (высочайший), такому переходу соответствует потенциал экономии энергии от 50 % до 52 % [6], согласно предварительным расчетам показатель экономии энергии для данного МКД = 51,25 %, расчетный размер годовой экономии денежных средств на оплату коммунальных ресурсов равен 1,7 млн рублей в год.

2. Финансовая поддержка, предоставленная государством, составила 5 млн рублей.

3. Работы завершены 30.07.2020 года, результаты работ представлены на рис. 6.



Рис. 6. Работы завершены 30.07.2020

Производство работ в Новосибирской области, г. Бердск, мкр. Северный, д. 19/1 (рис. 7).



Рис. 7. Производство работ в Новосибирской области

Выполненные мероприятия:

1. Установка автоматизированного узла управления системой отопления (АУУ СО) Danfoss, стоимость – 0,4 млн рублей.
2. Повышение теплозащиты окон в местах общего пользования (МОП), стоимость – 0,3 млн рублей.
3. Замена осветительных приборов в МОП на светодиодные, стоимость – 0,1 млн рублей.
4. Другие работы по капитальному ремонту – без применения энергоэффективных мероприятий – 0,6 млн рублей.

Результаты:

1. Класс энергетической эффективности здания изменился с F (низкий), до D (нормальный), такому переходу соответствует потенциал экономии энергии от 32 % до 33 % [6], согласно предварительным расчетам показатель экономии энергии для данного МКД = 32,74 %, расчетный размер годовой экономии денежных средств на оплату коммунальных ресурсов – 0,4 млн рублей в год.
2. Финансовая поддержка, предоставленная государством, составила 0,8 млн рублей.
3. Работы завершены 30.09.2019, результаты представлены на рис. 8.

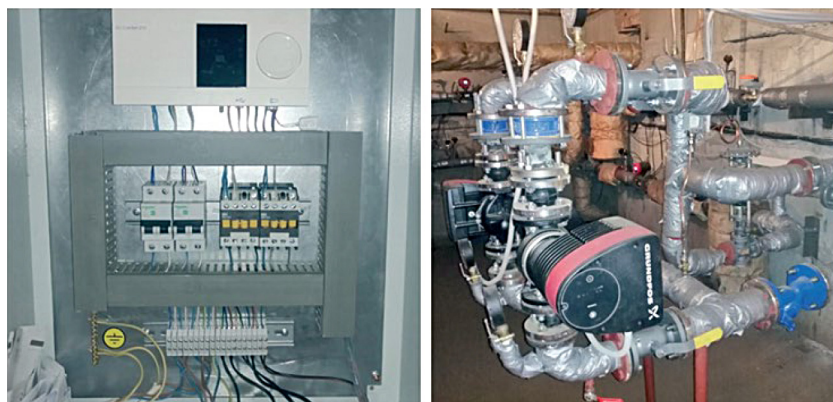


Рис. 8. Работы завершены 30.09.2019

Организацию энергоэффективного ремонта можно разделить на следующие шаги:

1. Сбор исходных данных.
2. Составление списка необходимых к выполнению работ, включая повышение энергетической эффективности здания.
3. Общее собрание собственников.
4. Выбор подрядной организации, подготовка документации.
5. Строительно-монтажные работы.
6. Приемка выполненных работ.
7. Эксплуатация и обслуживание здания.

Порядок выполнения строительно-монтажных работ при проведении капитального ремонта имеет много общих этапов с работами при новом строительстве, такие как формирование ПОС и ППР, технологических карт, ведение специальных журналов, обязательное освидетельствование скрытых работ, составление графика работ, организация строительной площадки. При планировании работ по капитальному ремонту необходимо уделить внимание отличиям и организационным особенностям:

- необходимость и возможность переселения жильцов на время работ;
- учет состояния здания, проведение энергетического аудита;
- анализ качества энергоресурсов: электрической энергии, водо-, газо-, теплоснабжения;
- оценка тепловых потерь, расчет планируемой экономии.

При капитальном ремонте имеют место различные технологии производства работ, в зависимости от выбора определенных методов производства ремонтно-строительных работ, которые в свою очередь, зависят от типа многоквартирного дома, архитектурных и конструктивных особенностей, объемов и условий производства работ [10].

Государственная поддержка энергоэффективного капитального ремонта безусловно положительный шаг на пути к рациональному использованию энергетических ресурсов и сокращению трат жителей. Необходимо также отметить ряд проблем, препятствующих успешному развитию системы капитального ремонта в целом и применению энергосберегающих решений в частности: как правило, ремонтные работы выполняются в минимально необходимых объемах, низкая вовлеченность и информированность собственников ведет к частому игнорированию оплат за капитальный ремонт МКД. Одной из главных проблем является отсутствие или некорректность данных о техническом состоянии домов, износе инженерных сетей, производимых ранее работах, в результате чего региональные программы носят необъективный характер [11]. Решение перечисленных проблем поможет выстроить результативную структуру проведения капитального ремонта, тем самым повысив уровень жизни граждан, снизив траты на коммунальные услуги, минимизируя нерациональное использование энергоресурсов.

Литература

1. *Болотин С. А., Дадар А. Х.* Конвергенция организационно-технологического и архитектурно-строительного проектирования, ориентированного на энергоресурсосбережение при строительстве и эксплуатации зданий: монография [Текст]: под общ. ред. С. А. Болотина; СПб.: СПбГАСУ, 2011. 200 с.

2. *Kartavskaya V. M., Khoroshikh S. A.* Improving the energy efficiency of a residential building // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 880, International Scientific Conference «Investments. Construction. Real estate: new technologies and targeted development priorities-2020» 23–24 April 2020, Irkutsk, Russian Federation.

3. *Ломакин Р. В.* Современные энергосберегающие технологии и перспективы их применения в строительстве / Р. В. Ломакин, С. П. Суворова // Современные достижения и разработки в области технических наук : сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции, Оренбург, 25 сентября 2017 года. Оренбург: Федеральный центр науки и образования «ЭВЕНСИС», 2017. С. 10–13.

4. *Бисмарк М.* Реконструкция в Венском техническом университете / М. Бисмарк // Здания высоких технологий. 2016. Т. 4. № 4. С. 18–21.

5. *Щербакова Д. В., Игнашин О. Э.* Инновации в ЖКХ как путь повышения реальных доходов населения России // Управленческое консультирование. 2021. № 5. С. 146–157.

6. *Мирова Д. К.* Организация энергоэффективного капитального ремонта // Серия «Строительство»: сборник статей магистрантов и аспирантов. Выпуск 4. В 2 томах. Том 2; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2021. С. 57–68.

7. Государственная корпорация — Фонд содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства URL: <https://fondgkh.ru/> (дата обращения 04.10.2021).

8. Постановление Правительства РФ от 17 января 2017 г. № 18 «Об утверждении Правил предоставления финансовой поддержки за счет средств государственной корпорации – Фонда содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства на проведение капитального ремонта многоквартирных домов» (в редакции от 21 декабря 2020 г.).

9. Рейтинг регионов по доле расходов населения на ЖКУ 2020. URL: <https://riarating.ru/infografika/20200915/630180046.html> (дата обращения 05.10.2021).

10. *Лебедева Т. А.* Оценка эффективности ремонтно-строительных работ / Т. А. Лебедева // Вестник Московского информационно-технологического университета – Московского архитектурно-строительного института. 2020. № 1. С. 5–12.

11. *Сапранов С. В.* Основные проблемы развития региональной системы капитального ремонта многоквартирных домов / С. В. Сапранов // Избранные доклады 64-й университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых: Сборник докладов, Томск, 24 апреля 2018 года. Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. С. 867–868.

УДК 69.059.72

Екатерина Сергеевна Семенова,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: semen311097@mail.ru

Ekaterina Sergeevna Semenova,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: semen311097@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ГОРОДА

THE PROBLEM OF IMPROVING ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE RECONSTRUCTION OF BUILDINGS

В последнее время обществом все больше признается необходимость сохранения памятников архитектуры, которые относятся к объектам культурного наследия, но так и не определено отношение общества к жилой застройке, как к важному историческому наследию нашего города. Историческая среда многих российских городов находится часто в тяжелом, практически кризисном состоянии. Это следствие не только социально-экономических причин, но и субъективных факторов, к которым относится качество управления реконструкцией исторической застройки. За последнее время незаконный и необоснованный снос не только не уменьшился, а приобрел массовость: например, с 2003 г. Санкт-Петербург остался без 698 жилых зданий дореволюционной постройки, потеря составила 6,5 % от их общего количества, с 1995 по 2011 гг. В данной статье рассмотрены методы реконструкции старого жилого фонда и границы их применения.

Ключевые слова: историческая застройка, качество реконструкции, социально-экономические причины.

In modern Russia, society recognizes the need to preserve town-planning ensembles and architectural monuments belonging to cultural heritage sites, but the attitude of society to residential historical buildings as a valuable historical heritage of the city has not been determined. The historical environment of many Russian cities is often in a state of crisis, its losses are visible everywhere. This is a consequence of not only objective socio-economic reasons, but also subjective factors, to which we attribute the quality of management of the reconstruction of the historical buildings of cities. In recent years, the unjustified and in many cases illegal demolition of historical buildings not only did not decrease, but acquired a truly massive character: since 2004, St. Petersburg was left without 698 residential buildings of pre-revolutionary construction - the loss amounted to 6.5 % of their total number, since 1995 to 2011. The article discusses the methods of reconstruction of the old housing stock and the boundaries of their application.

Keywords: historical buildings, reconstruction quality, socio-economic reasons.

Введение

Проблема реконструкции жилой застройки исторических центров городов затрагивает два основных аспекта: во-первых, культурно-историческая значимость и ценность жилых зданий, которые формируют исторический облик города, взаимодействуют с памятниками, и являются их достойным дополнением. Во-вторых, это жилая среда для постоянных жителей центральных районов города, обычных горожан и туристов. Поэтому важно сохранять и улучшать качество жилой застройки с помощью комплексной реконструкции.

Таким образом, возникла необходимость в анализе существующих методик развития организационно-технологических решений при реконструкции, основанной на выявлении основных особенностях, новых тенденциях, сильных и слабых сторон.

Реконструкция напрямую связана с восстановлением эксплуатационных показателей и усилением несущих элементов зданий, что требует особого подхода к конструктивным решениям. При реконструкции необходимо применение усиления конструкций и специальных методов монтажа, чтобы можно было свести к минимуму остановку работы предприятий. Для того чтобы осуществить работы по реконструкции необходимо дать оценку техническому состоянию зданий и сооружений.

Важнейшей частью оценки является обследование. В результате обследования должна быть определена несущая способность эксплуатационная пригодность строительных конструкций и оснований с целью дальнейшего их использования при разработке проекта реконструкции.

Материалы и методы

Первый метод предполагает сохранение большинства конструкций. Перепланировку квартир изменяют, увеличивая площадь прихожей, кухонь и т. д. [1].

Второй метод представляет собой полную перепланировку. Площадь кухонь увеличивают, используют части жилых комнат для размещения подсобных служб, но в тоже время не нарушают несущие конструкции, благодаря этому сохраняется первоначальная прочность здания.

Увеличение строительного объема здания позволяет эффективно решать задачи строительства комфортного жилья. Реконструкция ведет к расселению жильцов, что является экономически затратным мероприятием и не всегда выполнимо. В ходе выбора варианта конструктивно-технологических решений, учитываются интересы всех участников: жильцов, управляющей компании, жителей соседних домов, властей, инвестора. Несмотря на это, конструктивно-технологические решения являются эффективными в использовании, если осуществляются по критериям оценки [1].

На данный момент разработано много проектов реконструкции пятиэтажных жилых зданий, которые можно разделить на три группы:

- изменение функционального назначения жилых помещений в общественные (рис. 1);



Рис. 1. Методы реконструкции старого фонда

- глубокий вариант, который предполагает надстройку пятиэтажных домов до десяти и более этажей, возведения пристроек и расширения лоджий;
- мини-модернизация, которая основана на расширении балконов и лоджий, декоративно-теплозащитной отделке фасадов, смене дверных и оконных блоков и по возможности минимальной перепланировке, которая может быть выполнена без отселения жителей.

Еще одним направлением реконструкции является изменение назначения жилых помещений, например в общественное (офис, торговое и т. д.). Оно связано с перепланировкой помещений в соответствии с новым функциональным назначением, а также с повышением пожаро-и звукоизолирующими требованиями к ограждающим конструкциям реконструируемых помещений [2].

При реконструкции жилых домов первого поколения типовых проектов, нужно решать многие вопросы, благодаря которым можно устранить недостатки, имеющиеся в домах и помочь повысить комфортность проживания согласно современным требованиям. К ним относятся:

- внутренняя перепланировка, которая находится в пределах существующих габаритов здания;
- уширение здания, оно выполняется за счет дополнительно пристраиваемых объемов;
- пристройка и надстройка;
- устройство мусоропроводов и лифтов;
- утепление ограждений и улучшение звукоизоляции межквартирных стен, перекрытий.
- ликвидация эксплуатационных недостатков (ремонт стыков, балконных плит, устранение сверхнормативных прогибов перекрытий и др.) [3].

Внутреннюю перепланировку в пределах существующих габаритов легче всего выполнить в домах с тремя продольными несущими стенами. В этом случае предлагают ликвидировать проходные комнаты, увеличить площадь кухонь, заменить совмещенные узлы раздельными, а балконы – лоджиями.

Чтобы сделать общую комнату непроходной, необходимо создать коридор за счет уменьшения глубины помещения или превратить двухкомнатную квартиру в однокомнатную. В результате такой перепланировки пропорция общей комнаты улучшается, и ее форма приближается к квадрату. В тоже время за счет переноса ванной из совмещенного санузла вглубь квартиры площадь кухни увеличилась. Замена балкона на утепленную лоджию с включением ее в общую площадь гостиной позволило компенсировать потери, связанные с устройством коридора [4].

Полученные результаты

Проведенный анализ технического обследования домов старой постройки в Санкт-Петербурге показывает, что до 75 % составляют дома, построенные до 1985 г., в том числе половина до 1945 г. и они являются объектами культурного наследия (рис. 2) [5].

Решение проблемы реконструкции и капитального ремонта осуществляется не в полной мере. Для комплексного решения проблемы реконструкции и аварийного жилья возникает необходимость создать механизм принятия оптимальных организационно-технологических и конструктивных решений с учетом рентабельности и надежности инвестиционных проектов [6].

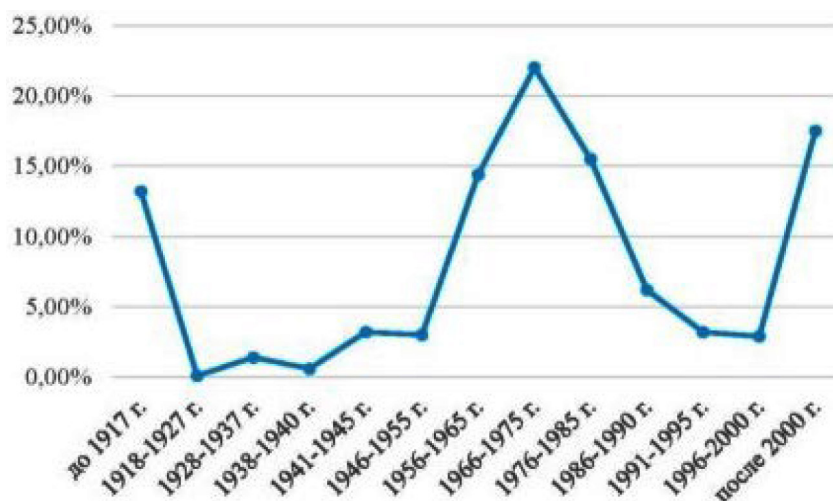


Рис. 2. Процентное соотношение жилого фонда по периодам постройки

Вывод

Реконструкция любого здания или сооружения связана с решением ряда вопросов, относящихся не только к определенному району, но и ко всему городу в целом. Она имеет широкий диапазон для принятия решений: снос, модернизация, встройка, обстройка, надстройка нескольких этажей. Реконструкция связана с необходимостью осторожного и бережного подхода к сложившейся застройке. При реконструкции зданий и сооружений необходимо полностью учитывать, как социальные, градостроительные задачи, так и экономически-техническую эффективность ее проведения [7].

Анализ технического обследования домов старой постройки Санкт-Петербурга, который проводился для обоснования необходимости и определения объемов работ по капитальному ремонту, показывает, что объекты обследования обладают надежностью конструкций, которые позволяют осуществлять работы по реконструкции, в том числе связанные с надстройкой этажей для получения дополнительных площадей с наименьшими затратами.

Реконструкция городской среды должна проводиться на основе долгосрочной экономической и градостроительной стратегии, которую необходимо разделить на этапы. В первую очередь следует реконструировать здания или сооружения, имеющие наибольший моральный и физический износ. В целом последовательность работ является системной задачей при полном учете экономических, социальных и градостроительных критериев [8].

