



ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Материалы Всероссийской молодежной
научно-практической конференции,
посвященной 190-летию Санкт-Петербургского
государственного архитектурно-
строительного университета
(ЛИСИ – СПбГАСУ)

28–29 апреля 2022 года

2022

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, 2022

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции,
посвященной 190-летию Санкт-Петербургского государственного
архитектурно-строительного университета
(ЛИСИ – СПбГАСУ)**

28–29 апреля 2022 года

Санкт-Петербург
2022

УДК 69.338.97

Рецензенты:

канд. техн. наук, директор проектов *Е. С. Федулов* (ООО «ЦЭИПСК»);
начальник управления нулевых работ *Я. В. Иванов* (ООО «Вертикаль»)

Технология строительного производства : материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции, посвященной 190-летию Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (ЛИСИ – СПбГАСУ) [28–29 апреля 2022 года] / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2022. – 232 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1232-3

В Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете 28–29 апреля 2022 г. прошла Всероссийская молодежная научно-практическая конференция «Технология строительного производства». В конференции приняли участие более 40 молодых специалистов из России.

В сборнике представлены научные и практические работы преподавателей вузов, молодых ученых, аспирантов и студентов магистратуры. Рассмотрены вопросы технологии возведения промышленных и гражданских зданий и сооружений; формирования и оптимизации конкурентоспособных методов организации работ; применения технологий информационного моделирования строительных процессов. Приведены результаты исследований реализации современных технологий в области строительства в арктических регионах.

Печатается по решению Научно-технического совета СПбГАСУ

Редакционная коллегия:

А. Н. Гайдо (председатель);

А. Ф. Юдина;

Ю. И. Тилинин;

Н. Л. Лукина

ISBN 978-5-9227-1232-3

© Авторы статей, 2022

© Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2022

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ПРОВЕРКЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИПСОВЫХ КОМПОЗИТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ СО СТЕКЛОВОЛОКНОМ

METHODOLOGY FOR CONDUCTING AN EXPERIMENT TO TEST THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF GYPSUM COMPOSITE BUILDING MATERIALS WITH FIBERGLASS

С развитием дипломатических отношений между Китаем и Беларусью в Республике Беларусь в настоящее время возводится все больше и больше совместных строительных объектов. Однако существует ряд проблем, связанных с практическим применением новых материалов в процессе строительства. В данной статье рассматриваются существующие проблемы применения строительных материалов на строительной площадке, а также излагается экспериментальный план по использованию стекловолокна для улучшения механических свойств композитных плит на основе гипса. Предлагаются методы решения проблемы.

Ключевые слова: композиты на основе гипса, стекловолокно, метод испытаний, механические свойства, строительная площадка.

With the vigorous establishment of diplomatic relations between China and Belarus, more and more aided construction projects are being constructed in the Republic of Belarus, but there are also some practical application problems in the application of new materials during the construction process. This paper puts forward the corresponding problems for the application of building materials on the construction site, and sets up an experimental plan for using glass fiber to improve the mechanical properties of gypsum-based composite boards, and proposes methods to solve the problem, so that the new material technology can be better applied in practice

Keywords: gypsum-based, composites-glass fiber, test method, mechanical behavior, construction site.

В последние годы, благодаря дружеским отношениям между Республикой Беларусь и Китаем, китайская политика «Пояса и пути» способствовала экономическому развитию как Китая, так и Беларуси. Например, создание Китайско-Белорусского индустриального парка, возведение «Организации высокотехнологичного агропромышленного комплекса полного цикла на 2016–2032 гг.», строительство завода по производству сельскохозяйственных калийных удобрений и т. д. В вышеупомянутых строительных проектах противопожарные двери и подвесные потолки в мастерской были оборудованы с использованием нового вида «зеленого» строительного материала – композитной плиты на основе гипса. Однако есть некоторые проблемы с применением материала в полевых условиях. Например, обнаруженная на стройке хрупкая трещина закладного ГК (гипсокартона) легко может привести к повреждению противопожарной двери под действием внешней силы.

На указанных объектах ГК используется для изготовления противопожарных дверей и подвесных потолков. Этот лёгкий, гибкий экологически чистый материал прост и удобен при монтаже, имеет пониженное поглощение воды – менее 10 %, – и обладает большим сопротивлением проникновению влаги. Он способен поддерживать оптимальный микроклимат в помещении, имеет хорошие звукоизоляционные свойства и, к тому же, невысокую стоимость. При обработке специальными составами ГК приобретает дополнительную влагостойкость, прочность и огнестойкость, которая присуща ГК из-за наличия в составе кристаллически- связанной воды. Материал не способен вспыхивать моментально, поскольку сначала испаряется жидкость, что позволяет вовремя обнаружить место возгорания. Именно это свойство позволяет использовать ГК при изготовлении противопожарных дверей.

Отрицательными свойствами ГК, которые проявляются в полевых условиях, являются подверженность деформациям при механических воздействиях, низкая влагостойкость при прямом попадании воды, низкая трещиностойкость, а также низкая прочность на изгиб и ударопрочность гипса [1]. Эти недостатки могут возникнуть в процессе строительства и привести к большим экономическим потерям. Так, при создании белорусского агропромышленного комплекса было построено 39 цехов, суммарная площадь потолков которых составила 2650 м² (7362 листов ГК размером 600×600), и установлено 387 противопожарных дверей. Через 60 дней с момента завершения строительства и сдачи объекта, из-за стрессовых нагрузок в 69 дверях были обнаружены повреждения. Коэффициент убыточности составил 17,8 %. Также оказались повреждёнными 368 листов гипсокартона – степень повреждения – 5 %.

Повреждения, способные возникнуть во время строительства, представлены на рисунке. Фотографии сделаны на белорусско-китайском строительном объекте «Организация высокотехнологичного агропромышленного комплекса полного цикла на 2016–2032 гг.», расположенном в Минском районе.



а) противопожарная дверь из огнеупорного ГК



б) фрагменты подвесного потолка



в) потолок из ГК

Повреждения на строительном объекте

Чтобы повысить эксплуатационные свойства ГК, обычно используют различные армирующие материалы. Наиболее эффективным является стекловолокно, преимуществом которого является малый диаметр и коррозионная стойкость. Модуль упругости стекловолокна в 4 раза выше, чем у гипса, а прочность стекловолокна диаметром 8–10 мм. достигает 1800–2500 МПа. Именно поэтому среди различных армирующих волокон стекловолокно является идеальным армирующим материалом для гипсовых изделий. Оно повышает прочность на изгиб и трещиностойкость ГК.

Мы предлагаем методику проведения эксперимента, позволяющую определить оптимальное соотношение компонентов смеси для композитных стеновых материалов на основе гипса и стекловолокна. Цель эксперимента – установить, какое количество стекловолокна необходимо добавить, чтобы повысить огнеупорные свойства ГК до необходимого уровня-Х. Для этого в полугидрат гипса, необходимо добавить стекловолокно 9–12 мм., весом 5 г., 10 г. и 15 г., что составит 1 %, 2 % и 3 % от общего количества, а также поливиниловый спирт – белое хлопьевидное твердое вещество марки 1799; восстановитель воды на основе нафталина – бурое порошкообразное твердое вещество из конденсата нафталинсульфонат-альдегида; триэтаноламин – бесцветная вязкая жидкость с концентрацией 70 %; щавелевую кислоту – белый кристалл. Дикарбоновая кислота, связующий агент – силановый связующий агент КН550, тип стирол-акриловой эмульсии – ГХТ-3 техническая, вода дистиллированная [2]. *Водопонижитель* – поликарбоксилатный водопонижающий агент (ПКА: НРЕG2400) и нафталиновый водопонижающий агент (ФДН-С).

Химический состав сырья для материалов на гипсовой основе (масса %)

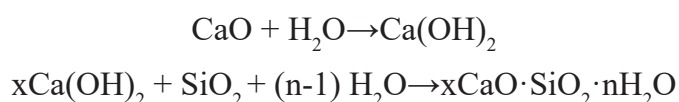
Химический состав материала	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Потери зажигания
Полугидрат гипса	0.62	0.39	1.13	41.03	0.97	42.76	5.0
Летающий пепел	49.61	3.81	36.64	3.14	1.03	0.72	3.5
Шлак	31.57	0.23	15.27	43.18	6.68	1.08	3.5
Цемент	22.31	2.26	4.79	63.14	2.35	2.73	5.0

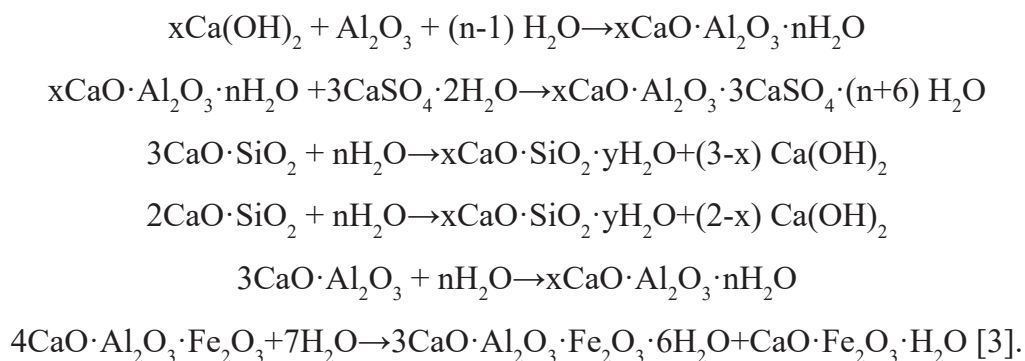
Химический состав стекловолокна (вес %)

Химический состав материала	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	B ₂ O ₃	Na ₂ O + K ₂ O
Стекловолокно	53.00	15.00	21.00	2.00	8.00	0.30

Из хорошо перемешанного вяжущего материала с помощью виброформования готовятся образцы для эксперимента размерами 40×40×160. Сначала они должны быть выдержаны в течение 24 ч. в естественных условиях, затем извлечены из формы и помещены в стандартную бетонную камеру для выдерживания до 28дневного возраста. Для проверки механических характеристик готовятся четыре вида образцов: без стекловолокна, с добавлением 1 %, 2 % и 3 % стекловолокна.

Химическая реакция, происходящая в композитных материалах на основе гипса, происходит по принципу синергетической гидратации. Летучая зола и шлак обладают потенциальной гелеобразующей активностью и содержат большое количество активных SiO₂ и Al₂O₃, которые могут создавать гидравлическую жесткость при двойном возбуждении сульфата и щелочи. NaOH растворяется в воде с высвобождением OH⁻, что может обеспечить начальную щелочную среду для реакции гидратации исходного композитного вяжущего материала на основе полугидрата гипса и способствовать эффективному разрушению стеклянной массы летучей золы и шлака. Активность SiO₂ и Al₂O₃ внутри стекловолокна высвобождается. Когда негашеная известь соединяется с водой, происходит бурная реакция гидратации с образованием Ca(OH)₂. Выделяющееся при этом тепло может ускорить скорость реакции гидратации вяжущего материала, а образующийся Ca(OH)₂ быстро улучшить щелочность композитных вяжущих материалов, способствовать разрушению SiO, AlO, а также других связей в SiO₂ и Al₂O₃. Разорванные связи образуют плотную малорастворимую гидравлическую гидратацию с Ca²⁺. Аллюминат кальция и гидрат силиката кальция, благодаря присутствию ненарушенного десульфурованного гипса, гидрата аллюмината кальция и CaSO₄·2H₂O будут образовывать высокопрочный гидрат сульфоаллюмината кальция с высоким содержанием серы. В то же время, в качестве гидравлического вяжущего материала цемент, его собственные минералы сначала гидратируются с образованием ряда продуктов гидратации, таких как гидрат силиката кальция, гидрат аллюмината кальция, Ca(OH)₂, а образовавшийся Ca(OH)₂ продолжает участвовать в композитном вяжущем материале. Сам цемент и десульфурованный гипс дополнительно реагируют с образованием эттрингита, который образует поперечную сетку со студенистым гидратированным силикатом кальция, тем самым повышая прочность гипсокартона со стекловолокном. Химическая реакция процесса проходит по следующей формуле:





Чтобы проверить воздействие стекловолокна на прочностные характеристики гипсокартона, необходимо провести целый ряд экспериментов. С помощью тестера «Машина для испытаний на гидравлическое давление-GB/T3722» проверяется прочность образцов на изгиб и устанавливается предел прочности при разрыве, растяжении и изгибе. По числовому значению строится линейный график влияния добавки стекловолокна на механические свойства ГК. Он наглядно покажет процент компонента, позволяющий улучшить сопротивление изгибу и ударную вязкость гипсовой подложки.

Прецизионный анализатор прочности на растяжение КБЛС-300 позволяет провести испытания стекловолокнистых гипсовых композитов на изгиб, установить величину предельной прочности волокна на растяжение и значение предела текучести на растяжение. Линейный график покажет процент компонента, улучшающий предел прочности на растяжение и значение деформационной нагрузки от внешнего напряжения гипсовой подложки.

Использование тестера прочности на сжатие DS2-1000N даёт возможность определить прочность на осевое сжатие, а линейный график покажет процент компонента, повышающий предел прочности на растяжение и значение деформационной нагрузки от внешнего напряжения гипсовой подложки.

И, наконец, применение тестера огнестойкости ХВ-0620-гипс для проведения экспериментов по огнестойкости гипсовых композитных материалов из стекловолокна позволяет определить предельный порог возгорания и значение пожарной нестабильности образцов. Линейный график зависимости добавки стекловолокна от показателя огнестойкости композитов на основе гипса покажет процентный состав компонента, улучшающего огнестойкость и характеристики огнестойкости гипсовой подложки.

Правильный расчёт соотношения компонентов смеси для композитных материалов на основе гипса и стекловолокна позволит повысить их прочность на изгиб и трещиностойкость и, следовательно, решить вызванную внешними механическими нагрузками проблему повреждения как противопожарных дверей со встроенным ГК, так и подвесных потолков.

Литература

1. Jia R., Wang Q., Feng P. A comprehensive overview of fibre-reinforced gypsum-based composites (FRGCs) in the construction field[J]. Composites Part B: Engineering 2021, 205: 108540 [Электронный ресурс]. – <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2020.108540> (03.02.2022).
2. Peng Xiaoqin, Lan Cong, Wang Shuping, Sui Shiyu, Zeng Lu. Влияние порошка гидратированного силиката кальция на процесс и механизм реакции гидратации цемента [J] Journal of Building Materials, 2015, 18(02): 195-201 [Электронный ресурс]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=C-JFDLAST2015&filename=JZCX201502004&uniplatform=NZKPT&v=eIobDiOsCOZ0nVlxcmHCGm2NiFzC9iWplmiemEU5vV> (06.02.2022).
3. Цао Ян, Ли Гочжун, Ли Цзяньцюань. Исследование водостойкости композитов стекловолокно/гипс [J]. Журнал Уханьского технологического универ-та, 2007 (07). С. 42–46.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ В УСЛОВИЯХ КАБУЛА

TECHNOLOGICAL PROCESS OF PREPARATION OF CONCRETE MIXES IN THE CONDITIONS OF KABUL

В данной статье рассматриваются новые методы и технологии, которые позволяют значительно улучшить физико-механические, а также технологические свойства бетона для возведения высотных монолитных зданий в климатических условиях Кабула. Нами рассмотрены Современные, традиционные методы и комбинации для получения однородной бетонной смеси, который пригодна для обработки, а также имеет самые высокие механические свойства в климатических условиях Кабула. В результате автор предлагает для получения бетонной смеси, обладающей отличными свойствами, а также исключительными технологическими эффективным, все компоненты смеси (вода, цемент, заполнитель) должны быть тщательно подобраны и рассчитаны.

Ключевые слова: бетон, бетонный смеси, климатические условий, заполнителей, крупный заполнителей, Кабул.

This article discusses new methods and technologies that can significantly improve the physical and mechanical, as well as the technological properties of concrete for the construction of high-rise monolithic buildings in the climatic conditions of Afghanistan. We have considered various methods and combinations to obtain a homogeneous concrete mix, which is suitable for processing, and also has the highest mechanical properties in the climatic conditions of Afghanistan. As a result, the author suggests that in order to obtain a concrete mixture with excellent properties, as well as exceptional technological efficiency, all components of the mixture (water, cement, aggregate) must be carefully selected and calculated.

Keywords: concrete, concrete mixes, climatic conditions, aggregates, coarse aggregates, Kabul.

Бетон – один из древнейших материалов, известный как строительным материалом несколько тысяч лет назад.

Еще во II в. до н. э. римляне применяли бетонные массивы при строительстве портовых сооружений близ Неаполя. Во II в. до н. э. сеть бетонных дорог Римской империи составляла более 120 тыс. км. [1, 2, 3, 7].

В 1865 году в Англии был выдан первый патент на возведение бетонных сооружений в деревянной опалубке. В 1885 году появились первые железобетонные конструкции [1].

Решением общих вопросов и изучением механических свойств бетона и железобетона занимались и российские ученые и инженеры [1, 3, 5, 7].

Изучение исторической литературы показывает, что использование бетона в Афганистане началось в древности. В качестве примера можно привести строительство дворца Чехелстона, который возводился с 1796 по 1880 годы. В настоящее время в Афганистане для возведения высотных монолитных зданий используется высокопрочный бетон (на цементах высоких марок). Сегодня инженеры-строители стремятся максимально уменьшать сечение строительных конструкций (колонн, балок, перекрытий и т. д.). Очевидно, что при уменьшении поперечного сечения строительной конструкции требования к качеству возведения конструкций высотных зданий и приготовлению бетонных смесей увеличивается. Не смотря на то, что процесс приготовления бетонных смесей для возведения монолитных здание не является сложным, в Кабуле по-прежнему остается проблема формирования технологического

состава высокопрочного бетона. Благодаря увеличивающимся с каждым годом объемам строительства в мире, в том числе из бетона и железобетона, оптимизация процесса приготовления бетонных смесей остается весьма актуальной задачей.

Технологический процесс приготовления бетонных смесей: Приготовление бетонных смесей является важнейшей составляющей всего строительного процесса, ведь от этого зависит устойчивость конструкции и безопасность людей. На начальном этапе приготовления бетонного состава для возведения монолитных зданий в первую очередь необходимо знать соотношение его компонентов. Поскольку качество бетона зависит от их физико-механических свойства, то для их сохранения необходимо точно рассчитать пропорции композитных материалов.

В Афганистане при приготовлении бетонных смесей на строительной площадке используется специальная конструкция для точного измерения компонентов бетона, «Носилки», размер которых 30×30×40, а вместимость соответствует одному мешку с цементом. Использование этого прибора в время приготовления бетонные смеси на строительной площадке повышает точность соотношения компонентов бетона (цемента, щебня, песка). В случае если на строительной площадке необходимо приготовить больший объем бетонной смеси, емкость «Носилок» можно увеличивать в два или три раза (рис. 1) [3, 6, 8, 7].

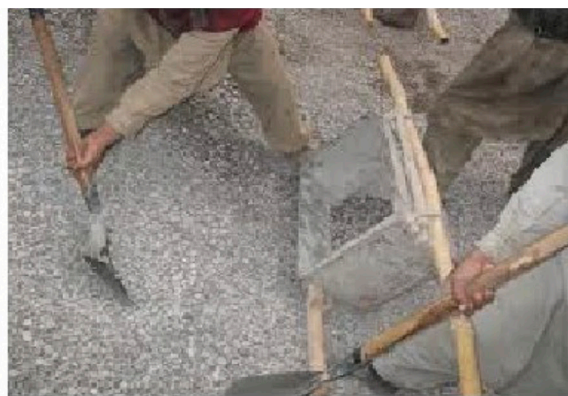
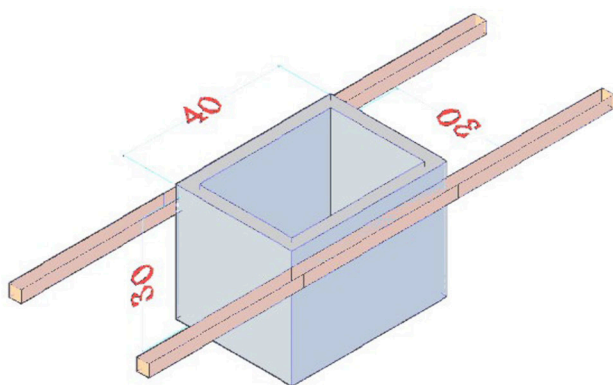


Рис. 1. Носилки для измерения сухих компонентов бетона

Особенности процесса использования «Носилок» для приготовления бетонной смеси, можно видеть в табл. 1.

Таблица 1

Необходимое количество компонентов в зависимости от марки бетона

Марка бетона кг/см ²	Количество цемента	Количество песка	Количество щебня	Количество воды
M250	1 мешок	1 «Носилки»	2 «Носилок»	31 литер
M200	1 мешок	1,5 «Носилок»	3 «Носилок»	35 литеров
M150	1 мешок	2 «Носилок»	4 «Носилок»	40 литеров
M100	1 мешок	3 «Носилок»	6 «Носилок»	45 литеров

Основные компоненты:

- Основным компонентом бетонной смеси является цемент. Прочность бетона зависит от марки выбранного цемента. Только после его подбора приступают к расчету необходимого объема. Самая распространенная марка цемента – M400-M500.

- Второй не менее важный компонент в составе бетонной смеси – это щебень. Во время приготовления бетонных смесей для улучшения консистенции используется щебень диаметром 20 мм.

- Третий компонент – песок. Долговечность бетона зависит от его качества. При наличии глины, бетон со временем полностью растрескается, поэтому песок должен быть речным.

- Бетон содержит воду, но ее количество зависит от соотношения указанных компонентов.

В Афганистане на строительной площадке приготовление бетонных смесей производится двумя способами:

- С помощью бетоносмесителя;

- Традиционным методом приготовления бетонной смеси – ручным:

Приготовление бетонной смеси бетоносмесителем:

1. Посчитаем объем компонентов;

2. Включаем бетоносмеситель и заливаем в барабан объем воды, необходимый для приготовления определенного количества бетонной смеси;

3. Добавляем в смесь половину расчетного объема цемента;

4. Сразу весь щебень засыпаем в машину;

5. Добавляем в смесь оставшуюся половину расчетного объема цемента;

6. Весь объем песка забрасываем в барабан лопатой.

Продолжительность перемешивания смесей в барабане зависит от количества оборотов, в среднем не превышающая трех минут, однако следует контролировать стабильность процесса.

Для приготовления качественного состава, бетоносмеситель нужно держать в горизонтальном положении. Следует отметить, что количество бетона необходимо рассчитать заранее, потому что оставшиеся смесь не пригодна для использования на следующий день (рис. 2).



Рис. 2. Бетоносмеситель на стройплощадке

Традиционный метод приготовления бетонных смесей – ручной: очень сложный процесс, требующий не только тщательной подготовки, но и участия нескольких человек.

Приготовления бетонной смеси традиционным способом осуществляется в несколько этапов:

1. Весь объем песка засыпаем по всей длине в подходящем, заранее подготовленном месте.
2. В песке проделываем небольшую канавку, в которую заливаем цемент. Одновременно рабочие засыпают верхнюю часть канавки песком;
3. Заливаем в смесь небольшое количество воды с помощью распылительного шланга. Самое главное – песок и цемент должны быть лишь слегка влажными;
4. Увлажненную смесь снова перемешиваем;
5. Затем один рабочий должен равномерно распределить «тесто» по всей поверхности, в то время как другие рабочие должны одновременно перемешивать всю бетонную смесь;
6. Воду добавляем при необходимости таким же образом, как и после первоначального замеса;
7. При замешивании и заливке воды необходимо следить за консистенцией будущего бетона.

Подходящее место для приготовления бетонных смесей вручную:

Место, где готовится бетонная смесь, должно быть подходящим во всех отношениях – во время приготовления бетонной смеси грунт не должен смешиваться со смесью, а вода смеси не должна расходоваться напрасно. Необходима достаточная емкость для приготовления бетонной смеси (рис. 3).

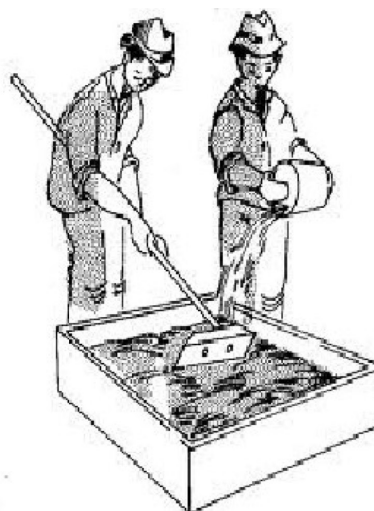


Рис. 3. Подходящее место для приготовления бетонной смеси вручную

При приготовлении бетонной смеси с помощью бетоносмесителя было проведено исследование, с целью получения однородной бетонной смеси. Для этого были предложены несколько схем загрузки компонентов бетона в барабан смесителя, но более эффективной оказалась пропорциональная загрузка барабана сразу всеми составляющими смеси при подаче сухих компонентов «слоеным пирогом» на ленте конвейера и одновременной заливке воды (15 % объема воды, подавали в конце загрузки). При пропорциональной загрузке компонентов, после 30 оборотов получается однородная бетонная смесь и ее прочность увеличивается на 2–3 Мпа. В этом исследовании были рассмотрены две бетонные смеси из одинакового количества компонентов, но с использованием разных способов приготовления, первый – с помощью бетоносмесителя, а второй – традиционным способом «вручную».

Лабораторные результаты образцов, изготовленных из каждой смеси, сильно отличаются друг от друга (табл. 2).

Компоненты бетонной смеси и их количество

№	проведены испытания бетонной смеси (испытание № 01)		Спецификация
1	Минимальное количество цемента	375 kg	Минимум 370 кг/м ³
2	Максимальный размер заполнителя	20 мм	Максимум 20 мм
3	Удельный вес заполнителя 19 мм (ASTM C 127 / AASHTO T-85)	2.659 г/см ³	–
4	Удельный вес 9,5 мм заполнителя (ASTM C 127 / AASHTO T-85)	2.637 г/см ³	–
5	Удельный вес мелкозернистого заполнителя (ASTM C 128 / AASHTO T-84)	2.746 г/см ³	–
6	Поглощение % заполнителя 19 мм (ASTM C 127/AASHTO T-85)	0.51 %	Макс. 2,5 %
7	Поглощение % 9,5 ммзаполнителя (ASTM C 127/AASHTO T-85)	0.66	Макс. 2,5 %
8	Поглощение % мелкозернистого заполнителя (ASTM C 128/AASHTO T-84)	3.16	–
9	Испытание на истирание в Лос-Анджелесе (ASTM C 131/AASHTO T-96)	10 %	Менее 35 %
10	Эквивалентное значение песка для мелкозернистого заполнителя ASTM D 2491 %	95 %	–
11	Водно-цементное соотношение: Согласно ACI 211	0.44	–
12	Крупный заполнитель (19 мм)	42.3 %	–
13	Крупный заполнитель (9,5 мм)	22.8 %	–
14	Песок	35.0 %	–
15	Суммарное значение воздействия Крупный заполнителя (BS 812-112)	15.1 %	не должен превышать 30 %
16	Суммарное значение воздействия Крупный заполнителя (BS 812-112)	0.23 %	потери не более 12 %
17	Индекс шелушения крупного заполнителя (%) (ASTM-D 4791)	21.40 %	Менее 35 %
18	Удлинение крупного заполнителя (%) (ASTM-D 4791)	18.24 %	–
19	Разрушение двух сторон частицами при раздавливании (%) (ASTM-D5821)	100.00 %	–
20	Глинистые комки и рыхлые частицы крупного заполнителя, % (ASTM C-142)	12.00 %	–
21	Глиняные комки и сыпучие частицы мелкого заполнителя, % (ASTM C-142)	2.3	–

Чтобы определить разницу между двумя смесями, сделаем несколько образцов для лабораторных испытаний. Образцы испытывали на прочность и на сжатие через 7, 14, 21, 28 дней на цифровой машине в соответствии с ASTM C 39 в кН/см², и получили следующие результаты (табл. 3):

Результаты испытания образцов бетона

прочности на сжатие через 28 дней кг/см ²	прочности на сжатие через 21 дней кг/см ²	прочности на сжатие через 14 дней кг/см ²	прочности на сжатие через 7 дней кг/см ²	вид бетонной смеси
282,6	260,1	245,3	190,2	с помощью бетоносмесителя
236,7	228,4	212,6	178,4	традиционным способом

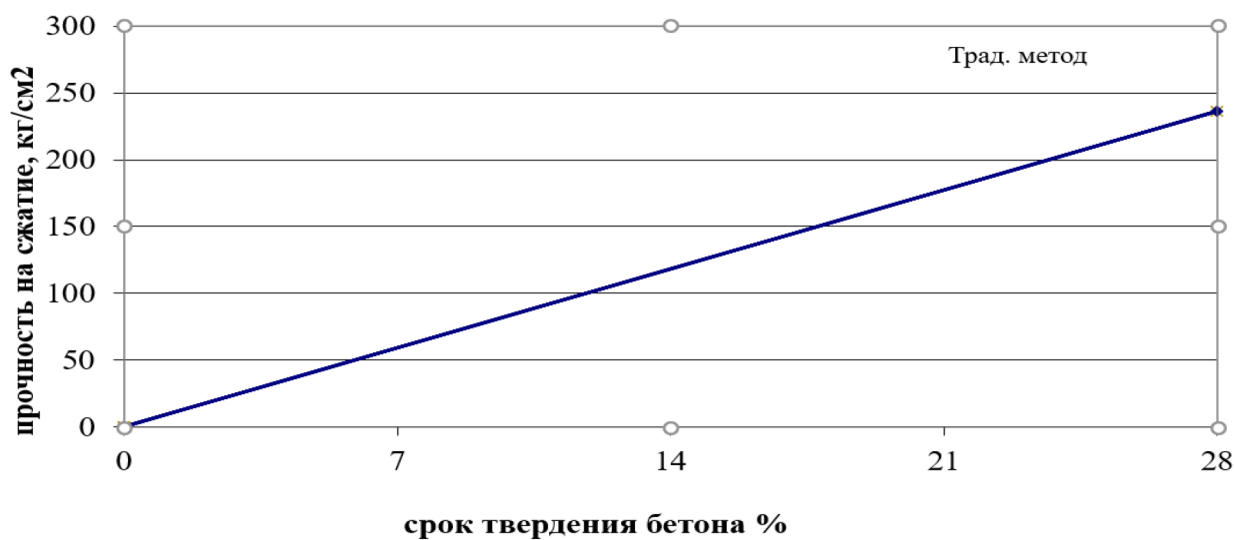


Рис. 4. Испытание бетонных образцов традиционным методом

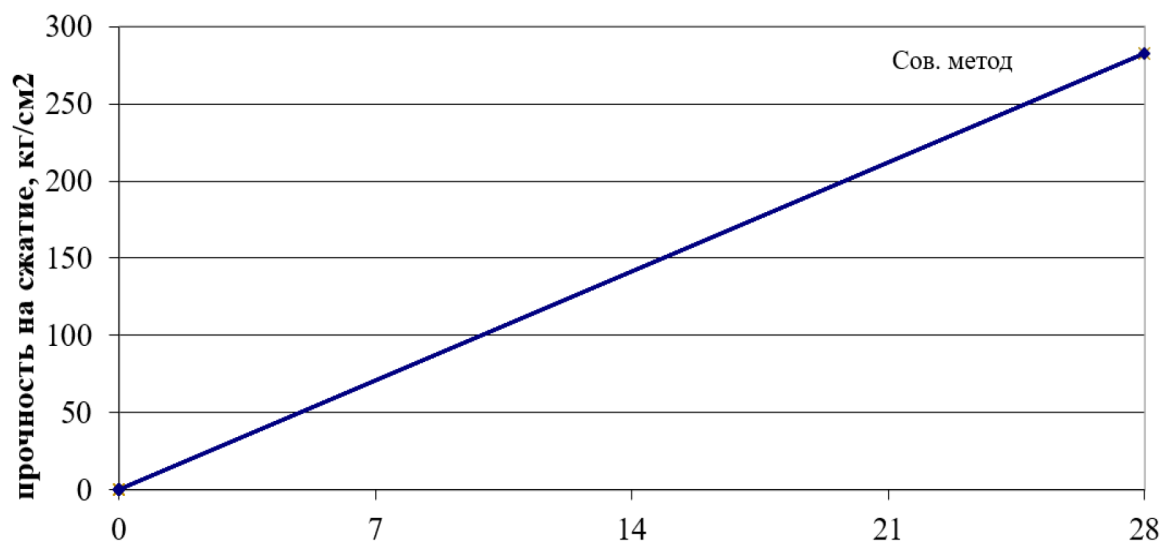


Рис. 5. Испытание бетонных образцов современным методом

Выводы

1. Изучение исторической литературы дает представление о том, что римляне использовали бетон во II в. до н. э. при строительстве дорог.

2. Традиционный метод приготовления бетонных смеси «вручную» не рекомендуется для возведения высотных монолитных зданий.

3. С точки зрения получения однородности бетонной смеси, наиболее эффективной оказалась пропорциональная загрузка барабана сразу всеми составляющими смеси при подаче сухих компонентов «слоеным пирогом» на ленте конвейера и одновременной заливке воды (15 % воды, подавали в конце загрузки).

4. При пропорциональной загрузке компонентов, после 30 оборотов получается однородная бетонная смесь, а ее прочность увеличивается на 2–3 Мпа.

5. Прочность образцов, выполненных традиционным способом «вручную», значительно ниже, чем прочность образцов, выполненных с помощью бетоносмесителя.

6. Приготовление бетонных смесей традиционным способом «вручную» оказалось более трудоемким.

Литература

1. Красный Ю. М., Красный Д. Ю. «Монолитное домостроение». Учеб. пособие. Москва, Екатеринбург, 2000 г.

2. Головнев С. Г. «Технология бетонных работ в зимнее время», Челябинск : изд-во ЮУрГУ, 2004 г.

3. Ахмад Валид Айюби Кабул. Оценка архитектурных памятников в Афганистане как в столице Кабуле 2021 г.

4. Абелев К. М., Шерозия З. И., Щерба В. Г. Особенности устройства фундаментов реконструируемых и пристраиваемых зданий : Учеб. пособие. М. : ГАСИС, 2002. 280 с.

5. Авренюк А. Восстановление бетонных и железобетонных конструкций. М. : LAP Lambert Academic Publishing, 2011. 184 с.

6. Баженов Ю. М. Технология бетона : Учебник М. : Изд-во АСВ. 2003. 500 с.

7. Комаринский М. В. Производительность поршневого бетононасоса // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013 № 6 (11). С. 43–49.

8. ASTM C309 (2016), «Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete».

9. Gary L. Henderson (Aug 2019), «Guide for Curing of Portland Cement Concrete Pavements», Research, Development, and Technology Turner-Fairbank Highway Research Center, Vol II, 132–136.

10. Щерба В. Г. Особенности технологии возведения высотных монолитных жилых зданий в условиях московской области. 2003 г.

11. Авренюк А. Восстановление бетонных и железобетонных конструкций. М. : LAP Lambert Academic Publishing, 2011. 184 с.

12. Яшина Т. В., Алексеева А. А. Технологии возведения монолитных бетонных и железобетонных конструкций. Учебно-методическое пособие. 2018 г.

13. Баженов Ю. М. Технология бетона / Ю. М. Баженов. М. : АСВ, 2002. 500 с.

14. и др. «Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона, М. : АСВ, 2016 г.

УДК 69.059

*Ислам Магомедович Таутиев, адъюнкт
Александр Николаевич Бирюков,
д-р техн. наук, профессор
(Военная академия материально-технического
обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулёва)
E-mail: islam7777.90@mail.ru, aleks_bir@mail.ru*

*Islam Magomedovich Tautiev, adjunct
Alexander Nikolaevich Biryukov,
Dr. Sci. Tech., Professor
(Military Academy of Logistics named after
General of the Army A. V. Khrulov)
E-mail: islam7777.90@mail.ru, aleks_bir@mail.ru*

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ВЫБОРА СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДЕМОНТАЖНЫХ РАБОТ

BASIC METHODS OF SELECTION OF MECHANIZATION DURING DISMANTLING WORKS

В работе проведён анализ существующих схем выбора средств механизации при проведении работ по демонтажу и сносу. Рассмотрены основные методы выбора средств механизации при проведении демонтажных работ. Выявлены условия, выполнение которых необходимо для создания модели оптимального выбора машин и механизмов при выполнении демонтажных работ.

Ключевые слова: средства механизации, демонтаж, снос, методы выбора, критерии оптимизации.

The paper analyzes the existing schemes for the choice of mechanization during dismantling and demolition. The main methods of choosing means of mechanization during dismantling work are considered. The conditions are identified, the fulfillment of which is necessary to create a model for the optimal choice of machines and mechanisms when performing dismantling works.

Keywords: means of mechanization, dismantling, demolition, selection methods, optimization criteria.

Выполнение работ по демонтажу и сносу требует выбора средств механизации и формирования рационального нормокомплекта на каждый объект. Решение данной оптимизационной задачи требует выбора признака, по которому будет оцениваться эффективность работы строительной организации. При определении соответствия выбранного решения поставленной цели необходимо количественно оценить степень её реализации при каждом из возможных вариантов.

Критериями оптимизации при определении оптимальной последовательности выбора средств механизации демонтажных работ могут быть временные, стоимостные и организационно-технологические показатели [1]. При использовании временных критериев решаются задачи минимизации продолжительности выполнения демонтажных работ с учетом отклонения от заданных сроков. Стоимостные критерии, как правило, связаны с минимизацией себестоимости выполняемых демонтажных работ. Организационно-технологические показатели ориентированы на эффективное применение имеющихся ресурсов, сокращение простоев и т. д.

Рассматривая каждый из возможных путей выбора средств механизации для выполнения демонтажных работ в качестве обособленного инвестиционного проекта можно сопоставить их экономическую эффективность и выбрать наиболее приемлемый в конкретных условиях [2, 3, 7].

Существующие схемы выбора средств механизации не в полной мере соответствуют условиям работ по демонтажу и сносу. Для создания модели оптимальной работы машин и механизмов при выполнении таких работ необходимо одновременное выполнение следующих условий: реального отражения условий работ по демонтажу и сносу, возможность разработки соответствующих алгоритмов и программ решения экономико-математической моделей. Строгое решение этой задачи с научным обоснованием можно получить, если она описывается моделью линейного, выпуклого или динамического программирования

Если обозначить порядковые номера переменных через $j = 1, 2, \dots, n$, а порядковые номера уравнений – через $i = 1, 2, \dots, m$, то коэффициенты p при переменных получают обозначение p_{ij} , где первый индекс будет обозначать номер уравнения, а второй – номер переменной в данном уравнении. Свободные члены уравнений $a_1, a_2, a_3, \dots, a_m$ будут обозначены тогда через a_i .

Коэффициенты p_{ij} могут быть представлены в виде прямоугольной матрицы, состоящей из m строк и n столбцов:

$$\begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & \dots & p_{2n} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & \dots & p_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{m1} & p_{m2} & p_{m3} & \dots & p_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Систему чисел, взятых в последовательности их размещения в столбцах и строках, можно рассматривать как векторы n -мерного пространства (для столбцов) и соответственно m -мерного (для строк) векторного пространства. Поэтому имеет смысл представить систему коэффициентов p_{ij} при неизвестных x_j и величины a_i (свободные члены уравнений-ограничений) в виде столбцовых векторов. Если представить эти векторы через P_j , то получится выражение:

$$P_0 = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \dots \\ a_m \end{pmatrix}; P_1 = \begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ a_{31} \\ \dots \\ a_{m1} \end{pmatrix}; P_2 = \begin{pmatrix} a_{12} \\ a_{22} \\ a_{32} \\ \dots \\ a_{m2} \end{pmatrix}; \dots; P_n = \begin{pmatrix} a_{1n} \\ a_{2n} \\ a_{3n} \\ \dots \\ a_{mn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

где P_0 – вектор условий; P_j – структурные вектора.

Если ввести векторные обозначения в формулировку приведенных в (1) ограничений, составляющих важное звено в модели задачи линейного программирования, то эти ограничения получат следующее выражение:

$$P_0 = \sum_{j=1}^n P_j x_j. \quad (4)$$

В векторном выражении эти ограничения можно сформулировать следующим образом: сумма произведений переменных на соответствующие структурные векторы (представляющие определенную последовательность заданных положительных чисел – коэффициентов при переменных) должна быть равна вектору условий.

Изложенная математическая трактовка системы ограничений в задачах линейного программирования является универсальной. К ней должны приводиться условия всех задач линейного программирования.

Однако формулировкой системы ограничений не исчерпывается математическая модель задач линейного программирования. Важными элементами модели также являются:

- требование не отрицательности всех переменных;
- строго математическая формулировка целевой функции.

Целевая функция представляет сумму произведений каждой переменной x_j на соответствующую ей оценку P_j , отражающую критерий оптимальности принятого решения. Целевая функция может быть, следовательно, математически записана так:

$$f(x_j) = \sum_{j=1}^n P_j x_j \rightarrow \max, (\min) \quad (5)$$

Полная математическая модель задачи линейного программирования может быть сформулирована следующим образом. Требуется найти такие неотрицательные значения некоторой системы переменных

$$x_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (6)$$

которые, удовлетворяя ограничениям 1.2.2 (в которых P_0 и P_j – столбцовые векторы матрицы чисел), в то же время приводят к оптимуму линейную форму:

$$f(x_j) = P_j x_j. \quad (7)$$

Анализ этой модели показывает, что в неё входят:

- линейная форма переменных, подлежащая приведению к оптимуму;
- ограничения не отрицательности всех без исключения переменных;
- ограничения, представленные некоторой системой линейных уравнений.

Ограничения могут выражаться уравнениями или неравенствами.

Указанные три элемента модели отличаются по своему характеру. Линейная форма переменных тесно связана с критерием оптимальности плана распределения технических ресурсов строительного предприятия.

Для решения задачи эффективного использования технических ресурсов строительного предприятия при выполнении демонтажных работ необходимо выбрать тип математической модели, которая была бы адекватна этой задаче.

Можно выделить несколько типов задач линейного программирования, которые по характеру ограничений и применяемым математическим моделям могут быть использованы для решения поставленных задач (см. таблицу).

Типы задач линейного программирования

Обозначения модели и названия задач	Ограничение не отрицательности	Функциональные ограничения	Ограничения оптимизации (целевая функция)
Модель А Оптимальное использование ресурсов	$x_j \geq 0$	$\sum_{j=1}^n p_{ij} x_j \leq a_i$ ($j = 1, 2, \dots, n;$ $i = 1, 2, \dots, m$)	$\sum_{j=1}^n x_j = Z \rightarrow \max$
Модель Б Оптимальное распределение ресурсов по направлениям их использования. Критерии – минимальные потери или затраты	$x_{ij} \geq 0$	$\sum_{j=1}^k p_{ij} x_j \leq a_j$ $\sum_{i=1}^l p_{ij} x_j \leq b_j$ ($i = 1, 2, \dots, l;$ $j = 1, 2, \dots, k$)	$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^k p_{ij} x_j = Z \rightarrow \min$

Обозначения модели и названия задач	Ограничение не отрицательности	Функциональные ограничения	Ограничения оптимизации (целевая функция)
Модель В Перераспределение ресурсов. Критерий – наименьшие затраты или потери	$x_{ij} \geq 0$	$\sum_{j=1}^k p_{ij} x_j = a_i$ $\sum_{i=1}^l p_{ij} x_j = b_j$ $(i = 1, 2, \dots, l; j = 1, 2, \dots, k)$	$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^k p_{ij} x_{ij} = Z \rightarrow \min$
Модель Г Оптимальное распределение ресурсов по направлениям использования. Критерий – максимальный выпуск продукции при соблюдении комплектности	$x_{ij} \geq 0$	$\sum_{j=1}^k x_{ij} = 1$ $\sum_{i=1}^l p_{ij} x_{ij} - \sum_{i=1}^l p_{i+1,j} x_{i+1,j} = 0$ $(i = 1, 2, \dots, l-1; j = 1, 2, \dots, k-1)$	$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^k p_{ij} x_{ij} = Z \rightarrow \max$

В модели А ограничения переменных определяются объемом и характером ресурсов или потребностей, подлежащих удовлетворению. Эти ограничения устанавливают верхнюю или нижнюю границу сумм произведений всех переменных на коэффициенты, выражающие эффективность использования каждого вида ресурсов для удовлетворения определенной потребности.

Модель Б характеризуется тем, что ограничения носят двухсторонний характер и определяются как объемом разных видов ресурсов, так и размерами потребностей. Одно из них ограничивает в виде неравенств сумму произведений всех переменных на коэффициенты эффективности использования ресурсов разного вида. Второе ограничение выражается уравнениями сумм переменных, которые представляют объем либо наличных ресурсов, либо потребностей, подлежащих удовлетворению [12].