Литература

1. Абрамян С. Г., Чередниченко Т. Ф., Николаев Ю. Н. Технология и организация реконструкции и капитального ремонта зданий и сооружений : учеб. пособие. Волгоград, 2009. 105 с.
2. Михайлов А. Ю., Организация строительства. Календарное и сетевое планирование; учебное пособие. М., Инфра-Инженерия, 2016. 296 с. <https://avidreaders.ru/read-book/organizaciya-stroitelstva-kalendarnoe-i-setevoe-planirovanie.html>
3. Соболев В. И. Оптимизация строительных процессов. Ростов н/Д.: Феникс, 2006. 256 с.
4. Рыжевская М. П. Организация строительного производства: учеб. – Минск: РИПО, 2016 308 с. <https://www.studentlibrary.ru/ru/doc/ISBN9789855035573-SCN0000/000.html>

5. *Травин В. И.* Капитальный ремонт и реконструкция жилых и общественных зданий: Учебное пособие для архитектурных и строительных спец. вузов// Серия «Учебники и учебные пособия». Ростов на Дону: Изд-во «Феникс», 2013 256 с. <http://www.amac.md/Biblioteca/data/29/02/02/12/10.2.pdf>
6. *Шагин А. Л.* Реконструкция зданий и сооружений. Учебное пособие для студентов строительных специальностей ВУЗов., Москва, Высшая школа, 2014 г. 352 с. <https://dwg.ru/dnl/6069>
7. *Федоров В. В.* Реконструкция зданий, сооружений и городской застройки / В. В. Фёдоров. Москва : ИНФРА-М, 2008. 224 с.
8. *Маилян Л. Р.* Справочник организатора строительного производства, 2009. 546 с. <https://dwgformat.ru/book-review/spravochnik-organizatora-stroitel'nogo-proizvodstva-l-p-mailyan-t-a-hezhev-h-a-hezhev-a-l-mailyan/>

РИСКИ И АНАЛИЗ РИСКОВ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ГЛУБОКИХ КОТЛОВАНОВ В УСЛОВИИ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

RISKS AND RISK ANALYSIS FOR DEEP BOILER DEVELOPMENT IN DENSE URBAN CONDITIONS

В настоящее время интенсивно ведется освоение подземного пространства. В условиях стесненной городской застройки все чаще проектируются здания и сооружения, имеющие небольшие геометрические характеристики в плане, но с большим объемом освоенного подземного пространства. В связи с этим тема возникновения рисков при устройстве глубоких котлованов является актуальной на сегодняшний день.

В данной статье выявлены основные риски при возведении зданий и сооружений в условиях стесненной городской застройки, а также проведен качественный и количественный анализ на примере конкретных рисков методом и экспертной оценки и методами на основе метода Монте-Карло в программном комплексе Primavera Risk Analysis.

Ключевые слова: риск, количественный, качественный котлован, методы.

At present, the development of the underground space is being intensively carried out. In the conditions of cramped urban development, buildings and structures are increasingly being designed that have small geometric characteristics in terms of, but with a large volume of developed underground space. In this regard, the topic of the emergence of risks in the construction of deep pits is relevant today.

This article identifies the main risks in the construction of buildings and structures in a cramped urban environment, as well as a qualitative and quantitative analysis using the example of specific risks using the method and expert assessment and methods based on the Monte Carlo method in the Primavera Risk Analysis software package.

Keywords: risk, quantitative, qualitative foundation pit, methods.

Введение

В стесненной городской застройки сложилась непростая задача возведения глубоких котлованов для строительства многоэтажных домов, домов с подземными парковками и техническими этажами. Данная проблема усугубляется наличием слабых грунтов в местах разработки будущих котлованов. В результате строительства старые здания, находящиеся в непосредственной близости от разрабатываемого котлована, нередко получают повреждения с возможным аварийным исходом. Например, в Санкт-Петербурге за последние 20 лет опасно повреждено более 70 зданий [1].

При экскавации глубоких котлованов выделяют 3 основные группы рисков [2]:

1. Риски, связанные с опасностями для производителей работ: 1) падение или смещение крупных фрагментов грунта или падения камней, грузов инженерной техники или ее фрагментов на производителей работ; 2) неправильное размещение разработанного грунта, грузов или инженерной техники в отступлении от требований проекта; 3) нарушение техники безопасности при ведении работ.

2. Риски, относящиеся к разрушением возводимых конструкций: 1) производство работ с нарушением их порядка, отступление от проекта и принятых в проекте технических решений; 2) наличие дополнительных воздействий, связанных с наличием аварийных водонесущих коммуникаций, расположенных на прилегающей территории; 3) наличие непроходимых препятствий; 4) некачественное выполнение ограждающих конструкций котлована, некачественные строительные материалы и изделия; 5) ошибки при проведении инженерно-геологических изысканий; 5) наличие в грунте конструкций, коммуникаций или полостей, которые не были задокументированы в рамках изысканий; 6) уход за бетоном при устройстве «стены в грунте»; 7) выход из строя элементов распорной системы или анкерного крепления; 8) наличие непроходимых препятствий.

3. Риски, связанные с разрушением конструкций окружающей застройки: 1) сверхождаемые технологические осадки при усилении фундаментов зданий; 2) разрушение или повреждение конструкций примыкающих зданий, вызванные проведением работ по экскавации котлованов; 3) повреждения, связанные с наличием существенных дефектов в ограждающих конструкциях котлованов; 4) существенное ослабление зданий, вызванное его недокументированными перепланировками, не выявленными в ходе обследования; 5) наличие дефектов конструкций, скрытых при проведении косметических ремонтов; 6) повреждение коммуникаций при разработке грунта; 7) предыдущее нарушение грунта, при ранее проведенных земляных работах, (наличие разуплотненных участков, полостей, вспомогательных конструкций, грунтовых анкеров и т. д.); 7) повреждения, связанные с механической суффозией при проведении работ строительного водопонижения; 8) наличие вибраций, способных приводить к тиксотропному разжижению грунтов и дополнительным осадкам основания.

Методы, используемые в задачах анализа риска

Оценка рисков производится количественным и качественным подходами.

Качественная оценка рисков – это оценка при ограниченности необходимых данных или сопоставимого опыта при строительстве подобных проектов для численного выражения риска. Качественная оценка выполняется методом экспертных оценок, базирующегося на оценки рисков квалифицированными специалистами строительных и проектных организаций, имеющих опыт строительства в условиях плотной городской застройки (а так же специалисты высших учебных заведений строительного профиля, специалисты НИИ специализирующихся по данной теме), с последующей обработкой результатов.

Качественная оценка рисков в основном применяется для определения уровня вероятности возникновения рисков. Недостатком метода экспертных оценок является большое количество времени, затрачиваемое на подготовку и реализацию всех этапов, отсутствие какой-либо специализированной базы данных или достаточного объема статистического материала и исходных данных, специализированного программного обеспечения для обработки результатов работы экспертов, а так же отсутствие возможности развития совместной экспертной идеи, т. к. эксперты пользуются только своим опытом и мыслями при ранжировании рисков.

После подбора экспертов на основе их компетентности, опыта, учёной степени и звании, стаже работы, наличии учёных трудов и иных достижений связанных с их профилем работы, необходимо провести ранжирование величин каждого риска, Для ран-

жирования рекомендуется оценивать вероятность наступления каждого из возможных неблагоприятных событий, выделяя наиболее важные факторы. Если группа экспертов не достигает согласованного мнения, ее состав должен корректироваться. Если согласованное мнение достигнуто, должна оцениваться величина ожидаемых от наступления факторов риска нежелательных последствий.

Рассмотрим оценку рисков при строительстве в условиях плотной городской застройки с устройством глубоких котлованов качественным способом на основании метода экспертных оценок [2, 29 с].

Для ранжирования экспертам были предоставлены следующие основные риски:

- деформация грунтов на этапе откопки котлована;
- выход из строя элементов распорной системы или анкерного крепления;
- возможность проявления скрытых дефектов;
- незадекларированные коммуникации и части старых фундаментов при устройстве котлована.

После ранжирования рисков и определения (при необходимости изменения состава экспертов/параметров риска) согласованности экспертов, экспертами была составлена шкала числовых значений рисков, представленная в табл. 1, которая позволяет принять решения по управлению каждым риском.

Таблица 1

Шкала числовых значений рисков

Риски	Оценка вероятности наступления событий, P_i	Численное выражение возможного ущерба от наступления неблагоприятного события, Y_i	Шкала числовых значений рисков, R_i	Уровень риска	Планируемые действия
1	2	3	4	5	6
Деформация грунтов на этапе откопки котлована	3	2	6	Низкий риск	Незначительные мероприятия по усилению зданий окружающей застройки (цементация контакта-фундамент грунт, разделительные экраны и т. д.) или конструктивные изменения в проекте ограждения котлована и распорной системы [3]
Выход из строя элементов распорной системы или анкерного крепления	4	5	20	Высокий риск	Строительные работы прекращаются до тех пор, пока степень риска не будет уменьшена: требуются дополнительные затраты и кардинальные изменения проектных решений. Все работы нужно выполнять в точном соответствии с СП.248.1325800.2016

1	2	3	4	5	6
Возможность проявления скрытых дефектов	2	4	8	Средний риск	На каждом этапе устройства котлована необходимо проводить работы по контролю качества строительства: 1) проверка рабочей документации; 2) контроль качества и соответствия строительных материалов, соблюдения правил складирования; 3) мониторинг качества строительства: проверка качества выполненных строительно-монтажных работ на соответствие проектным решениям, нормативным и технологическим требованиям; выявление дефектов; контроль
Возможность проявления скрытых дефектов	2	4	8	Средний риск	точности геодезических параметров сооружений; 4) проверка исполнительной документации и исполнительных геодезических съемок; 5) итоговая проверка соответствия законченного строительством объекта утвержденной, проектной и рабочей документации [3]
Недостаточная изученность территории будущего строительства	2	3	6	Средний риск	Перед началом строительства необходимо изучить архивные материалы, в которых можно установить наличие загрязнений грунта и грунтовых вод, получить сведения о пустотах, заброшенных шахтах, военных действиях, проходивших на данной территории [3].

Количественная оценка риска применяется на всех стадиях разработки проектной документации, когда есть полный объем необходимых данных для определения числовых значений прогнозируемых деформаций возводимого котлована и окружающей застройки. На основе полученных результатов осуществляется выбор оптимального варианта строительства и инженерной защиты зданий и сооружений, находящихся в зоне влияния строительства, наиболее экономически целесообразного в условиях рассматриваемого строительства [2].

Проведем анализ количественной оценки с помощью программы *Oracle Primavera Risk Analysis*.

Oracle Primavera – ведущий мировой поставщик локальных и облачных решений для управления корпоративным проектным портфелем (EPPM). Руководители компаний, представляющих различные отрасли, выбирают решения *Oracle Primavera* для оптимальной реализации стратегий, отладки процессов и улучшения финансовых показателей [4].

Primavera Risk Analysis – решение для анализа рисков, связанных с издержками и сроками реализации, на протяжении всего жизненного цикла проекта. *Primavera Risk Analysis* позволяет автоматизировать наиболее затратный по времени процесс анализа рисков [5].

Порядок оценки рисков в *Primavera Risk Analysis* [6, 7]:

1. Создание календарного графика по устройству котлована и определение продолжительности каждой работы с оптимистичным и негативным исходом в 20 % при помощи метода Монте-Карло (рис. 1);
2. Создание шкалы оценки Влияния-Вероятности на основе шкалы числовых значений рисков (рис. 2);
3. Определение вероятности рисков и выбор значений влияния риска на параметры проекта, ввод параметров управляемости риском, расчёт системой балла риска (рис. 3);
4. Назначение вероятности наступления рисков до и после принятия мер по их снижению, назначение рисков на работы (рис. 4);
5. Расчёт модели с необходимым количеством итераций (1000) методом Монте-Карло с наступлением рисков без их смягчения (рис. 5, а);
6. Расчёт модели с необходимым количеством итераций (1000) методом Монте-Карло с наступлением рисков, подверженных применению действий по их смягчению (рис. 5, б);
7. Анализ полученных результатов.

Моделирование Монте-Карло. Метод анализа, при котором компьютерная модель повторяется много раз, причем входные значения выбираются случайным образом для каждой итерации, управляемой входными данными, включая распределения вероятностей и вероятностные ветви. Выходы генерируются для представления диапазона возможных результатов проекта [8].



Рис. 1. Создание календарного графика по устройству котлована и определения продолжительности каждой работы с оптимистичным и негативным исходом в 20 % при помощи метода Монте-Карло

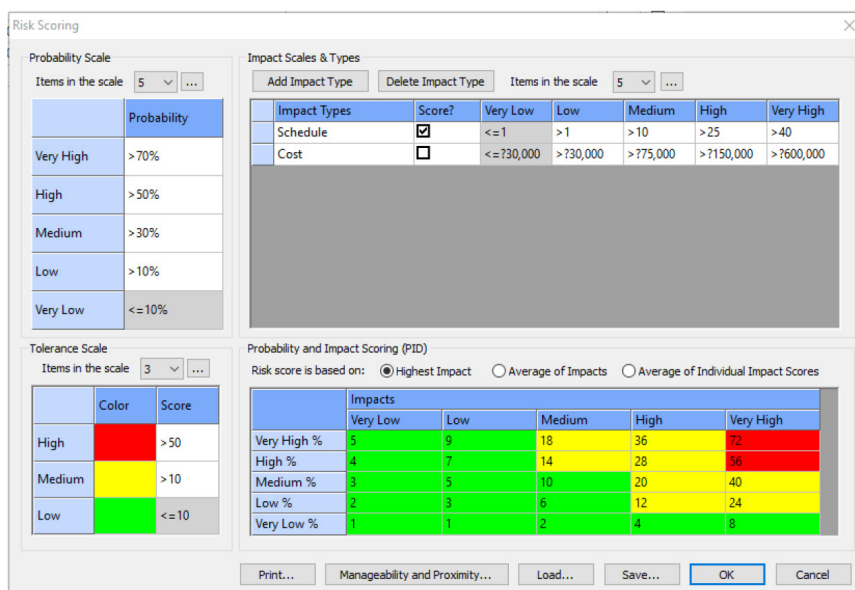


Рис. 2. Создание шкалы оценки Влияния-Вероятности

Risk Register

File Edit View Tools Reports Help

Qualitative Quantitative

Risk			Pre-Mitigation (Data Date = 05/10/21)			Mitigation
ID	T/O	Title	Probability	Schedule	Score	Response
001	T	Деформация грунтов на этапе разработки котлована	M	L	5	Accept
004	T	Выход из строя элементов распорной системы или а...	H	VH	56	Reduce
003	T	Возможность проявления скрытых дефектов	L	H	12	Reduce
002	T	Незадекларированные коммуникации и части старых...	L	M	6	Accept

Рис. 3. Определение вероятности рисков и выбор значений влияния риска на параметры проекта, ввод параметров управляемости риском, расчёт системой балла риска

Risk Register

File Edit View Tools Reports Help

Qualitative Quantitative

Pre-mitigated Post-mitigated

Risk View Task View

ID	T/O	Title	Quantified	Probabili...	Impacted Task ID(s)
001	T	Деформация грунтов на этап...	<input type="checkbox"/>	40%	0050
004	T	Выход из строя элементов ра...	<input checked="" type="checkbox"/>	60%	0060
003	T	Возможность проявления ск...	<input checked="" type="checkbox"/>	20%	0090,0060,0040
002	T	Незадекларированные комм...	<input type="checkbox"/>	20%	0030,0090,0040,0050

0010 - Разработка котлована

- 0020 - Подготовительный период
- 0030 - Расчистка площадки для котлована
- 0040 - Устройство ограждения котлована шпунтом
- 0050 - Разработка грунта
- 0060 - Устройство распорной системы котлована
- 0070 - Начало
- 0080 - Конец
- 0090 - Дренаж и водоотведение

Risk Register

File Edit View Tools Reports Help

Qualitative Quantitative

Pre-mitigated Post-mitigated

Risk View Task View

ID	T/O	Title	Quantified	Probabili...	Impacted Task ID(s)
001	T	Деформация грунтов на этап...	<input type="checkbox"/>	40%	0050
004	T	Выход из строя элементов ра...	<input checked="" type="checkbox"/>	5%	0060
003	T	Возможность проявления ск...	<input checked="" type="checkbox"/>	5%	0090,0060,0040
002	T	Незадекларированные комм...	<input type="checkbox"/>	20%	0030,0090,0040,0050

0010 - Разработка котлована

- 0020 - Подготовительный период
- 0030 - Расчистка площадки для котлована
- 0040 - Устройство ограждения котлована шпунтом
- 0050 - Разработка грунта
- 0060 - Устройство распорной системы котлована
- 0070 - Начало
- 0080 - Конец
- 0090 - Дренаж и водоотведение

Рис. 4. Назначение вероятности наступления рисков до и после принятия мер по их снижению, назначение рисков на работы

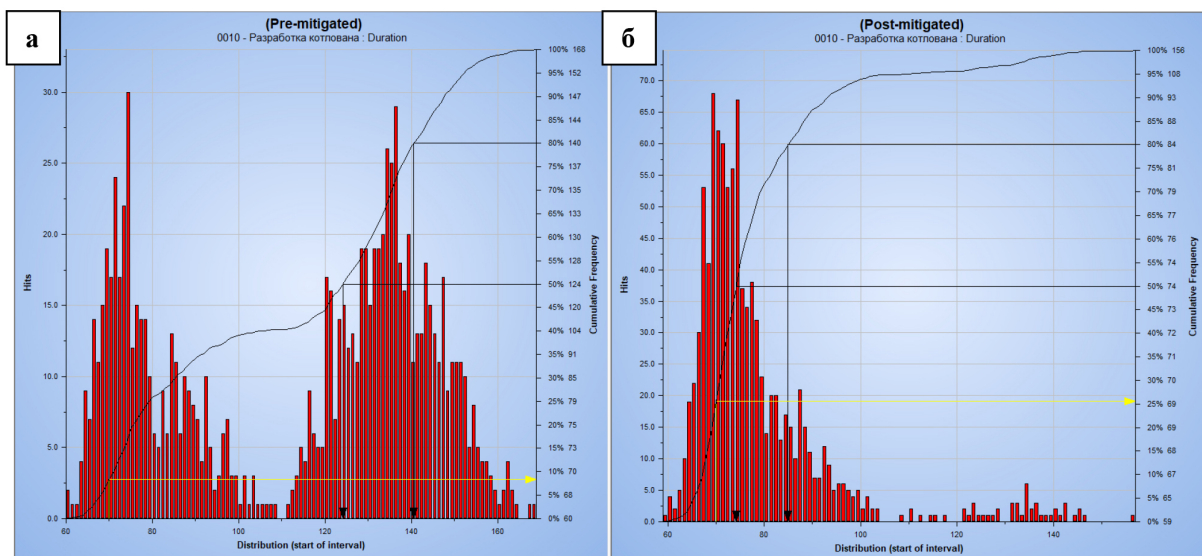


Рис. 5. Расчёт модели с необходимым количеством итераций (1000) методом Монте-Карло

Анализ

На рис. 5, а показано, что при наступлении рисков и их последствий с вероятностью: в 50 % продолжительность работ по устройству котлована составит 124 дня, в 80 % продолжительность работ по устройству котлована составит 140 дней; в 8 % продолжительность работ по устройству котлована составит 69 дней (количество дней по календарному графику). Минимальная продолжительность работ по устройству котлована составит 60 дней, максимальная 168 дней, а средняя 112 дней.

На рис. 5, а мы видим 2 характерные параболы, говорящие о неравномерном распределении рисков по каждой работе.

На рис. 5, б показано, что при наступлении смягченных рисков и их последствий с вероятностью: в 50 % продолжительность работ по устройству котлована составит 74 дня, в 80 % продолжительность работ по устройству котлована составит 84 дня; в 26 % продолжительность работ по устройству котлована составит 69 дней (количество дней по календарному графику). Минимальная продолжительность работ по устройству котлована составит 59 дней, максимальная 156 дней, а средняя 78 дней.

На рис. 5, б мы видим характерную параболу для метода Монте-Карло, слегка растянутую по горизонтали, что является следствием неравномерного распределения рисков (после их смягчения) по каждой работе.

Вывод

Рассмотрев 2 способа оценки рисков (качественный и количественный) при устройстве глубоких котлованов в условиях плотной городской застройки, удалось объединить их в итоговую модель для формирования общего представления по ситуации в конкретном проекте. Данная практика может быть очень полезной на примере разработки реальных котлованов и не только, для оперативного выявления рисков, их оценок и принятия мер по снижению наиболее опасных рисков, которые с большой вероятностью могут повлиять на продолжительность и стоимость проекта.

Литература

1. Салимгариева Н. И. Проблемы, возникающие при возведении новых зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки / Н. И. Салимгариева, С. В. Калошина // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2012. Т. 4. С. 105–110.
2. Оценка риска, связанного с устройством глубоких котлованов в условиях плотной городской застройки. Методические рекомендации. Москва, 2020. 56 с.
3. Чунюк Д. Ю. Возможные риски при устройстве глубоких котлованов и методы их оценки / Д. Ю. Чунюк, А. В. Краснова // Естественные и технические науки. 2014. № 9–10(77). С. 384–386.
4. Oracle Primavera: [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://www.oracle.com/ru/applications/primavera/solutions/products.html> (дата обращения 01.10.2021).
5. Ваганов П. С. Построение подсистемы управления рисками в ИСУП (на базе по Oracle Primavera) / П. С. Ваганов // Информационные технологии в бизнесе : материалы 7-й Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 15–17 июня 2011 года / Под редакцией В.В. Трофимова, В. Ф. Минакова. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2011. С. 155–157.
6. ЗАО «ПМСОФТ»Primavera Руководство администратора, версия 4.1, 2005, 530 с.
7. Primavera Risk (Pertmaster) Training Modules by Prcsoftware: [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLE2C3FCFCE9166330> (дата обращения 02.10.2021).
8. A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide). Project management institute, PMI. Sixth edition. 2017. 756 с.

УДК 624.05

Вэйхао Суй,

студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: swh6781@mail.ru

Weihaoh Sui,

student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: swh6781@mail.ru

ЗАРУБЕЖНАЯ ПОЛИТИКА И НОРМАТИВНЫЕ АКТЫ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

FOREIGN POLICY AND REGULATIONS IN THE FIELD OF GREEN BUILDING

Строительный сектор всегда был экологической и энергетической проблемой, и конфликт между высоким энергопотреблением, загрязнением окружающей среды и стратегиями устойчивого развития становится все более острым. Практика зеленого строительства, несомненно, является очень сложным системным проектом, который требует не только инженеров с экологической философией и соответствующим подходом к проектированию, но и менеджеров и клиентов с сильным экологическим сознанием. Участие этого многоуровневого партнерства требует создания четкой системы оценки и сертификации в процессе предвидения, с количественными показателями достижения экологических целей проекта здания, и количественными показателями для измерения степени достижения желаемых экологических характеристик.

Ключевые слова: зеленое строительство, система оценки, энергосбережение, политика, стимулы.

The construction industry has always been an environmental and energy issue, and the contradiction between high energy consumption, environmental pollution and sustainable development strategy is becoming more and more acute. The practice of green building is undoubtedly a very complex systemic project that requires not only engineers with an environmental philosophy and appropriate design methods, but also managers and clients with a strong environmental awareness. Engaging in this multi-level partnership requires a clear system of assessment and certification in a forward-looking process, quantitative indicators that the environmental goals of the building are being achieved, and quantitative indicators to measure the extent to which the desired environmental performance is being achieved.

Keywords: green building, evaluation system, energy conservation, policy, incentives.

Траектория развития зеленых зданий в развитых странах достигла той точки, когда зрелый и культовый режим работы заключается в том, что все по совпадению создали системы оценки зеленых зданий. С 1990-х годов в разных странах мира были разработаны различные типы систем оценки зеленого строительства (рис. 1).

Система оценки зеленого строительства внесла значительный вклад в практику и продвижение зеленого строительства. В России зеленое строительство еще только зарождается, в отличие от США и стран ЕС, где уже разработана и успешно функционирует система зеленых стандартов, самыми известными из которых являются: BREEAM в Великобритании, LEED в США, CASBEE в Японии, GBTool в Канаде, NABERS в Австралии.

Здание должно быть безопасным, комфортным, а также бережливым в смысле потребления природных ресурсов – это аксиома строительства по зеленым стандартам [1–3].

Практика сертификации объектов по зеленым стандартам в России достаточно редка и не развита. Отсутствует четкая методология или описание применения зеленых стандартов российскими архитекторами, инженерами и смежными специалистами. Кроме того, сегодня не существует единого, национального зеленого стандарта, учитывающе-

го все местные особенности и конфликты, возникающие при применении международных зеленых стандартов [4–6].



Рис. 1. На карте мира выделены страны с различными зелеными стандартами*

В России разработан национальный стандарт СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011 «Зеленое строительство здания жилые и общественные. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания». Стандарт утвержден и введен в действие решением Национального объединения строителей от 14 октября 2011 года.

Британская рейтинговая система BREEAM

В 1990 году был опубликован метод экологической оценки Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM), первый в мире стандарт зеленого строительства. Стандарт BREEAM был разработан институтом строительных исследований (BRE) совместно с рядом исследователей из частного сектора [7,8].

Целью системы BREEAM является предоставление авторитетного руководства по практике экологичного строительства с целью снижения негативного воздействия зданий на глобальную и региональную окружающую среду. Объектов проходят сертификацию, по системе BREEAM – 598 тыс. зданий и свыше 2321 тыс. соответственно [9]. Система охватывает диапазон от основного источника энергии для здания до экологической ценности участка, с акцентом на экологическую устойчивость, охватывает широкий спектр аспектов социальной и экономической устойчивости.

Это единственная в мире система оценки экологического строительства, которая является одновременно международной и местной по своей природе, благодаря своей основной философии «местной адаптации и сбалансированных преимуществ». Это набор критериев для оценки зеленых зданий, также устанавливает передовую практику проектирования зеленых зданий. Таким образом, наиболее авторитетным международным стандартом для описания экологических характеристик зданий.

* Австралия: Nabers, Green Star. 2. Бразилия: AQUA, LEED Brazil. 3. Великобритания: BREEAM. 4. Германия: DGNB, CERNEUS. 5. Гонконг: HK BEAM. 6. Индия: Indian GBC, Green Building Construction India, GRIHA. 7. Индонезия: GBC Indonesia, Greenship. 8. Испания: VERDE. 9. Канада: LEED Canada, Green Globes, Built Green Canada. 10. Китай: GBAS. 11. Малайзия: GBI Malaysia. 12. Мексика: LEED Mexico. 13. Новая Зеландия: Green Star NZ. 14. Объединенные Арабские Эмираты: Estidama. 15. Португалия: Lider A, SBToolPT. 16. Сингапур: Green Mark. 17. США: LEED, Living Building Challenge, Built it Green, ENERGY STAR. 18. Таиланд: TREES. 19. Турция: Yesilibina. 20. Филиппины: BERDE, Philippine GBC. 21. Финляндия: PromisE. 22. Франция: HQE. 23. Швейцария: Minergie. 24. Япония: CASBEE. 25. Россия: CAP СПЗС, СТО НОСТРОЙ.

BREEAM – это рейтинговая система, разработанная для владельцев, проектировщиков и арендаторов зданий, чтобы определить соответствующие показатели зеленого рейтинга на основе характеристик самого здания. Используется для оценки эффективности здания на протяжении всего его жизненного цикла. Это включает выбор участка, проектирование, строительство и использование с начала этапа проектирования здания до окончательного сноса. Экологические показатели всех этапов оцениваются с помощью ряда экологических вопросов по четырем основным направлениям: глобальные вопросы, региональные вопросы, вопросы внутри помещений и вопросы управления. По мере развития инженерной практики и изменения законодательства, касающегося зданий и окружающей среды, BREEAM ежегодно пересматривается, чтобы идти в ногу с изменениями в обществе. Добавляются новые элементы, некоторые устаревшие положения исключены.

Сегодня система BREEAM признана и поддерживается всеми отраслями в Великобритании и во всем мире. Вокруг света более 110 000 зданий прошли сертификацию BREEAM и более 500 000 подали заявку на сертификацию. Благодаря системе BREEAM Британский институт строительных исследований (BIBR) помог Программе ООН по окружающей среде (UNEP) и другим международным организациям, включая Нидерланды, Францию, Россию, Испанию, Саудовскую Аравию и Объединенные Арабские Эмираты, получить сертификат BREEAM. организации и страны, включая Нидерланды, Францию, Россию, Испанию, Саудовскую Аравию, ОАЭ и другие, для создания экологически чистого строительства, применимого на местном уровне.

Система BREEAM помогла Программе ООН по окружающей среде и организациям и странам, включая Нидерланды, Францию, Россию, Испанию, Саудовскую Аравию и ОАЭ, создать применимые на местном уровне критерии оценки зеленого строительства. К ним относятся глобальная штаб-квартира HSBC, британская штаб-квартира PricewaterhouseCoopers, британская штаб-квартира Unilever и лондонская штаб-квартира Stuttgart. Система оценки BREEAM использовалась для оценки и сертификации ряда всемирно известных достопримечательностей, включая глобальную штаб-квартиру HSBC, штаб-квартиру PwC в Великобритании, штаб-квартиру Unilever в Великобритании, лондонскую башню Стелла, парижскую площадь Эрмитаж и торговый центр Central Museum в Германии.

Американская рейтинговая система LEED

LEED – это американская программа лидерство в энергетическом и экологическом проектировании зданий, англ. Leadership in Energy & Environmental Design Building Rating System. В настоящее время он считается наиболее полным и влиятельным стандартом оценки среди различных стандартов экологической оценки зданий, оценки «зеленого» строительства и оценки устойчивости зданий в мире [10].

Система оценки LEED и техническая основа состоит из пяти основных областей и других показателей, которые направлены на устойчивые строительные площадки, использование воды, энергоэффективность зданий и атмосфера, ресурсы и материалы, качество воздуха в помещениях. Оценивается воздействие здания на окружающую среду. Существует 4 уровня соответствия стандартам, присваиваемые объектам рейтинговыми системами оценки: «сертифицированный», «серебряный», «золотой» и «платиновый» (табл. 1).

Оценка по системе LEED

Баллы	Наименование
40–49	Сертифицированный
50–59	Серебро
60–79	Золото
80+	Платина

Преимуществами LEED являются: использование механизмов сертификации третьей стороны. Повысил доверие к системе и ее авторитет; профессионализм критериев оценки; простоту конструкции системы; легкость понимания, освоения и внедрения оценки; и стала моделью для стран всего мира по созданию критериев и систем оценки «зеленого» строительства и устойчивости. Стал моделью для стран всего мира по созданию стандартов и систем оценки зеленого строительства и устойчивого развития. Ограничения включают: не полностью изучено воздействие здания на окружающую среду на протяжении всего жизненного цикла: оценка не устанавливает отрицательных значений для баллов экологической эффективности.

Японская рейтинговая система CASBEE

В 1994 году в Японии был принят Основной закон об охране окружающей среды. Основная концепция заключается в том, что снижение нагрузки на окружающую среду в результате этих действий должно рассматриваться на протяжении всего жизненного цикла здания (от строительства, эксплуатации, утилизации до регенерации).

CASBEE основывается на новых концепциях, таких как экологическая эффективность зданий. CASBEE будет способствовать продвижению устойчивого развития зданий в Японии путем оценки экологических характеристик зданий на основе новых концепций, таких как BEE (Building Environmental Efficiency), и их применения на всех этапах планирования, проектирования и строительства зданий.

CASBEE основана на новой концепции экологической эффективности зданий (BEE), которая будет применяться на всех этапах планирования, проектирования и строительства зданий, способствуя тем самым устойчивому развитию зданий в Японии [11]. CASBEE использует в качестве молекул внутреннюю среду, эксплуатационные характеристики и среду фундамента здания, а также показатели энергии, ресурсов и окружающей среды здания. Чем выше значение, тем выше общие экологические характеристики здания. Чем выше значение, тем лучше общие экологические характеристики здания.

К преимуществам японской системы CASBEE относятся: четкое разграничение экологической эффективности зданий. Преимуществом японского CASBEE является четкое определение границ для оценки экологической эффективности зданий. Предлагается гипотетическое закрытое пространство между границей участка и самой высокой точкой здания. Закрытое пространство как замкнутая система для оценки экологической эффективности зданий.

Канадская рейтинговая система GBTool

Green Building Challenge (GBC) – это международная совместная инициатива, инициированная Министерством природных ресурсов Канады в 1996 году при участии 14 стран. Целью является разработка единого набора параметров эффективности и создание глобального стандарта оценки эффективности зеленого строительства и системы сертификации.

Целью является разработка единого набора показателей эффективности и создание глобального стандарта оценки эффективности зеленого строительства и системы сертификации, чтобы можно было обмениваться полезной информацией об эффективности зданий между странами и обеспечить более единообразный международный стандарт для оценки. Цель разработать единый набор показателей эффективности и создать глобальный стандарт оценки эффективности зеленого строительства и систему сертификации.