В модели В ограничения также являются двухсторонними и определяются аналогично ограничениям в задачах группы Б, но в отличие от них в задачах группы В имеет место одинаковая эффективность использования любых видов ресурсов для удовлетворения любых потребностей. Поэтому оба ограничения относятся к сумме самих переменных и выражаются уравнениями.

В модели Г ограничения двухсторонние: с одной стороны – эффективность способов использования ресурсов, с другой стороны – удовлетворение потребностей. От задач других групп они отличаются характером ограничений, которые относятся здесь не к общему объему ресурсов или потребностей, а к их комплектности.

По характеру ограничений задачу эффективного распределения средств механизации целесообразно решать по варианту модели А. В задачах, решаемых с помощью этой модели, ограничения переменных определяются объемом и характером ресурсов или потребностей, подлежащих удовлетворению. Это даёт возможность разработать такой план распределения технических ресурсов строительного предприятия, при котором можно было бы организовать максимальное количество подпотоков специализированных потоков, то есть создать максимальное

количество комплектов средств механизации для оптимизации продолжительности объектного потока. Ограничениями в этом случае являются количество отдельных видов средств механизации и количество подпотоков специализированных потоков [13, 14–18].

Еще одним фактором, оказывающим влияние на производство работ по демонтажу и сносу конструкций и объектов является наличие сохраняемых конструкций зданий и сооружений (применительно для работ по демонтажу) и наличие объектов, попадающих в зону влияния строек и техногенных воздействий, для обеспечения безопасной эксплуатации (применительно как для работ по демонтажу, так и сносу). Если отсутствует цель продолжать эксплуатацию объекта, необходимость в мониторинге технического состояния отпадает.

Таким образом, анализ существующих схем и методов выбора средств механизации при проведении работ по демонтажу и сносу показал, что для создания модели оптимального выбора машин и механизмов при выполнении таких работ необходимо одновременное выполнение следующих условий: реального отражения условий работ по демонтажу и сносу, возможности разработки соответствующих алгоритмов и программ решения экономико-математической модели линейного, выпуклого или динамического программирования без внесения существенных допущений, влияющих на целостность и адекватность модели.

Литература

1. *Белицкий Б. Ф.* Технология и механизация строительного производства. Ростов н/Д : ФЕНИКС, 2004. 752 с.
2. *Бирюков А. Н.* Стратегия развития строительного предприятия в современных условиях. СПб, ВИТУ, 2004.
3. *Бирюков А. Н., Денисов В. Н., Бирюков Ю. А.* Восстановление объектов военной инфраструктуры при ликвидации последствий вооруженных конфликтов : моногр. СПб. : ВИ(ИТ) ВА МТО, 2019. 338 с.
4. *Бирюков А. Н., Бирюков Ю. А., Токарев Н. В.* Выбор средств механизации для выполнения демонтажных работ // *Строительные и дорожные машины.* 2017. № 11. С. 48–53.
5. *Бирюков А. Н., Добрышкин Е. О.* Совершенствование логистики процесса поставок материальных ресурсов автомобильным транспортом на объекты Военно-строительного комплекса // *Военный инженер.* 2019. № 1 (11). С. 13–20.
6. *Бирюков А. Н., Денисов В. Н., Бирюков Ю. А.* Снос зданий и сооружений в современных условиях : моногр. СПб. : ВА МТО. 2014. 256 с.
7. *Бирюков А. Н.* Концепция восстановления и строительства объектов при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в системе обеспечения экономической безопасности страны // *Вестник гражданских инженеров: науч.-техн. журнал.* 2012. № 4 (33). С. 123–129.
8. *Бирюков А. Н., Бирюков Ю. А.* Основные организационно-технологические решения и экономическая целесообразность сноса зданий // *Вестник гражданских инженеров.* 2012. № 5 (34). С. 103–109.
9. *Бирюков А. Н.* Механизм предпочтения концепции восстановления и строительства объектов // *Вестник Моск. ун-та им. С.Ю. Витте : эл. науч. журнал. Сер. 1. Экономика и управление.* 2012. № 2. С. 26–32.
10. *Канторович Л. В., Горстко А. Б.* Математическое оптимальное программирование в экономике. М. : Знание, 1968. 96 с.
11. *Колосков В. Н., Олейник П. П., Тихонов А. Ф.* Разборка жилых зданий и переработка их конструкций и материалов для повторного использования. М., Издательство АСВ, 2004.
12. *Кузьменко А. П., Пирогов Д. Г.* Область рационального применения комплекта машин // *Доклады 64-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета.* Ч. 4. СПб. : СПбГАСУ, 2007. 144 с.
13. *Савушкина Т. Ю., Бродский В. И.* Механизация работ при сносе (демонтаже) зданий и сооружений // *Инновационные технологии в образовании и науке : сб. мат. Междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары,* 2017. С. 70–74.
14. Efficiency Evaluation of Apartment Houses Reconstruction with Optimizational Criteria Application / A. N. Biryukov, I. N. Kravchenko, E. O. Dobryshkin [et al.] // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering.* 2020. Vol. 16. No 1. P. 14–24.
15. Complex approach to organizations' capital assets reproduction / A. Biryukov, E. Dobryshkin, Y. Biryukov, V. Tishchenko // *E3S Web of Conferences : Key Trends in Transportation Innovation, KTTI 2019, Khabarovsk,* 24–26 октября 2019 года. Khabarovsk: EDP Sciences, 2020. P. 04026. DOI 10.1051/e3sconf/202015704026.

16. Determination of the type of repair work based on the results of survey and monitoring of the technical condition of buildings / A. Birjukov, A. Lebedkin, Y. Birjukov, V. Pchelkin // E3S Web of Conferences : Key Trends in Transportation Innovation, KTTI 2019, Khabarovsk, 24–26 октября 2019 года. Khabarovsk: EDP Sciences, 2020. P. 06023.

17. Optimization of management decisions for choosing strategy of enterprises fixed assets reproduction / A. N. Biryukov, E. Dobryshkin, I. N. Kravchenko, M. A. Glinsky // Engineering for Rural Development, Jelgava, 22–24 мая 2019 года. – Jelgava: Без издательства, 2019. – P. 1726-1735. – DOI 10.22616/ERDev2019.18. N 505.

18. Kazakov Yu., Birjukov A. Fast assembly of quality suspended ventilated facades // Architecture and Engineering. 2017. Vol. 2. No 1. P. 32–40.

19. Bolotin, S., Birjukov A. Time management in drafting probability schedules for construction work // World Applied Sciences Journal. 2013. Vol. 23. No 13. P. 1–4. DOI 10.5829/idosi.wasj.2013.23. pac.90001.

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*

ПРИМЕНЕНИЕ ВАХТОВОГО МЕТОДА ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ АДМИНИСТРАТИВНО-БЫТОВОГО КОРПУСА НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ

APPLICATION OF THE ROTATIONAL METHOD OF ORGANIZING CONSTRUCTION IN THE CONSTRUCTION OF AN ADMINISTRATIVE BUILDING IN THE FAR NORTH

В данной статье производится анализ применения вахтового метода организации строительства при возведении административно-бытового корпуса на Крайнем Севере. Приведен исторический обзор появления и развития вахтового метода. Перечислены способы применения вахтового метода при удаленности от СМО. Дан сравнительный анализ способов организации работ вахтовым методом и его аналогов. Проанализирован текущий опыт применения вахтового метода. Перечислены этапы возведения модульных зданий в составе вахтового поселка.

Ключевые слова: вахтовый метод, строительно-монтажные организации, организация строительства, строительство, модульные здания, Крайний Север.

This article analyzes the use of the rotational method of organizing construction in the construction of an administrative building in the Far North. A historical overview of the emergence and development of the rotational method is given. The ways of applying the rotational method at a distance from the SMO are listed. A comparative analysis of the ways of organizing work on a rotational basis and its analogues is given. The current experience of using the rotational method is analyzed. The stages of the construction of modular buildings as part of the rotational camp are listed.

Keywords: rotational method, construction and installation organizations, organization of construction, construction, modular buildings, Far North.

История применения вахтового метода тесно связана с обширной географией России. Огромная территория северной части России наполнена рассредоточенными небольшими вахтовыми поселками, где в большинстве своем не прекращает вестись добыча полезных ископаемых. Главным образом вахтовый метод организации строительства применялся при освоении нефтяных месторождений Тюменской области. Большими темпами развивались газовая и нефтяная отрасли в Западной Сибири в 70-е годы XX века в СССР. Из-за того, что существовала большая удаленность регионов, богатых на полезные ископаемые, было решено применить новый способ организации труда – вахтовый метод [1, 2, 5].

Впервые, временные вахтовые поселки изначально создавались только в местностях с высокой труднодоступностью. Так, вахтовый метод межрегионального уровня впервые в России был использован в 1974 г. в нефтегазоразведочной экспедиции Главтюменьгеологии с базовым городом Тюмень и вахтовым поселением Харасавэй. За очень короткий период времени здесь было освоено огромное социальное пространство, возникла целая цепочка небольших поселений, появилась главная топливно-добывающая база [1]. Ближе к 80-м годам стало все более очевидным, что в условиях большой рассредоточенности нефтегазовых объектов и сравнительного небольшого срока их эксплуатации (примерно 20 лет), возведение базовых городков было нецелесообразно как с социальной стороны, так и с экономической. Согласно данным различных источников, экономический эффект от использования

вахтового метода был в несколько раз выше, чем при классическом варианте эксплуатации и освоения таких месторождений [2].

Целью данной работы является анализ применения вахтового метода организации строительства при возведении модульного административно-бытового корпуса на Крайнем Севере. Для достижения цели, будут рассмотрены и проанализированы вахтовый метод и его аналоги, мобильность строительно-монтажных организаций, особенности блочно-модульной технологии строительства и этапы возведения АБК в районе вахтового поселка.

Вахтовый способ организации строительства – это особая форма выполнения трудового процесса, при котором постоянное место жительства и работа строителей, осуществляется при значительном удалении объектов от мест нахождения строительных организаций, работа на них происходит сменным (вахтовым) персоналом, проживающим без семьи в особых вахтовых поселках и имеющим возможность периодически возвращаться домой для отдыха. Важным условием использования данного метода является наличие взаимосвязанной системы жилищно – промышленных баз, которые включают в себя культурно – бытовое обслуживание рабочих, жилищно-производственный комплекс базового городка с развитой социальной инфраструктурой и вахтовый поселок, рассчитанный на временное проживание работников без членов семей и удовлетворения их ежедневных потребностей. Главный признак данного метода, который применяют при освоении новых территорий или при расконцентрации объектов – постоянное чередование периодов труда и отдыха в местах проживания, характерный признак этого метода, применяемого при освоении новых территорий, например, в сельском строительстве. Ближайшая граница зоны вахтового строительства относительно базового города устанавливается в пределах продолжительности транспортного движения, в пределах полутора часов. Организация работы этим методом обеспечивает непрерывность, равномерность и комплексность выполнения работ на объекте [4].

Удаленность места возведения от строительно-монтажных баз является проблемой и присутствует даже в районах существования крупных строительно-монтажных организаций (далее СМО), ведь иногда даже на отдельных пусковых объектах возникают высокие нагрузки, превышающие возможности находящейся поблизости СМО [3]. Таким образом, это создает необходимость периодической передислокации некоторой части мощностей одних стройтрестов в помощь другим. По этой причине появляется необходимость в значительном увеличении подвижности (или мобильности) строительных организаций.

Проблема мобильности строительных организаций, ставшая одной из наиболее актуальных, решается путем создания специальных мобильных формирований, а также выработки методов повышения мобильности обычных СМО [3].

Применение мобильных организаций или организаций с повышенной мобильностью позволяет увеличить строительство в районах с экстремальными природными условиями (развивающиеся районы Востока и Севера России, пустыни), производить работы на линейно-протяженных объектах (автомобильные и железные дороги, нефтегазопроводы, ЛЭП) [3].

Помимо вахтового метода, особенностям мобильного строительства соответствуют такие формы организации труда, как экспедиционный и экспедиционно-вахтовый способы производства. Тем не менее, имея общие черты, эти методы отличаются между собой по ряду элементов: режиму отдыха и труда, организации социальной инфраструктуры, структуре управления и др. Применяют следующие способы [3]:

- экспедиционный способ – предполагает перемещение трудовых бригад без членов семей на большие расстояния от их места жительства до момента завершения работ или

на время, ограниченное возможностями человека с размещением их в экспедиционных мобильных поселках (или населенных пунктах), приближенных к месту производства работ. Поселок переезжает на новое место после окончания работ, а работники возвращаются к своему месту жительства. Циклы выездов к месту работы и возвращений домой повторяются по запланированной очередности. Способ характерен неразвитой инфраструктурой на месте производства работ и связанной с этим необходимостью обеспечить условия жизнедеятельности работников в обстановке автономности;

- экспедиционно-вахтовый способ – особая, основанная на межрегиональном, межрайонном или внутрирайонном использовании трудовых ресурсов и социальной инфраструктуры, форма производственной деятельности, при которой выполнение работ предусматривается силами подвижных подразделений с выездом трудовых коллективов на объекты, значительно удаленные от места дислокации организации. Вахтовый персонал после перемещения на место экспедиции, в период пребывания на объекте (участке) проживает в специально создаваемых вахтовых поселках.

Экспедиционный способ в отличие от вахтового, выделяется гораздо более суровыми условиями труда и проживания, большей удаленностью от базовых городов и более слабой инфраструктурой (отсутствие стабильного транспортного сообщения).

Из недостатков вахтового метода можно выделить негативное влияние на экологию, большую сменяемость кадров, отсутствие перспективы развития для уже существующих северных городов, как плацдарма для освоения территорий.

В наше время в основном применяют модульные вахтовые поселки. Это комплексы быстровозводимых зданий, сделанных по блочно-модульной технологии. Зачастую возведение таких поселков происходит в местах с крайней труднодоступностью и низкими отрицательными температурами. В таких случаях оборудование, модули, людские ресурсы могут доставляться на площадку с помощью вертолетов. Движение автотранспорта может осуществляться по зимникам, (автомобильная дорога, которая может эксплуатироваться лишь при минусовой температуре) которые должны быть заранее подготовлены, по устьям замерших рек и озер. Блочно-модульные здания состоят из модулей, которые в кратчайший срок производятся на заводе. Такие модули состоят из панельно-каркасных конструкций, в которых смонтированы оборудование и внутренние сети, произведена внутренняя отделка модуля. Модульные здания транспортируются несколькими отдельными контейнерами, к которым прилагается полная техническая комплектация.

Обычно, модульный АБК является местом, где рабочие могут вести свою трудовую деятельность, находясь в вахтовом поселке, временных городках, крупных и протяженных строительных площадках, научных базах, труднодоступных локациях. Здание, возведенное по модульной технологии, может иметь внутренние помещения любого характера. Состав помещений может варьироваться от офисных, административных помещений, кабинетов высшего руководства, переговорных, до мастерских, кладовых, столовых, банных помещений. Такой широкий спектр помещений позволяет трудиться в комфортных условиях как руководящему звену, так и рабочим, инженерно-техническим работникам.

В административно-бытовом корпусе так же можно разместить коммерческие точки, медпункты, складские помещения, спортзалы. Так же особенностью блочно-модульного здания является то, что после эксплуатации, при необходимости можно быстро и легко демонтировать конструкции и возвести их в другом месте, именно поэтому данная технология имеет крайне низкую себестоимость [6].



Стандартный вахтовый поселок, возведенный по модульной технологии

Сооружение АБК выполненного по блочной технологии в составе вахтового поселка включает в себя:

- разработка документации (проектно-сметная), разработка планировочных решений, благоустройства, архитектурных решений;
- расчистка и подготовка территории к строительству (уборка мусора, демонтаж деревьев, разравнивание участка, подготовка дорог)
- возведение легких фундаментов (монолитный железобетон, ж/б плиты заводской готовности, винтовые сваи);
- подвоз к участку готовых конструкций, материалов, техники;
- монтирование блочных модулей на заранее подготовленный фундамент;
- устройство сантехнических узлов, системы жизнеобеспечения;
- подключение системы к инженерным коммуникациям
- обустройство, облагораживание территории, устройство инфраструктуры

Используя вахтовый метод, появилась возможность значительно экономить средства за счет уменьшения необходимой производственной и социальной инфраструктуры. Отсутствует необходимость строить капитальные города, ведь есть возможность возводить сборно-разборные, модульные здания и переносить их на новые участки.

Вахтовый метод являлся революционным во второй половине XX века и остается крайне востребованным и сегодня. Такой способ организации работ постоянно совершенствуется, применяются современные конструкционные и логистические решения. Это приводит к увеличению экономической и промышленной эффективности производства.

Организация работ вахтовым методом довольно сильно зависит от расположения СМО. Для качественной работы вахтового поселка, можно использовать специальные мобильные СМО или повышать мобильность действующих строительно-монтажных организаций.

Литература

1. *Боровиков В. А.* Вахтовый метод организации труда : актуальность институционализации социально-трудовых отношений // Труд и социальные отношения. 2008. Т. 19. № 4. С. 96-100. EDN KXKWEZ.
2. *Захаров А. В., Ефремова Е. А.* К истории внедрения вахтового метода организации труда при строительстве нефтегазового комплекса в Западной Сибири // Сибирские строители : события и судьбы : Сборник статей Всероссийской научной конференции, Сургут, 25–26 ноября 2016 года / Ответственный редактор И. Н. Стась. Сургут : ООО «Курганский Дом печати», 2017. С. 315-329. EDN YMMMAJ.
3. *Дикман Л. Г.* Организация строительного производства. // 5-е изд., перераб. и доп. М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. 608 с.
4. *Дмитриева А. А.* Современные методы организации строительства / А. А. Дмитриева, Н. А. Овчинникова // Новая наука : Теоретический и практический взгляд. – 2016. – № 3–1(69). – С. 5–8. – EDN VOFZJZ.
5. *Вивчарук К. С.* Особенности применения вахтового метода организации труда в современных условиях России // Политика и общество. 2012. № 9 (93). С. 52–57. EDN PZVVJN.
6. *Евтухова О. М., Кольман О. Я., Никулина Е. О., Сергуничева Е. М.* Использование быстровозводимых блочно-модульных конструкций при строительстве столовых вахтовых поселков // 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.
7. *Сорокина С. М., Антончик М. В., Дорофеев И. А.* Анализ современных методов поточной организации строительства // Проблемы эффективного использования научного потенциала общества : сборник статей Международной научно-практической конференции: в 5 частях, Челябинск, 10 декабря 2017 года. Челябинск : Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна». 2017. С. 92–94. EDN ZXTRFR.
8. *Котилко В. В.* Проблемы строительства в районах Севера // Государственный советник. 2016. № 3(15). С. 17–25.
9. *Боровикова А. Г.* Рециклинг бетона при реновации застроенных территорий / Выпускная квалификационная работа / А. Г. Боровикова. 2021. 5 с.
10. СП 44.13330.2011 Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ ПО СОХРАНЕНИЮ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

FEATURES OF THE ORGANIZATION OF WORKS TO PRESERVE THE OBJECTS OF CULTURAL HERITAGE OF ST. PETERSBURG AND LENINGRAD REGION

Санкт-Петербург – город с многолетней историей, вмещающий на своей территории большое количество памятников различного назначения, поддержание которых в эксплуатационном состоянии является приоритетной задачей реставрации. При этом, в случае некомпетентных действий организаций, занимающихся работами по сохранению объектов культурного наследия, возможен как нулевой, так и отрицательный результат. Своевременная организация на всех этапах работ, соответствующая требованиям, установленным на законодательном уровне, позволяет избежать неблагоприятных последствий. При этом следует учитывать, что применение норм, регламентируемых Градостроительным кодексом РФ в отношении объектов, имеющих статус «культурного наследия» значительно уже чем у объектов капитального строительства.

Анализ организационно-правовой схемы отражает структуру взаимодействия участников процесса с отражением факторов влияющих на последовательность развития организационной цепи.

Ключевые слова: организация работ, реставрация объектов, объект культурного наследия, памятник истории и культуры, государственная историко-культурная экспертиза, историко-культурная ценность.

St. Petersburg is a city with a long history, containing on its territory a large number of monuments for various purposes, the maintenance of which in operational condition is a priority task of restoration. At the same time, in case of incompetent actions of organizations involved in the preservation of cultural heritage objects, both zero and negative results are possible. Timely organization at all stages of work, in accordance with the requirements established at the legislative level, avoids adverse consequences. At the same time, it should be taken into account that the application of the norms regulated by the Town Planning Code of the Russian Federation in relation to objects that have the status of “cultural heritage” is much narrower than for capital construction projects.

The analysis of the organizational and legal scheme reflects the structure of interaction between the participants in the process, reflecting the factors influencing the sequence of development of the organizational chain.

Keywords: organization of works, restoration of objects, object of cultural heritage, monument of history and culture, state historical and cultural expertise, historical and cultural value.

Разделение объектов культурного наследия произведено в соответствии с нижеизложенными категориями историко-культурного значения:

- **федеральное значение** – объекты культурного наследия, отличающиеся историческим, художественным, научным и архитектурным достоинством, представляющие собой особую важность для культурного наследия Российской Федерации. Также в данную группу внесены объекты и предметы археологического наследия.

- **региональное значение** – объекты культурного наследия, отличающиеся историческим, художественным, научным и архитектурным достоинством, представляющие собой особую важность для культурного наследия субъекта Российской Федерации.

- **местное (муниципальное) значение** – объекты культурного наследия, отличающиеся историческим, художественным, научным и архитектурным достоинством, представляющие собой особую важность для культурного наследия муниципального образования.

Организация проведения работ на памятнике истории и культуры (объекте культурного наследия), входящем в утверждённый на законодательном уровне перечень объектов, подлежащих государственному контролю и охране, регулируется в соответствии со специальными подробными правилами и соответствующими правовыми положениями, установленными Законом Российской Федерации от 25 июня 2002 г. № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации», регулирующей деятельность по сохранению объектов культурного наследия на законодательном уровне.

Принимая во внимание особый статус объектов, относящихся к объектам культурного наследия, наличие обусловленных данной принадлежностью обременений, реставрация зданий-памятников требует от собственников и пользователей этих объектов, заказчиков и подрядчиков выполнения определенных обязательных условий в целях максимального сохранения охраняемых объектов, которые являются основанием для включения культурных ценностей в реестр, а также для предотвращения уничтожения памятников и их разрушения [1].

Строительство объектов капитального строительства, их реконструкция, а также проведение капитального ремонта, при котором затрагиваются также конструктивные и другие характеристики безопасности объектов, регулируются Градостроительным кодексом Российской Федерации.

Наличие статуса «объект культурного наследия» вводит этот объект в контекст отношений с сохранением объекта культурного наследия и снижает возможность непосредственного применения норм градостроительных отношений. Таким образом, на охраняемой территории памятника, распространяется запрет на возведение объектов капитального строительства и корректировка объёмно-пространственных параметров объектов капитального строительства, расположенных в границах ОКН; земляные, мелиоративные и прочие работы, за исключением работ, направленных на сохранение элементов, представляющих культурную и историческую ценность, исторически сложившуюся градостроительную сферу, ландшафтные характеристики объекта культурного наследия.

Понятие сохранения объекта культурного наследия установлено Законом № 73-ФЗ и представляет собой средства и методы, направленные на поддержание объекта культурного наследия в эксплуатационном сохранении и сохранение его историко-культурной ценности, посредством консервации, ремонта, реставрации, приспособления, которые подразумевают под собой комплекс как проектно-изыскательских, так и производственных работ, осуществление научного руководства за выполнением работ по сохранению ОКН, строительный контроль, а также и авторский надзор [2].

Консервация – данное определение включает в себя комплекс проектных и производственных мероприятий, в том числе выполнение противоаварийных работ, направленных на предотвращение разрушения здания (либо сооружения), выполняемые с целью не допустить наступления отрицательных изменений в состоянии объекта, подлежащего охране. При этом, при проведении данного комплекса работ не предусматривается внесение преобразований как в архитектурные, так и в конструктивные особенности данного объекта культурного наследия, его характеризующие на момент проведения работ [3].

Ремонт памятника – комплекс проектных и производственных мероприятий, направленный на обеспечение эксплуатационного состояния объекта, представляющего собой объект культурного наследия. При этом, в рамках данных работ недопустимо воздействие на конструктивные и иные параметры надёжности и безопасной эксплуатации объекта [4].

Реставрация объекта культурного наследия – комплекс проектных и производственных мероприятий, направленный на обнаружение и достижение сохранения историко-культурной ценности объекта, имеющего историческую значимость.

Приспособление объекта культурного наследия для современного использования – комплекс проектных и производственных мероприятий, направленный на обеспечение функционирования объекта культурного наследия как предмета современного назначения. В комплекс данных мероприятий также входит проведение реставрационных работ в отношении элементов, имеющих статус культурного наследия.

Основанием для начала выполнения работ по сохранению объекта культурного наследия, расположенного на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области является Задание на проведение работ, которое выдаётся физическому или юридическому лицу, имеющему право владения/пользования Комитетом по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры (КГИОП). Задание выдаётся на основании заявления собственника или иного законного владельца, и включает перечень необходимых к проведению работ и получаемых согласований, что в последствии учитывается при разработке научно-проектной документации.

Согласно п. 1 ст. 48 ФЗ от 25.06.2002 г. № 73-ФЗ объекты культурного наследия независимо от категории их историко-культурного значения могут находиться в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, муниципальной собственности, частной собственности, а также в иных формах собственности, если иной порядок не установлен федеральным законом.

Порядок выдачи задания утвержден приказом Министерства культуры Российской Федерации от 08.06.2016г. № 1278 «Об утверждении порядка выдачи задания на проведение работ по сохранению объекта культурного наследия, включенного в единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации, или выявленного объекта культурного наследия».

Первым этапом работ, в рамках выданного КГИОП Задания является разработка научно-исследовательской и проектной документации. Собственником заключается договор с проектной организацией на выполнение научно-исследовательских, изыскательских и проектных работ. Проектная документация разрабатывается юридическими лицами, имеющими лицензию на осуществление деятельности по сохранению ОКН (памятников истории и культуры) народов РФ. При этом, проектная организация получает в КГИОП разрешение на проектно-изыскательские работы, на основании программы научно-изыскательских работ.

Работы, направленные на сохранение объекта, представляющего собой историческую ценность, проведении которых предусматривает мероприятия, касающиеся воздействия на конструктивные и иные параметры надёжной эксплуатации объекта, выполняются согласно требованиям, указанным в Градостроительном кодексе РФ, и являются субъектом государственной экспертизы. Обязательным условием проведения и сдачи данных работ является разрешение на строительство и разрешение на ввод в эксплуатацию соответственно. При этом состав проектной документации определяется требованиями, установленными Положением о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию.

В целях предупреждения необходимости соблюдения дополнительной процедуры согласования, предусмотренной ГрК РФ на первом этапе проектных работ организация, осуществляющая проектирование разрабатывает Акт определения влияния видов работ на конструктивные и другие характеристики надёжности и безопасности объекта культурного наследия. Данный акт является основанием для принятия Заказчиком решения о влиянии видов работ на конструктивную надёжность и безопасность.

Введение системы мониторинга за текущим состоянием объектов культурного наследия, позволит производить планирование на всех этапах со значительным снижением факторов непредвиденных рисков, за счёт обоснованно принятых принципиальных организаци-

онно-технологических решений. На последующих этапах проектно-изыскательских работ данные решения уточняются и в случае необходимости корректируются [5].

Проектная документация в установленном порядке согласовывается Комитетом по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры. При этом, обязательным условием для согласования является наличие Заключения историко-культурной экспертизы, оформленного в виде Акта, являющегося основанием для принятия КГИОП решения о возможности проведения работ, предусмотренных проектной документацией, а также для принятия иных решений.

После получения необходимых и достаточных согласований Собственником производится конкурсная процедура, направленная на определение подрядной организации. Наличие охранного статуса диктует возникновение и соблюдение ряда факторов и условий, играющих роль при разработке план-графиков выполнения работ на объекте культурного наследия, являющихся собственностью государственных структурных единиц. Помимо этого, при проведении конкурсной процедуры необходимо внести в размещаемый заказ требования, выставляемые к потенциальным подрядным организациям.

Подрядная организация, явившаяся победителем по результатам конкурсной процедуры, принимает на себя ответственность за выполнение конкретного перечня видов и объёмов работ в установленные контрактом сроки. При этом, зачастую, в ходе ведения работ выявляются факторы, влияющие на содержание и объёмы исходно-принятых данных, за исключением срока проведением работ.

Разрешающим документом для ведения работ на ОКН является выданное КГИОП разрешение на право ведения работ. КГИОП вправе выдать отказ в выдаче разрешения в случае отсутствия любого из нижеперечисленных документов, подающихся в комплекте заявки на получения разрешения: 1) Договор на ведение работ; 2) Согласованная КГИОП проектная документация; 3) Договор и приказ на осуществление авторского надзора и научного руководства.

При этом, КГИОП, после выдачи разрешения, должен осуществлять систематический контроль за ходом мероприятий, направленных на сохранение ОКН, что, в свою очередь, системой государственных нормативно-правовых актов не предусмотрено. Регламент разработки документов, отражающих контроль промежуточных сроков исполнения работ поручается на усмотрение Органа охраны ОКН. Во время мероприятий, направленных на контроль за ходом ведения работ на объекте культурного наследия, Государственным органом, в части охраны культурного наследия, могут быть документально зафиксированы нарушения предусмотренных работ. Существенные нарушения, выявленные уполномоченным представителем Комитета по охране памятников, служат основанием для выдачи предписания в адрес Заказчика и организации, выполняющей работы, с требованием приостановить ход ведения работ. Получение разрешения на дальнейшее выполнение работ возможно после устранения выявленных недостатков и выполнение работ, согласно утверждённым методическим рекомендациям [6].

Юридическое лицо, осуществляющее авторский надзор и научное руководство за ходом ведения работ по сохранению объекта культурного наследия, в срок равный 90 календарным дням с даты завершения работ, обязано предоставить на согласование в КГИОП Отчётную документацию, удовлетворяющую требованиям Приказа Минкультуры РФ от 25.06.2015 № 1840 «Об утверждении порядка и состава утверждения отчетной документации о выполнении работ по сохранению ОКН, включенного в ЕГРОКН РФ или выявленного ОКН. Порядка приемки работ по сохранению ОКН, включенного в ЕГРОКН РФ или выявленного ОКН и его формы». Регламентный срок рассмотрения/утверждения данной документации составляет 30 рабочих дней. После чего производится окончательная приёмка

выполненных работ с подписанием Акта приемки выполненных работ по сохранению объекта культурного наследия (Приложение № 4 к Приказу № 1840 от 25.06.2015 г.) [7].

Литература

1. *Житлова В. А., Петренева О. В.* К вопросу о сохранении и приспособлении объектов культурного наследия для современного использования // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2019. Т. 1. С. 350–355.

2. Федеральный закон «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002 № 73-ФЗ (последняя редакция) (http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/).

3. *Жуков П. В., Медведева В. Р.* Анализ проблематики усадеб и дворцово-паркового ансамбля Санкт-Петербурга как объектов культурного наследия // Природное и культурное наследие: междисциплинарные исследования, сохранение и развитие : Коллективная монография по материалам X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием 27–28 октября 2021 / РГПУ им. А. И. Герцена, РГГМУ. СПб. : РГПУ им. А. И. Герцена, 2021. С. 482–485.

4. *Чепель А. И.* Проблемы реставрации и реконструкции исторической застройки Петербурга в начале XXI века // Экономика, экология и общество России в 21-м столетии. 2021. Т. 2. № 1. С. 332–337.

5. *Северина К. О.* Реставрация памятников архитектуры // Столица науки. 2020. № 6 (23). С. 382–386.

6. *Kareev D.* Reconstruction and restoration of historical buildings of transport infrastructure / D. Kareeva, V. Glazkova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Khabarovsk, 10–13 апреля 2017 года. – Khabarovsk: Institute of Physics Publishing, 2017. P. 012224.

7. Приказ Минкультуры России от 25.06.2015 № 1840 «Об утверждении состава и Порядка утверждения отчетной документации о выполнении работ по сохранению ОКН, включенного в единый гос. реестр ОКН (памятников ист. и культуры) народов РФ, или выявленного ОКН...» (<https://legalacts.ru/doc/prikaz-minkultury-rossii-ot-25062015-n-1840/>).

8. *Гайдо А. Н.* Оценка показателей надежности и качества способов производства работ нулевого цикла // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 1 / (78). С. 116–126.

9. *Гайдо А. Н.* Информационное моделирование здания (BIM) с учетом технологических параметров при производстве работ нулевого цикла // Жилищное строительство. 2019. № 4. С. 47–55.

СОВРЕМЕННОЕ МОДУЛЬНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО МНОГОЭТАЖНЫХ И ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

MODERN MODULAR CONSTRUCTION OF MULTI-STOREY AND HIGH-RISE BUILDINGS

В статье рассмотрена актуальность технологии модульного строительства многоэтажных зданий. В нынешней экономической и рыночной ситуации, когда цена на недвижимость и материалы растет, строительная сфера требует модернизации и внедрения новых технологий. Так же требуется и реформа законодательной базы, т.к. модульное строительство было выставлено, как менее качественное и экономически невыгодное. Ключевой целью модернизации, станет снижение затрат на строительство при том, что нельзя допустить снижение качества конечного продукта. Весомое влияние на модульное строительство окажет развитие заводского производства, хоть и все прекрасно знают, что эта сфера приходит в упадок из-за недостаточного финансирования и популяризации.

Ключевые слова: модульное строительство, блок, многоквартирные дома, инженерные коммуникации, современное строительство, характеристики.

The article considers the relevance of the technology of modular construction of multi-storey buildings. In the current economic and market situation, when the price of real estate and materials is growing, the construction industry requires modernization and the introduction of new technologies. The reform of the legislative base is also required, because modular construction was exposed as lower quality and economically unprofitable. The key goal of modernization will be to reduce construction costs, while not allowing a decrease in the quality of the final product. The development of factory production will have a significant impact on modular construction, although everyone knows very well that this area is in decline due to insufficient funding and popularization.

Keywords: modular construction, block, apartment buildings, engineering communication, modern construction, characteristics.

В статье рассмотрена технология модульного строительства многоэтажных зданий и перспектива развития данной технологии. Актуальность модульного строительства, как замене классических технологий, подчеркивается тем, что она нивелирует значительную часть недостатков.

Модульное строительство (здания) – это технология возведения сборного здания используя модули (блок – контейнеры, сборные детали), произведенные в заводских условиях и доставленные на строительную площадку, полностью готовые к монтажу. Производство модулей происходит примерно в два раза быстрее, чем классический монтаж строительных конструкций на стройплощадке. Здания, возведенные из модулей, как правило, придерживаются определенной концепции и соблюдают все технические характеристики. Из готовых модулей и проектируется здание нужной конфигурации.

Именно модульное строительство в современном мире получило мощный толчок и потенциал к использованию новых материалов и технологий. Новые материалы позволяют достигать удивительных результатов в области энергосбережения, создания комфорта и интересных дизайнерских решений.

Достоинства модульного строительства:

- весь цикл строительства модулей происходит в заводских условиях, что сводит к нулю негативные влияния строительной площадки (атмосферные осадки, простои, человеческий фактор и так далее);

- мобильность и удобство монтажа;
- снижение трудоёмкости и объема работ;
- снижение сроков возведения здания;
- снижение затрат на строительство;
- снижение загрязнения окружающей среды в районе строительства;
- весь процесс строительства стандартизирован.

Недостатки модульного строительства:

- необходимо увеличение грузоподъемности техники;
- основные вложения необходимо делать до начала строительства;
- сложность с транспортировкой модулей в условиях городского строительства;
- ограниченность в планировках и невозможность проводить перепланировки.

Если отбросить минусы, строительство модульных зданий экономически выгодно. Модули покидают завод практически полностью готовыми к эксплуатации: предусмотрены все инженерные коммуникации и подготовлены выводы для дальнейшего крепления модулей друг к другу с максимальным отклонением в 2 мм. В зависимости от требований по ТЗ, может быть готова чистовая или предчистовая отделка. Финишным этапом остается только отделка фасадов.

Модули обеспечены достаточной прочностью, чтобы исключить возможные деформации при его транспортировке и установке. Геометрия модуля также не подвергается деформации, что позволяет сохранить все коммуникации в целости. В зависимости от прочности и несущей способности модулей, можно возводить здания до 32 этажей (Архитектурная фирма SHoP Architects стала автором самого высокого в мире модульного жилого дома под названием 461Dean. Высота здания составляет 109 метров [1]).

Пример зарубежного опыта модульного строительства

Как пример можно привести китайскую компанию «Broad Sustainable Building» (BSB), которая является дочерней компанией корпорации «Broad Group» [2]. BSB разработала и успешно применила технологию модульного строительства каркасных зданий (рис. 1).



Рис. 1. Пятизвездочный отель на берегу озера Дунтин в провинции Хунань [2]

Порядок выполнения работ по возведению отеля «Т30»:

- 1) Все модулю произведены на заводе BSB, с заранее проведенными инженерными коммуникациями (электрические кабели, системы кондиционирования и вентиляции, сантехника, остекление и изоляция) и готовой финишной отделкой;
- 2) Устройство свайного фундамента;
- 3) Доставка модулей на строительную площадку;
- 4) Сборка несущего каркаса и параллельная установка лестниц и готовых модулей межэтажных перекрытий (рис. 2 и 3), модули доставлялись самоподъемным краном, установленным в контуре здания, сразу со всеми необходимыми материалами для сборки;
- 5) Установка перегородок и фасадных модулей.



Рис. 2. Сборка несущего каркаса



Рис. 3. Установка модулей плит перекрытия

Опыт модульного строительства стран СНГ

В 60–80 годы в странах СНГ основным критерием постройки жилья, была скорость. И концепт модульного домостроения, представленный архитектором К. Мельниковым, получил свое развитие. Расцвет модульного строительства из объемных блок – модулей в мире приходится на 50–60-ые гг. 20 века, в период развития индустриального строительства из железобетона [3].

Блоки производились из железобетона, функционально, выполняли ограждающую и несущую способность. Монтаж блоков выполнялся поверх друг друга и приваривались к выпускным частям арматуры. В зависимости от проектных решений, были разработаны три типа блоков (рис. 4):

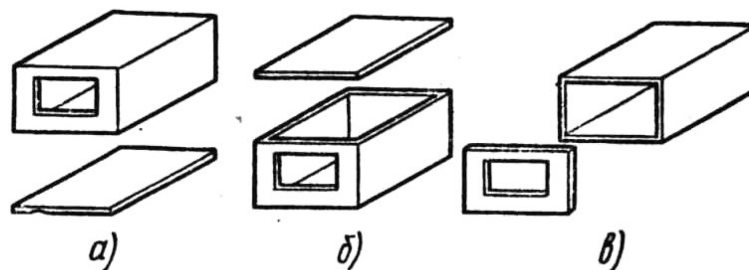


Рис. 4. Типы блоков

1. тип а – «колпак», состоит из четырех ограждающих конструкций с фасадными панелями и плиты перекрытия, где оно служило основанием для блока, устанавливаемого сверху;
2. тип б – «стакан», состоит из плиты перекрытия и ограждающих конструкций с навесными фасадными панелями;
3. тип в – «труба», состоит из трех ограждающих конструкций без фасадных панелей, из плит перекрытия и покрытия.

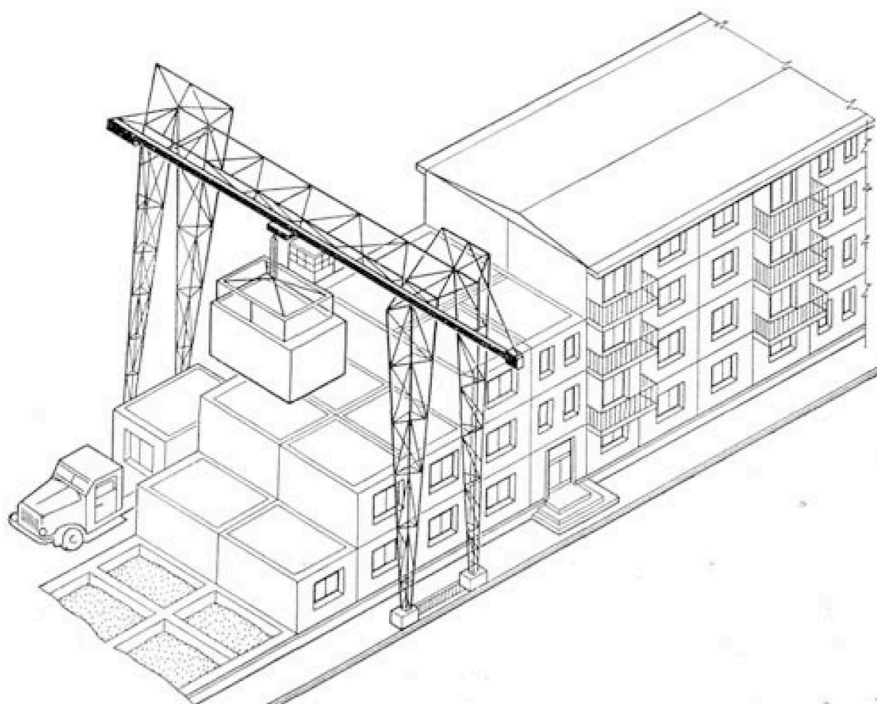


Рис. 5. Монтаж жилого дома из объемных блоков [4]

В странах СССР технология получила масштабное развитие по сравнению с зарубежными аналогами. После распада СССР технология объемно – блочного строительства (ОБС) была забыта и начался кризисный период, последствия которого привели к закрытию многих заводов, производящих объемные блоки. В итоге в странах СНГ перешли на панельное и сборное домостроение, как аналог ОБС. Однако за рубежом продолжили развивать данную технологию, и пришли к выводу, что необходимо облегчить блоки. Сами блоки – модули без навесных фасадов и коммуникаций должны выполнять несущую функцию. Каркас модулей стали выполнять из стали, а уже после подготавливать панели с необходимыми коммуникациями. Данный вариант показал себя более упрощенным так как, требовал меньших мощностей при производстве и снижал вес элементов модулей.

Перспектива развития модульного строительства

Технология модульного домостроения еще недостаточно развита и популяризована, по сравнению с другими технологиями. В современной России, основной проблемой является – жилищный вопрос. Главной задаче бизнеса и властей обеспечить население дешевым и качественным жильем. Технология модульного домостроения является достаточно перспективной для решения этой задачи. Технологию легко унифицировать и стандартизировать т.к. уже существуют наработки в данном вопросе и со стороны зарубежного опыта, и со стороны Советского. Модули не восприимчивы к погодным условиям, что дает возможность строить в любых климатических условиях. Линия сборки модулей не требует больших затрат. Еще одно немаловажное положительное обстоятельство отмечают в SRG: модульный принцип хорошо вписывается в современный тренд, связанный с освоением BIM-технологий [5]. Основные технические вопросы, которые необходимо решить, это: теория расчета конструкций; транспортировка в условиях города и труднодоступных территорий; механизация отделочных работ. Для распространения технологии помогли бы меры господдержки, такие как льготные кредиты на покупку модульной недвижимости и на развития производств для модульного строительства. Так же технологию можно применять для реставрации и надстройки существующих объектов.

Литература

1. Novate. Самый высокий в мире модульный дом [Электронный ресурс]/novate – URL:<https://novate.ru/blogs/231116/38936/>
2. Masterok. Как построить небоскреб за 360 часов [Электронный ресурс]/masterok – URL: <https://masterok.livejournal.com/1752494.html> (15 марта 2022).
3. Сауков Д. А., Гинзберг Л. А. Современное модульное строительство//SAFETY2018. Екатеринбург 2018. 2018. С. 69–82.
4. Типы блоков, конструктивные схемы и конструкции домов [Электронный ресурс] – URL:https://studopedia.ru/1_2194_tipi-blokov-konstruktivnie-shemi-i-konstruktsii-domov.html (27 декабря 2022).
5. Балашова Н. Модульное строительство: состояние и перспективы [Электронный ресурс] – URL: <https://stroimprosto-msk.ru/publications/tehnologiya-modulnogo-ryvka/> (17 марта 2022).

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗБОРКИ ПОВРЕЖДЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

JUSTIFICATION OF DISASSEMBLY TECHNOLOGY DAMAGED BUILDINGS AND STRUCTURES

В статье рассматривается технология производства разборки поврежденных зданий и сооружений различных конструктивных решений. Выделяются основные причины, вызывающие повреждения конструкций. Рассмотрены технологии разборки панельных и каркасных поврежденных зданий. Приведены принципиальные отличия данных технологий разборки. Акцентировано внимание на соблюдении ряда требований при производстве демонтажных работ на поврежденных объектах.

Ключевые слова: технология, демонтаж, разборка, строительство, повреждения.

The article discusses the technology of disassembly of damaged buildings and structures of various design solutions. The main causes of structural damage are highlighted. The technologies of disassembly of panel and frame damaged buildings are considered. The fundamental differences of these disassembly technologies are given. Attention is focused on compliance with a number of requirements in the production of dismantling works on damaged objects.

Keywords: technology, dismantling, disassembly, construction, damage.

Специфика технологии производства демонтажных работ на поврежденных зданиях и сооружениях заключается в необходимости учета ряда причин, вызывающих повышенную опасность разборки конструкции. С целью определения степени повреждения конструктивных элементов проводится предварительное и детальное обследование строения. Основные причины, вызывающие повреждения зданий и сооружений представлены на рис. 1 [1].

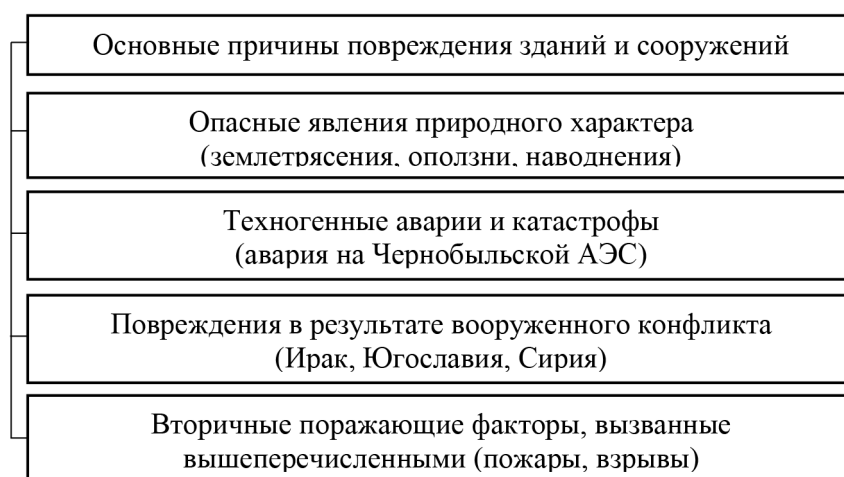


Рис. 1. Основные причины повреждений зданий и сооружений

Заключение организации, проводившей обследование является основанием для определения экономической целесообразности производства полной или частичной разборки здания (сооружения). В настоящее время на практике применяются следующие виды разборки поврежденных элементов конструкции (рис. 2) [2].

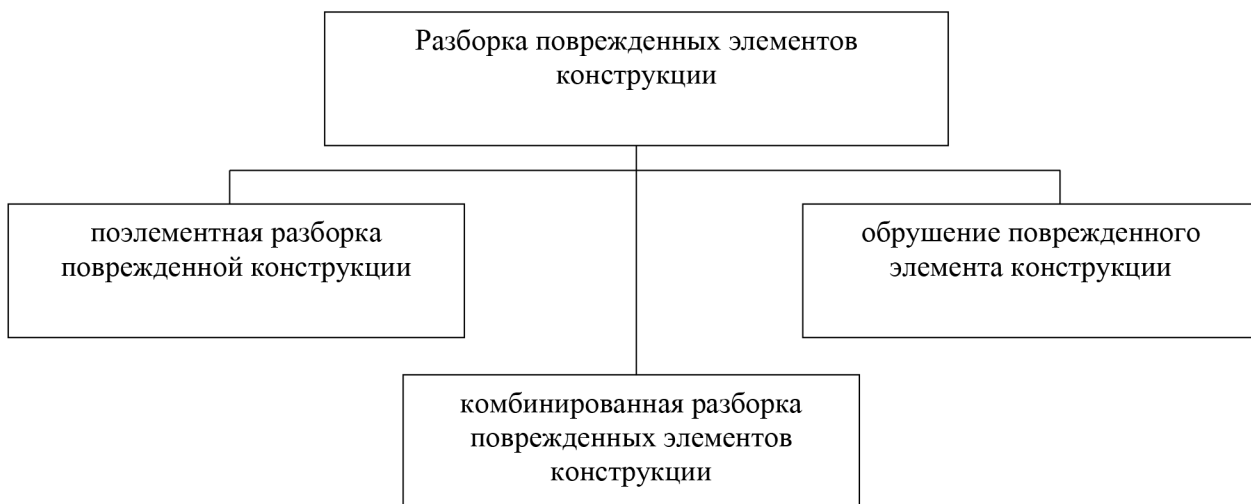


Рис. 2. Способы разборки поврежденных элементов конструкции

Также отметим, что разборка поврежденных зданий и сооружений производится таким образом, чтобы удаление одних элементов конструкции не вызвало обрушения других.

Производительность труда строительных рабочих, при поэлементной разборке, определяется их выработкой, т. е. количеством демонтированной продукции за единицу времени (обычно за 1 ч или за смену) [3]:

$$B_n = \frac{V_n}{N_t} \quad (1)$$

где V_n – объем соответствующего вида работ (количество продукции), выраженный в натуральных единицах (m^2 ; m^3 ; т) или через стоимость (руб.); N – число рабочих; t – продолжительность работы.

По сравнению с трудозатратами по разборке, методами обрушения, поэлементная разборка составляет от 20 до 60 % от общих трудозатрат. Данная технология применяется в условиях невозможности использования средств механизации с целью демонтажа крупными элементами (частями зданий) или обрушением поврежденных элементов конструкции. Например, в условиях стесненности производства монтажных работ или ограниченности по высоте выполнения работ средствами механизации [4, 5].

Технология производства разборки обрушением поврежденных элементов конструкции является более эффективной по продолжительности производства работ. Однако, в случае применения данной технологии организация несет сопутствующие этим работам расходы на сортировку, складирование и погрузку материалов, образующихся от разборки [6].

В зависимости от конструктивных решений поврежденных зданий и сооружений отличается технология их разборки. С целью обеспечения устойчивости поврежденной конструкции при производстве разборки панельных зданий необходимо соблюдать следующие требования:

1. Разборка панельных плит перекрытий ведется в строгой последовательности за разборкой стеновых панелей;
2. Свободные стеновые панели необходимо дополнительно усилить, чтобы избежать потери ими устойчивости до производства демонтажа;
3. Не допускается отрыв поврежденных панелей конструкции от нижележащих замонтированных и обваренных стыков;
4. Не допускается одновременная срезка нескольких соединительных элементов поврежденной панели конструкции;

5. Срезка соединительных элементов, удерживающих поврежденную панель конструкции, допускается после строповки с выборкой слабины стропов поврежденного элемента [7].

Разборку поврежденных элементов конструкции как правило начинают с крайней секции здания. Производство работ по вскрытию замоноличенных стыков конструкции не должно совпадать с разборкой панелей здания в пределах выполнения данных работ. Последовательность технологического процесса разборки поврежденных панельных зданий и сооружений представлена на рис. 3 [8].

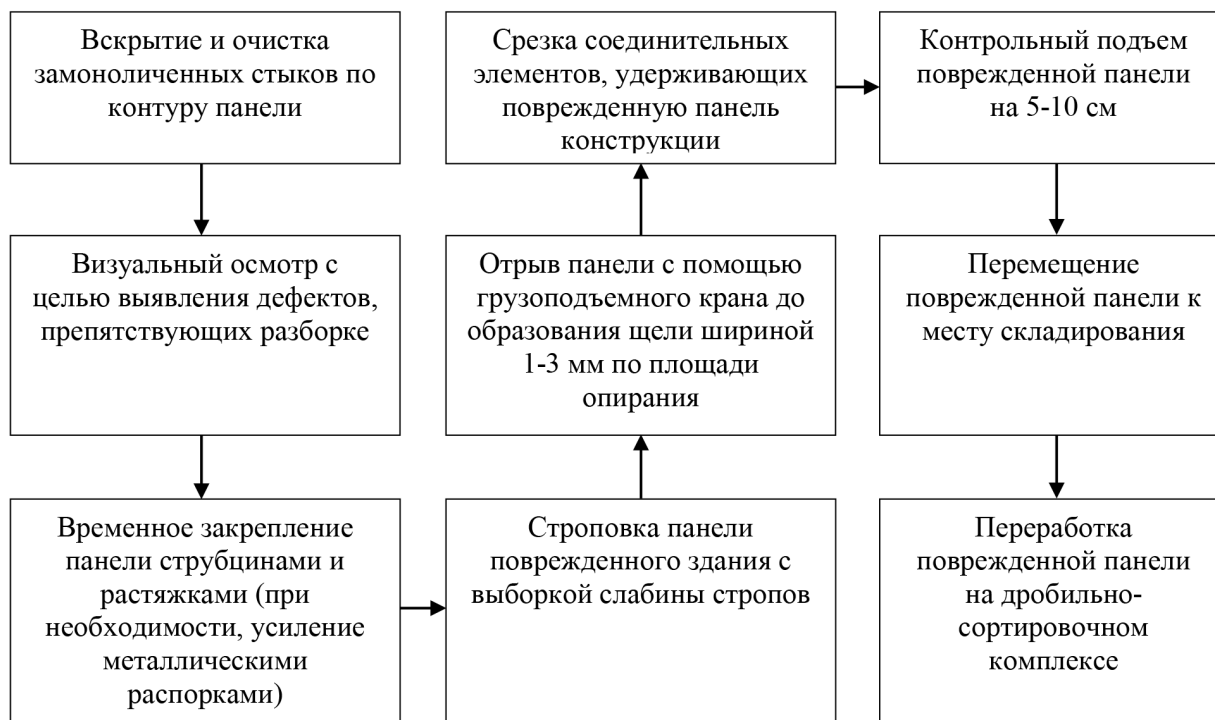


Рис. 3. Технология разборки поврежденного панельного здания (сооружения)

Если при контрольном подъеме поврежденного элемента возникает риск его прогрессирующего разрушения, то такую панель необходимо разделить на куски на месте и производить разборку по кускам.

При разборке кирпичных стен каркасных зданий поэлементная технология разборки не используется. Кирпичные стены разделяют на отдельные блоки, которые разбирают методом «валки» [9]. Для разделения поврежденных кирпичных стен применяют следующие механизированные инструменты:

1. Гидроножницы
2. Алмазные диски (канаты)
3. Отбойные молотки
4. Гидроклинья
5. Гидромолоты
6. Перфораторы

Комбинированная технология разборки поврежденных зданий и сооружений применяется при разрушенных малоэтажных кирпичных и панельных конструкциях. При этом, обрушение ограждающих поврежденных элементов здания производится в наружную сторону, так как обрушение строительных конструкций на плиты перекрытия не допускается.

Таким образом, технология производства разборки поврежденных зданий и сооружений различных конструктивных решений отличается спецификой производства технологических

операций и мероприятиями по обеспечению безопасности производства работ. Выделены основные причины, вызывающие повреждения конструкций. Рассмотрены технологии разборки панельных и каркасных поврежденных зданий. Приведены принципиальные отличия технологий разборки зданий различных конструктивных решений. Рассмотрены особенности технологии при производстве демонтажных работ на поврежденных объектах.

Литература

1. Рекомендации по способам разборки поврежденных зданий и сооружений / ФГУП «26 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации». – М., 2007. 68 с.
2. *Алешинцев О. В., Бирюков А. Н., Денисов В. Н., Лудченко Н. И.* Техническая эксплуатация и ремонт зданий и сооружений / ВИ (ИТ) ВА МТО. СПб., 2021. 494 с.
3. Implementation of techniques and design of equipment for the production of the food liquids / T. Drozdova, A. Biryukov, N. Kachaeva [et al.] // Journal of Physics: Conference Series : International Conference “Actual Trends in Radiophysics”, Tomsk, 01–04 октября 2019 года. – Tomsk: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012003. – DOI 10.1088/1742-6596/1499/1/012003.
4. Efficiency Evaluation of Apartment Houses Reconstruction with Optimizational Criteria Application / A. N. Biryukov, I. N. Kravchenko, E. O. Dobryshkin [et al.] // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2020. Vol. 16. No 1. P. 14–24.
5. Complex approach to organizations’ capital assets reproduction / A. Birjukov, E. Dobryshkin, Y. Birjukov, V. Tishchenko // E3S Web of Conferences : Key Trends in Transportation Innovation, KTTI 2019, Khabarovsk, 24–26 октября 2019 года. – Khabarovsk: EDP Sciences, 2020. – P. 04026.
6. Determination of the type of repair work based on the results of survey and monitoring of the technical condition of buildings / A. Birjukov, A. Lebedkin, Y. Birjukov, V. Pchelkin // E3S Web of Conferences : Key Trends in Transportation Innovation, KTTI 2019, Khabarovsk, 24–26 октября 2019 года. – Khabarovsk: EDP Sciences, 2020. – P. 06023.
7. Optimization of management decisions for choosing strategy of enterprises fixed assets reproduction / A. N. Biryukov, E. Dobryshkin, I. N. Kravchenko, M. A. Glinsky // Engineering for Rural Development, Jelgava, 22–24 мая 2019 года. – Jelgava: Без издательства, 2019. P. 1726–1735.
8. *Kazakov Yu.* Fast assembly of quality suspended ventilated facades / Yu. Kazakov, A. Birjukov // Architecture and Engineering. 2017. Vol. 2. № 1. P. 32–40.
9. *Bolotin S.* Time management in drafting probability schedules for construction work / S. Bolotin, A. Birjukov // World Applied Sciences Journal. 2013. Vol. 23. № 13. P. 1–4.

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ УСТРОЙСТВА ОГРАЖДЕНИЙ КОТЛОВАНОВ

MODERN METHODS OF CONSTRUCTION OF PIT FENCES

В данной статье рассмотрены современные технологии устройства ограждающих конструкций котлованов. Приведены краткие сведения и выполнен обзор реализации технологий устройства ограждений в виде различных монолитных стен в грунте и шпунтовых ограждений.

В результате выполненного анализа показано, что для решения задач устройства подземных сооружений в виде паркингов и заглубленных конструкций зданий наиболее эффективно применять стальной U-образный шпунт, погружаемый различными способами.

Ключевые слова: стена в грунте, сваи, шпунт, Jet Grouting, подземное строительство, ограждающие конструкции, нулевой цикл.

In this article, modern technologies for the construction of enclosing structures of pits are considered. Brief information is given and an overview of the implementation of technologies for the construction of fences in the form of various monolithic walls in the ground and tongue-and-groove fences is performed.

As a result of the performed analysis, it is shown that to solve the problems of constructing underground structures in the form of parking lots and buried structures of buildings, it is most effective to use steel sheet piling, immersed in various ways.

Keywords: wall in the ground, piles, sheet pile, underground construction, Jet Grouting, enclosing structures, zero cycle.

Основными мировыми тенденциями при строительстве жилых и промышленных зданий, в условиях плотной городской застройки и не только, является увеличение площади объекта за счет освоения подземного пространства.

При возведении подземной части возникает необходимость обустройства ограждающей конструкции котлована, для обеспечения водонепроницаемости и устойчивости стенок котлованов, а также сохранности уже существующей застройки, находящихся в непосредственной близости со стройплощадкой от повреждений, вызванных усадкой грунта.

Применительно к сложным инженерно-геологическим условиям, подразумевающим под собой наличие неоднородных напластованных слабых грунтов и высокого уровня грунтовых вод, выполнение перечисленных ранее требований влечёт за собой ответственный и обоснованный выбор для конкретных условий строительства наиболее эффективных конструктивно-технологических решений для выполнения работ по возведению ограждающих конструкций котлованов. Именно поэтому к работам нулевого цикла в настоящее время предъявляют очень высокие требования.

В статье рассмотрены современные технологии устройства ограждающих конструкций котлованов, произведен краткий анализ каждого из способов с целью выбора оптимального решения.

Объектом исследования является Г-образный котлован в городе Санкт-Петербург. Глубина котлована – 5 м, ширина – 14,5 м, Общая протяженность стен – 275,24 м. Существующие здания и сооружения в непосредственной близости от строительной площадки отсутствуют.

Шпунтовые ограждения

Оптимальным решением для устройства ограждающей конструкции из U-образного стального шпунта, для котлована глубиной до 5 метров, является – консольное шпунтовое ограждение с поясами жесткости из стальных балок.

Консольные ограждения применяют для котлованов глубиной до 4–5 м. При этом в условиях слабых грунтов необходимо обеспечить заглубление шпунта ниже дна котлована не менее $\frac{2}{3}$ его глубины. Для обеспечения совместной работы шпунта по верху ограждения обязательно устраивается обвязочная балка из стального проката.

На рис. 1. показано устройство консольной шпунтовой стены:

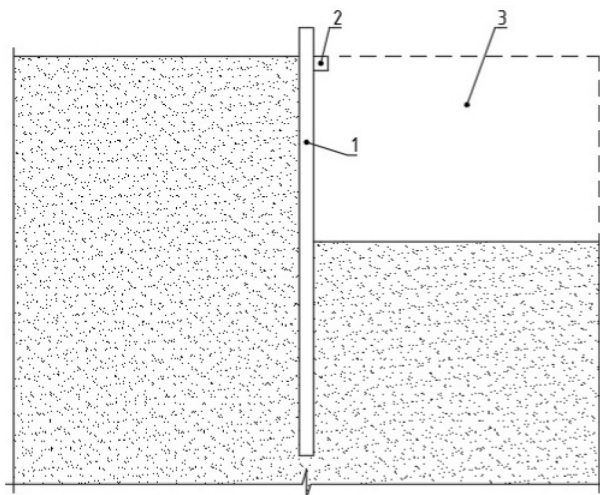


Рис. 1. Схема устройства консольной шпунтовой стены:
1 – шпунт; 2 – обвязочная балка; 3 – котлован

Погружение шпунта осуществляется с помощью гидравлического вибропогружателя, приводимого в действие от автономных дизельных силовых агрегатов или от гидравлических систем экскаваторов. Управление, контроль и регулирование происходит с помощью электронной системы дистанционного управления с пульта или бескабельного радиоуправления. Погружатели оснащаются съемными гидравлическими наголовниками, позволяющими погружать как единичный, так и собранный в пакеты шпунт разнообразных форм поперечного сечения (рис. 2, 3).

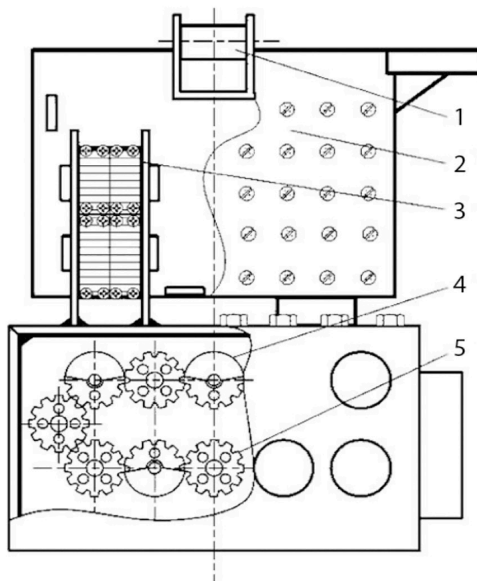


Рис. 2. Схема устройства гидравлического вибропогружателя:
1 – строповочный узел; 2 – корпус амортизатора; 3 – полимерный амортизатор;
4 – дебаланс; 5 – зубчатая шестерня

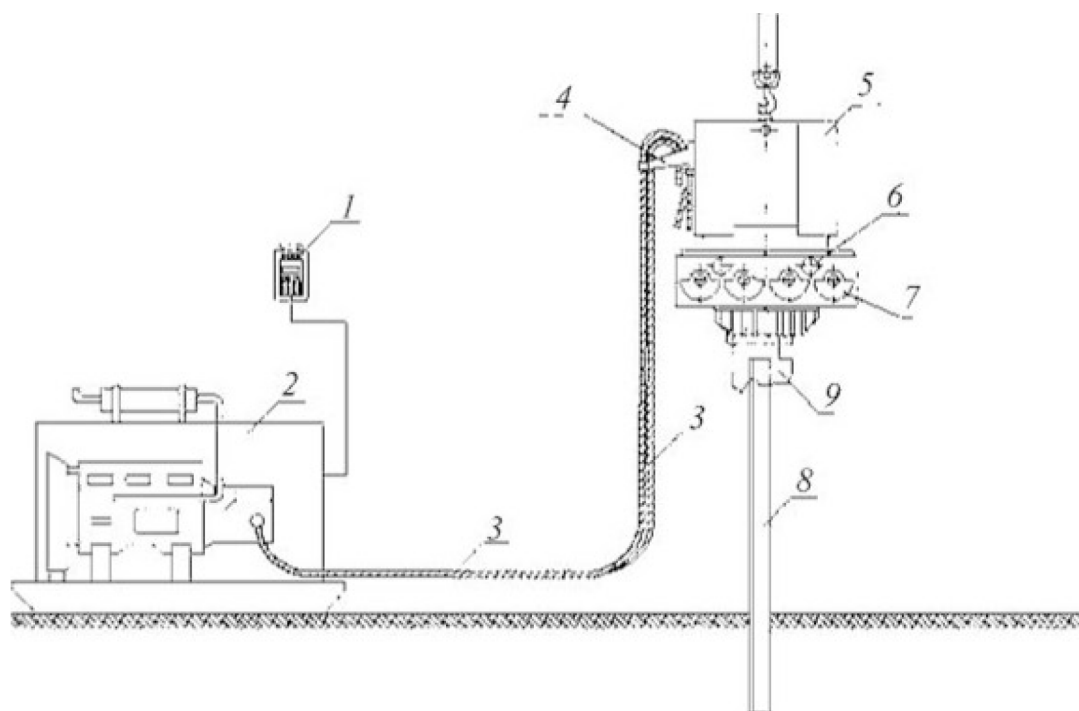


Рис. 3. Принципиальная схема компоновки комплекта оборудования для работы гидравлического вибропогружателя: 1 – пульт дистанционного управления; 2 – дизельный агрегат; 3 – гидравлические масляные шланги; 4 – эластичная подвесная опора шлангов; 5 – амортизатор; 6 – гидравлический двигатель; 7 – дебаланс; 8 – погружаемый элемент; 9 – гидравлический наголовник (зажим)

Фрагмент крепления шпунтовых свай показан на рис. 4.

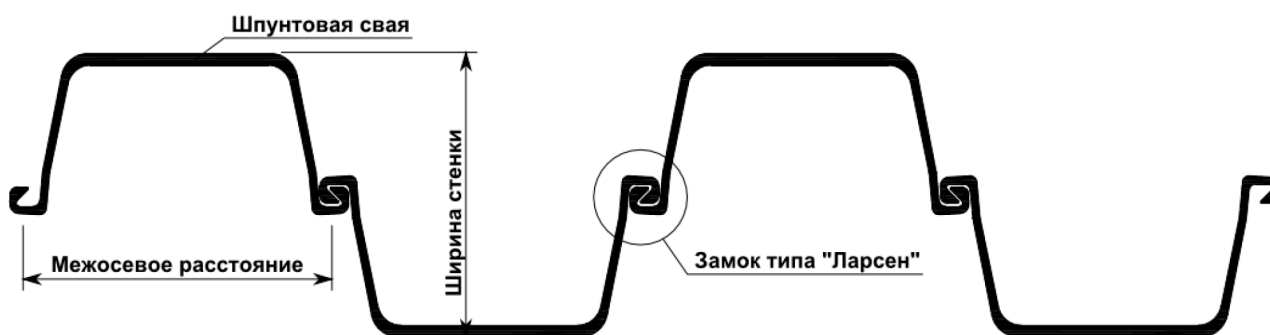


Рис. 4. Схема шпунтового ограждения из шпунта Ларсена

Для принудительной герметизации замковых соединений шпунта используются полимерные вставки. Заполнение замков происходит в заводских условиях из полиуретана, который устойчив к старению, эластичен, водонепроницаем и не токсичен.

При транспортировке шпунта укладку необходимо выполнить таким образом, чтобы заполненные плоскости замков были направлены вверх для предотвращения нарушения целостности заполнения. Перед погружением выполняется очистка замков от грязи продувкой сжатым воздухом.

Шпунт необходимо погружать так, чтобы замок без уплотнения был ориентирован вперед, т. е. сначала погружается сводный замок, в который входит замок с уплотнителем [1].

Буросекущие сваи

Технология буросекущих свай представлена на рис. 5 и представляет собой конструкцию в грунте, возводимую из последовательно устраиваемых буронабивных свай.

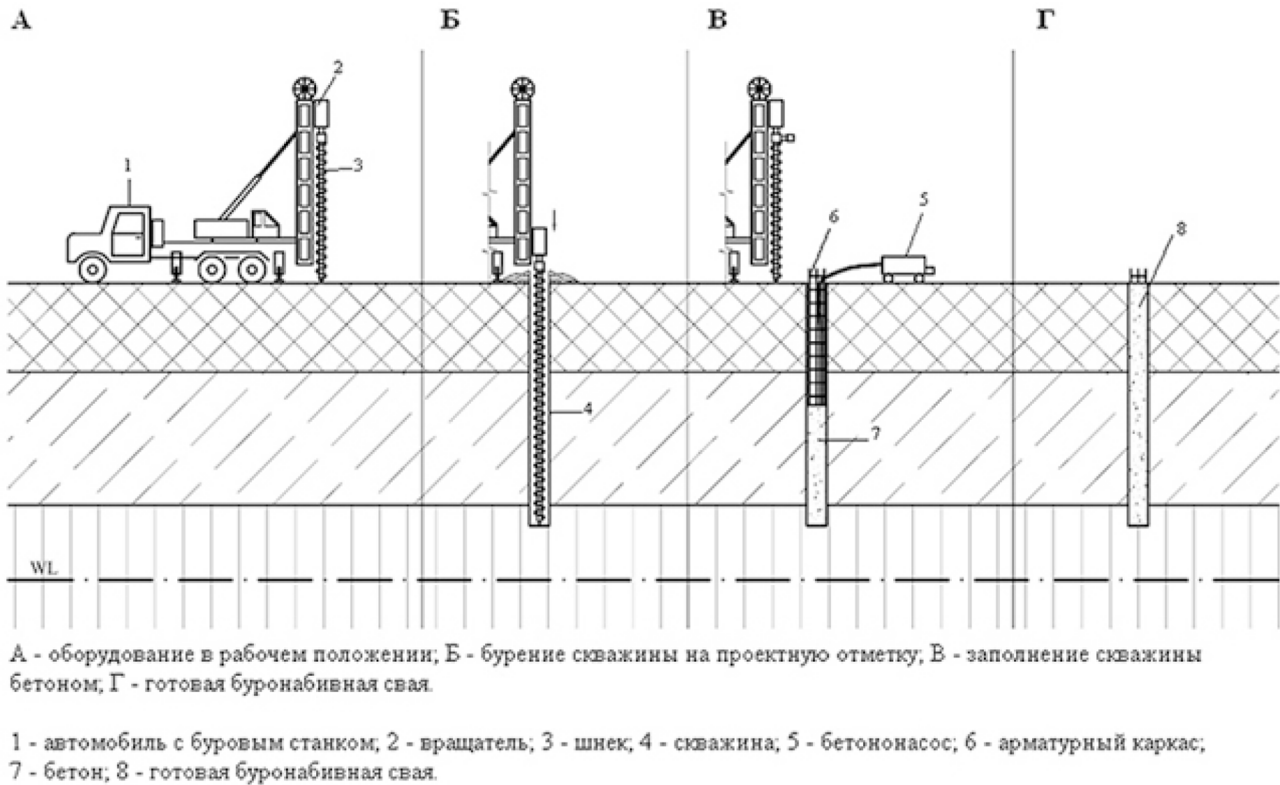


Рис. 5. Устройство ограждения из буронабивных свай

Арматурные каркасы устанавливаются только в четные свайные опоры, так как у нечетных с каждой стороны отсекается 10 % от объема сваи (рис. 6).

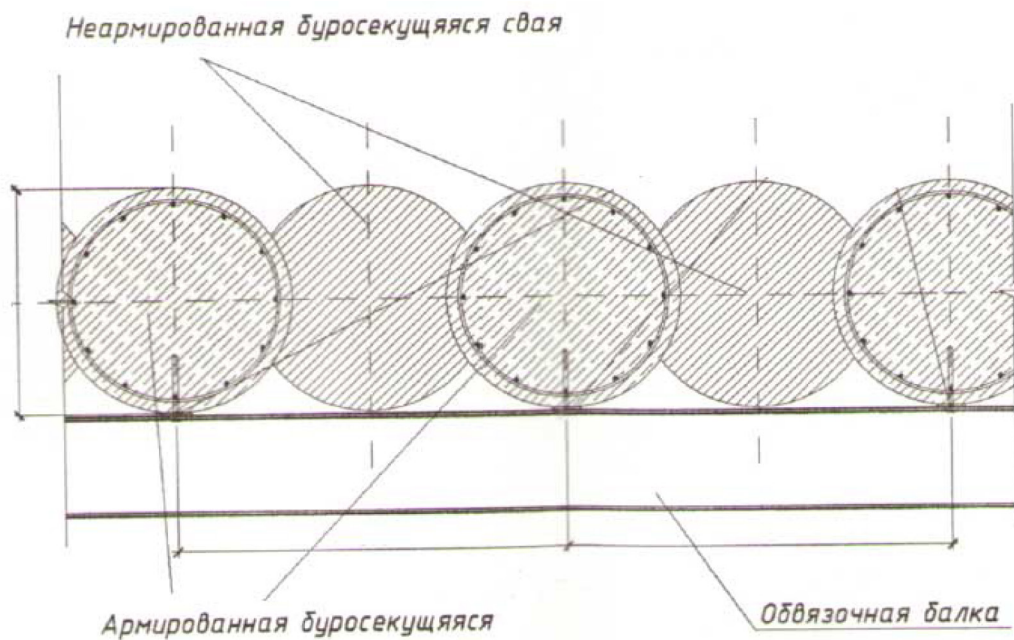


Рис. 6. Последовательность формирования ограждающей конструкции котлована из буросекущих свай

Стена в грунте

Одной из основных технологических операций полукрытого способа обустройства ограждающих конструкций котлованов является возведение стен по технологии «стена в грунте». Она может применяться практически в любых нескальных грунтах (как в несвязных, так и в плотных глинистых), за исключением текучих илистых и плавунных грунтов, а также грунтов, имеющих крупные пустоты или карсты. При этом уровень грунтовых вод должен располагаться на глубине не менее 1,5 м от поверхности земли, а скорости движения грунтовых вод не должны превышать критических, при которых происходит вымывание глинистого раствора.

При разработке траншеи под «стену в грунте» ее заполняют специальным раствором, который должен обеспечивать предохранение стенок траншей от обрушения и вывалов грунта и удержание частиц разрыхленного грунта во «взвешенном» состоянии. Для этого используют тиксотропные глинистые растворы (суспензии), полимерно-бentonитовые составы или полимерные растворы.

Приготовление глинистого раствора и его очистку выполняют на технологическом комплексе. Примерная схема циркуляции и очистки глинистого раствора представлена на рис. 7.

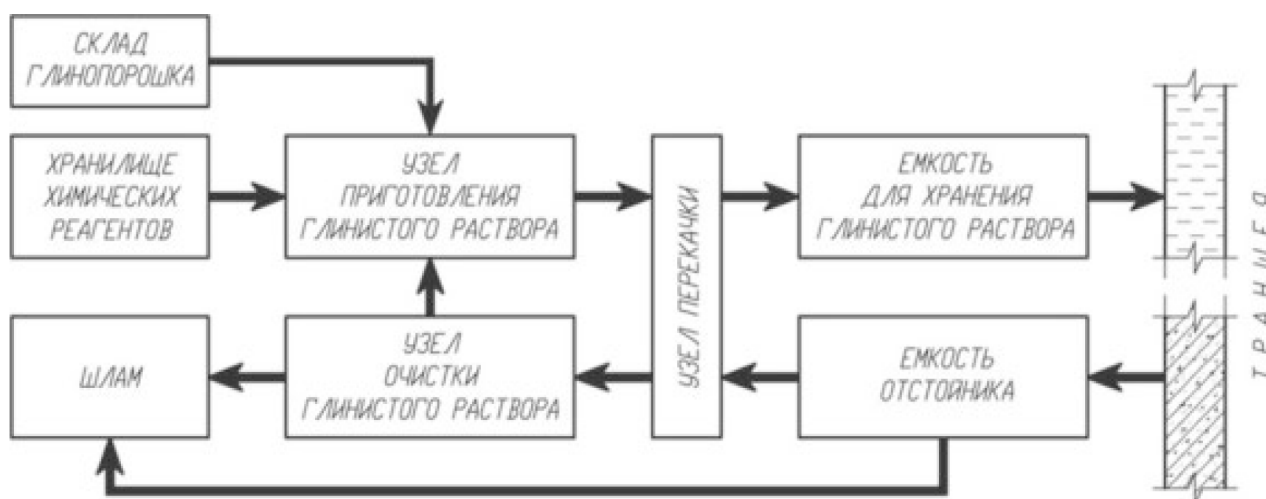


Рис. 7. Схема циркуляции глинистого раствора

Независимо от конструкции стен траншеи разрабатывают с применением специализированного землеройного оборудования, которое подразделяется на несколько видов в зависимости от используемого рабочего органа, который может быть:

- вращательного действия (буровые или бурофрезерные установки, многошпиндельные буровые установки, гидрофрезы, барражные машины);
- ударно-вращательного действия (установки ударного бурения);
- ковшового типа (многоковшовые траншейные экскаваторы, траншейные драглайны, штанговые и подвесные грейферы, штанговые экскаваторы).

В нашем случае используется установка для устройства траншей в мягких песчаных и глинистых грунтах (рис. 8).

Независимо от видов применяемого землеройного оборудования по мере разработки грунта в траншею подают глинистый раствор, предотвращающий обрушение стен. Глинистый раствор готовят непосредственно на месте строительства или на заводе в механических глиномешалках гидромониторных или турбинных смесителях, гидравлических мешалках эжекторного типа и др. (рис. 9).

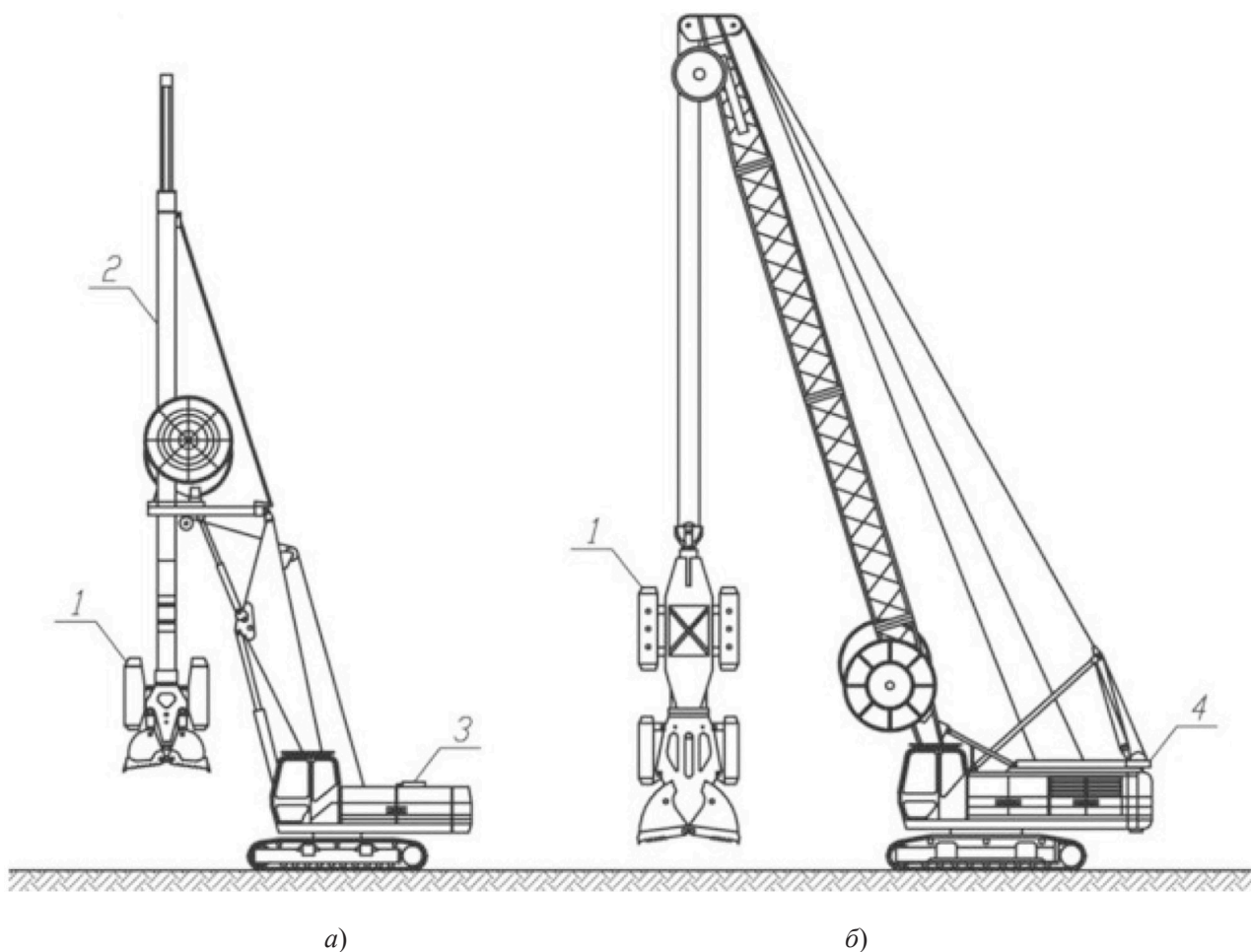


Рис. 8. Оборудование для устройства траншей в мягких песчаных и глинистых грунтах:
a – установка со штанговым грейфером; *б* – установка с подвесным грейфером;
1 – грейфер; *2* – жесткая штанга; *3* – базовая машина на гусеничном ходу;
4 – гусеничный кран

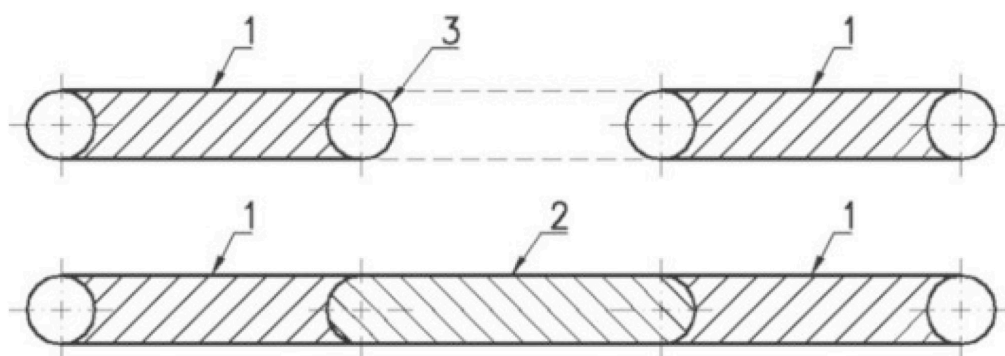


Рис. 9. Порядок разработки траншей:
1 – первая очередь; *2* – вторая очередь; *3* – ограничитель

Технологическая схема возведения монолитной «стены в грунте» представлена на рис. 10.

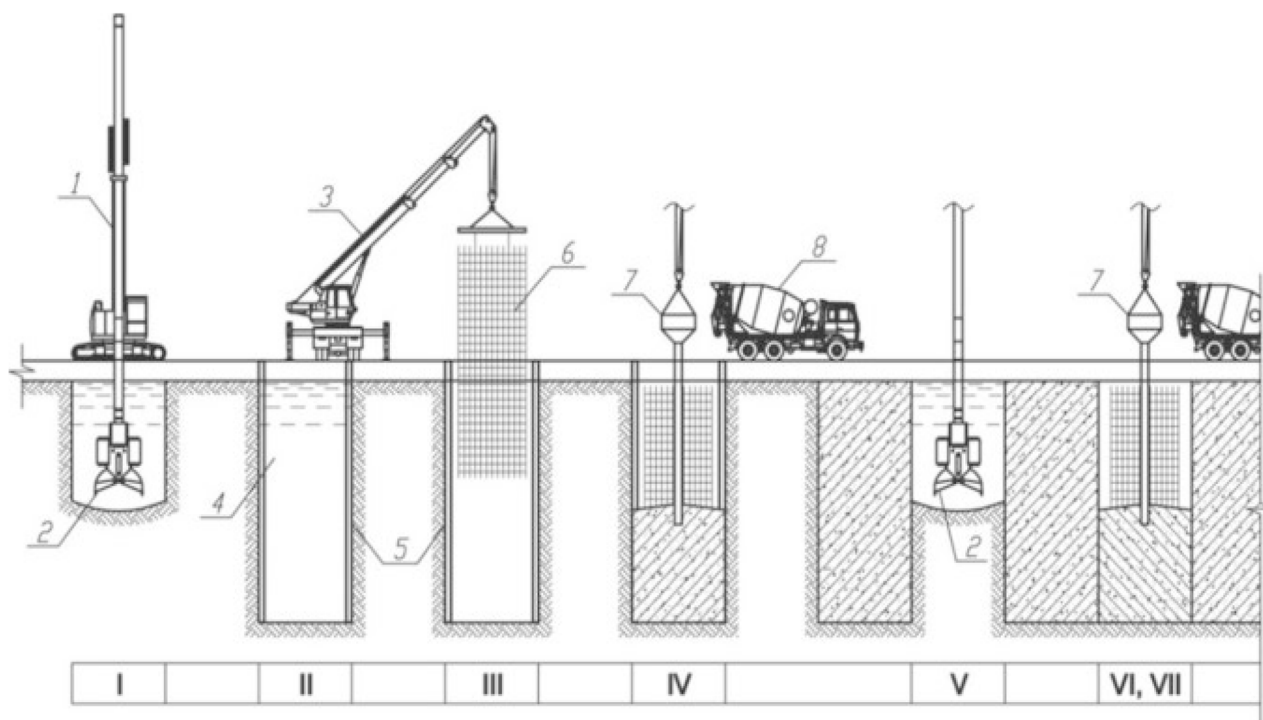


Рис. 10. Технологическая схема возведения монолитной «стены в грунте»: I – разработка грунта под глинистым раствором; II – опускание разделительных элементов; III – установка арматурных каркасов; IV – бетонирование стены и извлечение ограничителей; V – разработка грунтовых целиков; VI – установка арматурных каркасов; VII – бетонирование стены; 1 – жесткая штанга; 2 – грейфер; 3 – автомобильный кран; 4 – глинистый раствор; 5 – ограничители; 6 – арматурный каркас; 7 – бетонолитная труба с приемным бункером; 8 – автобетоносмеситель

Jet Grouting

Технология Jet grouting подразумевает под собой устройство грунтоцементных свай путем разрушения грунта и полного замещения неустойчивых грунтов цементным раствором под воздействием высокого давления, нагнетаемого насосом высокого давления. Струйная цементация широко применяется в самых разных сферах строительства, в том числе и для ограждающих конструкций котлованов.

Струйная цементация использует весь потенциал новых технологий для решения широкого спектра технических задач. В результате использования Jet Grouting в породе возникают грунтоцементные образования с точно прогнозируемой несущей способностью, которые могут служить противофильтрационными завесами, армирующими конструкциями и конструктивными элементами различных подземных сооружений.

Основные направления использования технологии струйной цементации Jet Grouting (рис. 11):

1. минимизация водопроницаемости и увеличение несущей способности песчаных и других нестабильных малосвязных пород;
2. увеличение стойкости к деформациям супесей, глин, суглинков и других пластичных пучинистых грунтов;
3. полное замещение неоднородных проблемных грунтов с включениями.