GBTool – это программный инструмент оценки экологического строительства на основе Excel. Все записи и процесс оценки представляются и выполняются в программе Excel, а результаты оценки автоматически рассчитываются в соответствии с формулами и правилами в программе и представляются в виде гистограмм. Поэтому каждая страна может результаты автоматически рассчитываются в соответствии с формулами и правилами, заложенными в программное обеспечение, и представляются в виде гистограмм [12].

Преимущества GBTool в том, что она более открыта по сравнению с британской и американской системами благодаря участию многих стран. Система оценки полностью учитывает местные особенности, а контрольные показатели оценки являются гибкими и адаптируемыми. Страны и регионы могут добавлять или исключать определенные положения системы оценки и устанавливать критерии эффективности оценки и весовые коэффициенты в соответствии с местными условиями.

Рейтинговая система NABERS в Австралии

В Австралии существуют три относительно хорошо развитые системы оценки зеленых зданий системы рейтинговая в табл. 2.

Таблица 2

Рейтинговая система в Австралии

	Полное название	Аббревиатура
1	Australian Building Greenhouse Rating Scheme	ABGR
2	National Australian Built Environment Rating Scheme	NABERS
3	Green Star Certificat	GSC

Оценка ABGR – это первая в Австралии система оценки уровня выбросов парниковых газов и энергопотребления коммерческих зданий путем контроль собственного энергопотребления здания для снижения выбросов парниковых газов.

GSC оценивает конструктивные особенности новых зданий, а NABERS оценивает фактическое воздействие на окружающую среду существующих зданий на основе эксплуатационных данных за 12-месячный период с большим акцентом на фактическое использование здания[13,14].

Преимущества NABER в Австралии: простое управление, владельцы и пользователи оценивают проект, отвечая на вопросы, не требуется обучение и предоставление специализированных оценщиков, а подпроекты можно добавлять и корректировать в проекте.

Политика экономического стимулирования

Выбор рынка – лучший способ развития зеленых зданий. Развитые страны приняли некоторые меры для поддержки проектирования и строительства зеленых зданий с экономической точки зрения [15]. Эти меры экономического стимулирования являются ключом к развитию и популяризации зеленых зданий [16]. Основные политики включают: фонд энергосбережения, налоговые льготы, льготные кредиты в табл. 3.

Таблица 3

Политика стимулирования в США, Германии и Японии

Страна	Стимулы	Основное содержание
США	Фонд энергосбережения	Создание фонда энергосбережения для поддержки строительства «зеленых» зданий и привлечения внимания большего числа людей к деятельности по энергосбережению
	Налоговые льготы	Снижение налога на 10 % для кровельных конструкций, соответствующих стандартам LEED
	Льготные кредиты	Более низкие процентные ставки для арендаторов, приобретающих или арендующих «зеленые» здания
Германия	Льготные кредиты	Оборудование с низким энергопотреблением и возобновляемыми технологиями может получить более низкие проценты по кредиту.
	Финансовые субсидии	Финансовая поддержка исследований и разработок в области «зеленого строительства» до 35 % от общей суммы инвестиций
Япония	Налоговые льготы	Для оборудования в перечне энергосберегающих товаров предусмотрены налоговые отчисления и льготы
	Фонд энергосбережения	Расходы бюджета Министерства природных ресурсов и энергетики на энергосбережение и новые источники энергии

Для отопления и топлива в обычных домах в Соединенных Штатах используется газ для выработки энергии, и расходы в этом отношении нельзя игнорировать. Расходы энергии в повседневной жизни жителей и уровень энергосбережения в доме будут привлекать большое внимание, и спрос потребителей будет в значительной степени влиять на выбор рынка. Таким образом, в США более слабые обязательные законодательные требования к зеленым зданиям, и все больше стран принимают политику экономического стимулирования и развитие зеленых зданий с ориентацией на рынок.

Немецкие законы также относительно высоки. Чтобы способствовать развитию зеленых зданий, правительство Германии в основном использует специальные законы и постановления, чтобы обеспечить их соблюдение. Однако Германия не отказалась от

политики стимулирования, которая в основном проявляется в рекламе и научных исследованиях проектирования, технологий и строительства зеленых зданий.

Япония имеет небольшую территорию и очень ограниченные ресурсы, поэтому у нее есть ряд руководящих принципов в отношении повторного использования отходов, эффективного использования ресурсов и стандартов потребления энергии.

В процессе глобального устойчивого развития зеленые здания стали неизбежными. Как быстро развивать и популяризировать зеленые здания – важная проблема, с которой мы сейчас сталкиваемся. Путем сравнительного анализа, касающегося политики различных развитых стран в отношении зеленого строительства, мы можем увидеть, что у нас должны быть как обязательные законопроекты о политике в области энергетики, так и меры экономического стимулирования. В сочетании с точной оценкой сторонних агентств был сформирован эффективный механизм, позволяющий правительству, рынку и сторонним агентствам совместно продвигать внедрение экологичных зданий.

Литература

1. Речменский В. «Зеленые» стандарты: почему они так тяжело приживаются в России // Строительство.RU. 2015. №9. с.54.
2. Мацейко Е. MosBuild 2015: «зеленые» решения и азиатская экспансия // Строительство.RU. 2015. № 5. С. 91–94.
3. Шеина С. Г., Виганд Д., Миненко А. Н. Экологическая составляющая концепции устойчивого развития в проектах энергетической санации жилых зданий // Научное обозрение. 2014. № 7–2. С. 583–586.
4. Зильберова И. Ю., Петров К. С., Калмыков Ю. С., Меликян В. М. Зарубежный опыт энергоэффективного строительства // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 5 (1005). С. 50.
5. Лиховозова Г. А. «ЭКОТЕХ-2017» Главное событие года экологии в России // Региональное образование: современные тенденции. 2018. № 1 (34). С. 71–73.
6. Мальцев Т. А. Обоснование использования возобновляемых источников энергии в рамках экодевелопмента туристических кластеров в России // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 2. С. 58.
7. Группа компаний ICS // Экологические стандарты в строительстве – BREEAM [Электронный ресурс] URL:<https://www.icsgroup.ru/green/ecostandards/breem.php>
8. Казначеев Н. А., Колесников А. Г. Анализ экономической эффективности основных элементов в концепции строительства пассивных домов // Проблемы внедрения результатов инновационных разработок: сборник статей международной научно-практической конференции. 2016. С.141 –145.
9. Explore BREEAM [Электронный ресурс] // Официальный сайт BREEAM. Режим доступа: <http://www.breem.org/projects/explore/index.jsp>. (дата обращения: 26.09.2021).
10. Обзор американской системы зеленой сертификации для зданий и помещений LEED // Ecogreenoffice.club: 2021. URL: <https://www.ecogreenoffice.club/obzor-leed> (дата обращения: 28.09.2021).
11. Особенности применения современных экологических технологий в строительной деятельности / В. А. Никифорова, Е. А. Видищева, А. А. Никифорова, Д. Д. Видищева // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 4 (32). С. 209–218. DOI 10.18324/2077-5415-2016-4-209-218
12. Kimberly R. Bunz, Gregor P. Henze, P.E. and Dale K. Tiller. Survey of Sustainable Building Design Practices in North America, Europe, and Asia, Journal of Architectural Engineering, Vol. 12, No.1 March 1, 2006.PP33-62.
13. Mitchell L. M. Green Star and NABERS: learning from the Australian experience with green building rating tools[J]. Energy Efficient Cities: Assessment Tools and Benchmarking Practices, The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington, DC, 2010: 93–124.
14. Bannister P. NABERS: lessons from 12 years of performance based ratings in Australia[J]. 2012.
15. Петров И. В., Коробова О. С. Зарубежный опыт стимулирования энергосберегающих мероприятий. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2012 (1-1).
16. Седаш Т. Н. Экономические инструменты стимулирования природоохранной деятельности: анализ зарубежного опыта. Финансы и кредит, 2015 (7 (631)).

УДК 692.412

Александр Сергеевич Суржик,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: surzhik-aleksnadr@mail.ru

Alexandr Sergeevich Surzhik,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: surzhik-aleksnadr@mail.ru

ДЕТАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ МОДУЛЬНОМ ОЗЕЛЕНЕНИИ КРОВЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ

DETAILING OF TECHNOLOGICAL OPERATIONS OF MODULAR GREENING OF ROOF COVERINGS

Экология – одна из важнейших проблем современности. Строительная отрасль касается вопросов экологии напрямую: вымещение природных территорий зданиями, загрязнения, связанные со строительным процессом, утилизация строительных отходов и мусора – всё это давно изучаемые вопросы. Но в связи с введением год назад ГОСТа Р 58875-2020 актуальным становится и вопрос построек, имеющих положительное влияние на окружающую среду – оснащенных кровлей с озеленением. Технология широко и давно применяется за рубежом, доказаны её потенциальные выгоды, разработаны технологии от самых экономичных, до грандиозно-дорогих, однако последние обычно подразумевают и дополнительные выгоды. Широкое внедрение новых технологий подразумевает предварительный анализ и детализацию операций, необходимых для осуществления конкретного строительства, чему и посвящена эта статья: на примере самого экономичного (а значит потенциально самого популярного) способа озеленения приведена детализация операций для возведения конструкции кровли с модульным озеленением.

Ключевые слова: детализация операций, экология, кровельные покрытия, озеленение крыш, зеленые насаждения.

Environmental protection is one of the most popular problem of nowadays. Building sector deals with it any case: buildings take places of natural areas, building processes pollute the environments, and construction garbage need a lot of attention and a correct disposal. However, scientists already investigate all these topics, and there is a new one. The Russian government published a new GOST P 58875-2020 a year ago, about rules for the green roofs, so the builders can influence the environment positively. Overseas developers use the technology widely and already for the years. They proved the benefits and worked out the options from the cheapest ones to the most expensive ones. Nevertheless, the expensive green roof always implies additional benefits. The wide introduction of new technologies means preliminary analysis and the operations detailing. It is necessary for the building, and that is what this article about. With the example of the cheapest and potentially the most popular green roof construction option the author gives the details of operations to make the process clear.

Keywords: operations detailing, ecology, roof coverings, greening of roofs, green spaces.

Одна из самых актуальных проблем современности – экология и бережное отношение к окружающей среде. Отрасль строительства не может оставаться в стороне, так как непосредственно влияет на природные зоны: здания и сооружения буквально замещают леса и другие экосистемы, разрушая и глобально влияя на них. Основная проблема – стремительное уменьшение зелёных зон в мегаполисах, связанное с постоянным уплотнением застройки и расширением дорог.

В Европе, где эта проблема ещё острее, в связи с небольшими территориями стран и большим спросом на проживания в них, то есть большей потребностью в жилых и про-

изводственных здания и сооружения на квадратный метр территории. Проблему вытеснения зеленых зон там решают давно и один из передовых методов решения этой проблемы – озеленение кровельных покрытий. Технология активно и повсеместно внедряются и применяются там уже более 60 лет, самой прогрессивной и передовой по данному вопросу считается Германия [1]. В России же на законодательном уровне о необходимости внедрения озеленения заговорили лишь несколько лет назад и лишь летом 2020 был утвержден первый официальный документ, регламентирующий технологию возведения озеленения на крыше – ГОСТ Р 58875-2020.

Так как технология новая и непривычная для российских застройщиков, а ГОСТ – первый документ, регламентирующий деятельность по возведению озеленения, важно досконально изучить и проанализировать его и учитывать в строительной деятельности пункты, на которые обращают внимание законодательные органы власти.

Начинается ГОСТ с описания видов озеленения: типы озеленений делят на мобильные и стационарные. Мобильное озеленение подразумевает размещение на крыше контейнеров или модулей с почвой и растениями. Такой способ озеленения более универсальный, требует меньше подготовки, проще в обслуживании, не требует капитальной реконструкции здания для возведения.

Стационарное озеленение подразумевает изначальную подготовку кровельного покрытия к последующему высаживанию на нем трав, кустарников и деревьев. Такой проект требует либо капитального ремонта крыши существующего здания, либо изначального включения в план-проект здания, которое собирается строить застройщик.

Кровельное покрытие, на котором планируется стационарное озеленение требует дополнительной герметизации, подразумевающей, что осадки будут задерживаться в почве на крыше и питать растения; дополнительного слоя, защищающего кровлю от прорастания в неё корневой системы деревьев и кустарников; усиления конструкции крыши, с расчётом дополнительной весовой нагрузки почвой, водой, деревьями и, возможно, постоянным присутствием людей, если озелененная крыша подразумевает свободный доступ посетителей как дополнительное рекреационное пространство.

Стационарное озеленение разделяют по массивности на интенсивное, полуинтенсивное и экстенсивное. Первый вариант – наиболее трудоемкий, подразумевает высадку крупных растений, некоторых видов деревьев, на создании на кровле практически парковой зоны. Второй – что-то между интенсивным и экстенсивным, деревья тут уже не высаживаются, но могут присутствовать кустарники и травы. Экстенсивный вариант озеленения подразумевает высадку трав, суккулентов, мха. Чем ниже растения, высаживаемые на крыше – тем легче процесс возведения и эксплуатации «зеленой» крыши.

Стоит отметить, что не каждое растение подходит для высадки, и тут учитывается не только приспособленность растения к существованию в условиях такого расположения, а в большой степени вид его корневой системы: растения со стержневыми корнями не используются для озеленения, так как вряд ли приживутся и требуют более жёстких препятствий на пути роста корней, для предотвращения повреждения крыши и последствия, связанных с этим. Обычно для озеленения выбираются неприхотливые виды, встречающиеся в горах, приспособленные к условиям высотного расположения [2].

Несмотря на сложность и дороговизну возведения и обслуживания крыши с интенсивным озеленением, она может быть привлекательным решением как инвестиционный проект: на крыше, созданной с учетом расположения там большой нагрузки, деревьев,

парка для прогулки людей, можно расположить и кейтеринговую зону, и зону для занятия спортом на коммерческой основе, и коворкинговые зоны, набирающие популярность в связи с распространением фрилансовой и удаленной занятости населения.

Полуинтенсивная и экстенсивная высадка может включать выращивание культурных растений, то есть использование пространства крыши как сельскохозяйственной системы, что также активно применяется за рубежом [3].

Но все равно, несмотря на преимущества, на раннем этапе внедрения технологии в России, скорее всего активнее будет использоваться модульный тип озеленения. Он всё равно требует дополнительного укрепления кровли, или точного расчёта допустимой нагрузки существующей крыши здания, но не требует повышенной гидроизоляции и противокоревой системы, так как растения при этом типа озеленения размещаются в крыше в контейнерах. Однако на крышах с уклоном придётся разместить выравнивающие опоры под модули, чтоб они располагались горизонтально.

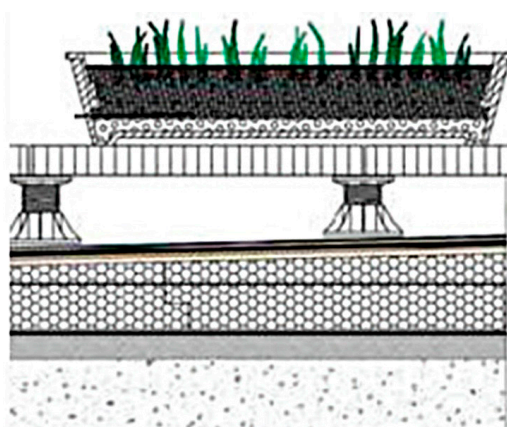


Рис. 1. Пример-визуализация модельной системы озеленения

В ГОСТе подробно расписано какие моменты следует учитывать при выборе типа озеленения, и финансовая сторона вопроса тут не главенствующая. Например, большое внимание уделяется необходимости рассчитать весовую нагрузку с учётом требуемого для тех или иных растений слоя грунта с учетом дополнительного веса при дождевых и снежных осадках, а также учёт ветровой нагрузки и переносимость растениями влияния химически примесей, свойственных району города, где расположена здание, которое планируют озеленять [4].

Также большой раздел регламентирует требования к материалам, используемым при озеленении, субстратам и их составу, физическим свойствам усадки материалов, системам орошения, дренажу. Рассматриваются требования к конструктивным слоям крыш с озеленением, в особенности эксплуатируемым, методы организации отвода излишков влаги и осадков в канализационные системы.

Отдельно уделяется внимание безопасности: пожарной, от падения с высоты, а также механических повреждений кровельного покрытия, вероятность которых увеличивается в связи с дополнительной нетипичной нагрузкой. Причём речь идёт как о требованиях безопасности при работах по возведению, так и о безопасности готовой конструкции, и о дополнительных мерах безопасности для крыши, требующей ухода и допускающей посетителей: например, акцентируется внимание на необходимости крепкого контурного ограждения высотой не менее 1 метра.

Есть раздел, посвященный малым и не очень архитектурным формам, и требованиям к ним, здесь упоминаются даже спортивные площадки для активно эксплуатируемых крыш.

Завершает документ раздел о методах контроля качества объектов в процессе строительства и при сдаче, рекомендации по обслуживанию готовых объектов, сроков гарантии на них.

Данный закон – хороший знак для отрасли, говорящий о том, что и в России поддерживают данную технологию и планируют активно внедрять и продвигать. Но для строительства мало требований, важно проанализировать сам процесс возведения, прописать подетально каждый шаг работы. Как было упомянуто ранее, самым доступным, а значит, скорее всего самым популярным станет модульный тип озеленения, и детализацию операций по возведению мы рассмотрим для этого типа.

Детализация работ в строительстве необходима для точного планирования и рационального использования трудовых, временных, а значит и финансовых ресурсов. Для избегания простоев в связи с недостаточностью или несвоевременной доставкой материалов и рабочей силы. Этапы строительства после детализации рассматриваются с точки зрения места выполнения той или иной операции, времени, когда и в течение которого операция должна быть выполнена, специалистов необходимых для каждой операции в нужное время и в нужном месте [5]. Только такое детальное рассмотрение позволяет выстроить целесообразный план работ.

Итак, на этапе, когда проект озеленения уже есть и застройщик приступает непосредственно к возведению, будут произведены следующие технологические процессы:

1. Входной контроль материалов.
2. Проверка расположения элементов кровли на предмет соответствия проекту.
3. Проверка поступающих материалов на предмет соответствия проекту.
4. Подготовка материалов и транспортировка непосредственно к объекту озеленения.
5. Контроль технического состояния технологического оборудования.
6. Пооперационный контроль технологического процесса.
7. Подача раствора бетонной смеси на крышу в ящиках автокраном.
8. Подъем материалов на крышу автокраном.
9. Развозка материалов ручными тележками непосредственно по местам применения на крыше.
10. Подготовка основания для озеленения.
11. Контроль качества подготовленного основания покрытия.
12. Разметка покрытия для корректного расположения опор.
13. Раскладка и приклеивание опор.
14. Регулировка опор с учётом уклона крыши.
15. Крепление фиксаторов модулей.
16. Укладка и фиксация решетчатого настила на опоры.
17. Установка и соединение группы модулей.
18. Фиксация модулей к решетчатому настилу.
19. Установка систем озеленения.
20. Наполнение модулей почвогрунтом и посадочным материалом.
21. Контроль качества законченных стыков элементов конструкции.
22. Визуальный контроль.

23. Контроль геометрических параметров элементов кровли.

24. Неразрушающие методы контроля.

25. Проведение испытаний конструкций и материалов кровли.

Приведенной детализации операций при возведении зеленой кровли модульного типа достаточно для корректного планирования графика работ.

Зарубежный опыт озеленения значительно упрощает внедрение зеленых программ в России, уже разработаны дешевые и не особо труд затратные способы этого экологического применения крыш, найдены оптимальные материалы. Более того, наиболее прогрессивные в этом вопросе страны – Германия и Канада, похожи климатически на зоны расположения крупнейших городов России, где следует в первую очередь уделить внимание этому вопросу [6].

У озеленения множество доказанных преимуществ. Во-первых, такая крыша работает как дополнительный слой теплоизоляции: здание становится более теплым зимой и прохладным летом, такая тенденция снижает потенциальные коммунальные расходы по отоплению и кондиционированию помещений [7]. Более того, повсеместное озеленение крыш способно снизить средние температуры по городу, в противовес тенденции к потеплению общепланетарного климата под влиянием жизнедеятельности человека [8]. Во-вторых, зеленые крыши снижают нагрузку на канализационные системы города: часть влаги удерживается в почве и потребляется растениями, а излишки попадают в ливневую канализацию без примесей, которые вода обычно собирает, проходя через асфальт, а значит в дальнейшем её проще очистить [9]. Также не оспоримы такие позитивные воздействия озелененной крыши на окружающую среду как обогащение атмосферы кислородом, в конце концов это компенсация зелени, истребленной при строительстве здания, поглощение пыли и вредных веществ: квадратный метр кровельной растительности фиксирует до полкилограмма пыли, которая в противном случае оставалась бы в воздухе и оседала бы на легких прохожих. Более того, зелень задерживает такие элементы как оксиды азота, диоксиды серы и нитраты [10]. В-третьих, такая сложная кровля служит дольше обычной крыши, при качественной добросовестной отстройке зеленое покрытие снижает расходы на капитальный ремонт [11]. Зеленая крыша служит дополнительной звукоизоляцией: воздух в растительной среде снижает колебания звуковых волн при прохождении в здание. Эффективность звукоизоляции зависит от вида зеленой кровли и толщины питательной среды. По некоторым данным, зеленая крыша может снижать шумовой фон на 40 дБ [12]. Ну и в-четвертых, как уже упоминалось ранее, заблаговременно спроектированная крыша с интенсивным озеленением может приносить коммерческие выгоды как рекреационная зона, тут могут быть кафе, спортивные площадки и другие заведения, именно это может привлечь сторонних инвесторов.

Таким образом, выгоды возведения «зеленых» крыш доказаны, наиболее простые способы широкого внедрения, вплоть до детализации технологических операций, разработаны, а изданный ГОСТ даёт надежду на активное применение технологии в России.

Литература

1. Волков А. А., Седов А. В., Чулков Г. О., Шрейбер К. А., Шепелев А. Л., Гроссман Я. Э. Организация интеллектуального управления жизненными циклами безопасной, энергоэффективной, экологичной и комфортной среды жизнедеятельности // Научное обозрение. 2015. № 19. С. 92–96.

2. *Ланидус А. А., Жунин А. А.* Моделирование и оптимизация организационно-технологических решений при возведении энергоэффективных ограждающих конструкций в гражданском строительстве // Вестник МГСУ. 2016. № 5. С. 59–71. DOI: 10.22227/1997-0935.2016.5. С. 59–71.
3. *Суэтина Т. А., Наназаивили И. Х., Плешивцев А. А.* Организация строительства экологичных быстровозводимых зданий // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2013. № 31–2 (50). С. 535–539.
4. ГОСТ Р 58875-2020. Озеленяемые и эксплуатируемые крыши зданий и сооружений. [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: [сайт]. – АО «Кодекс», 2020. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200173462>. Загл. с экрана.
5. *Король Е. А., Киселев И. Я., Шушунова Н. С.* Реконструкция предприятий текстильной промышленности с использованием кровельных покрытий с системами озеленения // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2018. № 3 (375). С. 294–300. URL: http://tp.ivgpu.com/wpcontent/uploads/2018/10/375_59.pdf
6. *Лукинов В. А., Дьяков И. Г.* Рейтинговая оценка энергосберегающих проектов с использованием технологий «зеленого строительства» // Недвижимость: экономика, управление. 2015. № 2. С. 26–29.
7. *Король О. А.* Исследования и наукоемкие разработки в области энергоэффективного строительного производства // Строительные материалы. 2015. № 6. С. 13–15.
8. *Баженов В. И., Устюжанин А. В.* Оценка долгосрочных инвестиционных проектов с энергоэффективными решениями на основе показателя затраты жизненного цикла // Вестник МГСУ. 2015. № 9. С. 146–157. DOI: 10.22227/1997-0935.2015.9. С. 146–157
9. *Суэтина Т. А., Наназаивили И. Х., Плешивцев А. А.* Организация строительства экологичных быстровозводимых зданий // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер. : Строительство и архитектура. 2013. № 31–2 (50). С. 535–539.
10. *Грабовый П. Г., Околелова Э. Ю., Трухина Н. И.* Динамическая модель прогнозирования развития инновационного проекта // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 1 (367). С. 78–82.
11. *Король Е. А., Шушунова Н. С.* Организационно-технологическое моделирование процессов устройства кровельных покрытий с модульной системой озеленения // Вестник МГСУ. 2019. № 2 (125).
12. *Теличенко В. И., Слесарев М. Ю.* «Зеленая» стандартизация будущего — фактор экологической безопасности среды жизнедеятельности // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 8. С. 90–97. Е.А. Король, Н.С. Шушунова 260 Вестник МГСУ ISSN 1997-0935 (Print) ISSN 2304-6600 (Online) Том 14. Выпуск 2, 2019.

УДК 692.433

Наталья Владиславовна Цуркова,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: natali.ts97@yandex.ru

Natalia Vladislavovna Tsurkova,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: natali.ts97@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ПРИМЫКАНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМОЙ ИНВЕРСИОННОЙ КРОВЛИ К ВОДОСБОРНЫМ ВОРОНКАМ

FEATURES OF THE DEVICE OF ADJOINING EXPLOITED INVERSION ROOF TO THE DRAINAGE FUNNELS

Кровельное покрытие одно из важнейших конструкций в здании. Данное покрытие является ограждающей конструкцией здания, которая осуществляет несущие, гидроизолирующие и теплоизолирующие функции.

В работе рассмотрена одна из разновидностей плоских кровельных покрытий, а именно эксплуатируемая инверсионная кровля, ее структура и узел примыкания к водосборным воронкам. По данной теме проведен анализ технологии устройства водосборных воронок, а также экспертная оценка проектируемого узла примыкания для выявления преимуществ и недостатков в эксплуатации. А также будет рассмотрена главная причина, возникающих проблем с эксплуатируемой инверсионной кровлей в узлах стыка водосборных воронок.

Ключевые слова: технология устройства эксплуатируемой инверсионной кровли, технология устройства примыкания водосборных воронок, кровельные материалы, плоская крыша, узел примыкания.

The roofing is one of the most important structures in the building. This coating is the enclosing structure of the building, which performs load-bearing, waterproofing and thermal insulation functions.

The article considers one of the varieties of flat roofing, namely, the exploited inversion roof, its structure and the junction with the drainage funnels. On this topic, the analysis of the technology of the device of the drainage funnels, as well as an expert assessment of the projected junction node to identify the advantages and disadvantages in operation, is carried out. And the main reason for the problems with the operated inversion roof at the junctions of the drainage funnels will also be considered.

Keywords: technology of the device of the exploited inversion roof, technology of the device of the connection of catchment funnels, roofing materials, a flat roof, a junction node.

Новые технологии всегда идут рука об руку с невероятными открытиями, появляющиеся вследствие наблюдений или случайных ошибок выполнения традиционных схем. Инверсионная кровля меняет представление о технологии. В сфере устройства крыш и кровель зданий все более чем традиционно – всегда первым и главным слоем в конструкции являлась гидроизоляция. Неважно какого вида, будь то глиняная черепица, шифер, металлочерепица или битум – все эти материалы располагались на самом верхнем слое кровли дома, уберегая его от попадания влаги. А уже под верхним слоем находилась теплоизоляция, минимизирующая теплопотери здания и сохраняющее драгоценное тепло в доме.

Но в случае с плоскими кровлями все пошло не так. Слой гидроизоляции, который, как правило, состоит из битума или другого наплавленного изоляционного слоя, при воздействии солнечного излучения довольно быстро становится непригодным к эксплуатации, следовательно, крыша постоянно нуждается в ремонте. В случае с эксплуатируемой

кровлей все еще сложнее, поскольку она испытывает длительное механическое воздействие. И в конце концов самый важный защитный слой приходит в негодность. Но если взглянуть на эту ситуацию под другим углом, и перевернуть «пирог» конструкции крыши на 180 градусов, то мы получим внизу гидроизоляционный слой, поверх которого уложенные теплоизоляционные листы. В результате гидроизоляционный слой будет защищен от солнечных лучей и механического воздействия. Именно такую кровлю называют инверсионной [1].

Кровля такого типа широко применяется для объектов с большой площадью поверхности покрытия: школы и детские сады, фабрики и заводы, склады и производственные здания, закрытые автостоянки, гостиницы и т. д.

Сама площадь кровли может быть использована для разного рода деятельности, где необходимо одновременно разместить много людей; для детских игровых площадок; организации летнего кафе, разбития террасы или цветников.

Структура эксплуатируемой инверсионной кровли

Монтаж эксплуатируемой кровли выполняется из ряда слоев, которые укладываются в следующем порядке (рис. 1).

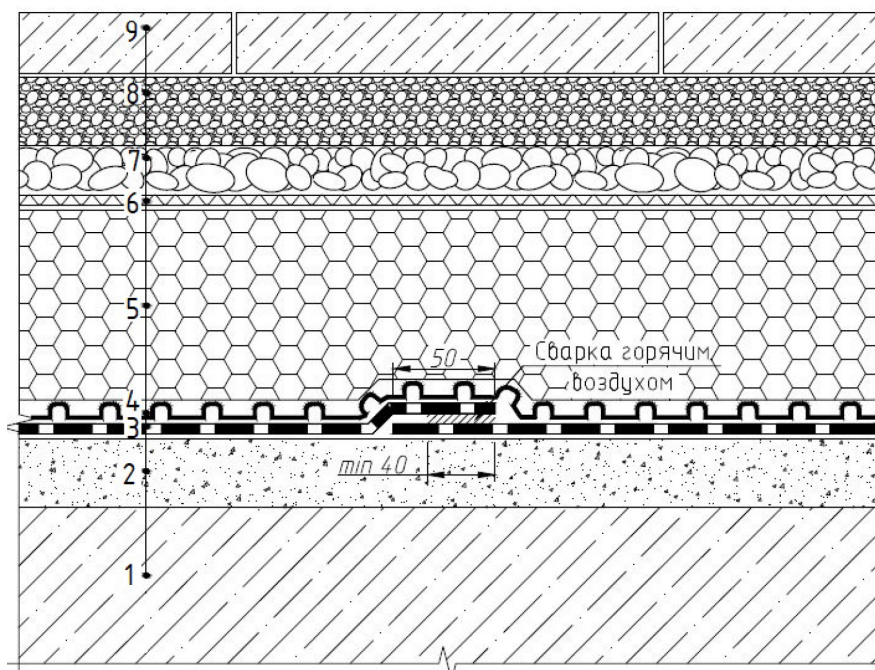


Рис. 1. Схема устройства инверсионной кровли:

- 1 – основание (железобетонная плита покрытия); 2 – уклонообразующий слой;
- 3 – гидроизоляционный слой; 4 – жесткое дренажное полотно (георешетка);
- 5 – утеплитель ЭППС; 6 – геотекстиль полипропиленовый;
- 7, 8 – выравнивающий слой; 9 – тротуарная плитка

Первым этапом проектирования кровельного «пирога» является расчет нагрузок на данную конструкцию, которая подвергается влиянию механического воздействия и воздействия окружающей среды. Далее после произведенных расчётов можно переходить к подбору кровельного материала по их разновидностям и характеристикам [4].

Плита перекрытия, прочность которой должна соответствовать проектной нагрузке с учетом воздействия во время эксплуатации.

Уклонообразующий слой. В результате скопления воды крыша может стать непригодной к эксплуатации. Для предотвращения таких ситуаций в «пироге» кровле делают уклонообразующий слой 0,5–3 градуса с применением шлака или керамзита. Он располагается под паро-, тепло- и гидроизоляционными слоями. Для техконтроля угла наклона при устройстве слоя применяется лазерный нивелир или гидроуровень.

Стяжка. Для ее устройства используется классический цементно-песчаный раствор или полусухая смесь. Во втором случае уклон задается непосредственно стяжкой, и строители обходятся без уклонообразующего уровня.

Минимальная толщина слоя составляет 20 мм. Стяжка слоем меньше 20 мм может растрескаться и плохо держаться на основании.

Теплоизоляция. Общую толщину изолирующего слоя определяют в зависимости от теплопроводности материала и климатических условий.

В обиходе применяются прочные материалы, которые отличаются фиксированными размерами, не горят и защищают от пара и влаги. Самый популярный в применении теплоизоляционный материал – пенополистирол.

Толщина слоя доходит до 150 мм. Листы закрепляются битумной мастикой или цементно-песчаным раствором [2].

Выбор теплоизолирующих материалов, как правило, закладывается в проект здания, в котором предусматривается применение эксплуатируемой кровли:

1. Традиционный теплоизоляционный материал представляет собой плиты минеральной ваты.

2. Достаточно прочным материалом выступает теплоизолятор из расплавленных и распушенных волокон базальта, габбро, диабаз. Такой изолирующий слой обладает хорошим коэффициентом теплопроводности.

3. Кроме минеральной ваты используются более лёгкие плиты из экструдированного пенополистирола и пеностекла.

4. Напыляемый вспененный полистирол обеспечивает полную герметизацию теплоизолирующего слоя.

5. В некоторых проектах эксплуатируемых кровель предусмотрено устройство двухслойного утеплителя, состоящего из теплоизоляторов разной жесткости, разделенных цементно-песчаной стяжкой.

Гидроизоляционный ковер. Поверхность покрывают герметиками или гидроизолирующими мембранами из полимеров, битума или ПВХ. Листовые материалы фиксируются сваркой путем нагрева строительным феном или клеятся на герметики.