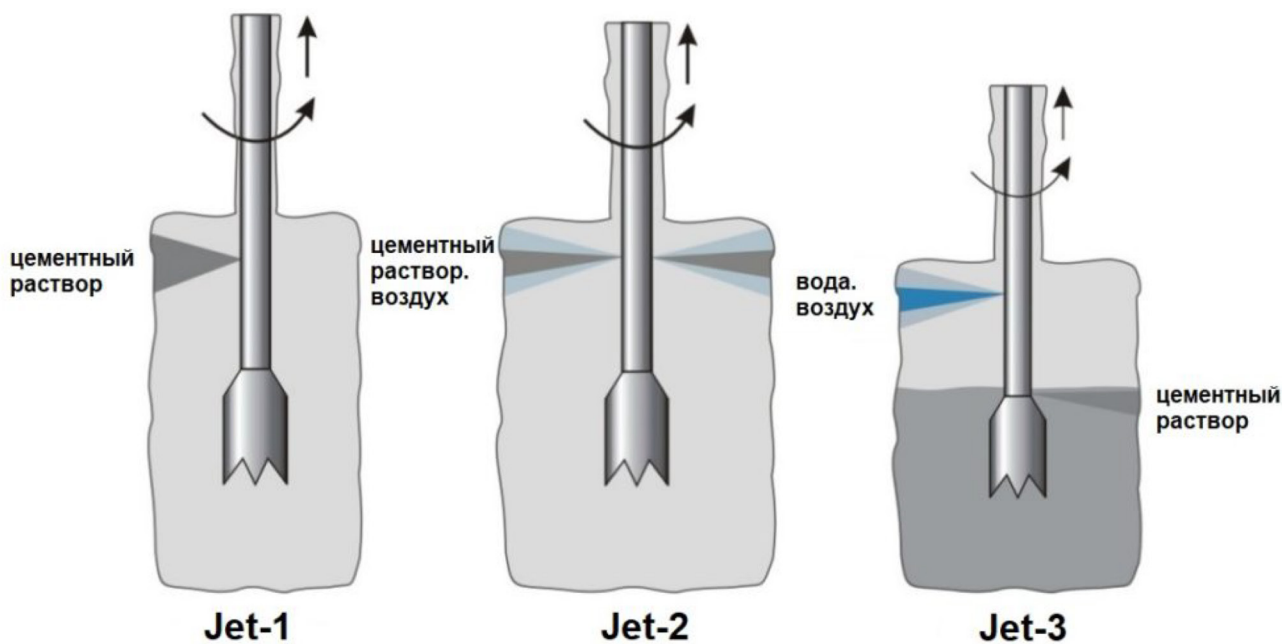


Рис. 11. Разновидности технологии Jet Grouting

Струйная цементация выполняется два этапа: бурение и цементация (рис. 12).

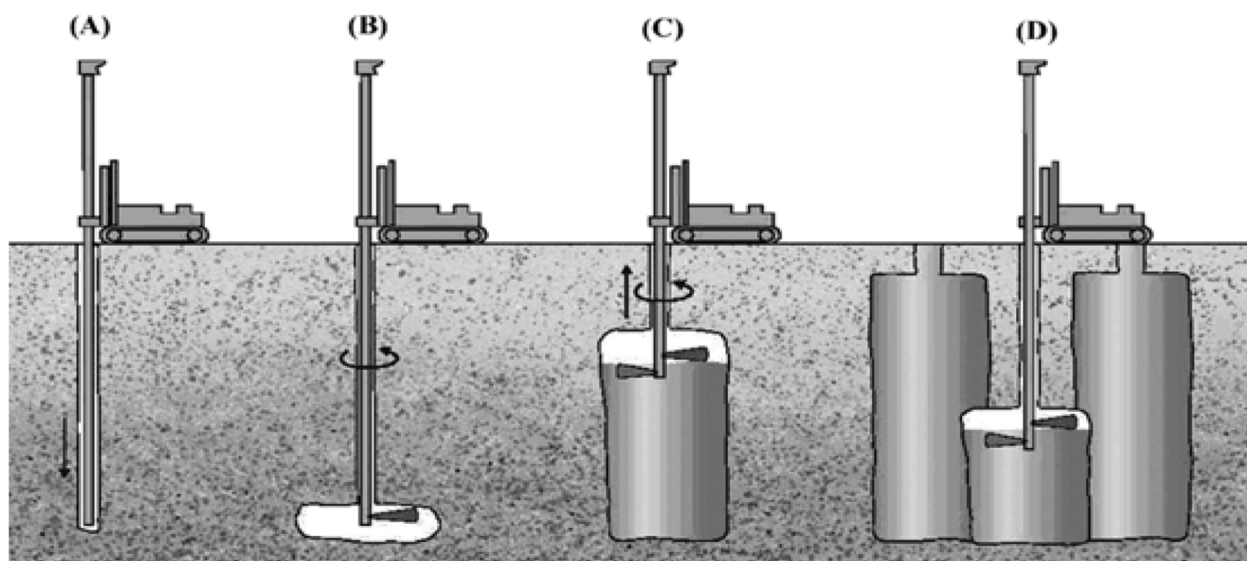


Рис. 12. Схема устройства ограждающей конструкции котлована технологией Jet Grouting:
 А – бурение скважины; В – начало цементации; С – устройство колонны (обратный ход);
 D – цементирование стены

Сравнение вариантов

Сопоставление технико-экономических показателей различных типов ограждений котлованов представлены в таблице.

Для котлованов малой глубины, основными критериями являются стоимость выполненных работ, скорость строительства и жесткость ограждающей конструкции.

Исходя из полученных данных напрашивается вывод, что самым рациональным способом обустройства ограждающих конструкций котлованов на малой глубине (до 5 метров) является – шпунт. Возведение шпунтового ограждения является самым дешевым и быстрым решением.

Сопоставление технико-экономических показателей типов ограждения котлованов

Типы ограждений	Критерии							
	Водонепроницаемость	Прочность и жесткость	Шум и вибрация	Влияние на окружающую среду	Возможная глубина заложения	Скорость строительства	Экономичность	Возможность повторного использования
Шпунтовые ограждения	удовлетворительно	удовлетворительно	плохо	удовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	хорошо	хорошо
Буросекущие сваи	хорошо	хорошо	хорошо	хорошо	хорошо	плохо	удовлетворительно	плохо
Стена в грунте	хорошо	хорошо	хорошо	хорошо	хорошо	плохо	удовлетворительно	плохо
Jet Grouting	удовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	хорошо	удовлетворительно	удовлетворительно	удовлетворительно	плохо

– хорошо
 – удовлетворительно
 – плохо

Вывод

В данной статье был произведен краткий обзор различных технологий обустройства ограждающих конструкций котлованов: шпунтовые ограждения, буросекущие сваи, стена в грунте и Jet Grouting. В ходе анализа предложенных вариантов было выбрано оптимальное решение – шпунтовые ограждения. Данная технология является самой рациональной и имеет наилучшее сочетание таких показателей как надежность, долговечность, цена и качество.

Литература

1. Верстов В. В, Гайдо А. Н, Иванов Я. В. Технологии устройства ограждений котлованов в условиях городской застройки и акватории. СПб. : СПбГАСУ, 2014. 368 с.
2. Верстов В. В, Гайдо А. Н, Иванов Я. В. Технология и комплексная механизация шпунтовых и свайных работ. СПб. : Лань, 2012. 288 с.
3. Маковницкий А. О., Хусаинов И. И. Опыт применения струйной цементации для устройства подземных частей жилых комплексов. УДК 624.131.2012. С. 171–177.
4. Магнушев Р. А., Ершов А. В., Осокин А. И. Современные свайные технологии: учеб. пособие. СПбГАСУ. СПб., 2010. 240 с.
5. МГСН 2.07-01. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М. : Москомархитектура, 2003 – 108 с.
6. Колюхов Д. С. Строительство городских подземных сооружений мелкого заложения. М. : Архитектура, 2005 – 298 с.
7. Устройство «Стены в грунте» [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://nostroy.ru/department/metodolog/otdel_tehnicoskogo_regulir/sto/%D0%A1%D0%A2%D0%9E%20%D0%9D%D0%9E%D0%A1%D0%A2%D0%A0%D0%9E%D0%99%202.5.74-2012.pdf/
8. Гайдо А. Н., Верстов В. В., Евтюков С. А. Эффективная технология устройства подземных пешеходных тоннелей под действующими магистралями // Вестник гражданских инженеров. 2022. № 1 (90). С. 55–65.
9. Гайдо А. Н. Вестник гражданских инженеров. 2020. № 1 / (78). С. 116–126.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ШПУНТОВЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF CONSTRUCTION AND OPERATION OF SHEET PILE ENCLOSING STRUCTURES

В данной статье проанализированы имеющиеся недостатки шпунтовых ограждений, такие как: высокая степень повреждаемости замковых соединений, слабая герметичность замковых соединений; гибкость шпунта. Рассмотрены различные инженерные решения, способные минимизировать действия изложенных выше недостатков при обустройстве и эксплуатации шпунтовых ограждающих конструкций. В ходе анализа предложенных решений формируется вывод об их положительном влиянии на исследуемые недостатки, что позволяет повысить эффективность и увеличить работоспособность шпунтовых ограждений.

Ключевые слова: шпунт, замковые соединения, гибкость, погружение в грунт, ограждающие конструкции котлованов, проблемы, совершенствование технологии.

This article analyzes the existing disadvantages of tongue-and-groove fences, such as: high degree of damage to lock joints, weak tightness of lock joints; flexibility. Various engineering solutions are considered that can minimize the actions of the above disadvantages in the arrangement and operation of sheet pile enclosing structures. During the analysis of the proposed solutions, it is concluded that they have a positive effect on the shortcomings under study, which makes it possible to increase the efficiency and increase the operability of sheet piling fences.

Keywords: tongue-and-groove, locking joints, flexibility, immersion in the ground, enclosing structures of pits, problems, technology improvement.

В 1902 году немецкому инженеру Тригви Ларсену из города Бремена, пришла идея о создании шпунтовой сваи «U»-профиля. Он первый, кто предложил взять стальную полосу, загнуть ее кромки буквой U, чтобы в дальнейшем соединить данные элементы по краям в одну сплошную стеновую конструкцию и погрузить ее под землю для разделения различных пород грунта или отделения грунта от воды. Изобретение получило патент в 1910 году. Сваи «U»-профиля стали называть „Шпунтом Ларсена” и активно применять по всему миру, вплоть до сегодняшних дней.

Несмотря на популярность у шпунтовых ограждений по-прежнему существуют недостатки в виде: высокой повреждаемости замковых соединений, слабой герметичности замковых соединений; гибкости шпунта.

Высокая повреждаемость замковых соединений

Замки шпунтовых ограждений являются не только самым важным, но и самым повреждаемым элементом данной конструкции.

Основной причиной повреждений является сила трения скольжения, которая возникает в замках во время погружения шпунта. На нее влияют следующие факторы: давление, размер соприкасаемой поверхности, шероховатость, наличие грунта на поверхности замка и т. д.

Самые высокие показатели трения в замках возникают при вибропогружении за счет добавочного трения от вибрации. Во время такого воздействия замки начинают нагреваться,

а максимальная температура нагрева может достигать 1400°C. Впоследствии такого нагрева шпунт может получить повреждения, которые негативно скажутся на его повторной эксплуатации – оборачиваемости шпунта.

Ударный способ погружения шпунта также является опасным, особенно если работы ведутся в твердых грунтах. В таких случаях высок риск попадания шпунта на непреодолимое препятствие в виде валунов или камней. При избыточной силе удара замки могут порваться, что приведет к дефекту шпунтовой сваи.

Самым щадящим способом погружения является метод статического вдавливания. Замки при таком методе нагреваются незначительно, что практически сводит на нет вероятность их повреждения. Так же данный метод хорошо подходит для применения в условиях плотной городской застройки, когда существуют требования минимизировать динамические воздействия на уже существующие постройки. В настоящее время опыт эксплуатации свидетельствует о том, что метод вдавливания шпунта отлично зарекомендовал себя при работе со слабыми грунтами и показал эффективность при работе на расстоянии до 1,2 м от конструкций существующих зданий или сооружений, без рисков развития недопустимых деформаций грунтов.

Главными преимуществами технологии вдавливания шпунта являются:

- отсутствие шума при погружении;
- затраты энергии по сравнению с ударными способами меньше в 2–3,5 раза;
- можно работать в примыкании к существующим конструкциям без риска их повреждения (например, во дворах).

Слабая герметичность замковых соединений

Основной задачей шпунтовых ограждений является разделение различных пород грунта или отделения грунта от воды.

Попадание воды в котлован может негативно сказаться на ходе строительства, а также на его стоимости. Именно поэтому, вопросу о герметичности замковых соединений уделяется достаточно большое внимание.

Особенность устройства шпунтовых ограждений заключается в наличии замковых соединений, характеризующихся длиной и шириной пути, приводящих к изменениям характера фильтрации воды и проявлению дополнительных гидравлических сопротивлений. При разработке котлована в водонасыщенных грунтах через замки происходит фильтрация воды, выносящей с собой частицы песка. В результате данного процесса происходит постепенное «закупоривание» в зазоре между элементами замков, что приводит к самогерметизации ограждающей конструкции. Такой процесс называют – эффект «кальматации».

В некоторых случаях данного эффекта недостаточно и возникает необходимость в принудительной герметизации замковых соединений шпунта. Например, при устройстве гидротехнических сооружений или ограждений котлованов, примыкающих к уже существующим зданиям.

На рис. 1. представлена схема основных способов герметизации замковых соединений шпунта:



Рис. 1. Способы гидроизоляции замковых соединений шпунта

Для оценки рациональности применения каждого из представленных способов гидроизоляции был произведен расчет, который опирался на использование показателей технологичности устройства гидроизоляции различными способами на 1 пог. м длины замка шпунтового ограждения.

Данные расчетов производились по действующим показателям ТЭП и были отображены в таблице.

Сравнительные показатели устройства гидроизоляции 1 пог. м длины замка шпунтового ограждения различными способами

Способ устройства гидроизоляции	Трудозатраты на строительной площадке, чел. ч	Стоимость на 2021, тыс. руб	Минимальные дополнительные площади для установки оборудования за контуром котлована, м ²	Интегральный критерий технологичности
Заполнение до погружения полости замка герметизирующими составами на основе: битума; воска и нефтепродуктов; полиуретана; силановых полимеров	2,3	28,6	0	1,0
	2,3	71,5	0	
	2,3	143	0	
	2,3	114	0	
Инъектирование раствора через просверленные отверстия в замках шпунта	120,12	95,80	0	0,50
Сварка на стальных накладках	40,10	262,62	0	0,33
Погружение шпунта в траншею с раствором	230,40	382,35	30	0,11
Закрепление грунта методами струйной цементации	867,48	846,68	35	0,04

Исходя из полученных данных напрашивается вывод, что самым рациональным способом гидроизоляции является заполнение замковых соединений различными полимерными вставками или различными герметизирующими составами в заводских условиях.

На рис. 2. отображена схема устройства гидроизоляции замков шпунта:

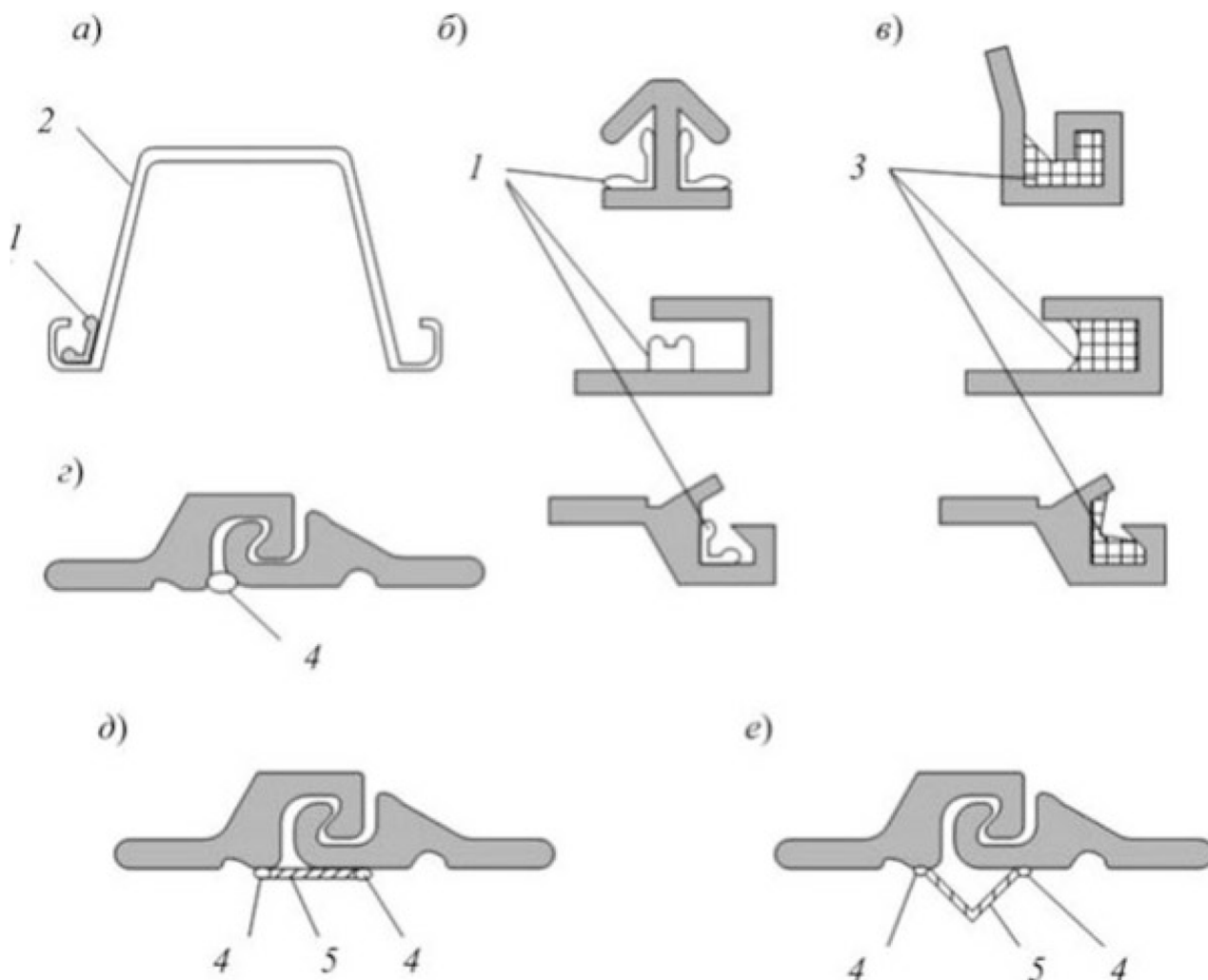


Рис. 2. Устройство гидроизоляции замков шпунта: *а, б* – полимерными вставками в замке; *в, г-е* – с герметизирующими составами, сваркой соответственно; *1* – полимерная вставка; *2* – шпунт; *3* – герметики; *4* – сварной шов; *5* – стальной профиль

Гибкость шпунта

В условиях слабых грунтов, склонных к потере устойчивости при приложении динамических воздействий от погружаемых свай, разгрузки строительных материалов, движение грузового автотранспорта и спецтехники, а также иных факторов, может произойти деформация ограждения котлована, распорных конструкций, проседание и выпад грунта во внутреннюю часть котлована. Все это в совокупности может привести к усадке грунта под уже существующими постройками, что чревато их повреждением или даже разрушением.

В связи с этим необходимо предусмотреть технические решения по обеспечению устойчивости шпунтовых ограждений.

На рис. 3. представлены конструктивно-технологические решения по обеспечению устойчивости шпунтовых ограждений:

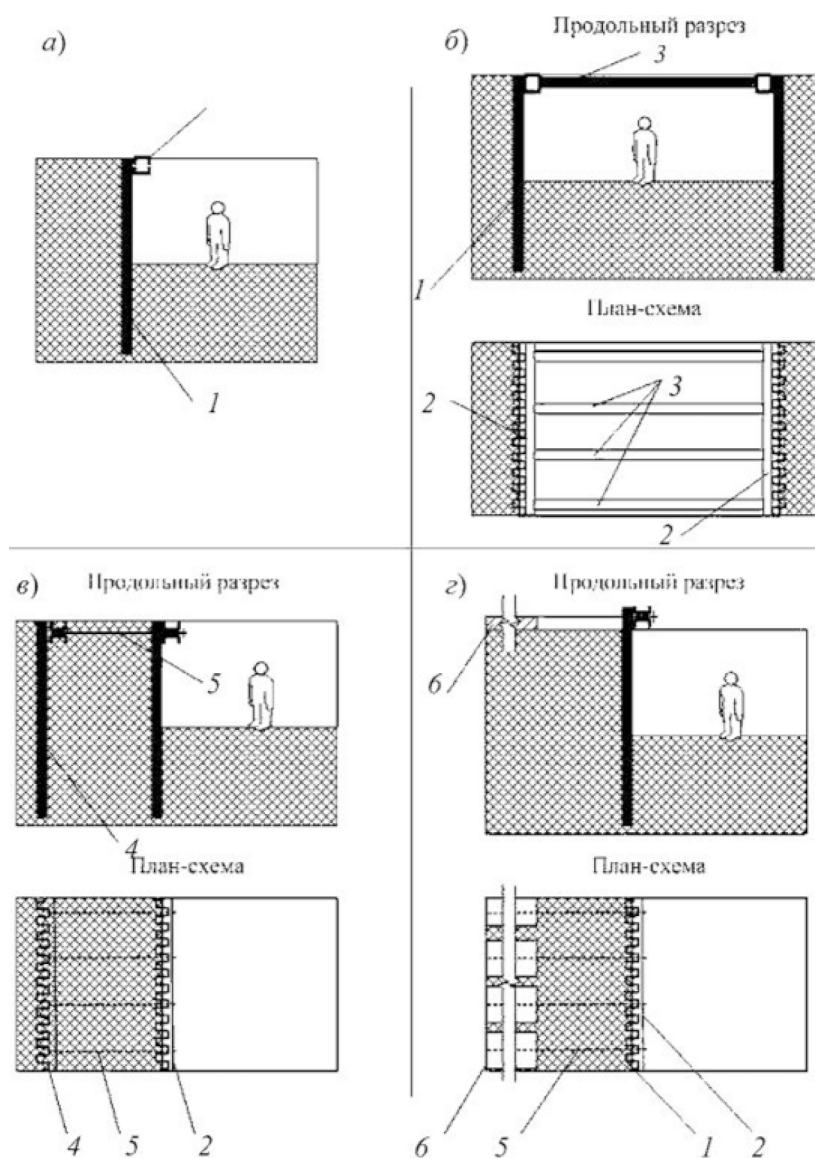


Рис. 3. Конструктивно-технологические решения по обеспечению устойчивости шпунтовых ограждений: *а* – консольное; *б* – с горизонтальными креплениями стальными балками; *в* – с анкерными стенками из шпунта; *г* – с горизонтальными анкерными плитами; *1* – шпунтовое ограждение; *2* – распределительный пояс (обвязочная балка); *3* – горизонтальные стальные балки; *4* – анкерная стенка из шпунта; *5* – стальные анкерные тяги; *6* – анкерные плиты, уложенные по кругу

Консольные ограждения, в том числе и с горизонтальными стальными балками, выступающими в качестве поясов жесткости, применяются при глубине котлована до 4–5 м. Вблизи котлована вводятся ограничения на динамические воздействия от перемещения грузового автотранспорта и спецтехники, а так же запрещается складирование строительных материалов. При слабых грунтах необходимо погрузить шпунт ниже уровня дна котлована не менее чем на 2/3 его глубины. Для обеспечения совместной работы шпунта по верху ограждения устанавливается обвязочная балка.

Временные распорные горизонтальные крепления из металлических балок применяются при ширине котлована до 20 м. При большей ширине котлована необходимо предусмотреть промежуточные опоры в виде стоек из шпунта или колонных двутавров. Также

в качестве промежуточных опор можно использовать уже смонтированные элементы здания. Распорки устанавливают в один или несколько ярусов, с определенным расчетным шагом, обычно составляющим 4–6 м.

Вариант крепления шпунтового ограждения горизонтальными стальными балками представлен на рис. 4.

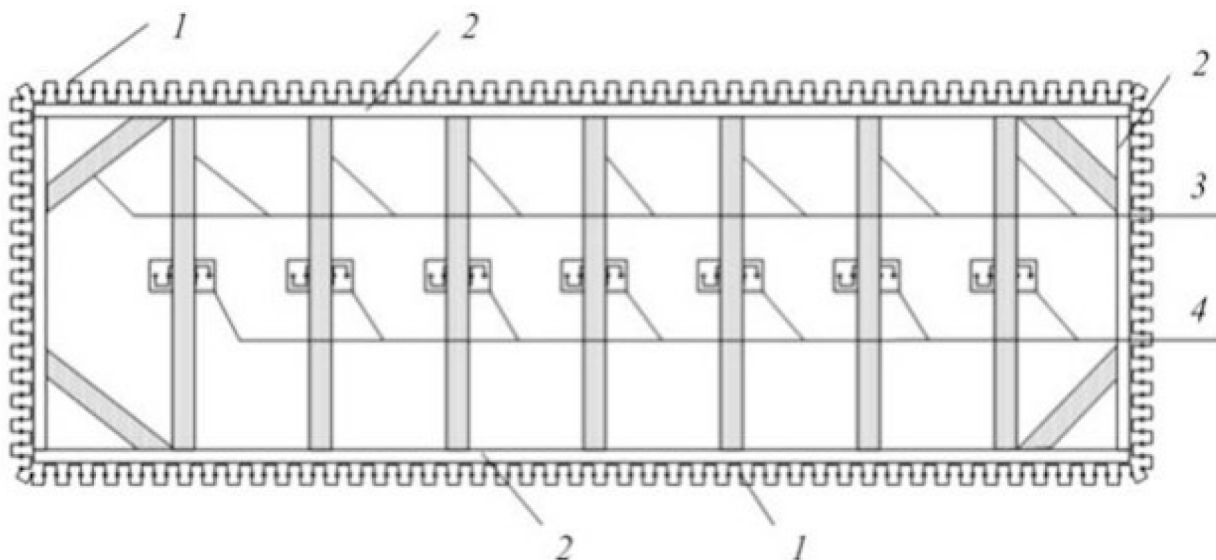


Рис. 4. Вариант крепления шпунтового ограждения горизонтальными стальными балками:
1 – шпунтовые ограждения; 2 – распределительный пояс (обвязочная балка);
3 – горизонтальные стальные балки; 4 – промежуточные опоры

Крепление ограждений к вертикальным анкерным стенам или горизонтальным плитам стальными тягами на расстоянии не менее величины $S = H_k \operatorname{tg} (45^\circ - \alpha / 2)$, где H_k – глубина котлована, α – угол внутреннего трения грунта. Данное конструктивное решение требует выделения дополнительных площадей за границами котлована. Оно не обеспечивает горизонтальной устойчивости ниже дна котлована. Анкерные тяги выполнены из арматурных стержней, что позволяет регулировать их натяжение в зависимости от горизонтальных перемещений шпунтового ограждения. При глубине котлована больше 6 метров анкерные тяги устраиваются в траншеях с заложением на 2–3 м ниже уровня поверхности земли [1].

Вывод

В процессе исследования был выявлен ряд проблем обустройства и эксплуатации шпунтовых ограждающих конструкций, таких как: высокая степень повреждаемости замковых соединений, слабая герметичность замковых соединений; гибкость шпунта. Было показано, что предложенные решения вышеупомянутых проблем оказывают положительное влияние и способствуют увеличению работоспособности шпунтовых ограждений.

Литература

1. Верстов В. В., Гайдо А. Н., Иванов Я. В. Технологии устройства ограждений котлованов в условиях городской застройки и акватории. СПб. : СПбГАСУ, 2014. 368 с.
2. Верстов В. В., Гайдо А. Н., Иванов Я. В. Технология и комплексная механизация шпунтовых и свайных работ. СПб. : Лань, 2012. 288 с.
3. Верстов В. В., Гайдо А. Н. Технология устройства свайных фундаментов СПб. : СПбГАСУ, 2010. 180 с.
4. Arcelormittal стальные шпунтовые сваи общий каталог 2018.

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕНОСА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ ИСТОКОВ ДО НАШИХ ДНЕЙ

TECHNOLOGY OF TRANSFER OF BUILDINGS AND STRUCTURES FROM THE ORIGINS TO THE PRESENT DAYS

Технология переноса зданий и сооружений известна с древнейших времен, так еще в Древнем Египте при строительстве пирамид использовались примитивные методы передвижения крупных блоков. Со временем технология совершенствовалась, большой вклад в ее развитие вложили специалисты из США и СССР, отдельно стоит отметить «отца русской передвижки» Эммануила Менделевича Генделя, принимавшего активное участие в реконструкции Москвы. В данной статье будут подробно изложены решения древности, наиболее популярные методы, применяемые в XX веке и инновационные технологии века XXI. Задача данной статьи рассказать о развитии, которое прошла данная технология за тысячелетия своего существования, не потеряв актуальности и в наши дни.

Ключевые слова: перемещение, домкрат, полиспаат, лебедка, шагающее устройство, Гендель.

The technology of moving buildings and structures has been known since ancient times, so even in ancient Egypt, when building pyramids, primitive methods of moving large blocks were used. Over time, the technology improved, specialists from the USA and the USSR made a great contribution to its development, it is worth noting separately the “father of the Russian movement” Emmanuil Mendelevich Handel, who took an active part in the reconstruction of Moscow. This article will detail the solutions of antiquity, the most popular methods used in the 20th century and the innovative technologies of the 21st century. The purpose of this article is to tell about the development that this technology has undergone over the millennia of its existence, without losing its relevance today.

Keywords: movement, jack, chain hoist, winch, walking machine, Handel.

Анализ существующих технологий переноса зданий и сооружений

Развитие технологии переноса зданий и сооружений до XX века

Примитивные технологии для перемещения зданий и сооружений известны с далекой древности. Считается, что инженеры прошлого использовали для этого различные рычаги, салазки, клинья и катки. Позже появились полиспааты (механизмы, увеличивающие тягу лебедки пропорционально числу канатов, охватывающих блоки, прикрепленные к перемещаемой конструкции). Канаты полиспаата наматывали на простейшую лебедку – ворот, но с вертикальным барабаном (кабестаном), который приводили в движение с помощью людей, волов или лошадей. Так же, для упрощения подъема тяжелых блоков, сооружались насыпи.

Издавна деревянные рубленые здания перевозились на плотах за сотни километров. Что бы перенести дом на берег, под него подводили несколько бревен, игравших роль катков. Стоит отметить, что деревянные здания отличаются от каменной гораздо большей гибкостью, поэтому их передвижение не требовало сложных инженерных решений.

Продвижение же каменных зданий требует соблюдения серьезных требований: конструкцию необходимо одновременно и равномерно поднимать домкратами, поскольку в отличие от деревянного, где деформации имеют упругий характер, в каменном малейшая деформация приводит к образованию трещин, соответственно необходимо спрогнозировать осадку здания, которая не будет вызвать в нем трещины (не более 1,5 мм на 1 м. п. стены).

Так в древнем Египте при строительстве пирамид в 3-ем тысячелетии до н.э. требовалось перемещение блоков весом до 100 т. Существует несколько гипотез осуществления поставок крупных деталей пирамид, но в 2014 г. профессором физики из Амстердамского университета Даниэлем Бонном, на основе настенной росписи из гробницы Джехutihотепа (рис. 1) была выдвинута и доказана теория, по которой технология передвижения заключалась в том, что блоки перевозились на саях, по пути следования которых египтяне мочили песок. Исследование показало, что правильное количество влаги в песке вдвое уменьшает необходимое тяговое усилие (рис. 2).

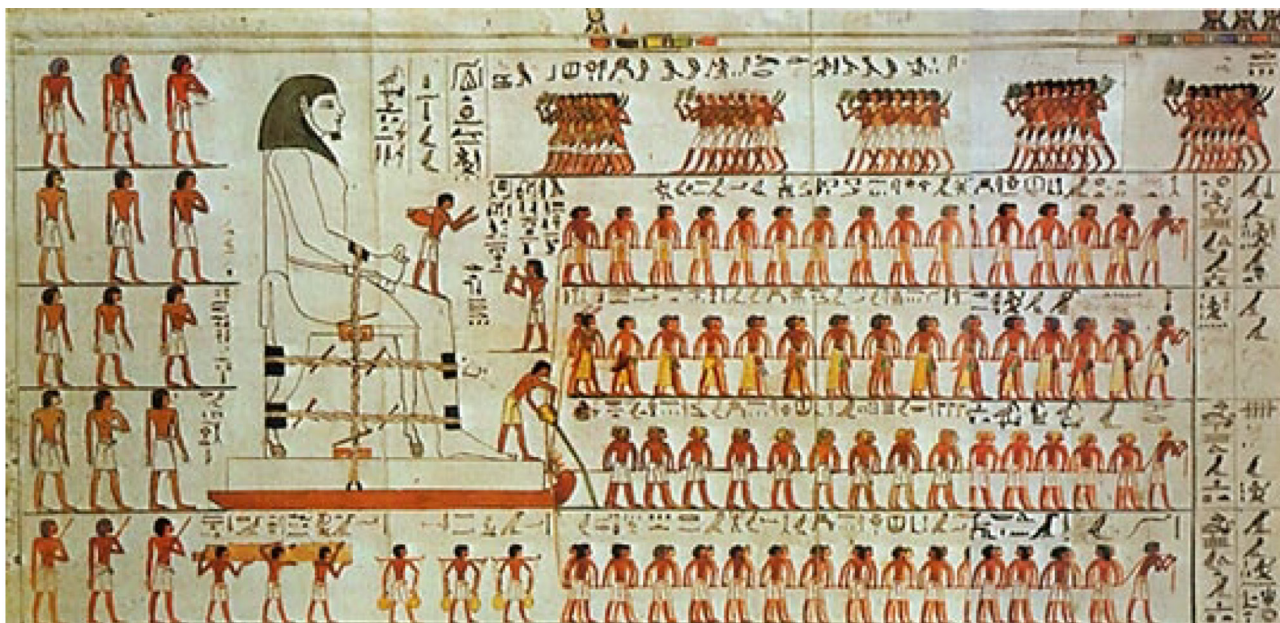


Рис. 1. Настенная роспись из гробницы Джехutihотепа. Везут большую статую на саях. Человек, стоящий впереди саней, смачивает песок [7]

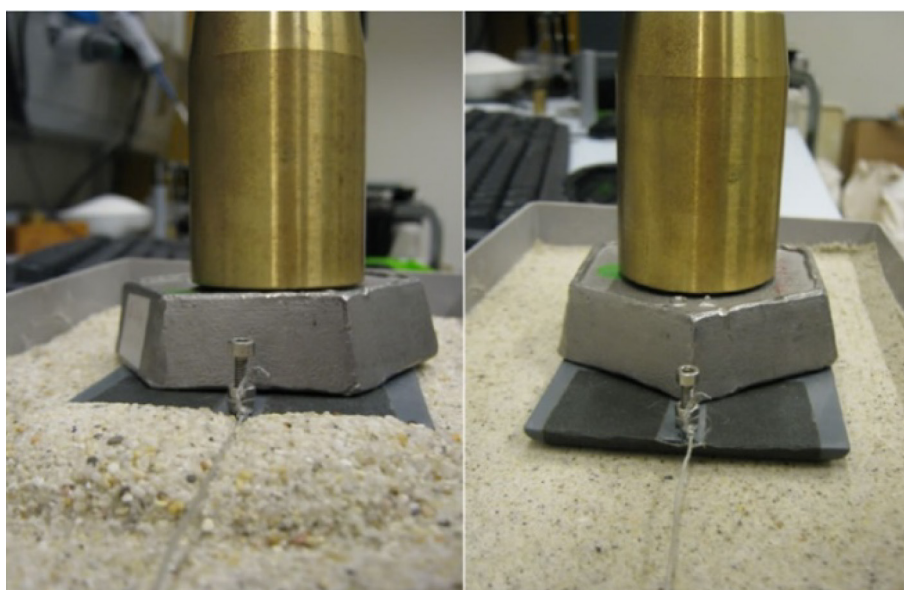


Рис. 2. Установка в лаборатории.
 Когда сани подтягивают по сухому песку, перед ними накапливается песок (слева).
 На мокром песке (справа) этого не происходит [7]

Первое каменное здание было перенесено в 1455 г. архитектором Ридольфо Фиораванти в г. Болонье (Италия). Так колокольня св. Марка была перемещена на 10,5 м без каких-либо повреждений (рис. 3).

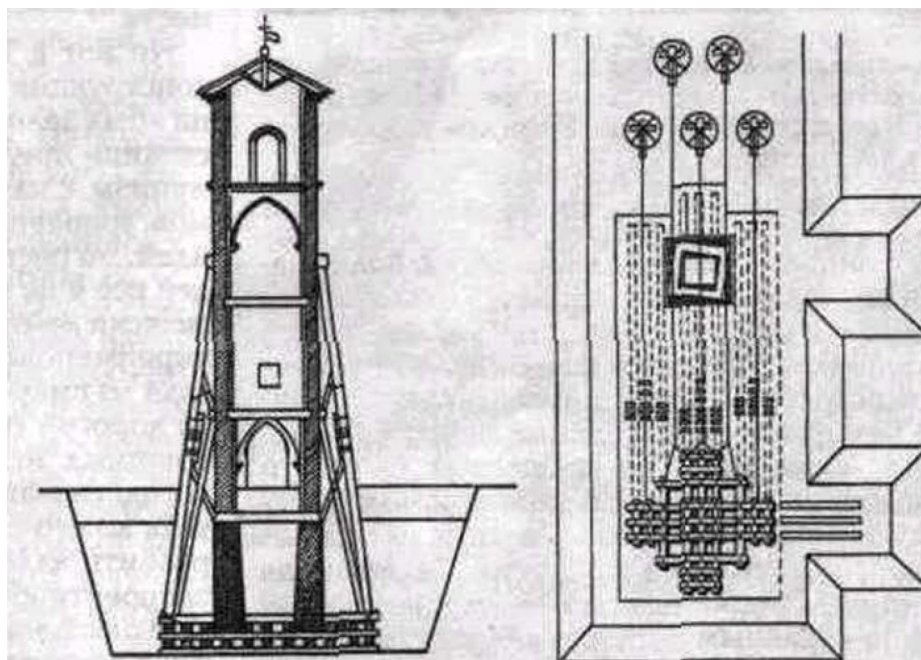


Рис. 3. Перемещение колокольни св. Марка [4]

В 1586 г. в Риме, под руководством архитектора Доменико Фонтане, был перенесен Ватиканский обелиск.

Работы производились при помощи башен, возведенных вокруг обелиска. Сами же башни находились на наклонной эстакаде по которой на специальных площадках, опирающихся на катки, перемещался обелиск (рис. 4).

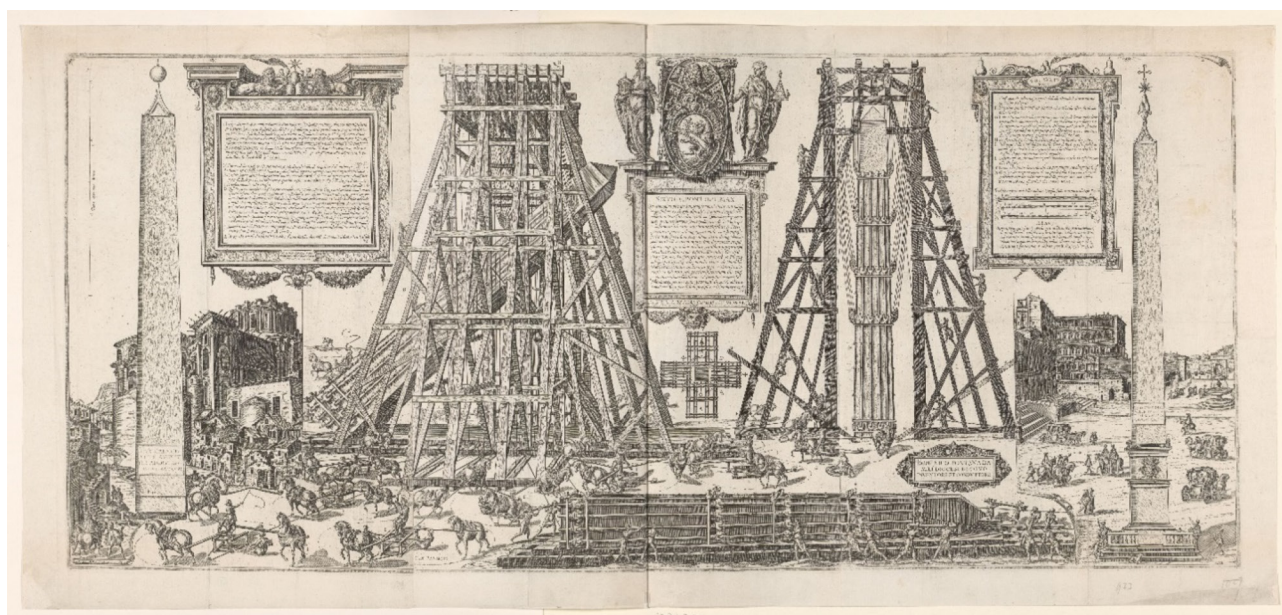


Рис. 4. Иллюстрация этапов возведения обелиска на площади Святого Петра в Ватикане [8]

Далее, вплоть до конца 19 века о технологии передвижения ничего не известно. В 1870 году в Нью-Йорке (США) открылась фирма «Chr. Vorndran Sons», положившая начало новой вехи развития технологии переноса каменных зданий.

Технология, применяемая в США, заключается в устройстве на одном уровне под стенами первого этажа или в теле фундамента балок (деревянных или стальных), расположенных в одном направлении, под ними – еще один или два ряда, расположенных перпендикулярно. Под смонтированную таким образом конструкцию в кладке фундамента устраивают гнезда, в которые, в свою очередь, устанавливаются ручные винтовые домкраты. Одновременная работа всех домкратов поднимала здание. Подъемные механизмы устанавливаются таким образом, чтобы на участках, где предстоит устройство путей, расстояние между ними было не меньше 1,1–1,3 м (ширина пути). На этих участках фундамент разбирают до основания. Здание поднимается на высоту достаточную для монтажа путей, на которые затем кладутся катки из стальных болванок, имеющих форму цилиндра, а на катки – одинарные широкополочные или попарно скрепленные между собой стальные двутавровые балки (ходовые) (рис. 5).

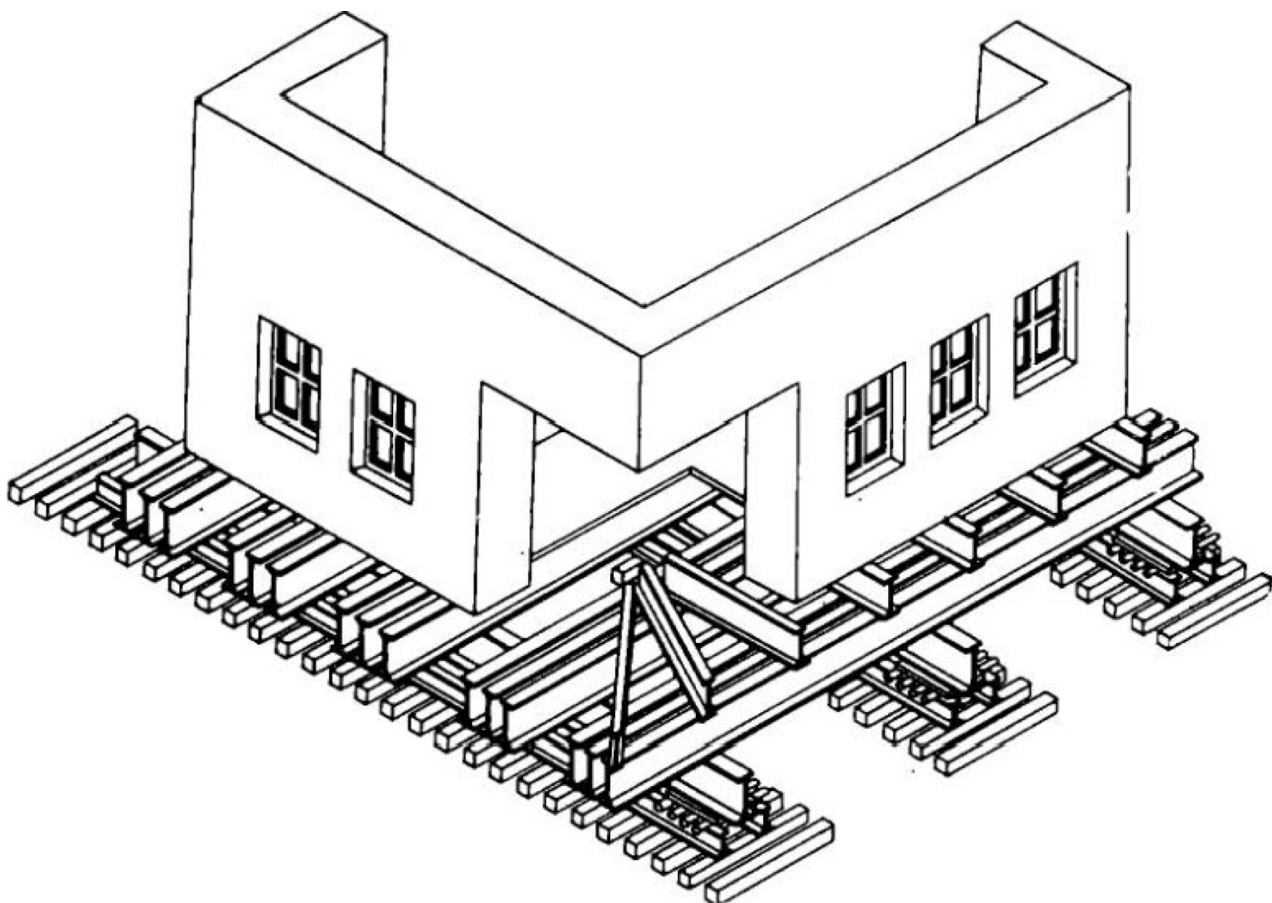


Рис. 5. Схема конструкции для передвижения зданий в США [1]

Часто под ходовые балки укладывали отдельные башмаки – стальные листы толщиной 30–50 мм (слябы) или уложенные впритык и сваренные между собой балки. Длина башмаков не превышала 1,5 м; расстояние между ними 3–4 м. Башмаки устанавливают в тех местах, на которые приходится большая нагрузка. Катки в этом случае располагаются только над башмаками. Ширина рельсовых путей, по которым передвигают здания, обычно в 2 раза уже железнодорожных. Для устройства путей под зданием его обычно поднимают

и держат на этом уровне домкратами. Когда под конструкцией установлены все пути, здание опускают, и оно садится на ходовые балки, а через них и на катки. Само движение осуществляется либо с помощью домкратов, толкающих здание (рис. 6), либо с помощью полиспастов, тянущих здание.