Самой популярной гидроизоляцией является рубероид, но он недолговечен, поэтому для монтажа гидроизоляции проектировщики современных эксплуатируемых кровель предусматривают различные виды пленочных и мембранных материалов.

В принципе, мембрана отличается от обычной гидроизоляционной пленки только многослойной структурой и улучшенными эксплуатационными качествами.

Для устройства кровель с зелеными насаждениями необходимо выбирать прочные гидроизоляторы с противокорневой защитой, сочетая их с перфорированным дренажным слоем.

Преимущества инверсионной кровли

Устройство инверсионной кровли дает возможность использовать площадь крыши в личных целях. Например, можно создать летнюю зону отдыха, а также можно

разместить на крыше бассейн, спортивную площадку, сад или зону стоянки для автотранспорта. Такое качество кровельного покрытия очень ценятся в крупных городах и районах, в которых мало свободного пространства.

Как показывает опыт применения кровельных конструкций инверсивного типа, такие конструкции обладают более высоким коэффициентом энергосбережения, по сравнению с классической плоской кровлей. Поскольку данные покрытия обладают высокой износостойкостью, они не боятся температурных колебаний [3].

Слой гидроизоляции вышеуказанного типа кровли надежно защищен от солнечных лучей, механических воздействий, температурных колебаний и атмосферных осадков. Эти особенности существенно увеличивают срок эксплуатации крыши.

Производство работ по монтажу инверсивного перекрытия кровли допустимо в любом температурном режиме. Конструирование производится из разных кровельных материалов, благодаря чему можно наиболее выгодно скомпоновать кровельный «пирог», исходя из ограничений по бюджету.

А также особое внимание следует выделить защитной стяжке, которая создает дополнительную противопожарную безопасность конструкции.

Также одно из главных положительных свойств вышеуказанного типа кровли - ее долговечность и надежность. Период службы инверсивной кровли – 50–60 лет.

Недостатки инверсионной кровли

Кроме плюсов, у перекрытия есть и отрицательные стороны применения. Слабыми участками кровли являются стыки гидроизоляционных слоев и ограждающих элементов конструкции:

- дымовые трубы;
- система отлива воды;
- парапеты.

Если не соблюдаются надлежащие условия технологии устройства кровельного покрытия, то поверхность кровли будет подвергаться воздействию окружающей среды. В результате увеличивается вероятность попадания жидкости в конструкцию кровли, в следствие чего кровля может за короткий срок утратить свои эксплуатационные качества. Данная проблема решается путем монтажа дополнительного защитного слоя с устройством водосточной воронки, которая будет собирать лишнюю жидкость с поверхности кровли.

Помимо вышеуказанных недостатков следует заметить, что при устройстве данной кровли есть следующие особенности:

- дорогостоящие материалы;
- проектирование и монтаж требует дополнительные трудозатраты, особенно для зданий, где поверхность должна обладать высокими прочностными характеристиками;
- при повреждении кровли (например от попадания жидкости в слои кровельного «пирога»), демонтируются все слои.

Примыкание эксплуатируемой инверсионной кровли к водосборным воронкам

Для отведения сточных вод используются специальные элементы – кровельные воронки (рис. 2). Они монтируются через все слои, оснащаются специальной защитной решеткой, которая предотвращает попадание мусора и листвы. Воронки устанавлива-

При сравнении конструкции двухуровневой и обычной воронки можно заметить, что первая отличается тем, что имеет надставной элемент и дренажное кольцо.

Дренажное кольцо позволяет собирать жидкость, в то время как надставной элемент защищает от попадания мусора, листвы и т. д. Также над надставным элементом устанавливается защитная решетка, которая также защищает от балласта.

Требования к монтажу:

- между воронкой и кровлей должна быть идеальная герметичность. В местах стыка воронки и конструкции желательно укладывать дополнительную гидроизоляцию. При этом изоляцию нужно клеить прямо на борт воронки;

- если в кровельном «пироге» предусматриваются два слоя гидроизоляции, то края воронки помещают между этими слоями;

- воронка должна быть оборудована съемной крышкой и защищена зонтом от попадания грязи;

- листвоуловитель должен быть хорошо закреплен;

- при устройстве воронок должен предусматриваться их обогрев, во избежание замерзания воды в зимнее время;

- в предполагающихся местах устройства воронки, предусматривается устройство уклона и дополнительной гидроизоляции.

Организация примыкания настила к водосборной воронке один из важных моментов в технологии монтажа кровельных конструкций. При не правильном устройстве воронки повышается вероятность попадания воды в «пирог» кровли. Во избежание таких ситуаций предусматривается специальная прослойка, которая крепится клеевым составом к настилу или наплавляется горячим способом. После монтируется зажим воронки из нержавеющей стали с фланцем. С помощью гаек конструкция фиксируется. В воронках, в которых не предусматривается крепление гайками, фиксация конструкции происходит с помощью клеевого состава или наплавления горячим способом.

Элементы водосборной воронки должны изготавливаться из прочных материалов, так как при эксплуатации она будет опираться на железобетонную плиту. Двухуровневая воронка используется в утепленной кровле. Первый уровень воронки примыкает к пароизоляционному слою, далее вторая воронка закрепляется в теле первой и примыкает к самому верхнему слою конструкции кровли. Конструктивно воронки для эксплуатируемой кровли отличаются тем, что не имеют верхней надставки и выполнены в форме трапа, чтобы предоставить свободу в перемещении. В зависимости от воспринимаемой трапом нагрузки, трап изготавливается либо из нержавеющей стали, либо из чугуна.

Заключение

1. Анализ эксплуатируемой инверсионной кровли показал, что данная конструкция обладает более высоким коэффициентом энергосбережения, по сравнению с классической плоской кровлей. Поскольку данные покрытия обладают высокой износостойкостью, они не боятся температурных колебаний. Также одно из главных положительных свойств вышеуказанного типа кровли – ее долговечность и надежность. Период службы инверсивной кровли – 50–60 лет.

2. Помимо достоинств, покрытие имеет и негативные стороны использования. Слабыми участками кровли являются стыки гидроизоляционных слоев и ограждающих элементов конструкции, отсутствуют оптимальные решения примыкания воронок к пирогу кровли.

3. Одна из основных проблем возникновения протечек в стыках примыкания воронок к кровле является несоблюдение соответствующих условий технологии монтажа кровельной конструкции.

Литература

1. *Хайруллин И. З.* Эксплуатируемая плоская кровля // Научно-методический журнал «NovaInfo». 2016. № 57. С. 117–122.
2. *Жуков А. Д., Матвеев А. В., Аристов Д. И., Пятаев Е. Р.* Экструзионный пенополистирол в системах плоских кровель.
3. *Донцова Е. И., Рожкова К. С.* Анализ материалов для устройства инверсионной кровли // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. Том 2. Пермь: ПНИПУ, 2019. С. 307–311.
4. *Калько И. К., Переберина Ю. А.* Особенности использования эксплуатируемых покрытий зданий и сооружений // Ползуновский альманах. № 4. Том 2. Барнаул: АлтГТУ, 2017.
5. Руководство по проектированию и устройству эксплуатируемых и зеленых крыш. Введ. 01.08.2012. М.: ООО «ТехноНИКОЛЬ–строительные системы». 136 с.
6. ГОСТ Р 59122-2020 Работы кровельные. Монтаж крыш с водоизоляционным слоем из кровельных гибких полимерных (термопластичных и эластомерных) материалов. Правила и контроль выполнения работ. Введ. 01.12.2020. М.: Минстрой России. 30 с.
7. СП 131.13330.2018. «СНиП 23-01-99* Строительная климатология». Введ. 29.05.2019. М.: Минстрой России. 119 с.
8. СП 17.13330.2017. Кровли. Введ. 01.12.2017. М.: Минстрой России. 51 с.

УДК 692.522.2:33

Роман Васильевич Щегула,
аспирант
Василий Тимофеевич Шаленный,
д-р техн. наук, профессор
(Крымский федеральный университет
им. В. И. Вернадского)
E-mail: romanschegula@gmail.com,
v_shalennyj@mail.ru

Roman Vasilyevich Shchegula,
postgraduate student
Vasily Timofeevich Shalenny,
Dr. Sci. Tech., Professor
(V.I. Vernadsky Crimean
Federal University)
E-mail: romanschegula@gmail.com,
v_shalennyj@mail.ru

РАЗВИТИЕ ОХРАНОСПОСОБНЫХ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПЕРЕКРЫТИЙ И ПОКРЫТИЙ С ВКЛАДЫШАМИ, ЗАМЕНЯЮЩИМИ МОНОЛИТНЫЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОН

DEVELOPMENT OF PROTECTIVE STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR FLOORS AND COATINGS WITH INSERTS REPLACING MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE

Проведен анализ опыта внедрения конструктивно-технологических систем устройства монолитных и сборно-монолитных перекрытий и покрытий гражданских зданий. Показаны примеры и целесообразность использования всевозможных вкладышей из пластмассы и других лёгких материалов и изделий для замены ими части монолитного железобетона. Предложены новые ресурсосберегающие способы устройства сборно-монолитных перекрытий и покрытий. Их отличительными особенностями есть также адаптация подобных зарубежных технологий к условиям работы фирм Российской Федерации для обеспечения патентной чистоты выпускаемой домостроительной продукции на территории нашего государства.

Ключевые слова: ресурсосберегающие технологии, сборно-монолитное перекрытие, замена железобетона вкладышами, несъёмная опалубка.

The report analyzes the experience of implementing structural and technological systems for the construction of monolithic and prefabricated monolithic floors and coverings of civil buildings. Examples and expediency of using various inserts made of plastic and other light materials and products to replace parts of monolithic reinforced concrete are shown. New resource-saving methods for the construction of prefabricated monolithic floors and coatings are proposed. Their distinctive features are also the adaptation of such foreign technologies to the working conditions of firms in the Russian Federation to ensure the patent purity of manufactured house-building products on the territory of our state.

Keywords: resource-saving technologies, prefabricated monolithic flooring, replacement of reinforced concrete with inserts, non-removable formwork.

Состояние вопроса, актуальность, сущность и оценка сравнительной технико-экономической эффективности, разработанных к тому моменту конструкций сборно-монолитных перекрытий, представлена в нашем докладе на предыдущей конференции в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете менее года назад [1]. Большая часть инновационных предложений по указанному направлению отражена также в недавно изданной монографии [2]. Однако за истекший период от последней упомянутой конференции авторы проделали определенную дальнейшую работу по обозначенному направлению, результаты которой и намерены изложить в настоящей публикации с целью информирования заинтересованных лиц и организаций. К таким, прежде всего, отнесем фирмы, расположенные в северо-западной, центральной и южной частях Российской Федерации.

Причем мы попытались таким образом усовершенствовать зарубежные технологии, уже внедряющиеся в нашей стране крупными строительными фирмами, чтобы они обладали патентной чистотой, получив правовую охрану на территории нашего государства.

Так, в г. Кингисепп Ленинградской области работает завод фирмы «РОССТРО», производящий комплекты несъемной опалубки стен и перекрытий по зарубежной технологии VELOX. Технология была запатентована еще в 1956 году австрийской фирмой VELOX WERK, GmbH. А с начала 2000-х годов, ООО ФПГ «РОССТРО» внедряет и развивает технологию VELOX преимущественно в северо-западной части территории Российской Федерации под торговой маркой «ROSSTRO-VELOX». Это конструкции стен и междуэтажных железобетонных перекрытий со сборно-монолитными несущими балками, между которыми располагают всевозможные вкладыши, заменяющие железобетон более лёгким строительным материалом, например, пенополистиролом, поверх которого затем бетонируется тонкая, армированная сеткой, железобетонная плита. Чем достигается существенная экономия тяжёлого бетона, уменьшается собственный вес перекрытия, сокращается тем самым и расчётная постоянная нагрузка от перекрытия, под которую проектируются несущие конструкции. Снижаются также расходы на последующие отделочно-изоляционные работы полученной поверхности потолка. Примером такой системы есть использование несъемной опалубки из фибролитовых досок с вкладышами из пенополистирола или фибролитовых (арболитовых).

Кроме экономии материальных и трудовых затрат в процессе производства самой плиты перекрытия, в результате получится потолочная поверхность, предположительно требующая только финишной отделки. Это будет безусловно более технологичным решением, так как не предусматривает трудоёмкой и тяжёлой мокрой штукатурки потолков либо широко распространённой облицовки листами гипсокартона. Однако данная конструктивно-технологическая система предусматривает опирание перекрытий только на продольные несущие стены, т. е., работает в основном как балочная. Дальнейшим её ресурсосберегающим развитием нам представляется использование также плитной сборно-монолитной конструкции перекрытия, но опирающейся уже на все четыре стороны (опертые по контуру).

В таком варианте системы, сочетание монолитного железобетонного пояса и сборно-монолитного перекрытия по усовершенствованной таким образом технологии VELOX с опиранием по контуру, даст более весомый синергетический эффект экономии материалов, прежде всего, тяжёлого железобетона. Для решения поставленной таким образом задачи, нами предложено сборно-монолитное железобетонное перекрытие, состоящее из выполненных заодно плиты и балок с арматурой, расположенных по двум направлениям и образующих сетку с соотношением сторон менее двух. При этом арматурные каркасы балок имеют треугольную форму в плоскости, перпендикулярной их продольным осям, а арматурная сетка плиты связана с арматурным каркасом каждой балки, имеющим треугольную форму. Между балками размещены не заполняемые бетоном ячейки, находящиеся в пространстве между балками до плиты (рис. 1, а), патент РФ на полезную модель № 190006 [3].

Мы предполагаем, что, применяя предложенную конструкцию перекрытия, ещё в технологическом процессе её изготовления, удастся получить конструктивную систему, обеспечивающую выполнение несущих, изолирующих и отделочных функций без необходимости последующего выполнения большинства трудоёмких и тяжёлых отделочных и изоляционных работ. Это обеспечивается предварительно создаваемой герметичной сплошной несъёмной опалубкой, путём винтового соединения отдельных

досок посредством шипов и пластмассовых фиксаторов нижней рабочей арматуры. Эти фиксаторы одновременно выполняют роль жёстких соединений отдельных щитов в геометрически устойчивую и не изменяемую систему, до набора прочности монолитной частью конструкции перекрытия. Мы предположили, что еще некоторую экономию железобетона можно обеспечить при переходе от треугольного пространственного каркаса несущих железобетонных балок к плоскому (проходящая государственную экспертизу на новизну заявка на полезную модель РФ № 2021102271/09 (004724, рис. 1, б). Разработка выполнялась с участием ассистента Балакчиной О.Л. и студента Быстрова Никиты.

Как следует из описания к заявке, полученная конструкция сборно-монолитного перекрытия будет иметь повышенную степень строительной готовности сразу же после её изготовления в одном комплексном строительном-технологическом процессе. А, следовательно, предлагаемая технология интенсифицирует строительный процесс, снижает его трудоёмкость и стоимость на сформулированных нами принципах эргономики. Внедрение усовершенствованной технологии теперь уже может стать не зависимым от наличия и сроков действия лицензий зарубежных патентообладателей.

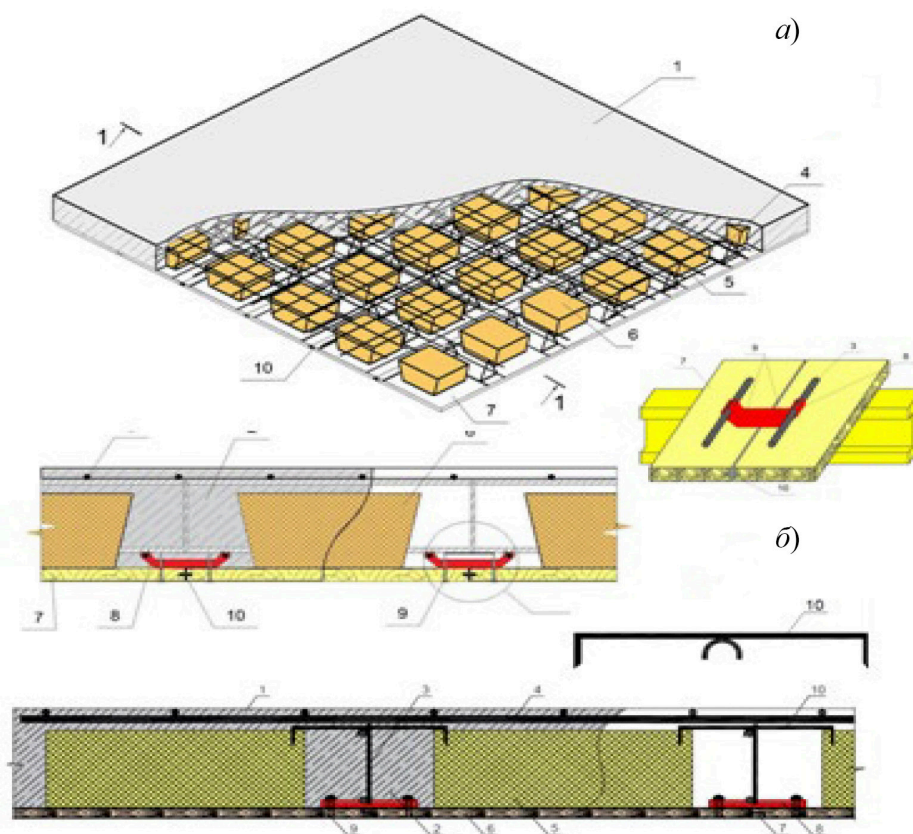


Рис. 1. Усовершенствованное сборно-монолитное железобетонное перекрытие по базовой VELOX-технологии: а) с пространственным арматурным каркасом: 1 – сборно-монолитная плита; 2 – монолитная балка; 3 – арматура; 4 – арматурные каркасы треугольной формы поперечного сечения; 5 – арматурная сетка плиты; 6 – вкладыши из пенополистирола или короб из арболита; 7 – несъемная дощатая опалубка; 8 – фиксаторы положения нижней арматуры; 9 – винты-саморезы; 10 – шпунтовое соединение досок из арболита; б) с плоским вертикальным каркасом: 1 – плита; 2 – балка; 3 – каркас; 4 – сетка; 5 – вкладыш из пенополистирола; 6 – доска; 7 – шипованное соединение; 8 – соединительная планка из пластмассы с пазом для каркаса 3; 9 – самонарезные винты; 10 – распорка-фиксатор каркаса 3

До сих пор существенное значение имеют и транспортные составляющие себестоимости строительной продукции. Заменяя монолитный железобетон всевозможными пластмассовыми вкладышами в виде тел вращения, приходится возить эти вкладыши на большие расстояния от заводов-изготовителей на строительные объекты. Для чего желательно перевозить их не в собранном виде (форма шара), а составным, как минимум, из двух половинок, укладываемых друг в друга и экономя при этом пространство транспортного средства. А в системе Bubble Deck [2, 4], пластмассовые шары, хотя и намного легче, чем заменяемый ими монолитный железобетон, но транспортные расходы могут быть больше, что негативно повлияет на итоговую себестоимость домостроительной продукции. Ведь, не имея большого собственного веса, отдельные пластмассовые шары или пространственные блоки из них в комплексе с нижней плитой-опалубкой и арматурным каркасом заводского изготовления, занимают большой объем транспортных средств при доставке на объект. Поэтому и необходима была доработка, безусловно, прогрессивной зарубежной технологии с созданием усовершенствованной импортозамещающей отечественной, обладающей новизной и патентной чистотой, а также существенными технико-экономическими преимуществами перед зарубежными аналогами. К таким технологиям относится технология с вкладышами Sobiax [5].

Успешную попытку достичь обозначенной цели осуществила российская фирма АО «Джитех», г. Москва, доработавшая представленную ранее упомянутую технологию Sobiax и запатентовавшая новую конструкцию арматурного пространственного каркаса с размещенными внутри пластиковыми вкладышами [6]. Эти вкладыши выполнены разъемными, из двух симметричных частей, и не изменяют свою форму и положение по всей площади плиты. Но идеальный вариант, пусть пока и только «теоретически возможный», но к которому следует стремиться – еще и изменение формы и положения вкладышей в соответствии с возникающими усилиями по длине и сечению конструкции. Применительно к сборным многопустотным плитам перекрытий, такое решение получило правовую охрану в СССР еще в 1984 г. а.с. № 1249123 [7]. В этом изобретении пустообразующие пуансоны-вкладыши плавно изменяют свою форму вдоль плиты от трапециевидной с меньшим верхним основанием в приопорных зонах до такой же формы, но «перевернутых» наоборот в центре пролета и квадратного сечения – в промежутке между указанными. Можно предположить, что только сложность практической реализации извлекаемых после твердения бетона пневматических пуансонов предложенной формы воспрепятствовало внедрению разработки в практику полносборного строительства. Но предложение чередовать вкладыши в форме «груши» их переверотом в соответствии с изменяющимся знаком изгибающего момента реализовано и в нашем патенте РФ на полезную модель № 185868 U1 [8], представленного на международной конференции [9].

Логичным продолжением изысканий и разработок зарубежных специалистов представляется также использование вкладышей из легких непроницаемых для воды материалов в виде труб в теле будущей железобетонной плиты перекрытия. Ссылаясь на патент Республики Беларусь на полезную модель № 7667 U [10] как на прототип, бывший доцент нашей академии Пушкарев Б. А. в 2017 г. получил патент РФ на изобретение № 2634156 С2 «способа изготовления монолитных железобетонных балочных плит перекрытий с круглыми пустотами, с применением не извлекаемых картонно-полиэтиленовых пустообразователей» [11]. Затем эта система была доработана автором и он получил новый, ныне действующий патент РФ на изобретение № 2664087 С2

«способ непрерывного изготовления монолитных железобетонных опирающихся по контуру пустотных плит перекрытий с применением неизвлекаемых трубчатых картонно-полиэтиленовых пустотообразователей» [12]. По расчетным данным самого автора, замена железобетона в плите перекрытия шаровидными вкладышами предполагает его экономию до 29 %, трубами круглого сечения – 43,5 % и трубами овального сечения – до 50 % [13]. Учитывая относительную простоту изготовления круглых картонных труб с последующим покрытием их поверхности полиэтиленовой пленкой для водонепроницаемости и сохранности при производстве плит перекрытий, и нами предлагается использование именно труб круглого сечения. Но в обоих случаях патентов Пушкарева Б. А. просматривается отсутствие точной фиксации положения пустотообразователей в опалубке плиты с исключением их смещения в процессе ее изготовления бетонированием. Для ликвидации этого недостатка, предлагается усовершенствованное конструктивно-технологическое решение монолитной железобетонной балочной плиты перекрытий с пустотами, представленное на рис. 2 (заявка на выдачу патента на полезную модель РФ №2021120258 от 08.07.2021 г.). В разработке принимал участие также магистрант Шевчук Константин.

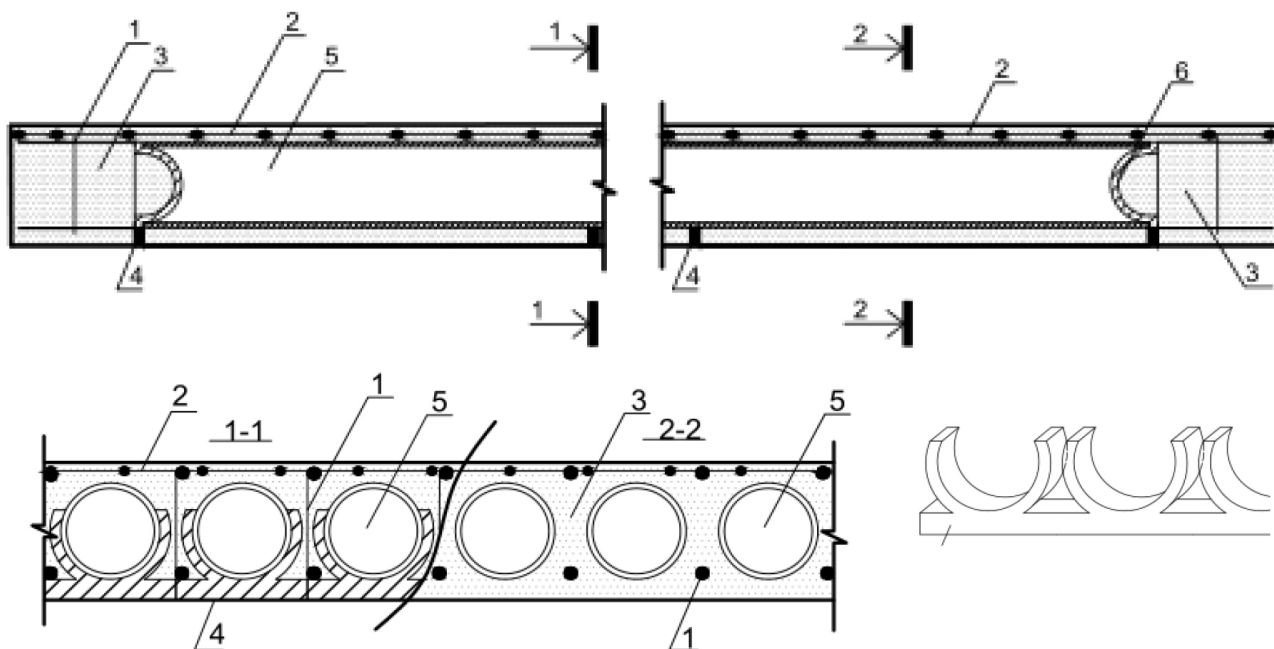


Рис. 2. Продольный и поперечные разрезы плиты:

- 1 – вертикальный арматурный каркас; 2 – горизонтальная арматурная сетка плиты;
- 3 – монолитный бетон; 4 – подкладка-фиксатор положения вкладышей;
- 5 – труба-вкладыш; 6 – заглушки по торцам будущей плиты перекрытия

Эффективность данной полезной модели заключается в существенном уменьшении собственного веса при неизменной полезной нагрузке, а возможность обеспечить точное положение пустотообразователей позволит уменьшить сечение бетонной части плиты с той же ресурсосберегающей целью. На примере проектирования сплошных перекрытий жилого дома по ул. Проездная 32, в г. Симферополь, получен объем бетона на этаж перекрытия – 108,9 м³. За вычетом ячеек с лестничной клеткой и шахтой лифта, где установка вкладышей не предусматривается, объем бетона сплошного перекрытия толщиной 200 мм составляет: 108,9 – 16,89 = 92 м³. В результате расчета и проектирования мест

установки вкладышей из пластика, их объем в пределах перекрытия этажа (\varnothing 140 мм, длина от 5,4 м до 5,6 м) оказался 41,25 м³. Это и будет ожидаемая экономия железобетона на перекрытие типового этажа объекта исследования, или $41,25/92 \times 100 = 44,8$ %. Что практически не отличается от результатов расчетов, изложенных в упомянутой выше статье. Дополнительным ресурсосберегающим эффектом будет также утилизация в термоформуемые трубы вторичного полиэтилена твердых пластиковых отходов, обычно загрязняющих окружающую природную среду.

Следовательно, за счет установки вкладышей в конструкции инновационных перекрытий получаем снижение собственного веса и, как следствие, снижение затрат на устройство фундаментов и других несущих элементов каркаса. Основным же эффектом от снижения собственного веса всего каркаса является уменьшение инерционных сейсмических нагрузок, что особенно актуально для Крымского региона. Но мало изученными при этом остаются еще и вопросы положительного изменения трудоемкости, эргономики и сроков возведения объектов с предложенными инновационными охраноспособными системами сборно-монолитных междуэтажных и чердачных перекрытий. Что и предполагается исследовать и апробировать в нашей дальнейшей работе.

Литература

1. Шаленный В. Т., Балакчина О. Л., Леоненко К. А. Оценка сравнительной эффективности совершенствования и внедрения сборно-монолитных перекрытий с вкладышами, частично заменяющими железобетон // Организация строительного производства: Материалы III Всероссийской научно-практической конференции [10–11 февраля 2021 г.] / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2021. С. 31–43.

2. Шаленный В. Т. Интенсификация и эргономика строительного производства: монография / В. Т. Шаленный. Москва: РУСАЙНС, 2021, 340 с.

3. Пат. № 190006 U1, Российская Федерация, СПК E04B 5/36 (2020.01), E04G11/40 (2020.01). Сборно-монолитное железобетонное перекрытие / В. Т. Шаленный, С. Ф. Акимов, К. А. Леоненко, И. М. Долгошапко, В. Д. Малахов. Заявка № 2019 141926. Заявл. 13.12.2019; опубл. 13.02.2020, Бюл. №5. 5 с.

4. Seyran Akimov, Vasiliy Shalenny, Kirill Leonenko and Vladimir Malahov. A resource-efficient development of VELOX-technologies during erection and reconstruction of prefabricated monolithic floor slabs. FORM-2020. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 869 (2020) 072043 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/869/7/072043.

5. Окольникова Г. Э., Слинкова Е. В., Белов А. П. Преимущества технологии Cobiax // Системные технологии. 2018, № 26. С.214–217.

6. Пат. №2724648 C2, Российская Федерация, МПК B28B 7/28 (2006.01), B28B 1/44 (2006.01). Пустотообразующий модуль / А. Х. Карапетян и А.А. Лунев. Заявка №2019141132. Заявл. 12.12.2019; опубл. 25.06.2020. Бюл. № 18.

7. А. С. № 1249123 SU, МКИ E04B5/02. Многопустотная железобетонная панель для перекрытий / А. В. Фриш. Заявка № 3784544/29-33. Заявл. 25.08.1984; опубл. 07.08.1986, Бюл. № 29. 2 с.

8. Пат. № 185868 U1, Российская Федерация, МПК E04B5/02, МПК E04B1/98 (2006.01). Конструкция монолитного перекрытия / В. Т. Шаленный, О. Л. Балакчина, А. А. Смирнов. Заявка № 2017147103. Заявл. 29.12.2017; опубл. 20.12.2018, Бюл. № 35.

9. Andronov A. V., Balakchina O. L., Leonenko K. A., Shalenny V. T. Improving the manufacturability of the reinforced concrete structures production by using lightweight filling materials // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Scientific Conference «Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development». Organisation and Technology of Construction Production. 2019. С. 055019. DOI <https://doi.org/10.1088/1757-899X/698/5/055019>.

10. Пат. №7667 U, Республика Беларусь, МПК E04B1/04 (2006.01). Многопустотная железобетонная плита перекрытия /И. А. Котенков. Заявка № u 2011 0141. Заявл. 03.03.2011; опубл. 30.10.2011, 3 с.

11. Пат. №2634156 C2, Российская Федерация, МПК E04B1/44 (2006.01), МПК E04C2/00 (2006.01), МПК B27B7/28 (2006.01). Способ изготовления монолитных железобетонных балочных плит перекрытий с круглыми пустотами, с применением не извлекаемых картонно-полиэтиленовых пустотообразователей / Б. А. Пушкарев. Заявка № 2015 143846. Заявл. 14.10.2015; опубл. 24.10.2017, Бюл. № 30.

12. Пат. №2664087 C2 Российская Федерация, СПК B28B 1/445 (2018.05), E04C 2/00 (2018.05), B28B 7/28 (2018.05). Способ непрерывного изготовления монолитных железобетонных опирающихся по контуру пустотных плит перекрытий с применением не извлекаемых трубчатых картонно-полиэтиленовых пустотообразователей / Б. А. Пушкарев. Заявка № 2017102030. Заявл. 23.01.2017; опубл. 27.07.2018. Бюл. № 21.

13. *Пушкарев Б. В., Буренина Н. Б.* Целесообразность выбора картонно-полиэтиленовых труб круглого сечения как не извлекаемых пустотообразователей для монолитных железобетонных балочных плит перекрытий // Экономика строительства и природопользования. 2020. № 2. С. 86–91.

УДК 658.567.1

Дарья Максимовна Гориславко,
магистрант
Любовь Григорьевна Ворона-Сливинская,
д-р экон. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: gorislavkodm@mail.ru;
Ly161@yandex.ru

Darya Maximovna Gorislavko,
master's degree student
Lubov Grigorievna Vorona-Slivinskaya,
Dr. Sci. Ec., Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: gorislavkodm@mail.ru,
Ly161@yandex.ru

КЛАССИФИКАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ И РАСЧЕТ ИХ КОЛИЧЕСТВА

CLASSIFICATION OF CONSTRUCTION WASTE AND CALCULATION OF QUANTITY

В данной исследовательской работе проводится обобщение информации о видах строительных отходов. Кроме того, затрагивается проблема вторичного использования и утилизации строительных отходов. Отмечается, что проблема их накопления продолжает оставаться одной из наиболее актуальных. При этом, способов вторичной переработки хотя и существует много, на деле ни один из них полноценно проблему загрязнения ввиду скопления строительных отходов не решает. Возникает подобная ситуация, в частности, и из-за неправильной классификации, поэтому автором указывается на необходимость четкого выделения критериев классификации строительных отходов.

Ключевые слова: строительные отходы, классификация отходов, утилизация отходов, вторичная переработка.

The article summarizes information about the types of construction waste. In addition, the article touches on the problem of recycling and disposal of construction waste. It is noted that the problem of their accumulation continues to be one of the most urgent. At the same time, although there are many ways of recycling, in fact none of them fully solves the problem of pollution due to the accumulation of construction waste. A similar situation arises, in particular, due to incorrect classification, therefore, the author points out the need for a clear allocation of criteria for the classification of construction waste.