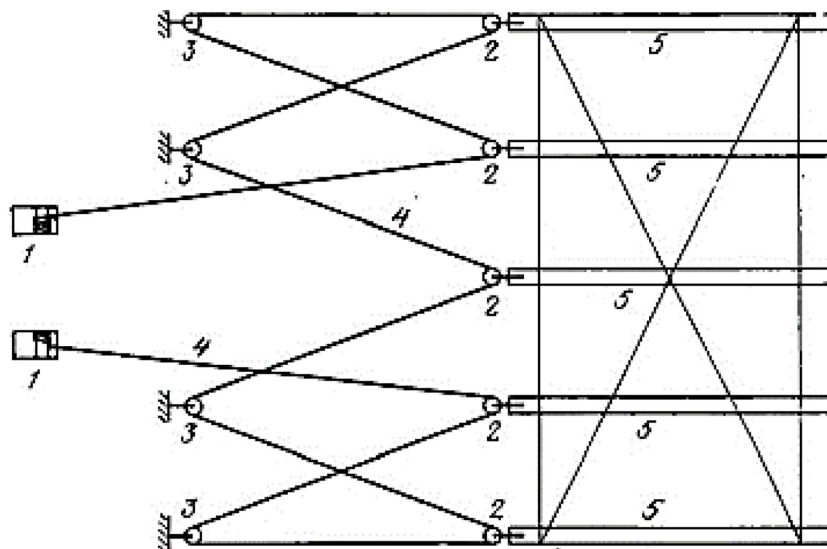


Рис. 6. Схема полиспаста, тянущего здание: 1 – лебедки; 2 – блоки, прикрепленные к ходовым балкам; 3 – блоки, прикрепленные к неподвижным анкерам; 4 – трос полиспаста; 5 – ходовые балки [1]

На место передвижения здания закладывается фундамент и проводятся все необходимые коммуникации.

В России первое передвижение каменного здания было осуществлено в Москве в 1898 г. Двухэтажный дом переехал на 100 м. Технология переноса была подобна, применяемой в США.

Развитие технологии переноса зданий в первой трети 20 века

В первой половине 20 веке пионерами в технологии переноса здания становятся США:

- 1900 г. – в Нью-Йорке передвинуто 8 трех- и четырехэтажных каменных здания по намыленным балкам (трением скольжения);
- 1903 г. – передвижка жилого кирпичного здания в Питтсбурге;
- 1905 г. – перенос квартала в Бруклине (Нью-Йорк);
- 1913 г. – в Сан-Франциско на 50 м передвинуто здание школы весом 8000 т;
- 1915 г. – перенос каменной церкви в Питтсбурге;
- 1914 – 1916 гг. – ряд передвижек домов, церквей, отелей, клубов, железнодорожных станций и др.

На время Первой мировой войны все крупные проекты были приостановлены, но с ее окончанием в 1919 году применение технологии переноса зданий приобретает еще больший размах:

- 1919 г. – перемещение трехэтажного здания в Детройте;
- 1920 г. – в предместьях Детройта передвинуто 7 кварталов домов;
- 1921 г. – перенос восьмиэтажного здания компании «Дж. Вудвелл»;
- 1923 г. – передвижка здания Иллинойской центральной железной дороги в Чикаго; здания склада в Чикаго;

- 1925 г. – в г. Осборн, в связи с угрозой наводнения, 552 дома были передвинуты на 2,4 км;
 - 1926 г. – передвижка восьмизэтажного жилого дома в Питтсбурге; 12 домов через реку в Чарлстоне; шестнадцатизэтажного отеля в Индианаполисе и др.
 - 1927 г. – в г. Олбани переехало восьмизэтажное жилое здание «Форт-Фредерик»;
 - 1929 г. – перенос здания морга в Питтсбурге (22,9×33,5 м, масса –6000 т); передвижка костела массой 9000 т в Чикаго;
 - 1930 г. – передвижение здания в Индианаполисе (41,1×28,8 м, массой – 10 000 т);
- Начиная с 1932 г. в связи с экономическим кризисом в США, число передвижек резко падает.

Генеральный план реконструкции Москвы, как новый импульс в развитии технологии переноса зданий и сооружений

Принятый в 1935 году Генеральный план реконструкции Москвы дал новый импульс в развитии технологии передвижки зданий.

Первая передвижка каменного дома в Москве была осуществлена в ноябре 1935 г. на строительстве второй очереди метро.

Конструкция для передвижки была осуществлена следующим образом. Во все капитальные стены здания были заведены рандбалки, под которыми в промежутках между столбами фундаментов здания было установлено на шпальных клетках 12 гидравлических домкратов. Когда вес здания был воспринят домкратами, все фундаментные столбы были выломаны, и здание поднято на 80 см. Далее, была начата укладка под здание и по всей территории передвижки брусчатого настила и рельсов, а затем к рандбалкам были приварены стенкой вниз швеллеры, служившие ходовыми балками. В промежуток между низом ходовых балок и рельсами были уложены на расстоянии 75–80 см друг от друга катки из толстостенных труб диаметром 85 мм. После этого здание теми же домкратами было опущено на катки.

Передвижение здания производилось в косом направлении при помощи ручных лебедок и стальных тросов, со скоростью 6 м/час. После передвижки на 12 м задние было повернуто на 10° (рис. 7).

Данный способ лег в основу всех, реализованных в дальнейшем, проектов по передвижке каменных зданий в Москве.

Отдельно следует обратить внимание на передвижку в 1938 г. дома № 24 на ул. Горького (Саввинское подворье). Объем здания составлял 46 600 м³, масса – 22 400 т (одно из самых тяжелых зданий, перенесенных по сегодняшний день).

Здание «срезали» с фундаментов на уровне пола подвала, по которому укладывались рельсовые пути.

Сдвигка здания с места производилась двумя электрическими лебедками, мощностью 15 т каждая, при одновременной работе трех систем полиспастов.

Здание было передвинуто на новое место в течении трех дней. Скорость движения составляла в среднем 8 км/ч.

Здание передвигалось по 34 путям, состоящим из четырех или шести ниток рельсов и только один путь, состоял из девяти ниток рельсов. Рельсы укладывались по деревянным шпалам, находящимся на расстоянии 0,5 м одна от другой. Под шпалами была сделана щебеночная подготовка. Опираие здания на рельсовые пути производилось через катки. Под домом находилось 1000 катков того же диаметра длиной 2,4 м (один путь имел двойную ширину) (рис. 8).

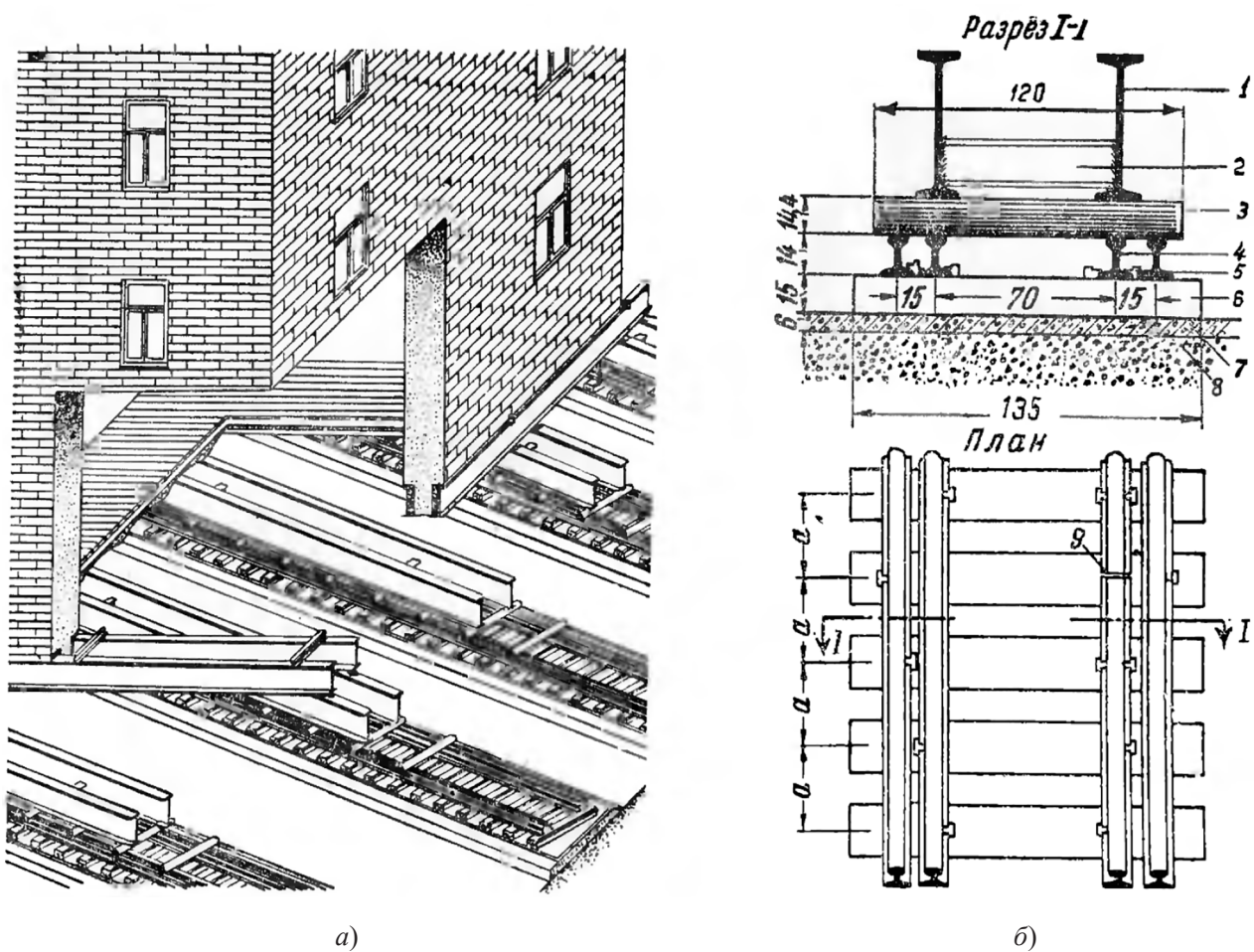


Рис. 7. Расположение ходовых путей и рельсов путей для передвижки в косом направлении или с поворотом по способу инж. Э. М. Генделя: а – общий вид; б – детали расположения ходовых балок, рельсов, путей и шпал; 1 – ходовые балки; 2 – диафрагмы; 3 – катки; 4 – рельсы; 5 – костыли; 6 – шпалы; 7 – раствор; 8 – щебень; 9 – стык рельса [3]

Все работы, связанные с передвижкой здания, заняли около пяти месяцев.

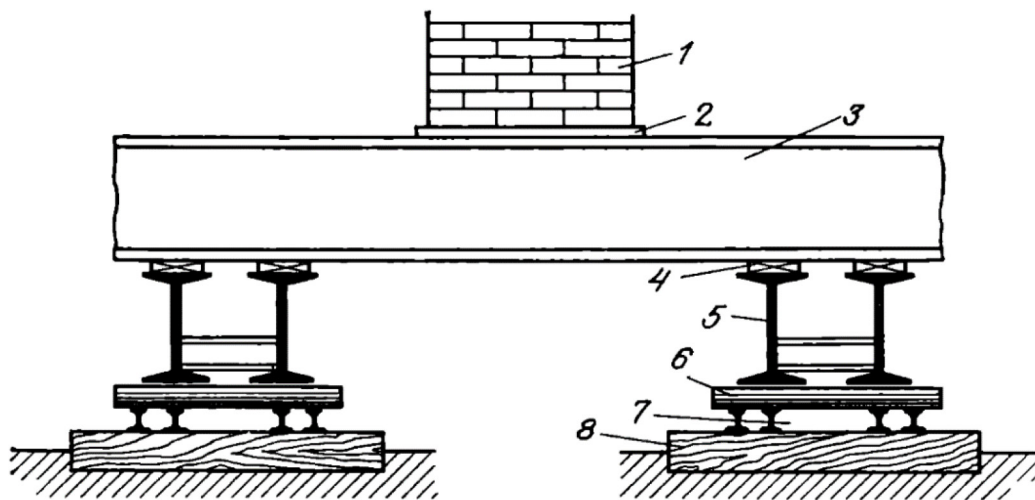


Рис. 8. Расположение путей с обеих сторон стены: 1 – стена; 2 – деревянные площадки; 3 – поперечная балка; 4 – клинья; 5 – ходовые балки; 6 – катки; 7 – рельсы; 8 – шпалы [1]

Наиболее же тяжелым перенесенным зданием является дом № 61/12 по улице Горького. Площадь застройки – 2600 м², объем – 48 060 м³, вес – 24 670 т. Здание передвигалось в прямом направлении на 19,21 м.

В связи с началом Великой Отечественной Войны, число передвижек резко падает и уже не возвращается к былой интенсивности. Полученный опыт активно использовался в промышленности (для подъема цехов) и реставрации (для выравнивания башен и колоколен).

К началу «перестройки» накопленный опыт позволял передвинуть практически любое здание и сооружение, единственным ограничением была экономическая целесообразность.

Развитие технологии переноса зданий и сооружений в XXI веке

В настоящее время при перемещении, в основном, используют, ставшую уже классической, технологию передвижки с использованием рандбалок, катучих опор и прочих приспособлений, описанных в п. 1.3. Изменения касаются лишь подъемных и двигательных механизмов, получивших со временем большую мощность.

Данная технология имеет ряд существенных недостатков. Например, на один суппорт, как правило, приходится несколько точек реакции на тягу домкрата и сила относительно сконцентрирована, что негативно сказывается на передвигаемую конструкцию; толкание или вытягивание здания вызывает силу качения или скольжения; направление в процессе перемещения определяется положением толкания или вытягивания здания, что, в свою очередь, негативно сказывается на управлении направления движения.

Изучив исторический опыт и оценив возможность применения современных решений при передвижке зданий и сооружений, в 2020 году китайская компания «Shanghai Evolution Shift» разработала технологию «walking machine», подразумевающую применения метода перемещения шагающего типа.

Метод перемещения шагающего типа использует вместо привычных ходовых балок, рельсов и катков, производится монтаж шагающих устройств и временных опор. Шагающее устройство обеспечивает управление по вертикали и горизонтали. В процессе передвижки он может регулировать горизонтальное положение здания и одновременно управлять продольным расстоянием перемещения. Так же, устройство имеет функции распределения силы и всестороннего контроля.

Движение осуществляется за счет работы гидравлической насосной станции, приводимой в действие компьютером, осуществляющим синхронное управление домкратами, установленными в шагающем устройстве.

Метод перемещения шагающего типа условно можно разделить на шесть этапов (рис. 9):

1. Исходное положение;
2. Восприятие нагрузки «вертикальным» домкратом;
3. Движение скользящей платформы, работа «горизонтального» домкрата;
4. Передача нагрузки на временную опору;
5. Возвращение в исходное положение;
6. Восприятие нагрузки «вертикальным» домкратом;

Технология «walking machine» была применена в Шанхае при передвижке здания школы (рис. 10), для чего смонтировали 200 шагающих устройств.

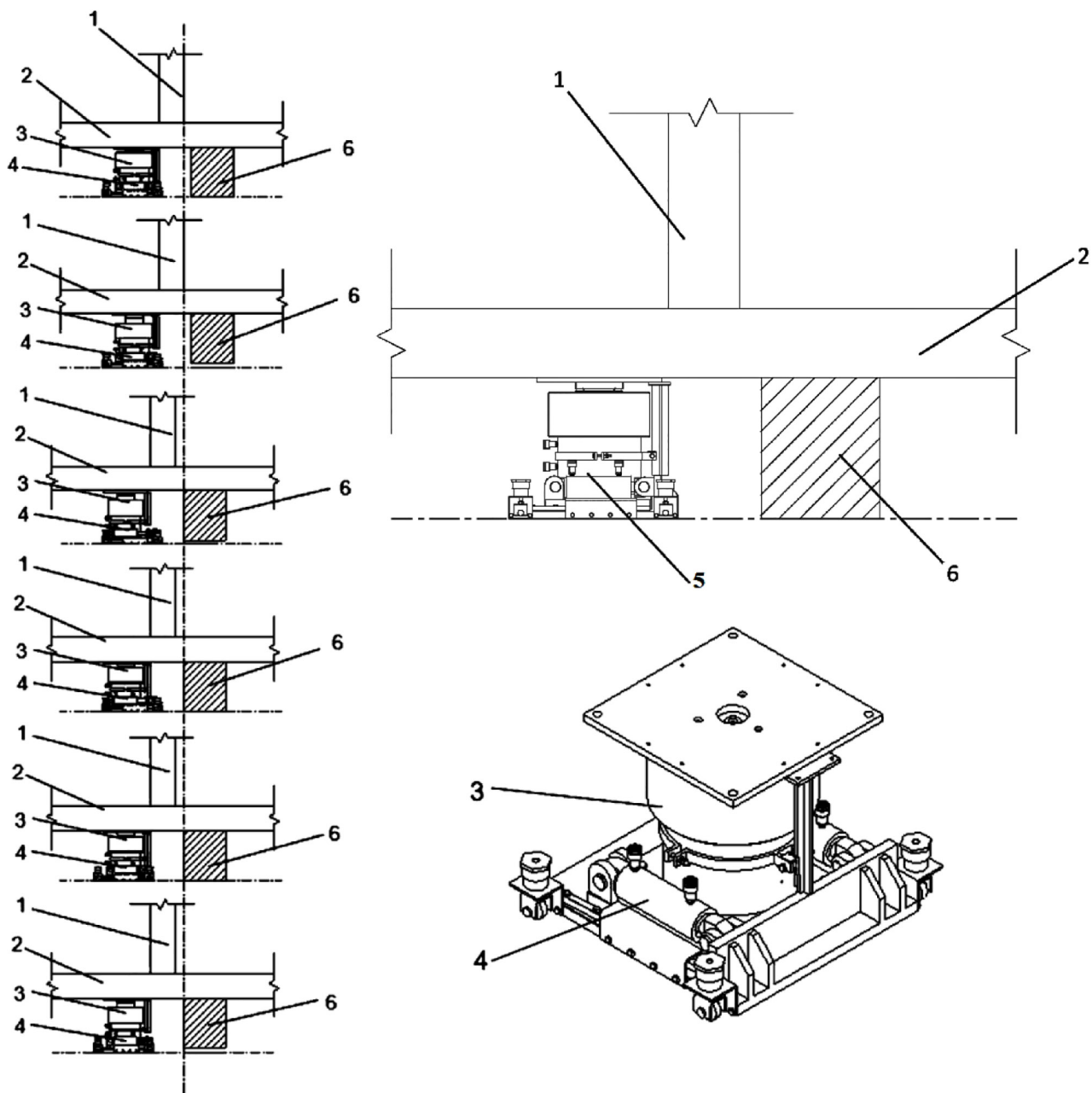


Рис. 9. Технология walking machine:
 1 – колонна; 2 – ж/б конструкция основания для перемещения;
 3 – «вертикальный» домкрат; 4 – «горизонтальный» домкрат;
 5 – шагающее устройство; 6 – временная опора [5]

Весь процесс занял 18 дней, за которые здание было повернуто на 21° и перемещено на 62 метра.

Точная стоимость реализации проекта при помощи «walking machine» не известна, но по словам главного технического руководителя проекта Лань Уцзи, это дешевле, чем снести, а потом построить на новом месте.

В том же 2020 году в другой части Китая компания Sinotrans Sarens перенесла историческое здание путем перемещения на самоходных модульных платформах на колесной базе (англ. self-propelled modular transporter, сокр. SPMT) (рис. 11).



Рис. 10. Передвижка здания школы в Шанхае в 2020 году методом перемещения шагающего типа walking machine [6]



Рис. 11. Передвижка здания монастыря в городе Цзинань (Китай) при помощи SPMT-платформ [9]

Чтобы переместить 2600-тонное здание монастыря на 76 метров, компания Sarens использовала 120 осей SPMT.

При передвижке здания было решено ограничить отклонения до 10 мм по горизонтали, 2 мм по вертикали и 4 % уклона. При соблюдении всех требований здание габаритами 36×16 м было перенесено на 50 метров, повернуто на 20° и, наконец, перемещено еще на 26 метров.

Технико-экономические показатели работ по передвижке зданий

Экономическая целесообразность передвижки здания определяется величиной затрат на передвижку в сравнении с оценочной стоимостью здания. Но говоря об объектах культурного наследия сложно дать оценку целесообразности, в контексте разборки здания и возведения его на новом месте, ведь без подлинности нет истории.

На стоимость передвижки в первую очередь влияют расстояние перемещения, конфигурация здания, наличие или отсутствие подвала; в меньшей степени – состояние здания. Передвижка каркасных зданий обходится дешевле, чем бескаркасных, так как для последних необходимо «связать» стены понизу. Существенно снижает затраты на передвижку зданий сокращение количества путей. Передвижка более экономична, когда в здании имеется подвал.

Затраты на передвижку, как и на строительство новых зданий рассчитывают на 1 м³ объема строения. В табл.1 [1] представлен усредненный сравнительный расход основных строительных материалов и рабочей силы на 100 м³ четырехэтажного кирпичного здания, передвигаемого в прямом направлении и новом строительстве.

Таблица 1

**Расход основных строительных материалов и рабочей силы на 100 м³
четырёхэтажного кирпичного здания, передвигаемого в прямом направлении**

Наименование	При передвижке	При новом строит.	Соотношение расходов при передвижке и новом строительстве, %
Металл, т	0,2	1,0	20
Лесоматериалы, м ³	0,8	5	16
Цемент, т	0,8	3,2	25
Кирпич, тыс. шт.	1,75	7,7	22,5
Рабочая сила, ч/дни	50	100	50

В табл. 2, 3 [1] рассмотрены технико-экономические показатели по некоторым передвиженным зданиям.

Таблица 2

Технико-экономические показатели по некоторым передвиженным зданиям

Год передвижки	Адрес и основные характеристики здания	Расстояние и направление передвижения	Затраты на передвижение, % к оценочной стоимости здания	Примечания
1937	Ул. Осипенко, д. 77 (5-ти, 6-ти этажное здание, с подвалом, кирпичное – объем 21 600 м ³)	44 м с поворотом на 19°	57	Передвигалось часть здания. В затратах учтены расходы на возведение торца и отделку обоих торцов здания
1938	Ул. Горького, д. 24 (4-х этажное с полуподвалом, кирпичное, объем – 46 600 м ³)	49,82 м в прямом направлении	39	Учтены затраты на штукатурку и окраску подвала, разборку дворовых зданий, а так же удорожание работ в зимний период
1938	Здание Моссовета (4-х, без подвала, кирпичное, объем – 32 500 м ³)	13,65 м в прямом направлении	35,7	Под всем зданием построен и отделан высокий подвальный этаж (затраты до 4%)
1940	Здание Моссовета (4-х этажное, без подвала, кирпичное, объем – 32 500 м ³)	93,36 м с поворотом на 97°16' и 28,36 м в косом направлении	64	Учтены затраты на постройку на новом месте (до передвижки) цокольного этажа

Год передвижки	Адрес и основные характеристики здания	Расстояние и направление передвижения	Затраты на передвижение, % к оценочной стоимости здания	Примечания
1941	Ул. Горького, д. 27 (4-х этажное с подвалом, кирпичное, жилое, объем – 25 380 м ³)	49,5 м в прямом направлении	45	Примерно 10 % затрат пошло на благоустройство прилегающей территории и реконструкцию подвального помещения
1958	Б. Кочки, д. 17, (два 5-ти этажных дома частично с железобетонным каркасом, объем каждого – 24 000 м ³)	63 м в прямом направлении	55	Не менее 15 % затрат пошло на капитальный ремонт каждого здания (смена столярных изделий, паркета, устройство и отделка подвального этажа под обоими зданиями)

Таблица 3

**Перечень основных работ при передвижке кирпичного здания
в % к его оценочной стоимости**

№ п/п	Вид работ	Этажность				
		I	II	III	IV	V
1	Установка рандбалок (при необходимости ходовых балок) во все стены	7	5	4,5	4	3,5
2	Устройство рельсовых путей под зданием	9	5,5	5	4,5	4
3	Земляные работы на территории движения	8	7	6	5	4,5
4	Земляные работы (закладка фундаментов, устройство вводов и укладка рельсовых путей на фундаментах)	25	21	18	16	14
5	Обеспечение непрерывной работы коммуникаций	2	1,5	1	0,75	0,5
6	Монтаж и демонтаж рельсовых путей между старым и новым положениями здания	5	4	3,5	3	2,5
7	Монтаж и демонтаж тяговых устройств	2	1,5	1	0,75	0,6
8	Движение здания	4,5	3,5	3	2,5	2,5
9	Уборка катков, рельсовых путей; закладка разрыва между рандбалками и новым фундаментом; перекрепление здания на него	4	3	2,5	2	1,5
10	Восстановление подвала и благоустройство территории	5	4	3	2	1,5
11	Проектно-сметные работы	6	5,5	5	4,5	4
12	Непредвиденные работы	2,5	2,2	2	1,9	1,8
Итого		80	63,7	54,5	46,9	40,9

Заключение

Таким образом вопрос передвижки зданий и сооружений является актуальным. Ввиду более высоких затрат на демонтаж зданий с его последующим восстановлением, технология передвижки выглядит достаточно привлекательной. Но, в свою очередь, являясь высокотехнологичным процессом, требующим привлечения высококвалифицированных специалистов, применение ее сегодня в России и мире ограничено. Поэтому необходимо разработать решения, которые позволят упростить и удешевить применения данной технологии.

Литература

1. Гендель Э. М. Передвижка зданий и сооружений. М. : Издательство «Знание», 1978. 48 с.
2. Гендель Э. М. Передвижка зданий. М. : Издательство Наркомхоза РСФСР, 1946. 177 с.
3. Гендель Э. М. Передвижка, подъем и выпрямление сооружений. Т. 1975. 272 с.
4. История передвижения зданий (часть 1) [Электронный ресурс]. – URL: <https://masterok.livejournal.com/2390764.html> – Загл. с экрана.
5. CN110158989 – BUILDING WALKING TYPE TRANSVERSE MOVING METHOD [Электронный ресурс]. – URL: <https://patentscope.wipo.int/detail.jsf?docId=CN251345088&tab=PCTDESCRIPTION> – Загл. с экрана.
6. A 5-story building in Shanghai ‘walks’ to a new location [Электронный ресурс]. – URL: <https://edition.cnn.com/style/article/shanghai-building-preservation-intl-hnk-scli/index.html> – Загл. с экрана.
7. Ancient Egyptians transported pyramid stones over wet sand [Электронный ресурс]. – URL: <https://iop.uva.nl/content/news/2014/00/prl-egyptian-pyramids.html?cb&cb> – Загл. с экрана.
8. De oprichting van de obelisk op het St. Pietersplein Domenico Fotana da Mili diocesi di Como inventore e conduttore [Электронный ресурс]. – URL: https://upload.wikimedia.org/De_oprichting_van_de_obelisk_op_het_St_Pietersplein_Domenico_RP-P-2018-1256.jpg – Загл. с экрана.
9. Sarens Transports Historic Convent Building in China [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sarens.com/about/news/sarens-transport-historic-convent-building-in-china.htm> – Загл. с экрана.

ТЕХНОЛОГИИ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

TECHNOLOGIES FOR WINTER CONCRETING OF RESIDENTIAL BUILDING STRUCTURES

Целью данной статьи является изучение существующих технологий зимнего бетонирования. Для достижения заданной цели был проведен анализ комплекса технологических решений работ по бетонированию в зимних условиях, позволяющих сохранить температурно-влажностные условия твердения бетона. Работа содержит обзор различных методов производства бетонных работ по строительству конструкций жилых зданий при отрицательной температуре. В статье раскрыты особенности и суть каждого метода, выделены основные показатели, а также изложены достоинства и недостатки применения данных методов в строительстве. Кроме того, рассмотрено, для каких конструкций целесообразно использовать тот или иной способ зимнего бетонирования.

Ключевые слова: зимнее бетонирование, бетонные конструкции, выдерживание бетона, безобогревные методы, искусственный прогрев, электропрогрев.

The purpose of this article is to study the existing technologies of winter concreting. To achieve this goal, an analysis of a set of technological solutions for concreting works in winter conditions, which allow to maintain temperature and humidity conditions of concrete hardening, has been carried out. The paper contains a review of various methods of concrete works on the construction of residential buildings at subzero temperatures. The article reveals features and essence of each method, highlights the main features, as well as outlines the advantages and disadvantages of these methods of construction. In addition, it is considered for which structures it is advisable to use a particular method of winter concreting.

Keywords: winter concreting, concrete structures, concrete curing, unheated methods, artificial heating, electric heating.

Введение

Актуальность. В настоящее время в России реализуются большие объемы строительства, которые требуют безостановочного производства работ, однако особенности климата России усложняют строительные процессы. Продолжительность зимнего периода для климатических условий средней полосы России составляет около 5–6 месяцев [1]. Так как в соответствии с нормами, при среднесуточной температуре ниже $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ или минимальной температуре в течение суток ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, условия производства работ считаются зимними. Поэтому использование только короткого летнего сезона для строительства было бы неразумным и расточительным [2]. В таких условиях наиболее проблематично возводить конструкции из монолитного железобетона, так как зимнее время является важным и ответственным периодом в монолитном строительстве. Проблема заключается в том, что замораживание бетона на ранней стадии твердения неблагоприятно влияет на его свойства и качество. Поэтому основной проблемой является обеспечение защиты бетона от замораживания. И, следовательно, требует долгосрочного планирования и заблаговременной подготовки.

Задача строительства состоит в определении оптимального метода бетонирования, чтобы сократить сроки выдерживания бетона в опалубке, уменьшить затраты тепловой энергии, электроэнергии, расходных материалов и труда.

Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона и бетона обладает рядом преимуществ по сравнению с другими конструктивными материалами. Такое строительство дает возможность свободно осуществить любую планировку квартир и домов, а также может позволить провести строительство в районах, где не хватает места для полносборного домостроения. Монолитный бетон по сравнению со сборными железобетонными конструкциями имеет ряд преимуществ: снижаются затраты на создание производственной базы на 40–45 %, на 7–20 % снижается расход металла, до 40 % уменьшается расход бетона [3].

Выбор методов производства бетонных работ в зимних условиях зависит от множества различных факторов. Таких как, назначение конструкции, массивность, способ укладки и температура окружающей среды, время на набор прочности. Однако, в условиях крайнего севера часто приходится учитывать и другие факторы (вид опалубки, наличие утеплителя, возможности применения химических добавок и т. д.).

При выборе метода нельзя пренебрегать и такими показателями, как трудозатраты, сроки производства работ, затраты на оборудование и материалы. Для зимнего бетонирования используют специальные смеси высокого класса с химическими противоморозными и пластифицирующими добавками, утепляют свежеложенный бетон различными способами: с применением генераторов горячего воздуха, тепловых труб с парами теплоносителя или электроэнергии [4].

Метод термоса

Метод термоса получил обширное использование еще в СССР в 1930-х годах при производстве бетонных изделий и конструкций. Метод термоса применяют для массивных конструкций, например, больших фундаментов, толстых плит, и лишь отчасти – при небольших морозах – для каркасных конструкций (балок, колонн) с большими поперечными размерами. Тонкие конструкции остывают очень быстро, поэтому прибегают к их искусственному прогреву (электрическим током, паром, теплым воздухом). При этом в целях экономии тепла, электроэнергии и пара сочетают метод термоса с искусственным прогревом бетонной смеси или бетона [5].

Технология выдерживания бетона, применяя метод термоса, состоит в следующем. Нагретую до температуры 25...45 °С с помощью электродов бетонную смесь, доставляют на площадку и укладывают в опалубку. Сразу после окончания бетонных работ все открытые поверхности конструкции укрывают слоем теплоизоляционного материала, так как при большей температуре подогрева бетонная смесь во время транспортирования быстро загустевает. Бетон, изолированный от холодного воздуха, твердеет за счет тепла, внесенного в бетонную смесь при ее приготовлении, а также тепла, выделяемого в процессе экзотермической реакции твердения цементного теста [9].

Однако метод термоса не следует применять при бетонировании конструкций в условиях окружающей среды со среднесуточной температурой наружного воздуха ниже +5 °С, а минимальной – ниже 0 °С. И, хотя, температурные границы использования данного метода можно расширить за счет ряда дополнительных мероприятий (например, повышения начальной температуры смеси, введение химических добавок и поверхностно-активных веществ), в целом это увеличит экономические затраты на производство. В некоторых случаях целесообразно сочетать метод термоса с электрообогревом конструкции по ее периметру. Также необходимо дополнительно утеплять элементы конструкций, остывающие быстрее, чем основная часть (углы, выступы, закладные детали, ребра), создавая этим самым одинаковые условия остывания всей конструкции [6].

Такие факторы как, размеры и формы конструкции, теплофизические характеристики бетона, вид цемента, температура наружного воздуха, скорость ветра, тип опалубки оказывают влияние на время остывания изделий и конструкций, выдерживаемых способом термоса.

Преимущества метода термоса: низкая себестоимость и простая технология.

Недостатки метода: имеет ограничения по температуре применения; неэффективен при особо низких температурах; не подходит для сложных конструкций; подходит только для конструкций с относительно маленькой площадью охлаждения.

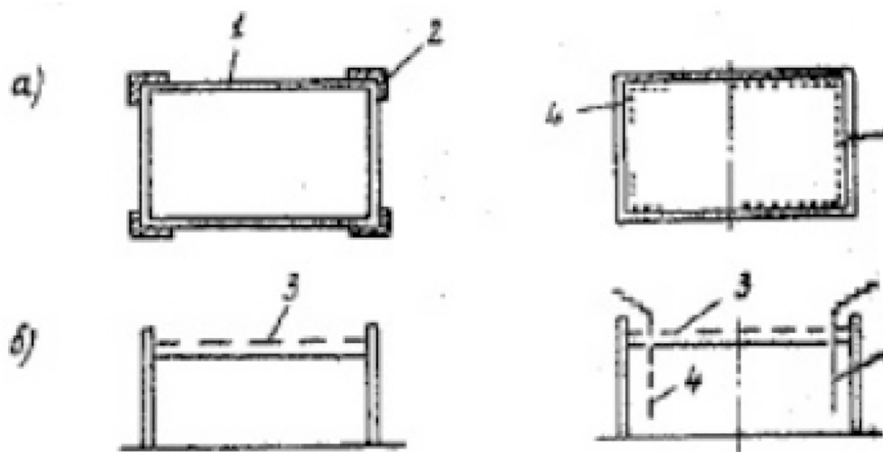


Рис. 1. Дополнительные мероприятия по утеплению блоков методом «термоса»: а – планы; б – разрезы; 1 – теплая опалубка; 2 – утепление углов; 3 – укрытие; 4 – электрообогрев углов [7]

Метод с применением противоморозных добавок

Одним из методов производства бетонных работ в условиях с отрицательными температурами является применение бетонов с введением в них противоморозных добавок (ПМД). Так как при низких температурах вода, входящая в состав смеси, начинает кристаллизоваться, бетон становится рыхлым и не может приобрести расчетную прочность. Добавки понижают температуру замерзания свободной жидкости и ускоряют твердение бетона при отрицательных температурах воздуха [8].

Метод был разработан в 1940-е гг. в СССР, активно применяется и совершенствуется по сегодняшний день. Учитывая медленное твердение бетона с противоморозными добавками, метод применяется только при возведении конструкции, не требующей быстрой распалубки.

Применение в зимних условиях противоморозных добавок в бетонную смесь позволяет обойтись без прогрева уложенного бетона. Оптимальное сочетание, вид и количество добавок устанавливает строительная лаборатория. Хлористые соли усиливают коррозию арматуры, поэтому их применяют только при бетонировании неармированных конструкций, а остальные – при бетонировании железобетонных конструкций с ограничениями, указанными в СНиП [5].

Необходимо также пристально следить за количеством вводимой противоморозной добавки. Недостаточное количество может привести к преждевременному замерзанию, которое в раннем возрасте бетона отрицательно сказывается на конечной прочности и, как правило, приводит к необратимым деструктивным процессам. А избыточное – к замедлению твердения. Поэтому при несоответствии темпа твердения бетона графику производства работ обычно применяют сочетание метода с добавлением ПМД с методом термоса за счет утепления конструкций, а также с электропрогревом смеси [9].

Преимущества метода с использованием противоморозных добавок: низкая стоимость материалов; отсутствие специального дорогостоящего оборудования; отсутствие энергозатрат; простая технология производства работ;

Недостатки применения противоморозных добавок: увеличение времени достижения бетоном его расчетной прочности; понижение коррозионной стойкости арматуры (для хлоридных добавок); ограничения по температуре применения и виду арматурной стали.

Бетонирование в тепляках

Суть способа заключается в изоляции бетонируемой конструкции от негативного влияния отрицательной температуры и ветра, а также в создании в тепляке положительной температуры на все время выдерживания бетона до набора им заданной прочности. Тепляк-временное инвентарное искусственное сооружение, используемое для возведения монолитных конструкций в зимнее время, в том числе в суровых климатических условиях. По конструктивному устройству тепляки подразделяются на воздухоопорные и каркасного типа. По схеме использования тепляки бывают объемные, переставные и передвижные. Объемный воздухоопорный тепляк представляет собой оболочку из полимерной армированной ткани, внутри которой поддерживается избыточное давление воздуха в пределах 0,004–0,006 МПа, обеспечивающее проектное положение оболочки. Оболочки выполняют в виде купола или в форме полуцилиндра со сферическими торцами [10].

Для въезда и выезда автомашин и строительных механизмов в торцах тепляков каркасной конструкции следует предусматривать шлюзы. Для бетонирования протяженных конструкций – ленточных фундаментов, монолитных каналов подземных коммуникаций и т. п. применяют передвижные тепляки с легким металлическим каркасом, обтянутым тканевым материалом. Тепляк перемещают по направляющим с помощью лебедки или тягача. Объемные тепляки целесообразно использовать при возведении монолитных конструкций в суровых климатических условиях, например, на Крайнем Севере. [11].

Преимущества воздухоопорных тепляков: многооборачиваемость, простота, быстрота и малая трудоемкость монтажа и демонтажа, малая транспортная масса.

Паропрогрев бетона

При прогреве уложенного бетона паром его твердение происходит при высокой температуре в среде с большой влажностью. Эти благоприятные условия значительно ускоряют нарастание прочности бетона. При паропрогреве с температурой 60...70 °С можно получить через 24...48 ч такую же прочность бетона, какую при твердении бетона на воздухе с температурой 15 °С можно достичь только через 10...15 дней. Паропрогрев бетона осуществляют насыщенным паром низкого давления. При наличии пара высокого давления он должен быть предварительно пропущен через понижающий редуктор.

Прогрев бетона выполняют равномерно, для чего паровые рубашки вертикальных конструкций (колонн и др.) разделяют на отсеки высотой не более 3...4 м, причем пар подают снизу в каждый отсек самостоятельно. Ввод пара в паровые рубашки горизонтальных конструкций – балок и прогонов – необходимо осуществлять не реже чем через 1,5...2 м по их длине, а плит – не менее чем один ввод на каждые 3...4 м² поверхности. При паропрогреве должны быть приняты меры для удаления конденсата и предотвращения образования наледи. Особенно важно следить за отводом конденсата при паропрогреве конструкций, соприкасающихся с грунтом [5].

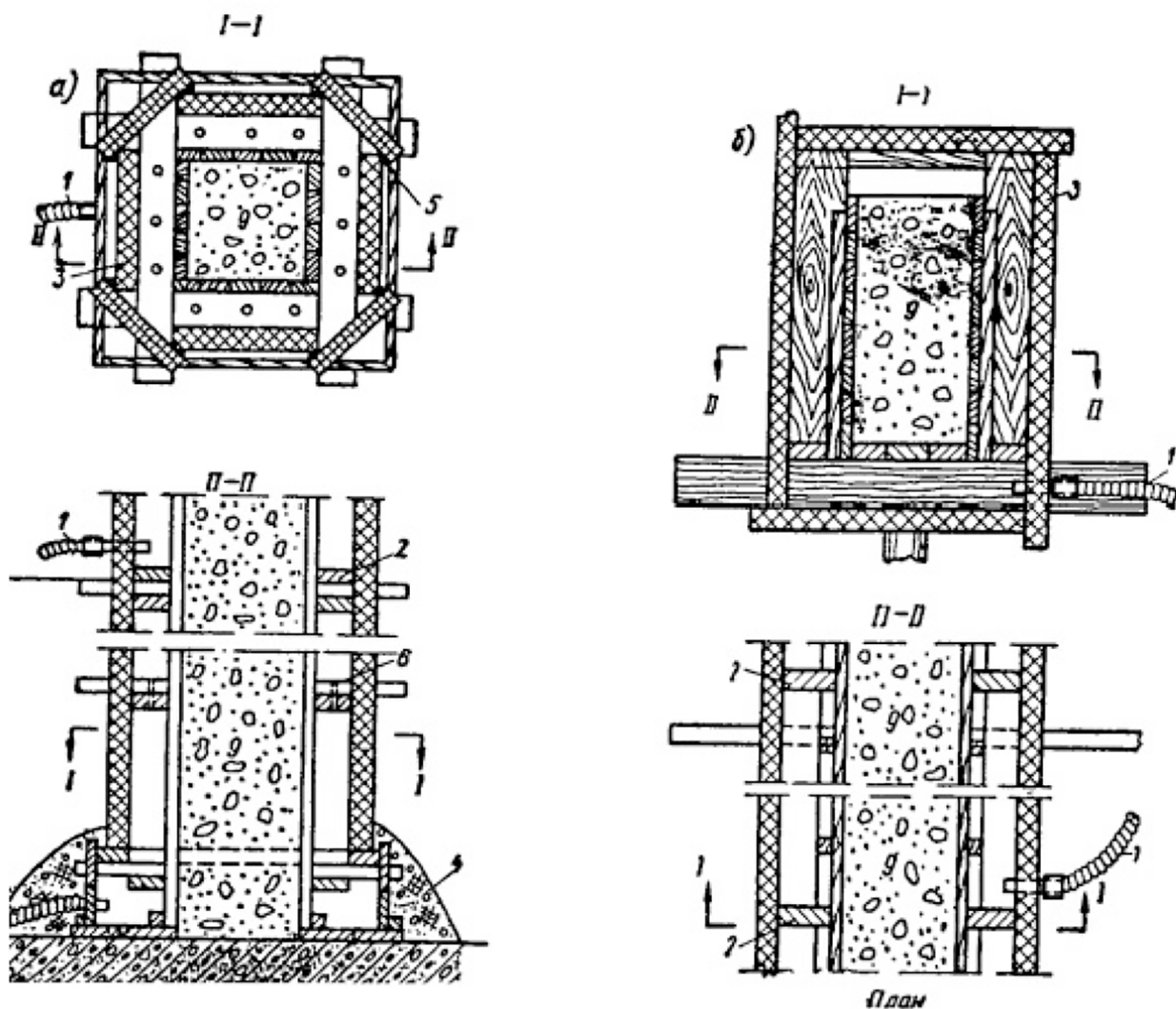


Рис. 2. Схемы устройства опалубки при обогреве бетонных и железобетонных конструкций паром или горячим воздухом: а – колонн; б – балок; 1 – гибкий шланг; 2 – заглушка; 3 – утепленные щиты; 4 – опилки; 5 – конопатка щелей войлоком; 6 – отверстия в схватках

Электродный прогрев

Одним из наиболее эффективных методов зимнего бетонирования считается электродный прогрев. Прогрев бетона с помощью электродов сохраняет необходимые параметры твердения раствора при заливке в зимний период. Этот способ подразумевает введение в бетон или размещение на его поверхности электродов (стержневых, полосовых, струнных, пластинчатых), которые затем подключают к трансформатору. В результате образуется электрическое поле, которое согревает бетон, а не окружающую среду. Подбирая и регулируя выходные параметры трансформатора, можно добиться необходимой температуры прогрева бетона [6].