Keywords: construction waste, waste classification, waste disposal, recycling.

Люди привыкли все называть мусором. Джинсы порвались – превратились в мусор. Остатки строительных материалов после строительства или ремонта здания – мусор. Разряженные батарейки в пульте дистанционного управления – тоже мусор. Все это выкидывается в мусорку, а затем попадает на свалки, которые в наше время превратились в генератор вредных веществ.

Обычно люди смешивают понятия «отходы» и «мусор». По статистическим данным примерно 70 % мусора не является мусором. В чем разница? Отходы – это все, что еще имеет второй шанс на жизнь. Мусор уже изжил себя. Из чего можно заключить, что отходы являются нужным ресурсом для рециклинга [1].

А строительные отходы – это отходы, формирующиеся в процессе демонтажа, реконструкции, ремонта или строительства сооружений, зданий, дорог, промышленных объектов, инженерных и других сетей. Сбор строительных отходов может быть как контролируемым, так и неконтролируемым. В случае контролируемого сбора основными его критериями можно считать наличие мест для отдельного скопления отходов,

поддержание территории в порядке и т.д. Неконтролируемый сбор представляет собой фактически скопление мусора. На рис. 1 показано разрушенное здание, которое своим статусом не обладает. По своей сути, представленный рисунок в общем виде характеризует строительные отходы [2].

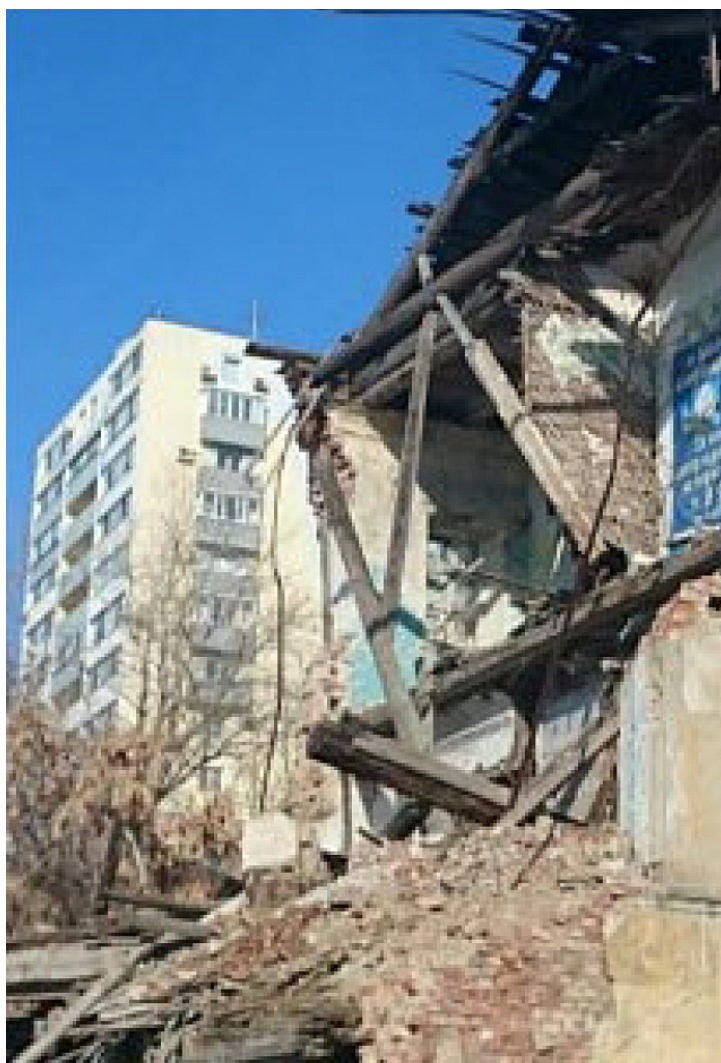


Рис. 1. Строительные отходы после разрушения здания

Строительные отходы относят к отходам IV-V класса опасности. Согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 30775-2001 «Классификация, идентификация и кодирование отходов» строительные отходы классифицирует следующим образом:

1. Изоляционные и асбестовые материалы.
2. Бетон, кирпич, плитка и керамика.
3. Дерево, стекло, пластик.
4. Битумные смеси, смола и деготь.
5. Металлический мусор, включая кабеля.
6. Грунт, загрязненный грунт, камни и грунт, извлечённый при дноуглубительных работах.
7. Гипс.
8. Цемент.
9. Краски и лаки.

10. Клеи и герметики.

Наибольшая часть строительных отходов образуется при сносе разного рода строений. В этом случае около 10 % от общего объема составляет кирпич, строительные и металлические конструкции. Около 80 % приходится на шлак, а оставшаяся часть отводится древесине, стеклу, пластиковым и прочим категориям отходов. При демонтаже промышленных объектов доля бетона и конструкций из него, а также металлической арматуры и прочих строительных отходов первой категории составляет около 50–60 %, а объем шлака является минимальным [5].

Основными категориями строительных отходов в настоящее время являются стекло, битумные конструкции, кирпич, пластиковые конструкции и т. д. Следует отметить, что закрытой номенклатуры строительных отходов не существует, и с развитием сферы строительства появляются их новые типы. Между тем, все их можно классифицировать в зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду, структуры, а также состава. При этом на состав любого строительного материала, а соответственно и строительных отходов, немалое влияние оказывают особенности производственного процесса, а также планировочные решения при возведении здания.

В целом можно отметить, что строительные отходы в мире в настоящее время занимают наибольший объем среди всех типов отходов.

В процессе возведения здания можно заранее определить примерный объем тех или иных видов строительных отходов. Для этого следует учитывать особенности морфологического состава строительного материала, особенности планировки будущего объекта, а также способ его возведения. В табл. 1 отражены показатели образования различных видов строительных отходов при возведении зданий различной конструкции [2].

Таблица 1

Состав и количество строительных отходов

Наименование строительных отходов	Проценты, %		
	Кирпичная кладка	Каркасная конструкция	Каркасная конструкция
Битый кирпич	30–50	15–30	10–20
Цементно-песчаная смесь	6–15	10–20	10–20
Бетон	8–15	15–30	15–35
Упаковочный материал	5–15	5–20	10–15
Кровельный материал	2–15	2–5	2–5
Сталь	1–5	2–8	2–8
Дерево	1–5	1–5	1–5
Другое	10–20	10–20	10–20
Всего:	100	100	100
Количество строительных отходов, образующихся на единицу площади (кг/м ²)	50–200	45–150	40–150

Помимо общепризнанной классификации существует ряд предложений, направленных на ее совершенствование, которые пока не реализованы. К примеру, П. И. Боженков рассматривает агрегатное состояние материалов и степень изменения природных свойств при переработке или длительном хранении. Также он разделяет отходы, используемые для производства строительных материалов, на 3 класса:

- класс А – продукты, свойства которых были утрачены в процессе образования;
- класс Б – строительные отходы искусственного происхождения, появление которых связано с разного рода физическими либо химическими реакциями;
- класс В – строительные отходы, образование которых связано с длительным естественным использованием соответствующих строительных материалов.

Представляется, что данная классификация не может являться оптимальной, поскольку она не предполагает учет свойств того или иного материала [3].

А. А. Качура, приводит в качестве примера классификацию строительных отходов в зависимости от возможности их повторного использования. Исходя из этого, все отходы он делит на кондиционные, некондиционные и строительный мусор. Т. С. Башевая и А. А. Шейх предлагают разделять отходы строительства и демонтажа на 2 группы: 1-я группа – вторичное строительное сырье; 2-я группа – строительные отходы. Как следствие предложенной классификации строительных отходов те же авторы разделяют способы обращения с отходами строительства и демонтажа на 3 группы: 1) захоронение; 2) утилизация с использованием отходов в качестве вторичного сырья; 3) утилизация с получением энергии [4].

В рамках данного исследования важно отметить тот факт, что система сбора и складирования строительных отходов хотя и не является четко определенной, в разных странах функционирует примерно одинаково. В ее основе лежит распределение отходов, в зависимости от их категории, и хранение их на специально отведенной площадке. Определяется данная площадка, как правило, еще в процессе строительства соответствующего объекта, а отходы хранятся на ней либо до момента востребования, либо до накопления предельного объема. Чтобы в дальнейшем было легче и эффективнее проводить их утилизацию, а также использовать повторно, необходимо придерживаться принципов классификации.

Для определения расчета объема строительных отходов с целью их хранения за основу берется расчетная площадь хранения, а также особенности складирования того или иного вида. При этом, складирование и хранение должно осуществляться таким образом, чтобы максимально сохранить полезные свойства данных отходов. С целью облегчения процедуры расчета в целом, а также классификации строительных отходов во многих странах в настоящее время используется Environmental Product Declaration (EPD) [5]. Как было уже отмечено ранее, при классификации строительных отходов учитывается степень их негативного воздействия на окружающую среду. Именно степень такого воздействия указывается в рассматриваемом документе, который с юридической точки зрения представляет собой экологический сертификат. При его формировании проводится анализ жизненного цикла соответствующего строительного материала, благодаря которому можно отнести данный материал к соответствующей категории. Введение такого сертификата в России фактически позволит автоматизировать процесс классификации строительных отходов. Более того, в данном случае классификация будет проведена гораздо раньше, чем появятся сами отходы, что существенно экономит время.

В отдельных видах сертификатов указываются даже возможные способы повторной переработки соответствующего материала. Подобная информация позволит заранее определить, возможно ли вообще использовать соответствующий вид образовавшихся строительных отходов, либо их необходимо утилизировать.

Использование метода анализа жизненного цикла позволит не только предотвратить неэффективное использование строительных отходов, но как уже было сказано, облегчит и человеческий труд при распределении данных отходов с целью их классификации, и снизит финансовые затраты на сам процесс классификации. Более того, подобные технологии позволят уменьшить количество самих строительных отходов, а также продлить срок эксплуатации соответствующего материала. Все это достигается за счет сравнения соответствующих материалов по ряду параметров.

Подводя итоги данной статьи, необходимо отметить, что классификация строительных отходов должна быть обязательной не только с точки зрения эффективности их повторного применения, но и с позиции безопасности. Это объясняется тем, что отдельные виды образуемых отходов не могут быть повторно использованы и подлежат исключительно утилизации. При этом далеко не всегда их утилизация может быть самостоятельной. Однако несмотря ни на что, основной целью при классификации должна оставаться возможность повторного применения строительных отходов.

Результат исследования показал, что системы обращения со строительными отходами в странах мира похожи между собой и не имеют принципиальных отличий. Можно отметить, что опыт большинства стран мира выявил следующие основные варианты организации переработки строительных отходов: переработка на месте их образования и переработка на предприятиях и комплексах со стационарным или не стационарным перерабатывающим оборудованием, расположенных на расстоянии от места образования отходов.

Благодаря правильной классификации строительных отходов их большую часть можно повторно использовать в различных отраслях, в зависимости от соответствующей категории. При этом сама процедура классификации требует совершенствования. Наиболее оптимальным способом улучшения и одновременно облегчения данной процедуры является обязательное введение так называемых экологических сертификатов, используемых сегодня во многих государствах. Такой сертификат фактически исключает необходимость проведения непосредственно классификации, поскольку тип образующихся строительных отходов будет указан при изготовлении строительного материала.

Литература

1. *Абрамов А. В., Ворона-Сливинская Л. Г., Кусраева О. С.* Рециклинг отходов промышленных предприятий. Проблемы управления рисками в техносфере. 2012. № 2 (22). С. 84–87.
2. *Алемасов В. Е.* Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигателях и энергетических установках / В. Е. Алемасов // М.: Химия. 2000. 52 с.
3. *Белова Т. В.* Повышение эффективности защиты окружающей среды от загрязнения отходами строительства / Т. В. Белова, А. А. Болотова // Вестник МГСУ. 2015. № 4. С. 92–101.
4. *Лунев Г. Г.* Оценка эффективности комплексного использования вторичных строительных ресурсов в регионе / Г. Г. Лунев // Экономика. Предпринимательство. Окружающая среда. 2013. № 56. С. 97–106.
5. *Wang G., Krzywda D., Kondrashev S., Vorona-Slivinskaya L.* Recycling and upcycling in the practice of waste management of construction giants. Sustainability. 2021. Т. 13. № 2. С. 1–14.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>С. В. Бовтеев</i> Визуализация процесса строительства зданий и сооружений	3
<i>Д. А. Басовский, О. В. Востриков</i> Новые конструкции стрелочных переводов для путевого хозяйства рельсового городского транспорта	9
<i>Е. О. Добрышкин, Н. В. Курашев, А. А. Васильев</i> Обоснование применения последовательного метода организации строительства при возведении небоскребов	16
<i>И. С. Рябчевский, С. О. Кашуба, Л. А. Сулейманова</i> 4D BIM-моделирование объектов строительства в программном комплексе Bentley Synchro PRO	20
<i>Хурейни Надим К. Р.</i> Неопределенность и риски в строительстве между теорией и практикой	30
<i>А. Ю. Бибарсова, Н. С. Лорер</i> Методы организации производства строительных работ атомных электростанций в сейсмоопасных зонах с тропическим климатом применительно к АЭС «Аккую». Укрепление грунтов и строительство фундаментов	35
<i>Е. В. Кучер, У. К. Мазурина</i> Особенности производства работ при строительстве реакторных блоков атомных электростанций в сейсмоопасных зонах с тропическим климатом на примере АЭС «АККУЮ»	46
<i>И. А. Алексеев, В. М. Челнокова</i> Организация работ по реконструкции объекта культурного наследия здания подпلاзового участка	60
<i>Д. М. Андреев</i> Методы снижения шума при реконструкции зданий исторического центра Санкт-Петербурга	69
<i>О. А. Анохина, Л. В. Волкова</i> Развитие технологии BIM в России	74
<i>Н. Е. Бажуков</i> Анализ строительства монолитного многоэтажного административно- бытового корпуса на крайнем севере на примере города Сургут.	78
<i>В. Д. Баранов</i> Основные способы усиления фундаментов и их отличия	83
<i>В. В. Богданова</i> Анализ применения модульных систем для строительства дошкольных образовательных учреждений в г. Санкт-Петербурге	88

<i>Д. А. Выхрыщук</i> Преимущества и недостатки использования CLT-панелей для возведения каркасных зданий	94
<i>Т. Р. Галиуллин, И. В. Бушин</i> Анализ применения BIM-технологий в производственной деятельности для эффективной организации строительства	100
<i>М. Д. Горшков</i> Анализ отрасли строительства атомных электростанций и технологий их возведения.	105
<i>А. С. Горюнова</i> Аэрогели как перспективные теплоизоляционные материалы	111
<i>Е. М. Грачева</i> Анализ календарного планирования ремонтно-строительных работ с применением оптимизации метода физического износа объектов	118
<i>П. А. Зайцева</i> Анализ применения 5D технологий информационного моделирования в организации строительства	123
<i>М. В. Засыпкина, В. К. Нефедова</i> Организация проектирования таунхаусов в г. Санкт-Петербурге	128
<i>А. А. Ильина, А. В. Нефедов</i> Инновационные методы в строительстве	135
<i>Д. А. Копров, Н. В. Розанцева</i> Технология монтажа древопластиковых конструктивных элементов	140
<i>Е. А. Корнеевкова, А. Д. Дроздов</i> Эффективный утеплитель для современных фасадных систем.	146
<i>И. А. Кошевой</i> Водопонижение при строительстве с водонасыщенными грунтами	151
<i>Д. К. Мирова, В. М. Челнокова</i> Организация производства работ при государственной поддержке энергоэффективного капитального ремонта	157
<i>Е. С. Семенова</i> Совершенствование организационно-технологических решений при реконструкции зданий исторического центра города	166
<i>Н. А. Сидоренко</i> Риски и анализ рисков при устройстве глубоких котлованов в условиях плотной городской застройки	171
<i>Вэйхао Суй</i> Зарубежная политика и нормативные акты в области экологического строительства	178

<i>А. С. Суржик</i> Детализация технологических операций при модульном озеленении кровельных покрытий.	185
<i>Н. В. Цуркова</i> Особенности устройства примыкания эксплуатируемой инверсионной кровли к водосборным воронкам	191
<i>Р. В. Щегула, В. Т. Шаленный</i> Развитие охраноспособных конструктивно-технологических решений перекрытий и покрытий с вкладышами, заменяющими монолитный железобетон.	198
<i>Д. М. Гориславко, Л. Г. Ворона-Сливинская</i> Классификация строительных отходов и расчет их количества	205

Научное издание

**ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ
ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Материалы Всероссийской научно-практической конференции
18–19 ноября 2021 года

Компьютерная верстка *О. Н. Комиссаровой*

Подписано к печати 26.10.2021. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 24,88. Тираж 300 экз. Заказ 112. «С» 55.

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