Однако, несмотря на ряд положительных особенностей этого метода, большую сложность представляет управление электродным прогревом. Важно помнить, что удельное электрическое сопротивление бетона меняется по мере его выдерживания. Этот процесс не является линейным и экспериментальные исследования величины этого показателя для бетонов отсутствуют [6].

Арматура железобетонных конструкций оказывает большое влияние на формирование электрического и температурного полей, может резко их исказить, приводя к неравномерности прогрева. Именно характер армирования конструкций и определяет рациональную область применения этого метода. Как показывают исследования и накопленный опыт использования электропрогрева, он эффективен при прогреве бетона в неармированных или слабоармированных конструкциях. Конструкции, с неравномерно расположенной по сечению и весьма насыщенные стальной арматурой, армированные прокатными профилями, имеющие сложные очертания с густыми арматурными каркасами, электродным методом прогревать нецелесообразно из-за возможности замыкания электродов на арматуру и неравномерности прогрева. Стержневые или струнные электроды, установленные в бетон, так в нем и остаются и относятся к элементам одноразового применения [12].

Преимущества прогрева электродами: высокая тепловая эффективность; надежность и простота монтажа; прогрев конструкций любой толщины и любой формы.

Недостатки прогрева электродами: значительное время для подготовки; дополнительные электрохимические расчеты; дополнительное оборудование; высокие энергозатраты; потребность в большем количестве квалифицированных рабочих кадров.

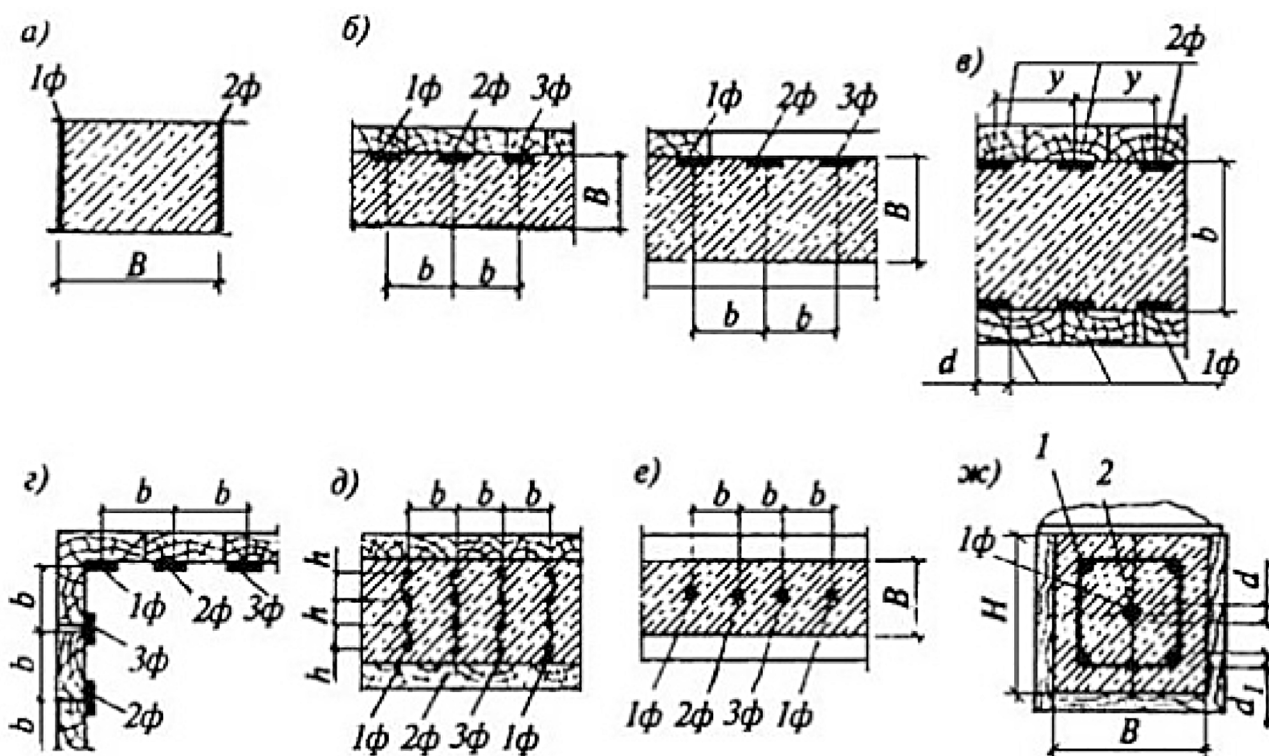


Рис. 3. Схемы размещения электродов: а – пластинчатых; б – при периферийном прогреве; в – при двухстороннем сквозном прогреве; г – при периферийном прогреве массивных конструкций полосовыми электродами; д – при прогреве при помощи плоских групп стержневых электродов; е – при прогреве стержневыми электродами; ж – при прогреве струнными электродами; 1φ, 2φ, 3φ – фазы понижающего трансформатора; 1 – арматура; 2 – струны [7]

Обогрев греющими изолированными проводами

Особое положение среди известных методов обогрева бетона занимает метод греющего провода. Данный метод является универсальной технологией термоизоляции бетона при

отрицательных температурах, нашедшей широкое применение при возведении монолитных многоэтажных жилых зданий, с прогревом стен, перекрытий, колон и фундамента. Прогрев греющими проводами происходит изнутри конструкции – кондуктивно, так как источник тепла (провод) укладывается непосредственно внутрь бетонируемой конструкции. После заливки бетона по проводу пускается электрический ток определенных параметров для нагрева смеси изнутри. Кабель не демонтируется и остается внутри конструкции навсегда. В этом состоит большое преимущество данного способа, поскольку, в отличие от всех подобных методов, когда тепло от источника подводится к конструкции извне и осуществляет нагрев с поверхности, используя греющий провод, все тепло передается бетону [9].

Для прогрева бетона в конструкциях применяются специально выпускаемые для этой цели нагревательные провода с диаметром жилы (стальная проволока в пластиковой изоляции) от 1,2 до 3 мм. В качестве греющих изолированных проводов могут использоваться как металлические одножильные и двухжильные, так и неметаллические полимерные провода. Уникальность таких проводов состоит в их токопроводящей жиле на композиционной основе, которая обеспечивает более интенсивный нагрев провода в сравнении с металлическими аналогами [13].

Прогрев бетона стальной изолированной проволокой получил наибольшее распространение в монолитном домостроении. Все перекрытия монолитных зданий и примерно половина стен и колонн в зимнее время прогреваются стальной изолированной проволокой. В настоящее время в России, странах СНГ и других государствах рассматриваемый способ выдерживания бетона является наиболее распространенным. [11].

Греющий провод подходит для прогрева любых бетонных конструкций, независимо от характера их армирования и конфигурации. Так как обычно такие провода нарезают на отрезки определенной длины и подключают через понижающий трансформатор, или используют провода расчетной длины, которые работают от сети 220В. Однако крайне важно при этом произвести правильные расчеты и контролировать регулировку подаваемого напряжения (силу тока), чтобы избежать перегрева или перегорания проводов. Также важно вовремя предотвращать любые механические повреждения изоляции при установке и креплении проводов, укладке бетона, устройства опалубки. Соблюдение этих требований является основой всего метода [9].

Преимущества данного метода: низкая себестоимость; высокая тепловая эффективность метода; подходит практически для любых бетонных и железобетонных конструкций.

Недостатки обогрева проводами: невозможность повторного использования провода; потребность в дополнительном оборудовании; трудоемкость укладки; необходимость тщательного контроля температурного режима; требование высококвалифицированного персонала.

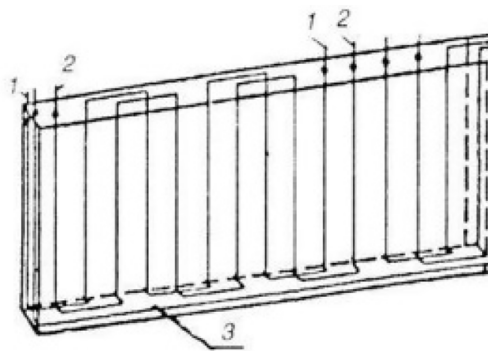


Рис. 4. Схема установки греющего провода в конструкции:
1, 2 – греющие провода; 3 – запасной провод [7]

Инфракрасный обогрев

Одним из способов сохранить заданную температуру бетона является воздействие на него инфракрасным излучением, которое имеет свойство поглощаться телами и трансформироваться в тепловую энергию. При использовании данного метода источники энергии (промышленные инфракрасные обогреватели) располагают в непосредственной близости от конструкции. Тепло от источника инфракрасных лучей к залитому элементу передается мгновенно. Затем тело прогревается за счет собственной теплопроводности. Важно правильно отрегулировать мощность установок, чтобы добиться необходимой температуры в бетоне. В этом случае свободная вода не будет кристаллизоваться. В противном же случае возможно разрушение всей конструкции.

Для электротермообработки бетона, в основном, используются ТЭНы мощностью до нескольких сотен кВт, с температурой излучающей поверхности от 600 до 2500 К. Они относятся к серым излучающим телам. Покрыв опалубку черным цветом, можно повысить эффективность прогрева за счет увеличения ее поглощающих возможностей. В настоящее время отечественная промышленность выпускает в основном три группы излучателей: металлические трубчатые (ТЭНы), кварцевые и карборундовые стержневые. Однако данный метод не подходит для конструкций, толщина бетона в которых превышает 50-70 см. В этом случае в дополнение к инфракрасному обогреву необходимо использовать и другие методы зимнего бетонирования [9].

Преимущества метода: небольшие энергозатраты; отсутствие дополнительного оборудования; высокая тепловая эффективность.

Недостатки: относительно небольшая рабочая площадь и глубина прогрева одного излучателя; необходимость дополнительного пространства для размещения установок.

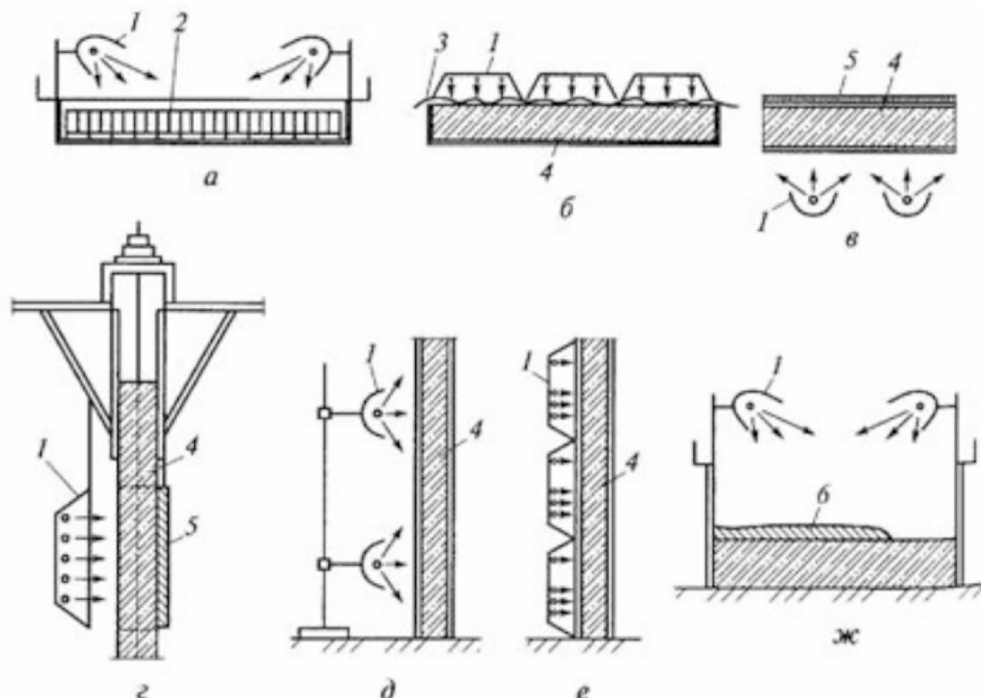


Рис. 5. Схемы инфракрасного нагрева: а – обогрев арматуры плиты; б, в – термообработка бетона плиты (сверху и снизу); г – локальная термообработка бетона при возведении высотных сооружений в скользящей опалубке; д, е – термообработка бетона стен; ж – тепловая защита укладываемой бетонной смеси; 1 – инфракрасная установка; 2 – арматура плиты; 3 – синтетическая пленка; 4 – термообрабатываемый бетон; 5 – теплоизолирующий мат; 6 – укладываемая бетонная смесь [7]

Индукционный нагрев

Метод индукционного нагрева удобен в основном для тепловой обработки конструкций трубчатого типа, таких как колонны, трубы, ЛЭП, сваи и прочие, обладающие небольшим переменным сечением. Метод индукционного прогрева основан на нагреве элементов стальной арматуры в электромагнитном поле. Использование данного метода возможно лишь для армированных конструкций, содержащих внутри себя металлические элементы, которые будут являться сердечником. Этот метод применяется в построечных и заводских условиях.

Технология основана на принципе электродинамики – магнитной индукции. Вокруг залитого бетонного элемента размещают петлями изолированный кабель, выполняющий роль катушки-индуктора, которая включена в цепь переменного электрического тока. В результате этого в конструкции образуется электромагнитное поле. тепловая энергия которого нагревает внутренние армирующие элементы конструкции, от которых тепло распространяется по всему бетону [9].

Расчет индукционного прогрева состоит в определении количества витков индуктора, требуемого для создания расчетного напряжения магнитного поля, причем такого, чтобы обеспечивалась мощность, необходимая для прогрева бетона конструкций по заданному режиму [14].

Преимущества метода индукционного прогрева: невысокая стоимость; равномерность прогрева; отсутствие дополнительного оборудования.

Недостатки метода: проведение множества сложных расчетов для каждой конструкции; возможность применения на ограниченном типе конструкций; трудоемок при установке индуктора; повышенный расход электроэнергии.

Прогрев термоактивной опалубкой, греющими матами и греющей опалубкой

Суть способа заключается в обогреве бетона посредством передачи тепла от греющей опалубки или от термоактивных элементов, например, термоактивных гибких покрытий (ТАГП) в поверхностные слои бетона.

Этот способ выдерживания бетона целесообразен при устройстве тонкостенных, мало- и среднемаассивных конструкций с любой степенью армирования с температурой наружного воздуха до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ [12]. В ряде случаев греющую опалубку используют для компенсации теплопотерь наружными слоями бетона массивных и среднемаассивных конструкций при их выдерживании по способу термоса, получая таким образом «регулируемый термос».

Важным обстоятельством является то, что щиты термоактивной опалубки и других термоактивных элементов изготавливаются в заводских условиях. Это, с одной стороны, сокращает трудоемкость работ на строительной площадке за счет исключения операций, например, по установке электродов, укладке спиралей греющей проволоки и их коммутации. С другой стороны, щиты термоактивной опалубки, имеющие определенные размеры, нельзя разрезать, что вызывает технологические сложности при формировании палубы, например, плит перекрытий монолитных зданий, имеющих размеры, не кратные размерам щитов опалубки [11].

Греющие опалубки снабжаются разными видами источников тепла, размещаемыми с внутренней стороны палубы и укрываемыми теплоизоляцией во избежание больших теплопотерь в окружающую среду. В качестве нагревателей удобно применять греющий провод или греющие плоские элементы, наклеиваемые через слой электроизоляции непосредственно на палубу. Греющие маты могут иметь разную конструкцию, в которых греющими

элементами являются металлические сетки, проволока, греющий провод и др. Нагреватели тщательно изолируются и крепятся на гибкую основу (брезент, термостойкая резина). При установке греющих матов на поверхность бетона на них рекомендуется укладывать теплоизоляцию с целью резко снижать теплопотери в окружающую среду [12].

Предварительный электроразогрев бетонной смеси

Предварительный электроразогрев бетонных смесей был предложен в 60-е годы Арбеневым С. А. Попытки предварительного разогрева бетонных смесей на заводах паром, себя не оправдали и, такой способ заметного практического применения не нашел. Разогрев бетонной смеси электрическим током себя полностью оправдал и метод стал применяться при возведении массивных частей зданий и сооружений из монолитного железобетона. Этот метод по расходу электроэнергии является самым экономичным, ибо электрическая энергия превращается в тепловую непосредственно в бетоне и по всей его массе. Поскольку, разогрев длится короткое время от 3 до 15 мин., то теплопотери в окружающую среду сводятся к минимуму.

Разогретую смесь очень важно быстро уложить в опалубку, уплотнить и укрыть теплоизоляцией, обеспечивая твердение бетона за счет внесенного при прогреве и экзотермического тепла, выделяемого при гидратации цемента с дальнейшим выдерживанием по методу термоса. При этом теплопотери в окружающую среду должны быть значительно меньше поступающих за счет экзотермии [12].

Преимущества предварительного электроразогрева: минимальные затраты электрической энергии; сведение к минимуму негативного влияния деструктивных явлений на качество бетона, исключение безвозвратной потери электродов или греющей проволоки, сокращение сроков набора прочности бетона.

Заключение

Процесс развития технологий зимнего бетонирования служит залогом увеличения эффективности и надежности бетонных работ при отрицательной температуре. Одним из основных условий которого считается мягкий режим прогрева, то есть медленный подъем температуры, который препятствует негативным изменениям в структуре бетона.

При выборе технологии бетонирования в зимних условиях нужно учитывать экономичность, простоту и быстроту выполнения работ. Выбор какой-либо технологии зависит от множества факторов, таких как, температура наружного воздуха, наличие добавок в бетоне, вида цемента, габаритов и назначения конструкции. Но окончательное решение по выбору метода должно быть подкреплено экономическими показателями.

Для России проблема проведения работ по бетонированию в зимних условиях стоит достаточно остро, но благодаря работе ученых к настоящему времени изобретено огромное количество способов зимнего бетонирования. Это дает возможность выбрать для каждого объекта строительства наиболее подходящий и эффективный метод.

Литература

1. Головнев С. Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов // изд-во ЮУРГУ. 1999. С. 148.
2. Мозгалёв К. М. Интенсификация технологических процессов зимнего бетонирования монолитных зданий // ФГБОУ ВПО «Южно-уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет). С. 130–133.

3. Головнев С. Г., Красный Ю. М., Красный Д. Ю. Производство бетонных работ в зимних условиях. Обеспечение качества и эффективность. М. : Инфра-Инженерия, 2012. 336 с.
4. Тринкер А. Б. Зимнее бетонирование и работы в условиях вечной мерзлоты // Технологии бетонов. 2013. № 2. С. 42–44.
5. Совалов И. Г., Могилевский Я. Г., Остромогольский В. И. Бетонные и железобетонные работы М. : Стройиздат, 1988.
6. Баженов Ю. М. Технология бетона. М. : Изд-во АСВ, 2003.
7. Красовский П. С. Технология конструкционных материалов. // Хабаровск.: Изд-во ДВГУПС, 2012. С. 220.
8. Круглый стол. Зимнее бетонирование: современный рынок противоморозных добавок – состояние и перспективы // Технологии бетонов. 2011. № 11–12. С. 10–20.
9. Гнам П. А. Технологии зимнего бетонирования в России / П. А. Гнам, Р. К. Кивихарью // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016.
10. Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера. М. : Стройиздат, 1982. 213 с.
11. Колчеданцев Л. М. и др. Технологические основы монолитного бетона. Зимнее бетонирование: Монография / Л. М. Колчеданцев, А. П. Васин, И. Г. Осипенкова, О. Г. Ступакова. / под ред. Л. М. Колчеданцева. СПб. : издательство «Лань», 2016. 280 с.
12. Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях / под ред. Б. А. Крылова, С. А. Амбарцумян, А. И. Звездава. М. : РААСННИИЖБ, 2005.
13. Корытов Ю. А. Зимнее бетонирование с применением нагревательных проводов // Механизация строительства. 2010. № 3. С. 14–20.
14. Красновский Б. М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования // изд-во Гасис. 2004. С. 470.

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

ASSESSMENT OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF INVESTMENT AND CONSTRUCTION PROJECTS

В настоящее время, когда экономическая ситуация в стране очень изменчива и нестабильна, особое внимание при инициации инвестиционно-строительных проектов следует обращать на оценку их экономической эффективности. Главной сложностью при оценки строительных проектов является их длительность, что приводит к увеличению рисков и значительно затрудняет определение стоимости проектов и оценку рентабельности инвестиций в них. Существуют ряд методов оценки экономической эффективности проектов, которые учитывают дисконтирование денежных потоков, в данной статье рассмотрены основные методы и оценены их преимущества и недостатки для инвестиционно-строительных проектов.

Ключевые слова: инвестиционно-строительный проект, денежный поток, чистый дисконтированный доход, внутренняя норма доходности, дисконтирование денежных потоков.

At present, when the economic situation in the country is very volatile and unstable, special attention should be paid to the assessment of their economic efficiency when initiating investment and construction projects. The main difficulty in evaluating construction projects is their duration, which leads to an increase in risks and makes it much more difficult to determine the cost of projects and assess the return on investment in them. There are a number of methods for assessing the economic efficiency of projects that take into account the discounting of cash flows, this article discusses the main methods and assesses their advantages and disadvantages for investment and construction projects.

Keywords: investment and construction project, cash flow, net present value, internal rate of return, discounted cash flow.

В настоящее время в мире происходят большие перемены, экономическая ситуация в стране очень изменчива и нестабильна, в связи с наложением на Россию рекордного количества санкций. В российской экономике наблюдаются большие скачки в курсе национальной валюты, повышение ключевой ставки и ужесточение денежно-кредитной политики Центральным Банком Российской Федерации, рост инфляции и высокая волатильностью во всех отраслях. Все эти изменения несомненно влияют и на строительную индустрию, стоимость проектов капитального строительства увеличивается наряду с понижением платежеспособности населения. В новой экономической реальности инициация проектов строительства усложняется, участникам проекта все сложнее принимать решение в части того, какие из них следует реализовывать, как выбрать проект, который принесет максимальную прибыль от вложенных инвестиций. В связи с этим при принятии решения о реализации инвестиционно-строительного проекта возрастает роль всесторонней оценки эффективности инвестирования.

На стадии проектной подготовки инвестиционно-строительные проекты должны проходить различные оценки, такие как: техническая, экологическая, финансово-экономическая, организационная, социальная и так далее. В условиях рыночной экономики наиболее значимое место занимает оценка финансово-экономических показателей.

Оценка производится в рамках расчетного периода, учитывая продолжительность всех этапов строительного проекта включая инициацию, проектирование, изыскательные, строи-

тельно-монтажные, пусконаладочные работы и ввод объекта в эксплуатацию. Стоимостная оценка необходимых затрат и предполагаемого результата может производиться на основе базисных, мировых, прогнозных и расчетных ценах. Под базисной ценой понимают цену товара на определенный момент времени, с известными фиксированными параметрами, которые принимаются в качестве образца при определении стоимости данного типа продукции. В течение расчетного периода базисная цена на все товары и услуги считается неизменной. Как правило, оценка экономической эффективности проекта на основе базисных цен производится на стадии определения инвестиционных возможностей. Базисные, прогнозные и расчетные цены могут выражаться в рублях или в другой устойчивой валюте [1].

Оценка экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов в основном характеризуется движением денежных потоков. Денежный поток (cash-flow) – это определяемая в течение всего расчетного периода совокупность денежных платежей и поступлений при реализации проекта, имеющих зависимость от времени [2].

На практике денежные потоки обычно разделяются по видам деятельности:

- Операционная деятельность;
- Финансовая деятельность;
- Инвестиционная деятельность.

Строительство в основном характеризуется движением денежных потоков от операционной и финансовой деятельности, основным источником окупаемости является непосредственно строительство объекта, т.е. операционная деятельность, финансовая же деятельность обеспечивается за счет внешних источников финансирования, таких как: поступление денежных средств от выпуска акций, привлечение заемного капитала и т. д.

Экономическая модель проекта является наглядным отображением денежного потока и служит для обоснования инвестиций. На каждом этапе денежный поток характеризуется двумя показателями: притоком денежных средств R (Return – с англ. «возврат»), равным размеру денежных поступлений в инвестиционно-строительный проект, и их оттоком C (Cost – с англ. «затраты»), равным величине издержек на реализацию проекта. Разница между величиной притока и оттока денежных средств называется Сальдо (итог).

Методы оценки экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов можно разделить на статические, где денежные потоки одинаковы на протяжении всего периода реализации проекта, и динамические, где денежные потоки учитывают изменение стоимости денег во времени [3].

К статическим методам оценки эффективности относятся следующие показатели:

- Чистая стоимость;
- Срок окупаемости инвестиций;
- Коэффициент эффективности инвестиций.

К динамическим методам оценки эффективности относятся следующие показатели:

- Чистый дисконтированный доход;
- Внутренняя норма доходности;
- Индекс дисконтированной доходности;
- Дисконтированный период окупаемости.

Метод оценки чистой стоимости (Net Value, NV) заключается в нахождении суммы всех оттоков и притоков денежных средств. Чистую стоимость можно определить по формуле:

$$NV = \sum_{t=0}^n R - \sum_{t=0}^n C$$

где R – приток денежных средств; C – отток денежных средств (инвестиции в проект).

Данный метод целесообразно использовать для краткосрочных проектов, так как при оценке стоимости не учитывается изменение стоимости денег во времени. Для оценки эффективности инвестиционно-строительных проектов данный показатель малоэффективен и неточен.

Под сроком окупаемости инвестиций (Payback Period, PP) подразумевается период времени от начала реализации проекта до момента, когда прибыль становится равной величине первоначальных инвестиций. Целью данного метода является прогнозирование срока окупаемости вложенных инвестиций [4].

Срок окупаемости определяется, как период времени, за который величина накопленного сальдо становится равной затраченным инвестициям:

$$\sum_n P \geq C$$

где P – величина сальдо накопленного потока; n – период времени.

Основным недостатком данного метода для определения экономической эффективности проектов является отсутствие учета стоимости денежных средств во времени и отсутствие возможности определения размера денежных потоков после окупаемости проекта.

Из вышерассмотренных критериев оценки можно сделать вывод, что для достоверной оценки экономической эффективности проекта необходимо особое внимание уделить дисконтированию денежных средств на различных этапах реализации проекта. Изменение стоимости денег во времени можно определить по формуле:

$$C_T = C_0 (1 + E)^T$$

где C_T – полученная сумма денег в момент времени T ; C_0 – величина первоначальных инвестиций; E – ставка дисконтирования на инвестированную сумму.

В оценочных расчетах ставка дисконта может определяться по формуле:

$$E = E_k + [(I + 1)(R + 1) - 1]$$

где E_k – безрисковая ставка, которая может соответствовать ключевой ставке ЦБ РФ; I – темп инфляции, обычно определяемый как макроэкономический показатель, планируемый ЦБ РФ; R – премия за риск, субъективно определяемая физическим или юридическим лицом, осуществляющим инвестиции в проект.

Распространённым методом для оценки эффективности проекта с длительным периодом является чистый дисконтированный доход (Net Present Value – NPV), суть метода заключается в сравнении текущей стоимости возможных будущих денежных поступлений с расходами, необходимыми для реализации проекта.

Величину чистого дисконтированного дохода можно определить по формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{(R_t - C_t)}{(1 + E)^t}$$

где R_t – величина дохода; C_t – величина затрат, включая инвестиционные затраты; t – момент времени получения дохода или осуществления затрат; T – продолжительность жизненного цикла проекта.

Инвестиционно-строительный проект является экономически эффективным при показателе $NPV > 0$, чем выше показатель чистого дисконтированного дохода, тем проект является эффективней.

Основным достоинством данного метода является учет изменения стоимости денег в разные периоды времени. Более того, этот метод обладает свойствами аддитивности, что

позволяет инвесторам формировать инвестиционный портфель путем складывания значений NPV от различных инвестиционно-строительных проектов, реализуемых компанией.

На ряду с преимуществами метод чистого дисконтированного дохода имеет и ряд сложностей. Для получения достоверного результата необходимо уже на стадии инициации проекта иметь надежные данные о тех или иных решениях, применяемых в ходе реализации, что вызывает определенные трудности в связи с высокой продолжительностью работ. Также для определения данного метода необходимо с высокой точностью привязать платежи к определенным периодам времени, метод NPV предполагает, что в любой момент времени и в неограниченном количестве могут быть привлечены или вложены инвестиции по единой расчетной процентной ставке. Часто это бывает невозможно, так как инвестиционно-строительные проекты обычно строятся на основе кредитных и заемных средств с разными процентными ставками [5].

Другой показатель эффективности – внутренняя норма доходности (Internal Rate of Return, IRR) – определяется таким значением нормы дисконта, при котором $NPV = 0$, то есть является корнем уравнения:

$$\sum_{t=1}^T \frac{(R_t - C_t)}{(1 + IRR)^t} = 0.$$

Данный показатель используется в том случае, если значение нормы дисконта не определено. При этом устанавливается такое граничное значение дисконта, выше которого NPV становится отрицательным и, следовательно, при $E > IRR$ проект является неэффективным. Для инвестора проект является эффективным при $IRR > 0$, чем выше показатель IRR , тем выше экономическая эффективность проекта.

На практике данный критерий часто является основным показателем, благодаря которому принимается решение о реализации проекта и инвестирования в него. Главные преимущества оценки внутренней нормы доходности заключаются в возможности определения уровня рентабельности инвестиций и в возможности сравнения проектов в зависимости от их длительности.

Основным недостатком оценки внутренней нормы доходности является риск неправильного расчета при неординарных денежных потоках, либо получение нескольких показателей IRR . Мнения о значимости результатов при получении двух показателей разнятся, существует мнение, что во внимание необходимо принимать показатель с наименьшим значением, некоторые же вовсе считают результаты не действительными.

Дисконтированный период окупаемости (Discount PayBack Period, DBP) рассчитывается по формуле:

$$\sum_{t=1}^{DBP} \frac{(R_t - C_t)}{(1 + E)^t} = 0.$$

Чем меньше дисконтированный период окупаемости, тем эффективнее считается проект. Показатель DBP по сравнению с NPV и IRR носит вспомогательный характер, но иногда может сыграть ключевую роль.

Индекс дисконтированной доходности (Profitability Index, PI) – это относительный показатель эффективности инвестиционно-строительных проектов, характеризующий прибыль на единицу затрат и рассчитывающийся, как отношение дисконтированного дохода к дисконтированным инвестициям:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{R_t}{(1+E)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+E)^t}}$$

Данный показатель устанавливает дисконтированную рентабельность проекта и для экономически эффективных проектов должен быть максимальным и больше единицы.

Таким образом, можно сделать вывод, что для полноценной оценки экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов необходимо использовать не один метод, а целую совокупность, так как по отдельности они могут отражать не до конца достоверную информацию. Ключевыми показателями для определения эффективности проекта являются чистый дисконтированный доход и внутренняя норма доходности, которые позволяют определить будущую доходность инвестиций в проект.

Литература

1. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (Вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК архит. И жил. политике. М. : Экономика, 2000. 421 с.
2. *Болотин С. А., Котовская М. А.* Проектная и производственная подготовка строительства: учеб. пособие. СПбГАСУ. СПб. 163 с.
3. *Гилемханов Р. А., Брайла Н. В.* Методы оценки финансово-экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов // Строительство уникальных зданий и сооружений 2016 № 10 С. 7–19.
4. *Ример М. И., Касатов А. Д., Матиенко Н. Н.* Экономическая оценка инвестиций. СПб. : Питер, 2007. 480 с.
5. *Коношенко М. В.* Методические основы анализа экономической эффективности; инвестиционно-строительных проектов с учетом их опционных характеристик. Дис. на соиск. учен. степ. канд. экон. наук : 08.00.05. М. : 2007. 158 с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ

TECHNOLOGICAL FEATURES OF MODERN WOODEN SYSTEMS FOR THE CONSTRUCTION OF FRAME BUILDINGS

Данная статья посвящена системе столбовых балок, панелей и перекрытий из клееного бруса и направлена на то, чтобы лучше понять древесину как материал каркаса и оценить ее долговечность. С точки зрения технологии производства работ рассмотрен процесс выбора каркасной системы для многоэтажного дома.

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

This article is devoted to the system of post beams, panels and ceilings made of glued beams and is aimed at better understanding wood as a frame material and evaluating its durability. From the point of view of the production technology, the process of choosing a frame system for a multi-storey house is considered.

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

Введение

В 1994 году для деревянных зданий было снято ограничение по высоте не более 2 этажей (Ассоциация противопожарной защиты [1]). Поправки к закону вызвали большой интерес к более высоким деревянным зданиям.

На рынке каркасных систем для многоэтажных домов сегодня преобладают бетон и сталь, но спрос на каркасные системы на основе дерева растет по мере увеличения внимания к устойчивому будущему. Развитие деревянных каркасов остановилось в конце 1800-х годов из-за ограничений максимум на два этажа, а в 1990-х годах древесина экономно использовалась в качестве каркасного материала при строительстве многоэтажных зданий в Швеции. Прорыв в области клееного бруса произошел уже в 1910 году, когда крыша Reichseisen Banhall была построена из арок из клееного бруса с натяжными стропами, которые имели значительный пролет в 43 метра [3]. При использовании клееного бруса в таких условиях могут быть получены экономические и технические выгоды, и помимо этого дерево лучше справляется с агрессивными средами по сравнению со сталью и железобетоном.

Реконструкция Центрального вокзала в Стокгольме (рис. 1) стала успешным и ценным справочным объектом для всех производителей клееного бруса. В последующие годы по всей стране были построены более крупные залы с элементами из клееного бруса, и к середине 1900-х годов клееный брус стал хорошо зарекомендовавшим себя каркасным материалом [3].

Деревянные каркасы для высотных зданий начали применяться на рубеже 2000-х годов, когда доля деревянных каркасов увеличилась примерно с 1 %, и на сегодняшний день составляет около 15 % рынка строительства высотных зданий.

Эксперты полагают, что в будущем древесина в качестве каркасного материала в многоэтажных зданиях будет занимать более 20–30 % рынка, что будет являться результатом растущего спроса со стороны клиентов, в то время как многие компании разработали внутренние цели в области устойчивого развития и охраны окружающей среды.

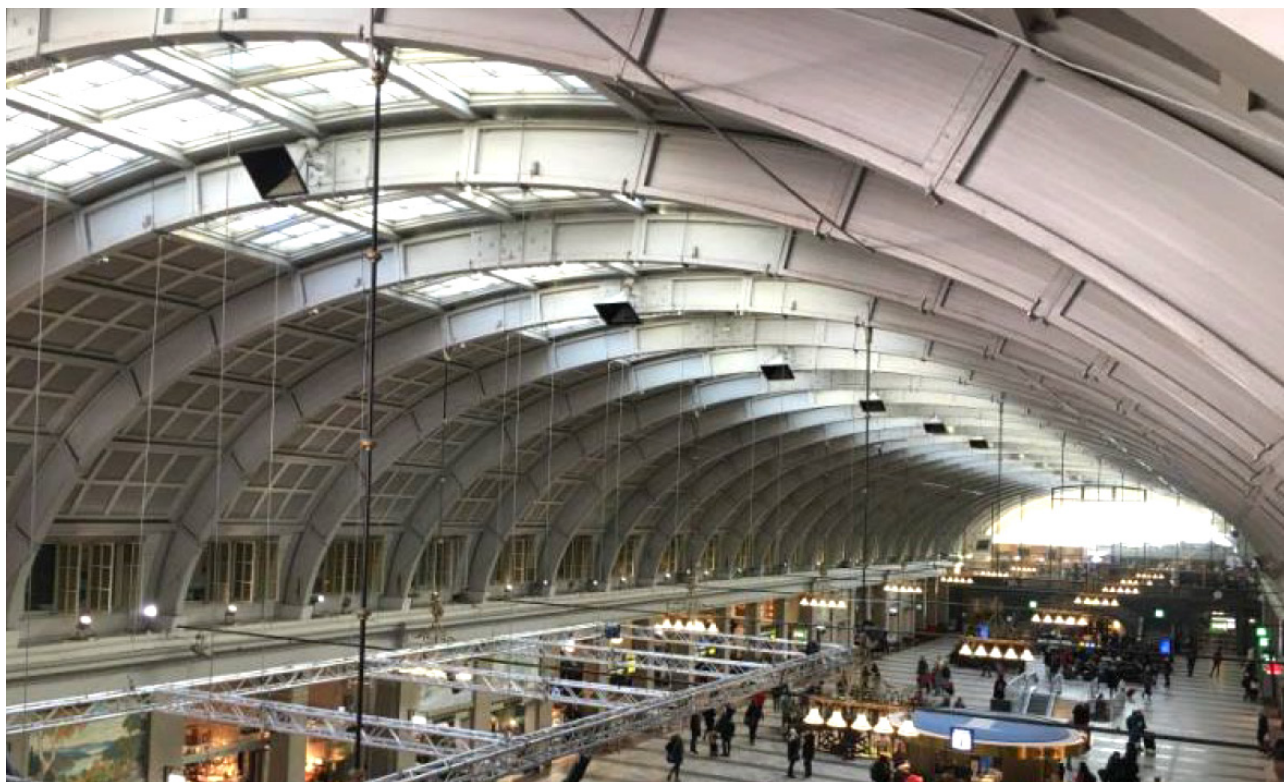


Рис. 1. Реконструкция Центрального вокзала в Стокгольме

Современный спрос

На российском рынке существует неопределенность в отношении использования древесины в качестве каркасного материала. Существует большая проблема стандартизации для повышения безопасности при использовании древесины в качестве каркасного материала. Конечно, в современных нормах [2] для деревянных конструкций есть требования к поперечно клееной древесине в части состава клея и пр. Но рынок ориентируется в основном на крупные строительные компании, которые обычно ориентированы на один вид каркасного материала. Установленные процедуры и безопасность при использовании конкретного материала приводят к тому, что переход к неизвестному и непроверенному материалу для компаний происходит медленно. Только тогда, когда будет расти спрос на древесину, по мере увеличения количества каркасных зданий, появится причина у предпринимателей узнавать больше о древесине, чтобы адаптироваться к изменениям рынка. Наибольшее развитие в этой области являются компании Австрии, Великобритании, Швеции, Норвегии. Именно на основе их проектов будут рассмотрены современные деревянные каркасные системы.

Различные каркасные системы на основе древесины

Различными древесными материалами, обычно используемыми в этих каркасных системах, являются балки из строительной древесины, CLT, легкие балки и клееный брус. Вне зависимости от того, какой из материалов рассматривать подробнее – все тенденции развития домостроения в мире направлены на стремление максимально увеличить степень заводской готовности конструкций. Только такой подход позволит снизить длительность порой неуправляемых строительных процессов на площадке, обеспечить контроль качества, заранее предотвратить неоправданные затраты на строительство.



Рис. 2. Каркасные системы на основе древесины

Стеновые панели

Первое, о чем хочется сказать – современные деревянные стеновые панели каркасного типа с внутренним заполнением экологически чистым утеплителем из древесного волокна или стружки (Baufritz и Sonnleiter). Снаружи панели обшиваются погонажом, имитирующим профилированный брус или бревно. Такие стеновые панели имеют очень высокую степень заводской готовности (одна стена = 1 элемент) небольшое время сборки дома, высокую несущую способность, исключение мостиков холода, которые появляются из-за щелей в соединениях бруса, высокие теплофизические показатели – экономия тепла при эксплуатации, возможность применения разных вариантов наружной и внутренней отделки, высокая экологичность материалов и ряд других достоинств.

Сборка домов из панелей с имитацией бруса осуществляется следующим образом: сначала устанавливаются стойки каркаса с вертикальными профилированными пазами. Затем сверху в эти пазы устанавливаются стеновые панели с шипом аналогичного профиля.

Следующая категория – массивные панели швейцарского типа, которые собираются в цехе из нескольких слоев высушенных досок, уложенных разнонаправленно, и закрепляются нагелями. Клей не используется.

Massiv-Holz-Mauer (далее МНМ) – стеновые панели, которые собираются из нескольких слоев сухих строганых досок продольно– поперечной укладки и сбиваются алюминиевыми гвоздями на автоматической линии проходного типа (технология и патент Hundegger). Аналогичная технология запатентована немецкой фирмой Weinmann, но с использованием стальных скоб.

Существуют два варианта укладки обвязочного бруса при возведении здания из массивных деревянных панелей, вне зависимости от выбранного типа фундамента. На бетонное

основание необходимо сначала уложить два слоя гидроизоляции, поверх нее устанавливаются сначала антисептированный опорный брус, который крепят к бетонной основе анкерными болтами, а уже на него – антисептированный обвязочный брус с использованием в качестве крепежного материала саморезов (рис. 3).

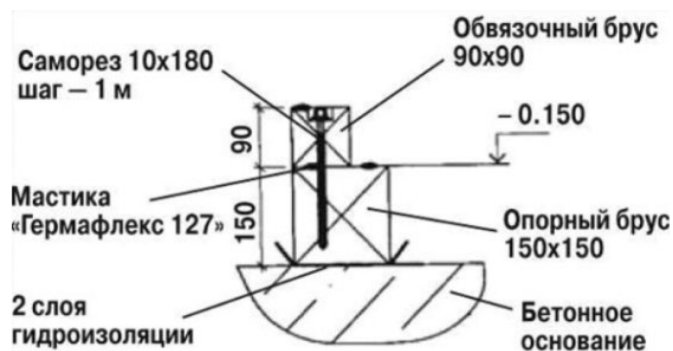


Рис. 3. Схема крепления обвязочного бруса

При монтаже стен панели МНМ крепят к обвязочному брусу, часть отверстий для крепления выполняются в заводских условиях под заданным в проекте углом. В многоквартирном доме в качестве перекрытий, как правило, применяют типовые каркасные деревянные плиты перекрытий.

CLT- (аналогия KHL-, X-LAM, BSP-) панели, которые изготавливаются путем склеивания в прессе слоев досок, уложенных крест-накрест, с применением клеев холодного отверждения на автоматических линиях фирм Ledinek, Spanevello и т. д.

LVL (Kerto) – панели, которые склеиваются из полос 3-х мм шпона из хвойных пород древесины, уложенных для жесткости по слоям: 80 % в продольном и 20 % в поперечном направлениях.

Это каркасные панели из массивной древесины, в которых между 2-мя поперечными стойками каркаса плотно укладываются продольные доски и крепятся с обеих торцов гвоздями к поперечным стойкам. С целью оптимального использования древесины эти панели изготавливаются такой толщины, которая соответствует необходимым статическим требованиям к несущей конструкции. В случае необходимости с внешней стороны панели крепятся утеплитель и обшивка (ригельная технология Weinmann).

Trä8 – это система столбовых балок из клееного бруса, созданная в результате сотрудничества между Moelven Toreboda AB и техническим университетом Luleå. Название Trä8 происходит от его теоретического пролета в 8 метров и основных компонентов деревянного каркаса. Он основан на решетчатой конструкции, состоящей из различных модулей, где каждый модуль представляет собой закрытый блок клееных балок.

Trä8 на момент его создания состоял из комбинации столбов из клееного бруса и досок Kerto, где взаимодействие между ними использовалось для обеспечения стабилизации ядра здания. Trä8 сегодня стал скорее гибридной системой, в которой каркас и балки состоят из дерева, а фундамент, лестничная клетка и части, подверженные воздействию влажности почвы, выполнены из железобетона.

Trä8 – это каркас с облицовкой, древесина по отношению к своему весу прочна и хорошо подходит для высоких зданий, но меньший вес древесины затрудняет стабилизацию рамы, поэтому использование бетонных лестниц как ядра здания и других конструкций из дерева является эффективным решением.



Рис. 4. Строительство здания по системе Träg

Бетонная лестница также улучшает тепловые свойства здания, поскольку она действует как источник накопления тепла, что также выравнивает колебания температуры в помещении в течение года. Установка лестничных клеток сразу после фундамента означает, что фиксированный уровень пола достигается на ранних стадиях производства. Это облегчает установку каркаса, а готовая лестница обеспечивает хороший доступ к различным этажам.

Для обеспечения устойчивости каркаса из клееного бруса, используются временные монтажные стойки, которые придают раме жесткость и, таким образом, уменьшают ее возможность перемещения, что влияет на точность монтажа остальных частей решетки. Монтажные стойки также позволяют выдержать прямые углы при соединении вертикальных и горизонтальных элементов решетки. Узел состоит из стальных элементов, которые образуют поперечные балки в различных секциях зданий (рис. 5), а стальные тросы крепятся непосредственно к раме, обеспечивая устойчивость.

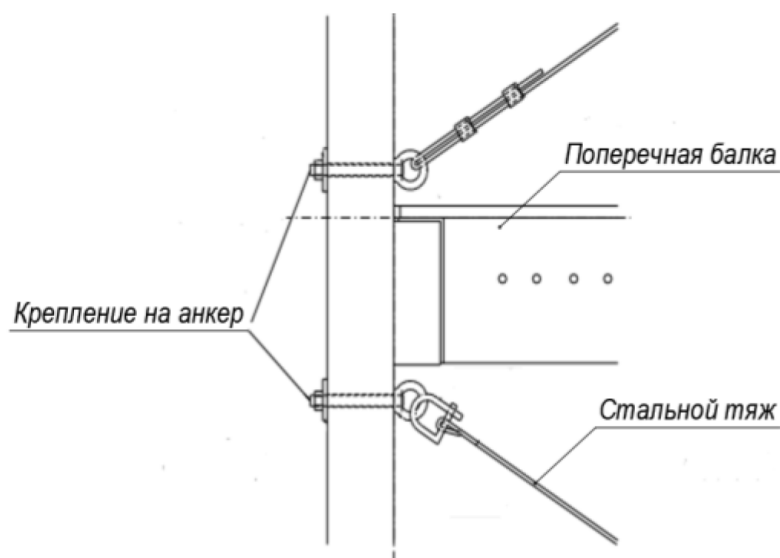


Рис. 5. Детали крепления временных поперечных стоек

После монтажа клееного каркаса укладывается потолок, чтобы избежать атмосферных воздействий. Клееные балки имеют стандартную ширину 2,4 м и различную длину в зависимости от текущего пролета модуля. На нижней стороне клееной балки имеется доска KertoS размером 45×300мм, приклеенная и прибитая гвоздями для создания Т-образного поперечного сечения. По краям элемента образуются клееные балки L-образного сечения, где используется доска Kerto размерами 45×150 мм.

На верхней части клееного бруса установлена доска KertoQ шириной 2,4 м, и в зависимости от пролета балки изготавливаются из досок KertoQ толщиной 33 или 45 мм. Доска KertoQ приклеивается и прикручивается к клееным балкам для обеспечения взаимодействия между этими двумя частями. Взаимодействие между различными частями имеет важное значение, поскольку оно уменьшает проблемы с прогибом и вибрацией.

Основными несущими компонентами балок являются клееные балки шириной 66 мм. Высота клееных балок варьируется от 260 до 360 мм в зависимости от пролета. Установка балки Kerto толщиной 66 мм той же высоты, что и балки из клееного бруса, производится на коротких сторонах каждого элемента, они выполняют функцию усиления жесткости и предотвращают осевое вращение балок из клееного бруса. Короткие балки Kerto используются в середине элемента, чтобы помочь в распределении нагрузки между клееными балками и улучшить жесткость всего элемента.

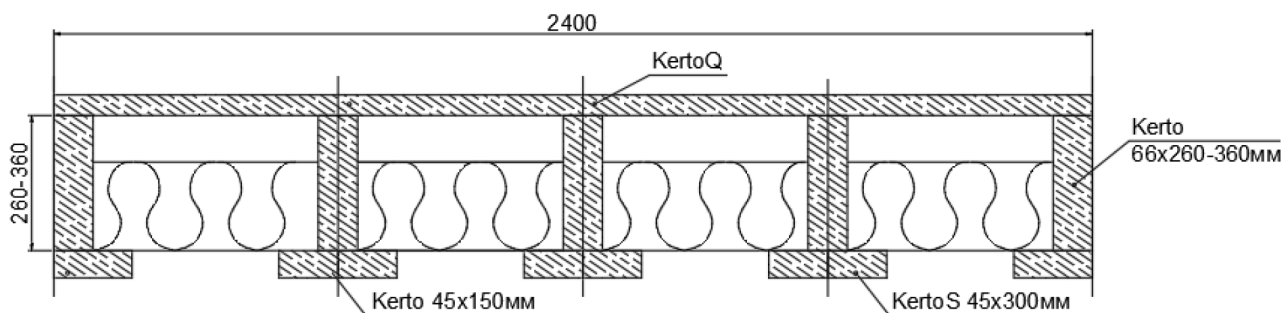


Рис. 6. Основные элементы клееной балки

Элементы пола укладываются с двух сторон в направлении короткой стороны и ввинчиваются в продольные клееные балки модуля с помощью крепежных винтов. Первый и последний элементы перекрытия модуля также ввинчиваются в поперечные клееные балки. После монтажа балки дополняются многослойным гипсокартоном. Затем производится заливка 40-миллиметровой стяжкой пола, адаптированной для непосредственного использования на досках Kerto балок. Стяжка содержит влагопоглотитель из алюмосиликата, который сокращает время набора прочности до одного дня.

Когда составные компоненты каркаса установлены, остается только сборка наружных стен (рис. 7).



Рис. 7. Один из вариантов облицовки наружной стеновой панели

Наружные стены состоят из сборных наружных элементов в каркасе, который может быть изготовлен в разной степени, но обычно поставляется с завода с установленными окнами. Наружные стены и остальные детали, дополняющие каркас, могут быть заказаны у других поставщиков или изготовлены самим подрядчиком. Как только монтаж каркаса и облицовочных панелей завершен, остается только облицовка фасада и монтаж перегородок.

Преимуществами строительства из деревянных массивных элементов являются:

- высокая несущая способность элементов и, как ее итог, – возможность возведения многоэтажных зданий;
- относительная простота проектирования по сравнению с классической каркасной конструкцией, где каждая стойка должна быть расположена на своем месте;
- 100 %-ная доступность древесного сырья в России.

Технология производства работ также имеет несколько подвидов с принципиальными отличиями:

«Скандинавская» технология, по которой в заводских условиях изготавливаются примерно 30–40 % несущих и ограждающих конструкции с наружной обшивкой, а их утепление и обшивку внутри – на стройплощадке. Используется также вариант заводской сборки перекрытий и кровли в панелях либо поэлементно на площадке, а все остальные работы – по месту.

«Немецкая» технология, когда на стройплощадку поставляются готовые элементы дома, с двухсторонней обшивкой, заложенными внутри кабель-каналами, с подготовкой под подключение инженерных сетей. Таким образом обеспечивается наибольшая степень готовности панелей на заводе. Возможны различные архитектурные формы, материалы, ценовые группы продуктов, высокая точность строительства. Значительно уменьшаются сроки строительства, но также и увеличивает его стоимость.

Реализованные объекты



Рис. 8. Канадская Earth Tower (рендер)



Рис. 9. Жилой комплекс Nuréon (рендер)

За последние годы резко возрос интерес к высотным деревянным зданиям. И речь не только про башню Mjøstårnet («Мьёсторнет») высотой 85,4 м, возведенную в 2019 году в норвежском городе Брумундал. В 2008 году в Великобритании построили 9-этажный дом «Мюррей Гроув»/«Murray Grove» высотой 30 метров. В Мельбурне, Австралия, в 2012 году возвели дом Forté высотой 32 метра. В Бергене, Норвегия, построен 14-этажный дом Treet («Дерево») высотой 49 метров. Во Франции в 2020 году, практически в самом центре города Бордо, построен 18-ти этажный жилой комплекс Nuréon. Из запланированного на бу-

дущее: в Ванкувере одобрен проект строительства 40-этажного небоскреба Canada Earth Tower, в котором разместятся 200 квартир, а японская компания Sumitomo Forestry планирует строительство 70-этажного небоскреба, ориентировочный срок строительства – 2041 год.

Выводы

Материалы на основе древесины сегодня являются единственными строительными материалами, получаемыми из возобновляемого сырья.

Но, в перспективе, устойчивое развитие деревянного домостроения можно предсказывать не только с экологической точки зрения, но и с точки зрения управления человеческими ресурсами и общей экономической эффективности.

Эффективное использование материалов означает, что материалы используются в тех местах, где их свойства наиболее подходят. Древесина, например, хорошо поглощает давление и растягивающие усилия вдоль волокон и может эффективно использоваться в качестве элементов колонн и балок. Сталь обладает высоким модулем упругости и хорошо подходит различные соединения между деревянными элементами. Бетон идеальный материал для использования в качестве фундамента. Рынок сегодня разделен между различными материалами, но если бы они вместо этого начали работать вместе, чтобы использовать правильный материал в нужном месте, тогда поставщики разных материалов вместо того, чтобы видеть друг в друге конкурентов, увидели бы друг в друге партнеров.

Литература

1. NFPA 1-2021 Fire Code Пожарный кодекс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573153280/>
2. СП 64.13330.2017 Свод правил. Деревянные конструкции. 2017. 108 с.
3. The CLT Handbook. CLT structures – acts and planning. Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2019. P. 11–26, 133–140.
4. Cross-laminated timber (CLT) application in multi-storey buildings Article in Technics Technologies Education Management, 2021. P. 96–101.
5. *Вавилова Т. Я.* Актуальные тенденции использования деревянных конструкций в архитектуре // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации, 2016. С. 203–211.
6. Trä8, a post-beam system in glued laminated timber – technical choice of timber structural system in multi-storey buildings in Sweden. 2016. p. 20–44.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

MODERN TRENDS IN THE CONSTRUCTION OF GAS INDUSTRY FACILITIES

Россия играет значительную роль на международном нефтегазовом рынке. Нефтегазовая отрасль является одним из опорных элементов экономики страны. Объемы добычи, как и строительства в нефтегазовом комплексе ежегодно увеличиваются. Разработка новых месторождений осуществляется в отдаленных областях без развитой инфраструктуры, а строительство объектов нефтегазового комплекса технически сложный и ресурсоемкий проект. Такие условия формируют новые задачи для строительных предприятий, решение которых формирует тенденцию промышленного строительства в целом. В данной статье приведен анализ передовых организационно-технологических решений используемых при строительстве промышленных объектов газовой отрасли с учетом отечественного и зарубежного опыта. Рассмотрены тенденции развития промышленного строительства в России.

Ключевые слова: BIM, блочно-модульный метод, организация строительства, технология строительства, газовая промышленность.

Russian Federation plays a significant role in the international oil and gas market. The oil and gas industry is one of the pillars of the country's economy. Production volumes, as well as construction in the oil and gas complex, are increasing annually. The development of new fields is carried out in remote areas without developed infrastructure, and the construction of oil and gas facilities is a technically complex and resource-intensive project. Such conditions form new tasks for construction companies, the solution of which forms the trend of industrial construction. This article provides an analysis of advanced organizational and technological solutions used in the construction of industrial facilities in the gas industry, considering domestic and foreign experience. Trends in the development of industrial construction in Russia are considered.

Keywords: BIM, block-modular method, construction organization, construction technology, gas industry.

Добыча энергетических ресурсов является приоритетным направлением с целью развития экономики страны. Нефть и газ являются одними из наиболее ценных и важных сырьевых ресурсов в мире. Нефтегазовая промышленность представляет особую значимость для экономики РФ. По данным «Организации стран – экспортёров нефти» в 2020 году Российская Федерация находится на 2 месте в списке стран по добыче природного газа и имеет долю в 16,6 % среди 10-ти крупнейших газодобывающих стран в мировой добыче [1]. Согласно заявлению министерства энергетики РФ на территории страны добычу природного и попутного нефтяного газа осуществляют 260 добывающих предприятий, а показатели добычи газа за последние 10 лет выросли на 10 %. В связи с этим возрастают объемы строительного производства [2].

Необходимо отметить, что строительство объектов нефтегазовой промышленности обладает особой спецификой. Отдаленность от центров промышленного и энергетического развития регионов, сложный рельеф местности, суровый климат и другие ключевые факторы, усложняющие строительное производство таких объектов. При строительстве объектов газовой промышленности обязательным является соблюдение строгой последовательности выполнения работ, при использовании определенных методов и приемов, среди которых определяющими являются управление и менеджмент, технология и организация, экономика.

В данной статье будут рассмотрены основные современные тенденции технологии и организации строительства объектов газовой промышленности. Целью научной статьи явля-

ется анализ передовых технологий используемых при строительстве объектов газодобывающей отрасли.

Информационное проектирование зданий

Планирование и проектирование зданий во всем мире – это совместный процесс, требующий участия нескольких заинтересованных сторон, включая инженеров, архитекторов, строителей и заказчика. Традиционный метод, в котором работа ведется в разных моделях без их объединения, давно устарел. На смену данному методу пришли расширенные инструменты *BIM*, которые решают эту проблему, предоставляя общую базу данных и позволяя специалистам работать над единой моделью. Эти решения выявляют конфликты на начальных этапах проектирования и повышают общую эффективность рабочего процесса. Использование данной технологии позволяет не только оптимизировать работу над проектом, но и предоставить заказчику полную картину реализации объекта на всех его этапах.

Преимущества использования *BIM*

- *3D*-визуализация. С помощью данной функции можно преподнести проект в *3D* виде, визуально его оценить, распечатать натуральный макет на *3D*-принтере, а также тестировать постройку и вносить изменения.

- Группировка данных и общее хранилище. Все сведения по проекту находятся в одной программе, в одной связке чертежей.

- Комплексное управление данными. В программах с поддержкой *BIM* можно соединить все сведения в одном файле.

- Короткие сроки создания проекта.

- Экономия ресурсов. На разработку проекта уходит меньше времени. Информационная модель позволит избежать коллизий и рассчитает точный объем используемых материалов.

Программные комплексы показавшие свою практическую значимость в сфере *BIM*-моделирования: *Revit*, *ArchiCAD*, *Bentley Systems*, *Allplan*, *Tekla Structures*.

Ярким примером использования *BIM* является проект компании ООО «Волгоград-нефтепроект» (г. Волгоград), которая стала победителем Всероссийского конкурса «*BIM*-технологии 2019/20» (рис. 1).

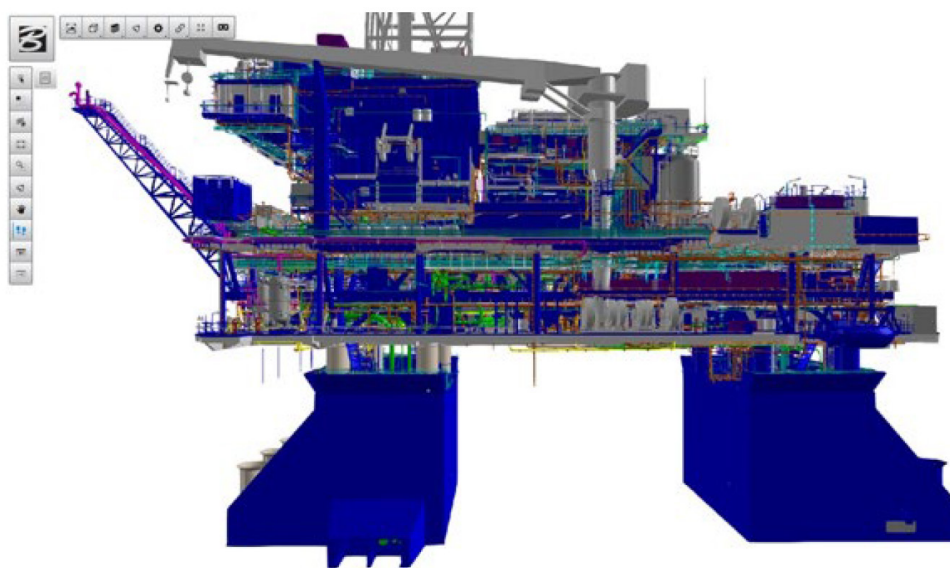


Рис. 1. Цифровая модель ледостойкой стационарной платформы № 1 месторождения им. В. Филановского, созданная в Bentley AssetWise

Компания заняла 1 место в номинации «Информационное моделирование существующих объектов» за проект «Построение цифровых моделей морских платформ в Каспийском море» и 1 место в номинации «Общие подходы к реализации информационного моделирования» за проект «Информационный менеджмент на основе методологии информационного моделирования и цифровых двойников».

Применение Блочно-комплектного метода строительства

Суть Блочно-комплектного метода строительства в том, что материалы, детали, изделия, оборудование становились составными частями, «начинкой» конструкций высокой степени заводской готовности – технологических блоков, укрупненных монтажных узлов и т. д. Метод основан на использовании на строительных площадках полностью собранных и испытанных блочных (БУ) и блочно-комплектных (БКУ) устройств, а также комплектов, относящихся к ним материалов, деталей, арматуры и узлов. Сокращение затрат от применения стандартных блоков наблюдается на всех этапах жизни системы: небольшие расходы на проектирование (используются стандартные узлы и блоки) и на транспортировку (не требуется специализированный транспорт) [3].

Достоинства блочно-комплектного метода строительства:

- высокая производительность;
- экономия времени и трудовых ресурсов. Уменьшение нагрузки на строительную площадку;
- высокое качество возводимых объектов. Блоки изготавливаются и испытываются в заводских условиях;
- отсутствие необходимости корректировки рабочей документации в отношении технических решений на стадии закупки оборудования, поскольку изготовление ведется в полном соответствии с документацией по проекту.

Перенос значительной части строительно-монтажных работ со строительных площадок на промышленные предприятия (95 % стоимости СМР реализуется за пределами строительных площадок) и сокращение количества расходных материалов на объектах (в 5–8 раз по сравнению с традиционными проектными решениями) позволяют сократить продолжительность и трудоемкость СМР в целом, а также стоимость строительства в 3–15 раз. Кроме того, улучшается качество блоков нефтегазодобывающего оборудования, производимого на заводе. Более ранний ввод объекта в эксплуатацию позволяет увеличить выручку до 25 % от общей планируемой стоимости строительства.

Использование блочно-комплектного метода при строительстве объектов газовой промышленности позволит рационально использовать ресурсы, а также ускорить работы на строительной площадке.

Применение модульных зданий и сооружений

Модульные конструкции широко используются при строительстве объектов в нефтегазовом секторе – в условиях экономической неоправданности капитальных сооружений, поскольку при строительстве сроки должны постоянно сдвигаться. В сложных климатических условиях в труднодоступных местах, где отсутствуют городские коммуникации, модульные здания зарекомендовали себя как наиболее удобный и бюджетный вариант размещения рабочих. Строительство вахтовых поселков на базе модульных зданий позволяет приступить к работе в короткие сроки, так как не нужно ждать несколько месяцев завершения строительства капитального жилья для сотрудников (рис. 2).



Рис. 2. Вахтовый поселок на базе модульных зданий

Преимущества модульных зданий и сооружений:

- минимальные трудовые и энергетические затраты;
- повышение структурной безопасности, устойчивость зданий и сооружений с фундаментом в замерзших грунтах;
- быстрые сроки строительства;
- возможность повторного использования;
- минимизация затрат на строительство.

В заключении хочется отметить, что тенденция в области оптимизации строительства объектов газовой промышленности сохраняется. Развитие технологий в представленных направлениях позволит решить ряд проблем и уменьшить затраты на строительство.

Литература

1. Организация стран – экспортёров нефти (ОПЕК) [Электронный ресурс] / Режим доступа: ОПЕК : Publications.
2. Добыча природного и попутного нефтяного газа | Министерство энергетики РФ (minenergo.gov.ru) [Электронный ресурс] / Режим доступа: Добыча природного и попутного нефтяного газа | Министерство энергетики РФ (minenergo.gov.ru).
3. Шевцов А. П., Лачугин И. Г., Род К. В., Воронцов А. Д. Оптимизация ресурсов и затрат при проектировании объектов газовой и нефтегазовой отраслей с использованием блочно-модульного оборудования // Проектирование и разработка нефтегазовых месторождений. 2018 № 2. С. 3–10.
4. Тухарели В. Д., Тухарели А. В., Очиров Н. Д. Особенности организации строительства объектов нефтегазовой отрасли Волгоградский государственный технический университет // Инженерный вестник Дона. 2018. № 3. с. 8.
5. Подведены итоги конкурса «BIM-технологии 2019/20» | Минстрой России [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/press/podvedeny-itogi-konkursa-bim-tekhnologii-2019-20/>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УСИЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF STRENGTHENING BUILDING ELEMENTS

Усиление бетонных колонн широко применяется при реконструкции производственных зданий. Исследование технологий усиления колонн, а также создание комбинированных технологических решений на основе изучения имеющегося опыта позволяет повысить эффективность и надежность реконструктивных мероприятий.

Для предотвращения прогрессирующего физического износа железобетонных колонн предлагается при их износе до 25 % проводить цементацию трещин и оклейку углеродистым полотном. До получения данных о старении композитных материалов в процессе эксплуатации предлагается комбинировать технологии усиления с традиционными способами, а для железобетонных колонн не применять композиты при значительном физическом износе.

Ключевые слова: углеволокно, композит, усиление, внешнее армирование, железобетонные колонны, адгезия.

Strengthening of concrete columns is widely used in the reconstruction of industrial buildings. The study of technologies for strengthening columns, as well as the creation of combined technological solutions based on the study of existing experience, makes it possible to increase the efficiency and reliability of reconstructive measures.

To prevent the progression of physical wear of reinforced concrete columns, it is proposed to carry out crack cementation and gluing with a carbon cloth when they are worn up to 25 %. Before obtaining data on the aging of composite materials during operation, it is proposed to combine reinforcement technologies with traditional methods, and for reinforced concrete columns not to use composites with significant physical wear.

Keywords: carbon fiber, composite, strengthening, external reinforcement, reinforced concrete columns, adhesion.

В наше время строительная и промышленная сферы не стоят на месте. Происходит постоянное ужесточение норм по конструкции зданий и сооружений, где появляется необходимость в усилении несущих элементов.

Каркасные здания по лучили обширное распространение в период развития сборного домостроения в 19 веке. Сроки службы таких железобетонных конструкций зданий составляют 52 года. В последние годы в России сформировалась острая ситуация с состоянием конструкций инженерных строений, связанная с частичным разрушением бетона и коррозией арматуры в результате долговременной эксплуатации без проведения действенных профилактических и капитальных ремонтов. В итоге, трудность восстановления и усиления железобетонных конструкций приобретает весомое значение.

Большой объем работ по усилению сборных железобетонных колонн приходится выполнять строителям при реконструкции зданий производственного назначения, претерпевших моральный износ.

Усиление столбов и простенков обоймами является проверенным и наиболее надежным способом повышения несущей способности ремонтируемых конструкций. Они состоят из вертикальной арматуры и поперечных сварных хомутов обоймы.

Обоймы колонн показаны на рис. 1.

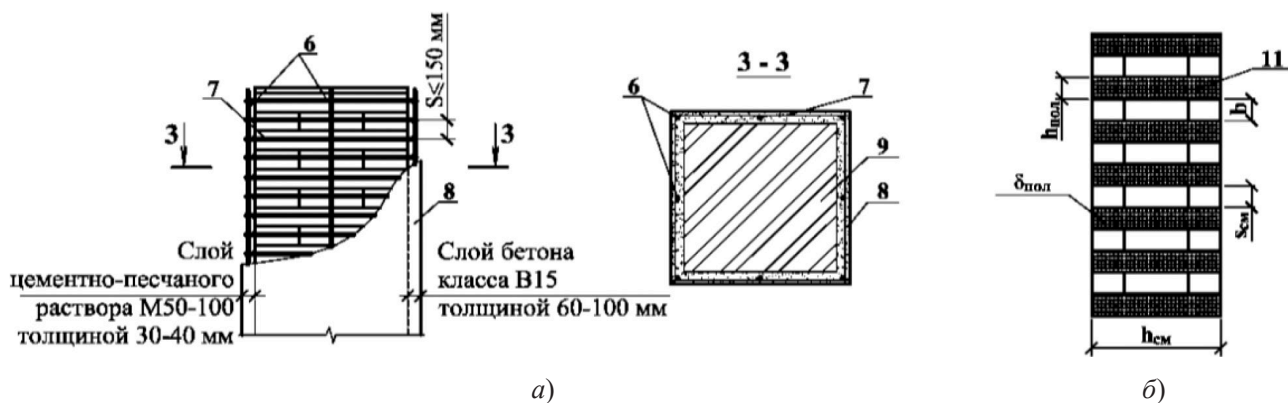


Рис. 1. Усиление конструкций устройством обоймы: *a* – железобетонной и растворной; *б* – бандажами из углеволокна; 6 – вертикальная арматура обоймы; 7 – сварные хомуты обоймы; 8 – растворная или железобетонная обойма; 9 – усиливаемый каменный элемент; 11 – композитный материал из углеволокна [1]

Исходя из долговечности железобетонных конструкций производственных зданий, построенных в 60-е годы прошлого столетия, теоретический износ составляет около 40–50 %. В тоже время фактическое состояние несущих конструкций зависит от своевременности капитальных ремонтов и от условий эксплуатации [2]. Наибольший износ строительных конструкций характерен для производственных зданий химической промышленности, для конструкций очистных и водозаборных сооружений, для зданий банно-прачечных комбинатов, где сочетаются перепады температуры, влажность и химические испарения в воздухе. В современных экономических условиях многие перечисленные объекты в первоначальном своем назначении не востребованы, то есть морально устарели и подлежат реконструкции при физическом износе не более 50 % [3].

С появлением на строительном рынке композитных материалов не редко выполняются обоймы, в том числе из полимерных материалов с углеродистыми волокнами.

Композитные материалы представляют собой ткани, ленты, холсты. Они состоят из армирующего и связующего компонентов. В Европе система усиления композитами известна под названием FRP (FiberReinforcedPolymer) – иными словами усиление полимерным волокном. Подобные полимерные системы (FRP) обладают малым весом, высокой прочностью и коррозионной стойкостью [4, 5].

В качестве армирующего компонента может выступать не органические и органические волокна. К неорганическим волокнам относятся углеволокно, стекловолокно, базальтовое волокно. К органическим волокнам относятся арамидные, льняные и конопляные волокна.

Перед усилением железобетонных конструкций композитным полотном или лентой с наклеиванием на бетонную поверхность эпоксидным клеевым составом производится инъектирование трещин шириной 1–2 мм.

В состав простого процесса входят следующие операции:

1. Расшивка трещин;
2. Бурение шпуров под инъекционные пакеры под углом 30–45 градусов;
3. Продувка отверстий сжатым воздухом;
4. Монтаж инъекционного оборудования;
5. Нагнетание полимерцементного состава в пакеры;
6. Снятие пакеров;

7. Заделка шпуров полимерцементным со ставом;
8. Заделка вы колов и выбоин полимерцементным составом.

Усиление бетонных колонн углеволокном полотном и лентами со стоит из следу-
ющих операций:

1. Алмазная шлифовка бетонной поверхности;
2. Продувка сжатым воздухом;
3. Грунтование поверхности эпоксидной грунтовкой;
4. Наклеивание на поверхность вдоль колонн лент из углеволокна;
5. Наклеивание второго слоя холстов из углеволокна в поперечном на правлении ко-
лонн [5].

Проведенные нормативные наблюдения за выполнением технологических процес-
сов усиления колонн холстами из углепластика по служили основанием для предложен-
ной новой технологии.

Состав операций по усилению железобетонных колонн с физическим износом до 25 %:

1. Расшивка тещин;
2. Просверливание отверстий для установки пакеров;
3. Установка пакеров;
4. Монтаж инъекционного оборудования;
5. Нагнетание цементного раствора;
6. Заделка выбоин;
7. Алмазная обработка бетонной поверхности;
8. Продувка сжатым воздухом;
9. Подготовка эпоксидного грунтовочного со става;
10. Раскрой холстов углеродистого полотна;
11. Наклеивание вдоль лент из углеродистого волокна по граням колонны;
12. На клейка поперечных холстов из углеродистого волокна по всей вы соте колонны;
13. Протирка оклеенной поверхности ветошью.

Состав звена:

Облицовщик конструкций углеволокном:

3 разряд – 1 чел.

4 разряд – 2 чел.

Применяемые машины и инструменты:

Внутрипостроечный транспорт (автомобиль, трактор грузоподъемностью до 5 т);

Установка инъекционная – 1 шт.;

Кельма штукатура – 2 шт.;

Перфоратор электрический – 1 шт.;

Шпатели стальные – 2 шт.;

Шпатель пластиковый для наклейки холста – 2 шт.;

Кисть маклавица – 1 шт.;

Валик для укатки холста – 2 шт.;

Шуруповерт электрический – 1 шт.;

Отвес;

Уровень [6].

Выполнение работ по усилению конструкций композитными материалами вклю-
чает в себя две важные составляющие – не посредственно сам композитный матери-
ал и адгезив или клеящий состав. Основным назначением адгезива, помимо клеящего

эффекта является его восприятие сдвиговым и отрывающим усилиям между со единенными поверхностями. Для адгезии композитного материала с бетоном чаще всего используют эпоксидные двухкомпонентные клеящие составы, которые схватываются при положительных температурах.

К сожалению, имеется ряд недостатков, которые ограничивают область применения:

1. Адгезивы в основе которых полиэстер имеют высокие усадочные деформации и коэффициент температурного расширения. Подвергаются щелочной агрессии и быстро твердеют;
2. Адгезивы на основе виниловых полиэфиров имеют большие усадочные деформации и при высокой влажности плохо обеспечивают сцепление материалов;
3. Адгезивы на основе полиуретанов так же с трудом обеспечивают сцепление материалов.

Во время твердения в адгезиве проходят химические процессы, которые замедляются при температуре не менее $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Поэтому во время производства работ по усилению конструкций композитным материалом температура должна быть больше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В многообразии зарубежных правил стоит выделить два руководства по усилению железобетонных конструкций композитными материалами:

1. CNR-DT 200/2004. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Existing Structures. – Rome, 2004;
2. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures. ACI 440.2R-08. American Concrete Institute.

В этих руководствах описаны свойства композитов; описано применение системы усиления фиброармированными пластинами; описаны критерии приемки выполненных работ; транспортировка и хранение; особенности проектирования фиброармированными пластинами; усиление каменных и армокаменных конструкций.

Среди отечественной нормативно-технической литературы в области усиления конструкций композитными материалами имеются технические условия (ТУ). В качестве примера ТУ 1916005-61664530-2011 на производство углеродных однонаправленных лент для усиления внешним армированием, разработанное ЗАО «ПРЕПРЕГ-СКМ» (Москва), а также разработан и утвержден в 2015 году Свод правил по усилению железобетонных конструкций композитными материалами СП 164.1325800.2014. В этом документе изложена методика усиления и конструктивные требования. Целесообразным является доработка свода в части учёта особенностей эксплуатации железобетонных конструкций различного назначения [7].

Зарубежные исследования в области технологии усиления колонн материалами на основе углеродистого волокна направлены на автоматизацию технологического процесса намотки лент. Первые опытные образцы представляют собой роторный механизм с «бегущей» вдоль колонны в процессе намотки лентой (рис. 2).

Сейчас уже проводятся исследования в области скоростной технологии одновременно-го устройства двухслойной оболочки. Цель исследования направлена на снижение трудоемкости работ по усилению колонн не менее чем на 30 %.

Вывод: результаты исследований технологических процессов предназначены для применения при реконструкции железобетонных каркасных сборных зданий в части ремонта колонн, имеющих износ не более 25 % по шкале [6], с одновременным инъектированием и усилением в виде внешнего армирования углеродистым полотном.

Не рекомендуется применять углеродистое полотно для усиления колонн, имеющих физический износ более 25 %, в связи с отсутствием данных об изменении прочности углеродистого волокна при длительной эксплуатации.

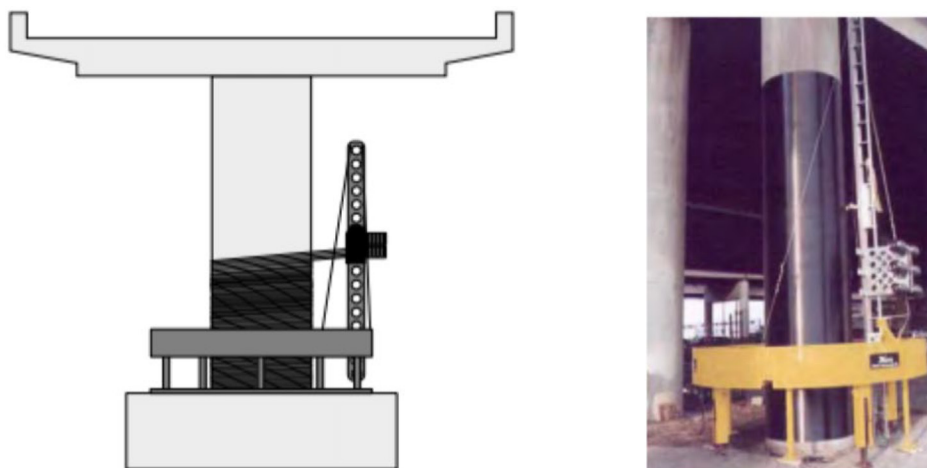


Рис. 2. Автоматизированный наматыватель ленты [8]

Литература

1. Восстановление и повышение несущей способности кирпичных стен. Проектирование и строительство. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ. СТО // Авторский коллектив: д. т. н., профессор А. Н. Мамин; д.т.н., профессор Э. Н. Кодыш (ОАО «ЦНИИПромзданий»); к. т. н., профессор А. И. Бедов (ФГБОУ ВПО «МГ СУ»). М.: НОСТРОЙ, 2013. 119 с.

2. Тилинин Ю. И., Лазарев А. Н. Ценность старой жилой застройки и идеи комплексной реконструкции центра Санкт-Петербурга // Научные проблемы специальных военно-строительных и фортификационных комплексов, обустройства войск и управления производственной деятельностью строительных предприятий КС МО РФ (Сборник научных трудов НИГ-1) ВИТУ, 2004. 359 с.

3. Юдина А. А. Реконструкция и техническая реставрация зданий и сооружений – 5-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2016. 304 с.

4. Тилинин Ю. И. Организация и технология производства работ при реконструкции жилых кирпичных зданий исторического центра Санкт-Петербурга / Сборник научных трудов участников межвузовской научно-практической конференции: Современные направления развития технологии, организации и экономики строительства / под общ. ред. д. т. н. профессора А. Н. Бирюкова. – СПб. : ВИ (ИТ), 2015. С. 264–270.

5. Юдина А. Ф., Бадьин Г. М., Верстов В. В. Технологические процессы в строительстве. – 2-е изд., стер. М. : Издательский центр «Академия», 2014. 304 с.

6. Тилинин Ю. И., Юдина А. Ф., Животов Д. А. Совершенствование технологии усиления бетонных колонн при реконструкции каркасных зданий / Вестник гражданских инженеров. СПб.: СПбГАСУ, 2019. № 2(73). С. 104–111.

7. СП 164.1325800.2014 Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования. – М. : Минстрой России, 2015. 52 с.

8. FIB bulletin 14. Externally bonded FRP reinforcement for RC structures. July 2001. CNRDT 200/2004.

**ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ
ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ С ПРИСПОСОБЛЕНИЕМ К СОВРЕМЕННОМУ
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ С УЧЕТОМ
НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ**

**ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS
FOR RECONSTRUCTION WITH ADJUSTMENT TO THE MODERN
USE OF CULTURAL HERITAGE OBJECTS, ACCORDING TO THE BEARING
CAPACITY OF BUILDING STRUCTURES IN THE CITY OF SAINT PETERSBURG**

Санкт-Петербург – это ансамбль архитектурного искусства, который в настоящее время сталкивается с проблемой восстановления объектов культурного наследия (ОКН). Сохранение современной жизни в историческом центре города является основной задачей для Правительства Санкт-Петербурга, поэтому важно приспособить ОКН под актуальные функции для горожан. Изменение параметров ОКН требует тщательного применения на практике организационно-технологических решений для повышения конструктивных и эксплуатационных качеств.

В статье рассмотрены проблемы реконструкции объектов культурного наследия, а также мероприятия по сохранению исторического центра; приведен пример использования современных организационно-технологических решений при реконструкции объектов культурного наследия; описана одна из технологий восстановления железобетонных конструкций.

Ключевые слова: объект культурного наследия (ОКН), организационно-технологические решения, реконструкция, проектирование, планирование, обследование, реставрация.

St. Petersburg is an ensemble of architectural art, which is currently facing the problem of restoring cultural heritage sites (CHOs). Preservation of modern life in the historical center of the city is the main task for the Government of St. Petersburg, so it is important to adapt the ICH to the actual functions for the citizens. Changing the parameters of the OKN requires careful application in practice of organizational and technological solutions to improve the design and operational qualities.

The article deals with the problems of reconstruction of cultural heritage sites, as well as measures to preserve the historical center; an example of the use of modern organizational and technological solutions in the reconstruction of cultural heritage sites is given; one of the technologies for the restoration of reinforced concrete structures is described.

Keywords: Cultural Heritage Object (OCH), organizational and technological solutions, reconstruction, design, planning, inspection, restoration.

Санкт-Петербург является уникальным по масштабу памятником, который хранит в себе объекты строительного искусства, являющиеся материальным свидетельством конкретной исторической эпохи. Утраты культурных ценностей невозможны и необратимы. Любые потери наследия неизбежно отразятся на всех областях жизни нынешнего и будущих поколений, приведут к духовному оскудению, разрывам исторической памяти, обеднению общества в целом. Накапливание и сохранение культурных ценностей – основа развития цивилизации. Без культурного наследия немислимы современная жизнь Санкт-Петербурга и перспективы его развития.

Для сохранения культурного наследия Санкт-Петербурга необходима комплексная исследовательская работа, которая включает в себя мероприятия по охране исторического центра: анализ геологических, гидрологических, экологических, археологических, исторических,

технических, социологических и экономических данных. Формирование такой базы обеспечивает решение проблем при реконструкции с приспособлением.

Основной задачей перед инженерной группой является принятие грамотных организационно-технологических решений, которые принципиально отличаются от нового строительства. К ним относятся: сохранение несменяемых конструкций (стены, фундаменты), производство работ в условиях сложившейся городской застройки (особенно повышенной плотности), ряд специфических технологических процессов (демонтаж конструкций, элементов и систем, усиление сохраняемых конструкций).

Организационно-технологические решения при реконструкции в первую очередь начинаются задолго до начала проектирования – обследование объекта культурного наследия, которое включает в себя следующий порядок:

1. Диагностика и визуальный осмотр.

2. Экспертиза фундамента: ряд геологических проверок с целью сделать заключение о долговечности постройки. Исключить возможность повреждения в результате вымывания подземными водами или «сползания» грунта.

3. Получение прочностных характеристик материала (материалов) объекта, определение уровня их износа. Поиск всех возможных видов дефектов.

4. Проведение обмерных работ (с целью получить точные геометрические характеристики здания или памятника).

На основании проведённых исследований формируется информационная база и разрабатывается методико-технологические рекомендации, которые указывают на техническую возможность механизации работ в процессе реконструкции, что позволяет, в свою очередь, оценить затраты на проектирование и строительство. Основной задачей данного этапа является влияние выполненных решений на сохранность объекта культурного наследия.

Проект реконструкции с приспособлением к современному использованию объектов культурного наследия должен решать организационные и технологические проблемы на всех этапах жизненного цикла.

К организационным проблемам при реконструкции с приспособлением относят использование исторических материалов, их доставка и складирование, в условиях стесненной застройки – это размещение кранов и безопасность производства работ, которые должны обеспечивать возможность выполнения строительно-монтажных работ с минимальными помехами для эксплуатации близлежащих зданий и сооружений; организации транспортных потоков в определенное время суток, по строго зафиксированным трассам и т. д. Кроме того, особого внимания заслуживают вопросы использования для нужд строителей отдельных помещений (зданий), временно передаваемых в их распоряжение. Алгоритм решения заключается в формировании банка информации, который ложится в основу создания проекта производства работ по реконструкции.

Планирование и организация работ при реконструкции должны обеспечиваться инновационными программными обеспечениями и *IT*-решениями, такими как: *BIM*-технологии, которые оптимизируют не только сроки и проектирование, но и улучшают контроль всех процессов строительства; лазерное сканирование (*AR/VR*); программы для расчетов и сметы; мобильные решения для управления проектом и дефект-менеджмента.

После проведения технического обследования перед инженерами стоит задача по решению технологических проблем, таких как размещения и крепления технологической оснастки, временных конструкций и опор, размещения и крепления специального строительного технологического оборудования. А при реконструкции с приспособлением – это усиление несущих конструкций, фундаментов и оснований.

Примером достойной работы инженеров при реконструкции объекта культурного наследия является Ансамбль Первого Кадетского корпуса, целью которого являлось обустройство памятника в учебные аудитории, кабинеты и обслуживающие инфраструктуры Санкт-Петербургского Государственного Университета. В ходе обследований и производства работ были выявлены технологии строительства, о которых ранее не было известно исследовательской группе. С помощью изучения типов кладки и способов перевязки кирпичной кладки стен здания были определены объемно-планировочные решения, начиная с 1730-х годов до середины XIX века (рис. 1).



Рис. 1. Схема этапов строительства западного крыла дворца Меншикова с обозначением типов перевязки кирпичной кладки

Размещение научного центра в стенах бывшего Кадетского корпуса обязывает проектное решение к диалогу истории и современности, к синтезу прогрессивных технологических решений и исторического антуража. На лицевых фасадах здания запроектированы участки музеефикации с окраской стен в оригинальный исторический колер и реконструкцией оконных заполнений петровского периода (рис. 2). В интерьеры интегрированы фрагменты консервируемой кирпичной кладки, штукатурных поверхностей с подлинными слоями окраски и элементами лепного декора. В галереях и подвальных помещениях предусмотрена расчистка и реставрация открытой кирпичной кладки сводов.

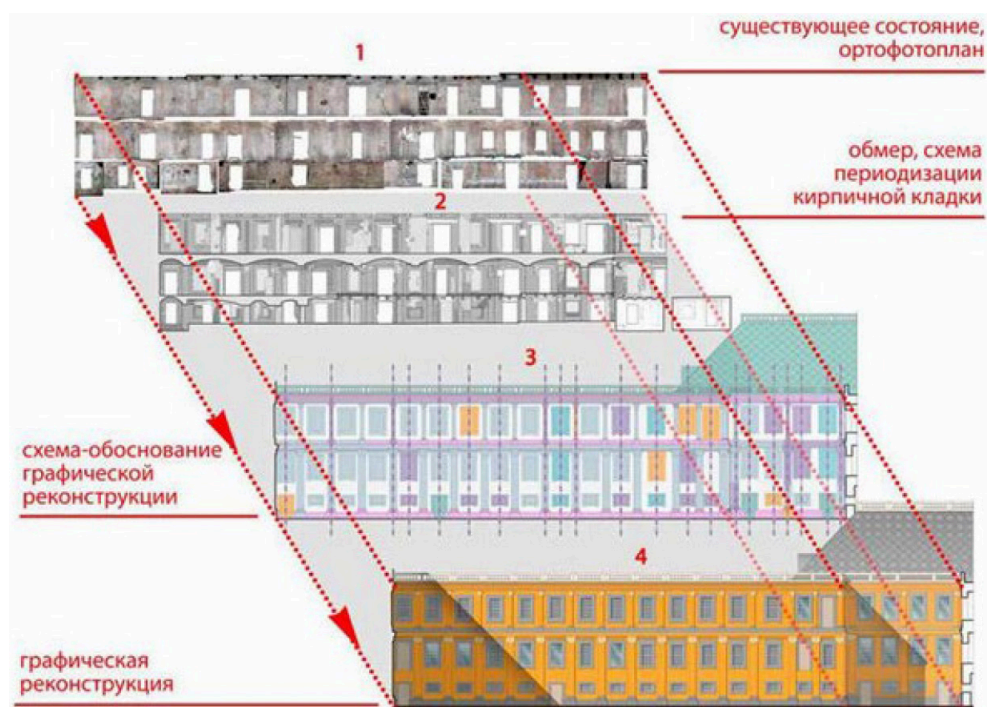


Рис. 2. Последовательность анализа результатов исследований при создании графической реконструкции

Таким образом, обустройство в объекте культурного наследия современного учебного комплекса сохраняет и предъявляет историю одного из немногочисленных дошедших до наших дней памятников Петровской эпохи.

Важным этапом при реконструкции является не только использование исторических материалов, но и применение инновационных технологий для бетонных, железобетонных, металлических, кирпичных и деревянных конструкций. Поэтому в сфере реконструкции, и строительства в целом, постоянно ведутся поиски материалов, которые повышают прочность и устойчивость зданий и сооружений к динамическим нагрузкам и увеличению несущей способности. Последняя передовая методика – усиление конструкций углеволокном (карбоновым волокном).

Материал представляет собой тонкие нити диаметром до 15 мкм. Основа нитей – атомы углерода (карбон), объединённые в микроскопические кристаллы. За счет особого строения атомов кристаллы в решётке имеют параллельное расположение, отсюда высочайшая прочность углеволокна на растяжение. Технология усиления конструкций углеволокном простая. Холсты пропитываются эпоксидным составом и наклеиваются на усиливаемую конструкцию, как обои. Ламели приклеиваются на подготовленную поверхность или вклеиваются в предварительно подготовленные штробы. Прочные карбоновые каркасы особенно актуальны на приопорных участках, в местах изгибов и зонах растяжения конструкций. Удобно, что материалы гибкие и тонкие: можно производить усиление конструкций сложной конфигурации, сохранять объёмно-планировочные решения.

Неотъемлемой частью любого проекта по реконструкции является ремонт железобетонных конструкций, который может выполняться по следующим технологиям:

1. Ремонт железобетонных конструкций ручным способом.
2. Восстановление железобетонных конструкций методом заливки в опалубку.
3. Восстановление сплошных разрушений железобетонных конструкций методом торкретирования.

Перед каждой вышеизложенной технологией первоначальной задачей является подготовка поверхности до «здорового бетона»: ослабленный рыхлый бетон удаляется, очистка поверхности производится абразивным инструментом или водоструйным методом при помощи аппарата высокого давления, края ремонтируемой области необходимо оконтурить на глубину 5–10 мм, оголенная арматура освобождается от слоя бетона по всей окружности на 20 мм и зачищается от ржавчины, в дальнейшем арматура покрывается антикоррозийным покрытием.

Ремонт железобетонных конструкций ручным способом обусловлен нанесением ремонтного материала мастерком или кельмой методом оштукатуривания (рис. 3). При необходимости ремонта повреждений большей глубины материал наносится послойно с промежутками 4 часа.



Рис. 3. Ремонт железобетонных конструкций ручным способом

При восстановлении железобетонных конструкций методом заливки в опалубку применяется щитовая опалубка. Крепеж опалубки осуществляется монтажными анкерными соединениями и распорными балками. В верхней части опалубки предусматривается горловина для заливки раствора. При ремонте горизонтальных разрушений выставляется опалубка по краям ремонтируемой области. Зазоры опалубки герметизируются монтажной пеной.

В подходящей емкости замешивается необходимое количество ремонтного состава, затем состав заливается в горловину. Не допускается уплотнение ремонтного раствора погружным вибратором.

Работы по восстановлению сплошных разрушений железобетонных конструкций методом торкретирования производятся специализированным оборудованием (рис. 4). Минимальная толщина слоя, наносимого за один проход, составляет 40 мм. При необходимости ремонта повреждений большей глубины материал наносится послойно. Количество слоев неограниченно.

При нанесении первого слоя сопло должно находиться на расстоянии 80-100 см от торпедируемой поверхности. Последующие слои наносятся при меньшем расстоянии между соплом и поверхностью, но не менее 50 см.

Торкретирование ведется горизонтальными полосами высотой 1–1,5 м по всей длине поверхности. Торкретирование вертикальных поверхностей следует производить снизу вверх, чтобы «отскок» падал на уже заторкретированную, несколько затвердевшую поверхность.



Рис. 4. Восстановление сплошных разрушений железобетонных конструкций методом торкретирования

Подводя итог о вышеизложенном, можно сделать выводы, что тема исследования очень обширная и в рамках статьи позволяет затронуть не так много организационно-технологических решений. Однако на сегодняшний день инженеры сталкиваются с проблемой отсутствия единого научно обоснованного подхода (в т. ч. и научно-методическая и нормативно-правовая база) к планированию, проектированию и осуществлению реконструкции, следствием чего является несоответствие требуемых и фактических объёмов ремонта и реконструкции.

Литература

1. Федеральный закон «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002 № 73–ФЗ.
2. Комитет по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры [Электронный ресурс]. СПб., URL: <http://kgior.gov.spb.ru/> (Дата обращения: 25.03.2022).
3. Постановление Правительства РФ от 19 апреля 2012 г. № 349 «О лицензировании деятельности по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации».
4. Градостроительный кодекс Российской Федерации № 190-ФЗ от 29.12.2004 (ред. От 02.08.2019) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.11.2019).
5. Постановление Правительства РФ от 15 июля 2009 г. № 569 «Об утверждении Положения о государственной историко-культурной экспертизе».
6. *Навалихин А. Л.* Расчёт стоимости ремонтно-реставрационных работ. Нормативы и коэффициенты на реставрацию / <https://general-smeta.ru/stati/1357-raschjot-stoimosti-remontno-restavratsionnykh-rabot-normativy-i-koeffitsienty-narestavratsiyu.html> (дата обращения: 25.03.2022 г.).
7. РНиП 4.05.01-93 Методические рекомендации по определению стоимости научно-проектных работ для реставрации недвижимых памятников истории и культуры/ https://znaytovar.ru/gost/2/RNiP_4050193_Metodicheskie_gek.html (дата обращения: 25.03.2022 г.).
8. СТО 542825119-001-2016. Технологический регламент на проектирование и выполнение работ по гидроизоляции, ремонту и антикоррозийной защите монолитных, сборных бетонных и железобетонных конструкций с применением материалов системы «КАЛЬМАТРОН», СПб, 162 с.
9. FIB bulletin 14. Externally bonded FRP reinforcement for RC structures. July 2001. CNRDT 200/2004.

УДК 69.01

Арина Леонидовна Гусева, магистрант
Янис Айгарсович Олехнович, старший преподаватель
(Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого)
E-mail: gusevaarina1412@rambler.ru, oyanis@list.ru

Arina Leonidovna Guseva, Master's degree student
Yanis Aygarsovich Olekhnovich, senior lecturer
(Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University)
E-mail: gusevaarina1412@rambler.ru, oyanis@list.ru

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ В НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE USE OF COMPOSITE REINFORCEMENTS IN BEARING STRUCTURES DURING THE CONSTRUCTION OF UNIQUE BUILDINGS

Темпы строительства увеличиваются с каждым годом, возводить здания требуется быстро и максимально экономно, композитные материалы удовлетворяют этим требованиям, а также увеличивают долговечность и эффективность конструкции, так как имеют меньший вес и стойкость к коррозии. В статье проводится оценка эффективности применения композитной арматуры для армирования железобетонных элементов, а также производится расчет металлической арматуры для железобетонных стен, колонн и фундаментной плиты и впоследствии стальная арматура в них заменяется на стеклопластиковую, затем сравнивается вес и стоимость конструкций. Применение композитной арматуры вместо стальной в железобетонных конструкциях позволяет возводить более дешевые, но в то же время качественные сооружения.

Ключевые слова: композитная арматура, несущие конструкции, стоимость, вес, материал, уникальный.

The pace of construction is increasing every year, it is required to build buildings quickly and as economically as possible, composite materials meet these requirements, and increase the durability and efficiency of the structure, as they have less weight and resistance to corrosion. The article evaluates the effectiveness of the use of composite reinforcement for reinforcing reinforced concrete elements, and calculates metal reinforcement for reinforced concrete walls, columns and foundation slabs and subsequently replaces steel reinforcement with fiberglass, then compares the weight and cost of structures. The use of composite reinforcement instead of steel in reinforced concrete structures allows the construction of cheaper, but at the same time high-quality structures.

Keywords: composite rebar, bearing structures, cost, weight, material, unique.

Долговечность и эффективность конструкции является основополагающими в высотном строительстве. Последние годы все чаще используются новые материалы и технологии для повышения долговечности возводимого сооружения, снижения стоимости строительства, а также ускорение процесса строительства. К таким материалам относятся композитные материалы.

Композитные материалы – это материалы, состоящие из нескольких слоев, которые имеют различные свойства: наполнитель и матрица.

Композитная арматура – это неметаллические стержни из углеродных, стеклянных или базальтовых волокон, которые пропитаны термореактивным или термопластичным связующим, а потом отверждены. Для увеличения сцепления с бетоном на основной стержень навивают ещё один пучок волокна, но меньшим диаметром.

Композитная арматура является отличной альтернативой металлической.

В статье мы описываем процесс замены стальной арматуры на стеклопластиковую и сравниваем полученные результаты.

Целью работы является оценка эффективности использования композитной арматуры на примере строительства научно-исследовательского института высотой более 110м.

Для достижения поставленной цели нужно выполнить следующие **задачи**:

1. проанализировать различных видов арматуры, применяемые при строительстве;
2. сравнить стальную и стеклопластиковую арматуры в конструкциях колонн, несущих стены и фундаментной плиты;
3. выявить наилучшие характеристики арматуры в несущих конструкциях.

Рассмотрим разновидности композитных материалов. Их можно подразделить на 2 типа:

- изготавливаемые на заводе.

Жесткие ламинаты, производятся на заводе посредством пропитки тканей полимерными составами и последующем прессовании до полного отверждения.

- формируемые на строительной площадке.

Ткани и холсты, выполненные из однонаправленных или разнонаправленных волокон, скатывают в рулоны. Их наклеивают на поверхность усиливаемого элемента конструкции и послойно пропитывают. В процессе отверждения они образуют композит.

Углепластиковая арматура (АУК). Эффективными являются материалы на основе углеродных волокон. Углеродные волокна меньше подвержены деформации и обладают высокой прочностью. В тоже время углеродные композитные материалы обладают рядом недостатков – высокой стоимостью и низкой огнестойкостью [3].

Базальтопластиковая арматура (АБК) – это неметаллический строительный материал, который производится из базальтовых волокон. Поверхность арматуры покрыта песочным напылением, что повышает ее сцепление с бетоном. Преимущества: высокая стойкость против коррозии и малый вес. Срок эксплуатации составляет 80 лет. Недостаток – низкая пожаростойкость [5].

Стеклопластиковая арматура (АСК) в 9 раз легче стальной арматуры, обладает высокой морозостойкостью, упругостью, низкой теплопроводностью и не проводит электрический ток. Композитная арматуры применяется при температурах от -70°C до $+200^{\circ}\text{C}$, что позволяет использовать ее практически в любых средах.

Использование композитной арматуры значительно снижает массу конструкции и трудовые затраты.

Недостатком стеклопластика является низкий модуль упругости и диаметр до 20 мм [6].

Стеклопластиковая арматура наиболее распространена. В России насчитывается более 20 заводов по производству стеклопластиковой продукции [7].

Рассмотрим недостатки и преимущества **стальной арматуры:**

А) Недостатки:

- Стальная арматура неустойчива к коррозии, что приводит к снижению прочностных характеристик монолитной конструкции, в которой она находится.
- Значительный вес усложняет доставку и хранение арматуры, а также приходится повышать прочность основания.
- Требуется приложения значительных усилий для формирования арматурного каркаса.
- Имеет определенную длину, из-за чего часть арматуры остается неиспользованной после формирования армокаркаса.

Б) Преимущества:

- Сталь хорошо проводит электрический ток и может оказать негативное влияние на радиолокационные системы и системы наведения.
- Стальная арматура имеет высокую прочность, выдерживает вибрационные нагрузки.

В нашей работе мы будем использовать стеклопластиковую арматуру. Сравнение свойств стальной и композитной арматуры приведены в табл.1 [4].

Сравнение свойств стальной и композитной арматуры

Наименование	Предел прочности при растяжении МПа	Модуль упругости ГПа	Предел прочности при сжатии МПа	Плотность т/м ³
АУК	1400	130	300	1,8
АБК	800	50	300	1,9
АСК	800	50	300	2,6
Сталь	450	200–220	450	7,7–7,9

На рис. 1 представлена сравнительная таблица массы стальной и композитной арматуры.

Таблица массы композитной арматуры		
d (мм) ?	Стальная (кг) ?	Композитная (кг) ?
6 (мм)	0.222 (кг)	0.049 (кг)
8 (мм)	0.395 (кг)	0.082 (кг)
10 (мм)	0.617 (кг)	0.134 (кг)
12 (мм)	0.888 (кг)	0.185 (кг)
14 (мм)	1.21 (кг)	0.276 (кг)
16 (мм)	1.58 (кг)	0.352 (кг)
18 (мм)	2 (кг)	0.44 (кг)

Рис. 1. Сортамент арматуры

Композитные материалы применяются для усиления существующих конструкций.

Усиление железобетонных конструкций требуется при наличии следующих проблем: коррозия стальной арматуры; отслаивание защитного слоя бетона; повышение нагрузок при эксплуатации, ошибки при проектировании, изготовлении или монтаже; трансформирование расчетных схем; изменение функционального назначения здания; наличие повреждений в конструкциях.

Существует несколько методов усиления строительных конструкций с помощью композитных материалов:

- увеличение размеров сечения рабочей арматуры за счет вклеивания жестких композитов в штрабы;
- увеличение размеров сечения рабочей арматуры за счет внешнего армирования лентами из композитных материалов;
- повышение трещиностойкости внешним армированием лентами из композитов, расположенными перпендикулярно площадкам образования трещин;
- создание обоймы обертыванием элементов лентами из композитов.

Рассмотрим плюсы композитов перед другими методами усиления строительных конструкций:

- не требуется выводить здание из эксплуатации во время проведения работ
- не нарушается целостность конструкции
- работы производятся просто и быстро
- усиление незаметно на конструкции
- конструкция минимально увеличивается в весе и в объемах

В статье рассмотрен расчет веса арматуры:

а) в колоннах.

В исследуемых колоннах размером 800 x 800 используется арматура диаметром 22 мм. (вертикальные стрежни), 12 мм. (хомуты) и 10 мм. (шпильки).

Из-за ограничений в диаметре стеклопластиковой арматуры мы будем комбинировать стальную и стеклопластиковую арматуру, чтобы облегчить вес конструкции.

В итоге общая масса стальной арматуры на одну колонну составляет 262,62 кг.

Масса стальной и стеклопластиковой арматуры на одну колонну составляет 104,43 кг.

б) в монолитной железобетонной стене.

В монолитной железобетонной стене толщиной 200 мм. используется арматура диаметром 20 мм. (вертикальные стержни), и 10 мм. (горизонтальные стержни) (рис. 2).

<i>Поз.</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Масса ед., кг</i>	<i>Примечание</i>
		<i>Сбоочные единицы</i>			
<i>Кр-2</i>		<i>Каркас поддерживающий</i>	<i>182</i>	<i>1200</i>	<i>218400</i>
<i>Кр-3</i>		<i>Каркас поддерживающий</i>	<i>182</i>	<i>1200</i>	<i>218400</i>
		<i>Детали</i>			
<i>3</i>	<i>ГОСТ 5781-82</i>	<i>Арматура $\varnothing 20$ A500 L=4800</i>	<i>2</i>	<i>5.679</i>	<i>11.358</i>
<i>4</i>	<i>ГОСТ 5781-82</i>	<i>Арматура $\varnothing 20$ A500 L=5400</i>	<i>2</i>	<i>6.784</i>	<i>13.568</i>
<i>5</i>	<i>ГОСТ 5781-82</i>	<i>Арматура $\varnothing 10$ A500 L=180</i>	<i>13</i>	<i>0.111</i>	<i>1.443</i>
<i>6</i>	<i>ГОСТ 5781-82</i>	<i>Арматура $\varnothing 20$ A500 L=1870</i>	<i>2</i>	<i>4.61</i>	<i>9.22</i>
<i>7</i>	<i>ГОСТ 5781-82</i>	<i>Арматура $\varnothing 20$ A500 L=2770</i>	<i>2</i>	<i>6.828</i>	<i>13.64</i>
		<i>Материалы</i>			
		<i>Бетон кл. B25</i>			

Рис. 2. Спецификация арматуры на стену

Общая масса стальной арматуры на стену одного этажа равна 1519,53 кг.

Общая масса стеклопластиковой арматуры стен одного этажа равна 268,48 кг.

в) в фундаментной плите

В железобетонной фундаментной плите толщиной 1200 мм. используется арматура диаметром 25 мм. (фоновая), 36 мм. (усиленная), 16 мм. (каркас на продавливание), 20 мм. (поддерживающий каркас) (рис. 3).

1	ГОСТ 34028-2016	Ø16 A500C	L = 3200	2	5,05	10,10
2	ГОСТ 34028-2016	Ø16 A500C	L = 2040	2	3,22	6,44
3	ГОСТ 34028-2016	Ø16 A500C	L = 1740	1	2,746	2,75
4	ГОСТ 34028-2016	Ø16 A500C	L = 1600	40	2,525	101,04
5	ГОСТ 34028-2016	Ø16 A500C	L = 1160	304	1,831	556,70
6	ГОСТ 34028-2016	Ø36 A500C	L = 16600	15	132,63 4	1989,51
7	ГОСТ 34028-2016	Ø36 A500C	L = 10300	58	82,297	4773,23
8	ГОСТ 34028-2016	Ø36 A500C	L = 10100	10	80,699	806,99
9	ГОСТ 34028-2016	Ø36 A500C	L = 10080	10	80,54	805,40
10	ГОСТ 34028-2016	Ø36 A500C	L = 6480	1302	51,776	67412,52
11	ГОСТ 34028-2016	Ø36 A500C	L = 5980	1428	47,781	68231,10
12	ГОСТ 34028-2016	Ø36 A500C	L = 4000	28	31,96	894,88
13	ГОСТ 34028-2016	Ø36 A500C	L = 3980	28	31,801	890,43
14	ГОСТ 34028-2016	Ø36 A500C	L = 3580	18	28,605	514,89
15	ГОСТ 34028-2016	Ø36 A500C	L = 3560	13	28,445	369,79
16	ГОСТ 34028-2016	Ø36 A500C	L = 3320	13	26,527	344,85
17	ГОСТ 34028-2016	Ø36 A500C	L = 3240	186	25,888	4815,18
18	ГОСТ 34028-2016	Ø36 A500C	L = 1560	13	12,465	162,05
19	ГОСТ 34028-2016	Ø36 A500C	L = 1320	13	10,547	137,11
20	ГОСТ 34028-2016	Ø20 A240	L = 12300	3	30,32	90,96
21	ГОСТ 34028-2016	Ø20 A240	L = 7400	2	18,241	36,48
22	ГОСТ 34028-2016	Ø20 A240	L = 7320	1	18,044	18,04
СК- 23	ГОСТ 34028-2016	Ø25 A500C	L = 129280	250	497,72 8	124432,00
СК- 24	ГОСТ 34028-2016	Ø25 A500C	L = 101260	320	389,851	124752,32

Рис. 3. Спецификация арматуры на фундаментную плиту

Общая масса стальной арматуры на фундаментную плиту равна 404108,62 кг. Масса стальной и стеклопластиковой арматуры на фундаментную плиту равна 402648,88 кг.

В качестве примера рассчитаем стоимость стальной и стеклопластиковой арматуры (на один этаж), и сравним полученные результаты.

Длина применяемой арматуры диаметром 10 мм. – 50,36 м., а диаметром 20 мм. – 25,08 м.
В табл. 2. Представлено сравнение полученных цен.

Таблица 2

Сравнение цен при замене стальной арматуры на стеклопластиковую

Название позиции	Стоимость для металлической арматуры А500С (тыс. руб.)	Стоимость для композитной арматуры АСК (тыс. руб.)
Покупка арматуры	4913,3	3314,6
Транспортировка	17,35	3,06
Погрузка и разгрузка	1600	0
Монтаж	32,66	5,77
Итого	6563,31	3323,33

Из таблицы 2 видим, что при замене стальной арматуры на стеклопластиковую не только уменьшается вес конструкции, но и происходит экономия денежные ресурсы практически в два раза [8].

На рис. 4 представлен график сравнения стоимости композитной и стеклопластиковой арматур.



Рис. 4. График сравнения стоимости композитной и стеклопластиковой арматуры

На основании изложенных результатов сделаны выводы:

- Используя стеклопластиковую арматуру, можно добиться уменьшения собственного веса колонны в 2,5 раза.
- При использовании стеклопластиковой арматуры в стене, масса арматуры уменьшается в 5,5 раз.
- При использовании композитной арматуры в фундаментной плите, вес плиты уменьшается незначительно, так как используется стальная арматура диаметром 16-25 мм. Замена композитной арматурой в фундаменте не дает таких явных результатов, но за счет уменьшения собственного веса здания уменьшается нагрузка на плиту.
- Стоимость использования стеклопластиковой арматуры в два раза ниже, чем стальной.

В настоящее время, доля использования композитных материалов составляет 10% от общего объёма в строительстве. В ходе исследования доказаны их преимущества и недостатки. Рассматриваемый материал имеет большой потенциал в связи с удорожанием металла, значительным его весом и сложностью обработки. Есть предположения, что течение 10 ближайших лет композитный материал стремительно укрепит свои позиции на строительном рынке.

Литература

1. Джанкулаев А. А., Баттаев Ш. А., Атабиев М. М., Безиров Т. Х., Чочуев А. А. Применение Композитной арматура в строительстве // Вопросы науки и образования. 2018. № 29(41). С. 129–130.
2. Есипов С. М. Композитные материалы для усиления строительных конструкций // Образование, наука, производство. 2015. № 25. С. 2475–2479.
3. Бабалич В. С., Казаченко Н. Н. Композитная арматура и области ее целесообразного применения // Успехи современной науки. 2017. № 5. С. 63–66.
4. Авдеева А. А., Шлыкова И. Д., Субботина С. А. Композитные материалы в строительстве // Синергия наук. 2018. № 25. С. 749–754.
5. Ласлова Н. И., Лантев В. Ю., Харьков Н. С. Почему стеклопластик вытесняет сталь // Синергия наук. 2017. № 14. С. 508–521.
6. Зайцев А. А., Петров А. Е., Петренева О. В. Экономическое обоснование использования композитной арматуры // Современные технологии в строительстве, теория и практика. 2017. № 1. С. 328–335.
7. Кисляков К. А., Попугаев А. И. Основные проблемы внедрения композитной арматуры // Фотинские чтения. 2017. № 1(7). С. 64–68.
8. Накашидзе Б. В., Накашидзе Д. Г. Проблемы использования композитной арматуры в строительных конструкциях // Химия, физика и механика материалов. 2020. № 3(26). С. 95–118.
9. Бойченко М. Б., Абакумов Р. Г. Армирование железобетонных элементов с применением композитной арматуры с целью уменьшения стоимости и снижения веса // Инновационная наука. 2017. № 4. С. 34–36.

АЛГОРИТМ РЕНОВАЦИИ 17 КВАРТАЛА В ЯКУТСКЕ

RENOVATION ALGORITHM FOR THE 17 QUARTER OF YAKUTSK

В данной статье рассматриваются вопросы реализации проекта реновации участка в части 17 квартала административной территории Строительная. Определены цель, объект и предмет исследования. Задачи исследования показаны в виде алгоритма и разделены на три этапа: первый этап – обеспечение и переселение жителей во временное жилье, второй этап – снос зданий, третий этап – новое строительство и заселение жителей в новый жилой комплекс.

Ключевые слова: Якутск, жилой квартал, реновация, демонтаж, строительство, организационно-технологические решения, объемно-планировочные решения, жилой комплекс.

This article discusses the implementation of the site renovation project in the part of the 17th quarter of the Stroitel'naya administrative territory. The purpose, object and topic of the study are defined. The research tasks are shown in the form of an algorithm and are divided into three stages: the first stage is the consolidation and relocation of residents to temporary housing, the second stage is the demolition of buildings, the third stage is new construction and the settlement of residents in a new residential complex.

Keywords: Yakutsk, residential quarter, renovation, dismantling, construction, organizational and technological solutions, space-planning solutions, residential complex.

В Якутске, как и в других российских городах запущена программа реновации аварийного жилого фонда. Целью которой является улучшение условий проживания. Переселение осуществляется на основе законодательства РФ. Муниципальная программа разделена на три этапа и осуществляется 2019 – 2025 гг.: 1 – Правовые механизмы населения, организация процесса; 2 – Период переселения с 01.01.2012 – 01.01.2017; 3 – Снос аварийных домов.

Основные показатели расселения для 5240 чел.: площадь – 63 339,53 м²; помещения – 1 841 ед. [1–3].

Цель исследования – разработать организационно-технологические решения по реновации жилого квартала в Якутске, обеспечивая последующее заселение жителей на территории рассматриваемого квартала.

Объектом исследования является часть 17 квартала административной территории «Строительная».

Предмет исследования – архитектурно-конструктивные и организационно-технологические параметры существующей застройки и проектируемого жилого комплекса.

Теоретической базой исследования стали научные труды И. Л. Киевского [4] и О. Н. Дьячковой [5]. Также учтены экологические проблемы северных городов [6].

На городских жителей влияют изменения в окружающей среде, вызванные антропогенно-техногенным воздействием хозяйствования человека [7]. Поэтому принято решение минимизировать негатив на природу Якутска. Демонтаж конструкций планируется поэтапным с разделением и утилизацией отходов [8, 9]. Главным приоритетом является защита почвы и воздуха [10].

Задачи исследования представлены в виде алгоритма на (рис. 1) и разделены на три этапа, последовательно выполняемые в процессе обучения в магистратуре.

Результаты проведенного анализа по первому этапу исследования представлены автором в статьях [11, 12].

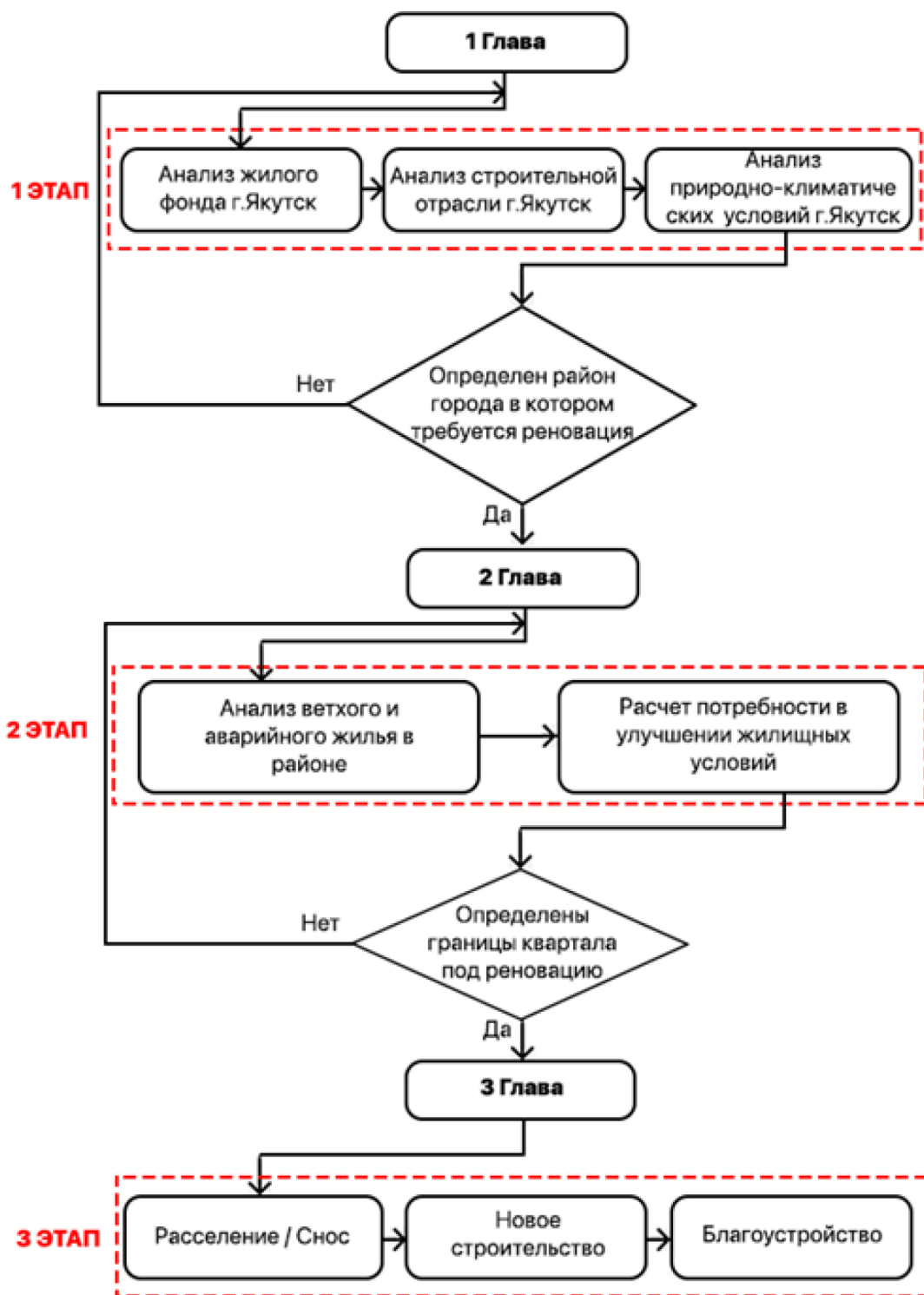


Рис. 1. Алгоритм исследования

Обновление жилого фонда административной территории «Строительная» в части 17 квартала и повышение качества жизни жителей являются практической значимостью работы (рис. 2). Проведение реновации обосновано тем, что деревянные дома построенные в послевоенное время – 60–70 гг. XX в. и считаются аварийными [13]. После сноса на их месте возводится новый жилой комплекс (ЖК) [14]. При разработке генерального плана участка реновации планируется учесть существующие проблемы жилых кварталов, вызванные увеличением плотности жилой застройки [15, 16].



Рис. 2. Локация участка реновации в 17 квартале: 1 – участок аварийных домов под снос; 2 – участок строительства нового жилого комплекса

Новый ЖК состоит из двух 14-ти этажных башен с общим надземным стилобатом, в котором расположен паркинг из расчета 2 машины на квартиру, так как в Якутске растет численность населения и парк личного автотранспорта [17]. Кровля стилобата будет эксплуатироваться, на ней разместятся детские площадки и элементы озеленения. Недалеко от нового ЖК расположены сектор индивидуальный жилой застройки, поэтому зеленые насаждения необходимы при благоустройстве 17 квартала [18]. При выборе древесно-кустарниковой и травянистой растительности необходимо учитывать суровый климат города [19]. А также провести расчет потребности озеленения придомовой территории [20].

Конструктивное решение представляет собой монолитный каркас из железобетона. Жесткость и неизменяемость несущего остова создаются дисками перекрытий с лестничной клеткой (ядро жесткости) в их совместной работе. Подземная часть проектируется по СП 25.13330.2012 по I принципу использования вечномёрзлого грунта. Мёрзлое состояние грунта обеспечивается таким образом, что сваи образуют вентилируемое подполье. Для сборных Ж/Б свай (500×500) пробуривается скважина с диаметром (600 мм), которые заполняются известково-песчаным раствором. Плиты перекрытия, рандбалки, ростверки и покрытия стилобата, а также колонны – монолитный железобетон армированные отдельными стержнями. Перекрытия междуэтажные из монолитного железобетона, безбалочные. Кладка стен производится из мелких бетонных камней. Применен вентилируемый фасад с утеплителем ПЖ-100, и ПЖ-140 по ГОСТ 9573-2012.

Реализация проекта реновации проводится в три этапа: первый этап – обеспечение и переселение жителей во временное жилье, второй этап – снос зданий, третий этап – новое строительство и заселение жителей в новый ЖК (рис. 3).

Переселение жителей планируется начать в январе, снос намечен на весну, устройство нулевого цикла в начале мая, возведение стилобата в течение лета, затем строительство двух 14-этажных башен ведется параллельно и продолжается порядка 2,5 лет включая отделочные и наружные работы.

Реализация проекта реновации в части 17 квартала продлится 835 дней, включает снос 5 деревянных домов и возведение на их месте жилого комплекса. Последовательность выполнения работ по сносу состоит из 2-х частей. Первая часть: работы подготовительного периода, вторая часть: работы основного периода. На этапе демонтажа конструкций предполагается отдельный сбор и утилизация строительных отходов [21]. В проекте нового ЖК

учтены потребности жителей. При заселении жители имеют возможность выбрать категорию жилья по качеству: эконом, бизнес или элитный классы. ЖК представляет собой два 14-этажных здания точечного типа, объединенных стилобатом. На 2 башни ЖК приходится 100 однокомнатных, 60 двухкомнатных, 20 трехкомнатных квартир и 12 пентхаусов. На верхних трех этажах в башнях расположены квартиры площадью 312,5 м² – пентхаусы, а на первых этажах планируются помещения под кафе, магазины и кладовые.

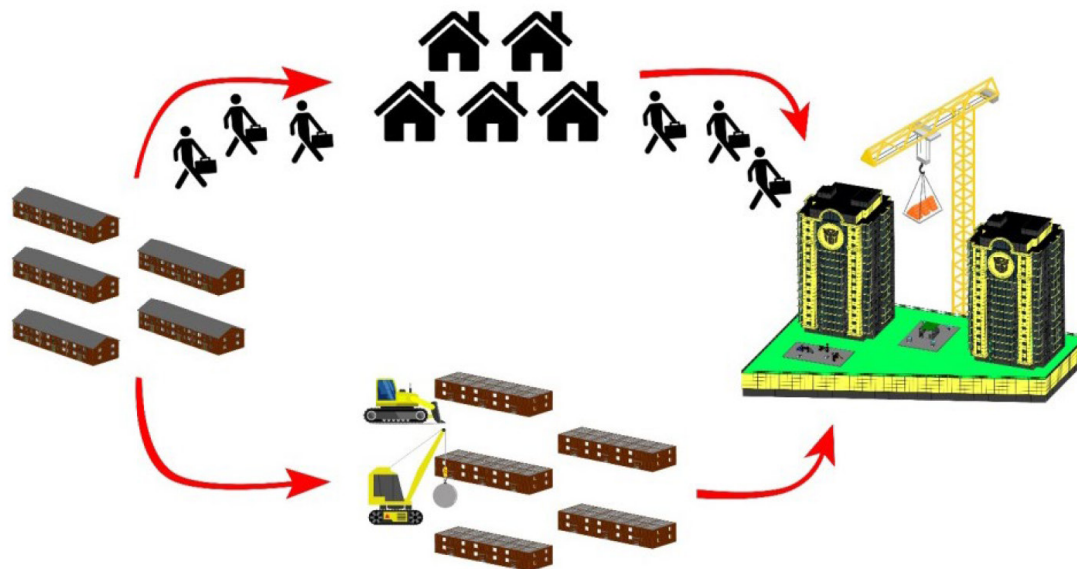


Рис. 3. Схема реализации проекта реновации

Таким образом, в статье представлены результаты по архитектурному, объемно-планировочному и конструктивному решению проектируемого в выпускной квалификационной работе жилого комплекса, а также рассмотрены организационные вопросы реализации проекта реновации.

Литература

1. Окружная администрация города Якутска. Постановление от 1 марта 2019 года № 54п : Об утверждении муниципальной адресной программы «Переселение граждан из аварийного жилищного фонда на 2019–2025 годы» на территории городского округа «Город Якутск».

2. Сайт Реформа ЖКХ [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://www.reformagkh.ru/relocation/programs/sf?tid=2360536/>

3. Сайт Окружной администрации г. Якутска [Электронный ресурс] – URL: <https://yakutskcity.ru/>

4. Киевский И. Л. Комплексное моделирование процессов координации и управления крупномасштабными городскими проектами рассредоточенного строительства: автореферат дис. ... доктора. техн. наук: 2.1.7 / Илья Леонидович Киевский. М. : МГСУ, 2021. – 46 с.

5. Дьячкова О. Н. Системная оценка параметров технологий возведения жилых многоэтажных зданий: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08 / Ольга Николаевна Дьячкова. – СПб. : СПбГАСУ, 2009. 20 с.

6. Колтышева А. Р., Маршалкович А. С. Экологические проблемы функционирования инфраструктуры северных городов. // Экологические проблемы региона и пути их решения. / XII Международной научно-практической конференции [Омск, 15–16 мая 2018].

7. Дьячкова О. Н. Влияние состояния природных компонентов городской среды на здоровье населения // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования : сб. докл. Первой Национальной конф. «Актуальные проблемы строительной отрасли и образования». М. : МИСИ–МГСУ, 2020. С. 449–554.

8. Дьячкова О. Н. Проблемы внедрения раздельного накопления ТКО на контейнерных площадках жилых многоквартирных домов // Потаповские чтения: сб. докл. Всероссийской науч. конф., посвященной памяти д. т. н., проф. А. Д. Потапова «Потаповские чтения». [Москва, 18 мая 2021 г.] – М. : МИСИ–МГСУ, 2021. – С. 53–59.

9. Будзинский П. А. Утилизация бетона на строительной площадке при реновации урбанизированных территорий // Потаповские чтения : Сб. докл. Всероссийской науч. конф., посвященной памяти д. т. н., проф. А. Д. Потапова «Потаповские чтения». [Москва, 18 мая 2021 г.]. М. : МИСИ–МГСУ, 2021. С. 23–29.
10. Дьячкова О. Н. Влияние загрязнения почвы на экологическую безопасность городской среды Санкт-Петербурга // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2020. № 1. С. 67–71.
11. Дьяконов Г. А. Развитие строительного комплекса Республики Саха (Якутия) // Технология и организация строительного производства. Сб. докл. всероссийской молодежной научно-практической конференции. [СПб., 28–29 апреля 2021 г.]. СПб. : СПбГАСУ, 2021.
12. Дьяконов Г. А. Тенденции нового строительства в Якутске. // Сб. докл. Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию кафедры организации строительства и управления недвижимостью НИУ МГСУ [г. Москва, 18 марта 2021 г.]. М. : МИСИ–МГСУ, 2021.
13. Дьячкова О. Н. Методы оценки эффективности показателей жизненного цикла жилых многоэтажных зданий // Жилищное строительство. 2009. № 3. С. 2–3.
14. Дьячкова О. Н. Системотехнические основы выбора эффективных конструктивно-технологических решений жилых многоэтажных зданий (на примере Санкт-Петербурга) // Вестник гражданских инженеров. 2008. № 3 (16). С. 61–68.
15. Дьячкова О. Н. The ecological resource of an urbanized territory // Недвижимость: экономика, управление. 2021. № 3. С. 48–55.
16. Дьячкова О. Н. Экосистема жилого квартала: проблемы, перспективы развития // Строительство: наука и образование. 2021. Т. 11. Вып. 3. Ст. 1.
17. Дьячкова О. Н. Устойчивое развитие территории жилого квартала // Устойчивое развитие территорий : сб. докл. III Междунар. научн.-практ. конф. «Устойчивое развитие территорий». [26–27 мая 2021 г.] М. : МИСИ–МГСУ, 2021. – С. 57–61.
18. Дьячкова О. Н. Принципы стратегического планирования развития «зеленой» инфраструктуры городской среды // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. Вып. 8. С. 1045–1064.
19. Дьячкова О. Н. Визуализация знаний о городских зеленых насаждениях // Жилищное строительство. – 2022. – № 1–2. – С. 60–67.
20. Дьячкова О. Н. Зеленые насаждения в системе благоустройства придомовых (приватных) территорий многоквартирных зданий // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2022. № 1. С. 85–95.
21. Дьячкова О. Н. Система раздельного сбора твердых коммунальных отходов жителями многоквартирных домов // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. Вып. 7. С. 838–858.

УДК 693.547.64:69.057.512

Дмитрий Алексеевич Едуков, студент
Вадим Юрьевич Алпатов, канд. тех. наук, доцент
(Самарский государственный
технический университет)
E-mail: avu75@mail.ru, inbox163@inbox.ru

Dmitry Alekseevich Edukov, student
Vadim Yurievich Alpatov, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Samara State
Technical University)
E-mail: avu75@mail.ru, inbox163@inbox.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНИРОВАНИЯ ПРИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF CONCRETING TECHNOLOGY AT UNFAVORABLE OUTDOOR AIR TEMPERATURES

В статье рассматриваются современные технологии бетонирования при неблагоприятных температурах наружного воздуха, приводятся их достоинства и недостатки, а также оценка энергоэффективности. Предлагается технологическая схема, включающая систему охлаждения/нагрева опалубки со встроенными каналами, объединенными в замкнутый гидравлический контур с источником теплохолодоснабжения. Данная усовершенствованная технологическая схема бетонирования позволит поддерживать требуемое качество монолитного железобетона при неблагоприятных температурах наружного воздуха при меньших энергетических затратах на поддержание требуемой температуры бетонной смеси в блоке.

Ключевые слова: термоопалубка, система охлаждения, чиллер, технология бетонирования, жаркий климат, теплоноситель.

The article discusses modern concreting technologies at unfavorable outdoor temperatures, their advantages and disadvantages, as well as an assessment of energy efficiency. A technological scheme is proposed that includes a formwork cooling/heating system with built-in channels combined into a closed hydraulic circuit with a source of heat and cold supply. This improved technological scheme of concreting will allow maintaining the required quality of monolithic reinforced concrete at unfavorable outdoor temperatures at lower energy costs to maintain the required temperature of the concrete mixture in the block.

Keywords: thermal formwork, cooling system, chiller, concreting technology, hot climate, coolant.

В настоящее время наиболее распространена технология монолитного домостроения, позволяющая возводить высотные многоквартирные жилые дома. В тоже время необходимо сохранять темпы строительства вне зависимости от температуры окружающего воздуха, так как при неблагоприятных отрицательных и положительных температурах окружающего воздуха наблюдается резкое снижение прочности бетона, которое может достигать значения до 50 % [1, 2].

Также большую роль играет значительное время нахождения бетонной смеси в блоке при неблагоприятных температурах, для компенсации влияния которых во избежание прекращения процесса гидратации требуется совершенствование технологии бетонирования [3, 4].

Вышеуказанные проблемы решаются зимой за счет применения специальных добавок в бетонную смесь или применения искусственного прогрева. В летний период производят охлаждение водой или холодным воздухом компонентов бетонной смеси и саму бетонную смесь перед подачей в блок [1].

Существующие способы, направленные на повышение качества бетонных работ в зимний период и в условиях сухого жаркого климата, можно разделить на несколько групп (табл. 1, 2).

**Анализ существующих способов, применяемых
при бетонировании в зимний период**

№ п/п	Наименование	Достоинства	Недостатки	Примечание
1. Приготовление и транспортировка смеси				
1.1	Подогрев заполнителей и воды	Предотвращение образования льда в процессе приготовления бетонной смеси	Требуется парогенератор, утилизатор дымовых газов или паровой котел для прогрева заполнителей. Требуется водогрейный котел для нагрева воды	Необходимость дополнительной теплоизоляции во избежание быстрого остывания нагретых компонентов
1.2	Транспортировка бетонной смеси в закрытой и утепленной таре	Возможность сохранения оптимальной температуры бетонной смеси при дальних расстояниях транспортировки	Необходимо оборудовать автотранспорт двойным дном с полостью для поступления выхлопных газов. Затраты на дополнительное техническое обслуживание и необходимость очистки поверхности от копоти для поддержания эффективности теплообмена	Необходимость дополнительной теплоизоляции транспортного средства
2. Поддержание температуры бетонной смеси в процессе её выдерживания в опалубке				
2.1	Метод «термоса»	Высокая мобильность и оборачиваемость применяемого материала для теплоизоляции. Возможность использования материала со строительной площадки	Ограничения по температурному диапазону применения способа. Невозможность регулирования температуры бетонной смеси в блоке. Необходимость применения дорогостоящего высокоэкзотермического и быстротвердеющего цемента	Является завершающим этапом технологического процесса различных способов искусственного прогрева бетона
2.2	Предварительный кратковременный разогрев электрическим током	Скорость реализации процесса нагрева бетонной смеси 10–15 минут. Доступность способа при возможности выделения соответствующей электрической мощности	Увеличение нагрузки на систему электроснабжения подъемного крана из-за использования бады со встроенными электродами и наружным вибратором. Большие электрические мощности для реализации процесса. Необходимость учета потерь из-за омического сопротивления при прогреве бетонной смеси. Низкая эффективность из-за быстрого остывания	Дополнение метода «термос»

№ п/п	Наименование	Достоинства	Недостатки	Примечание
2.3	Применение добавок – ускорителей	Широкий диапазон применения в зимний период. Простота реализации способа. Использование обычного портландцемента	Необходимость приготовления бетонной смеси на прогретых заполнителях. Удорожание процесса из-за высокой стоимости добавок. Недостаточно изучена долговечность монолитного железобетона при использовании добавок в сочетании с низкими температурами проведения работ по бетонированию	Эффективность при сочетании с методом «термос» и подогревом заполнителей смеси и воды (п. 1.1)
2.4	Электродный прогрев	Высокая скорость установки в рабочее положение. Использование внутренних и внешних электродов. Доступность реализации способа	Необходимость поддержания равномерного температурного поля. Повышенный расход электроэнергии на реализацию способа. Необходимость увеличения мощность временной сети электроснабжения строительной площадки. Требования по соблюдению электробезопасности. Необходимость учета потерь из-за омического сопротивления при прогреве бетонной смеси. Высокая температура в зоне контакта ТЭНа. Утечки тока через бетон	Ограничение по насыщенности арматурой конструкции
2.5	Электрический прогрев с помощью ТЭНов	Использование проводов в качестве источников тепла. Ток не проходит через бетон	Использование дорогостоящего материала. Низкая надежность из-за возможности обрыва проводки. Износ изолирующего слоя электропровода на морозе	Эффективность при сочетании с методом «термос» и подогревом заполнителей смеси и воды (п. 1.1)
2.6	Кондуктивный нагрев	Высокая обрачиваемость за счет использования термоэлектроматов. Передача теплоты за счет теплопроводности от конструкции термоопалубки	Повышенный износ термоэлектроматов на морозе. Высокий расход электроэнергии, необходимость подключения дополнительной электрической мощности. Необходимость теплоизоляции наружной поверхности термоэлектроматов	Эффективность при сочетании с методом «термос» и подогревом заполнителей смеси и воды (п. 1.1)

№ п/п	Наименование	Достоинства	Недостатки	Примечание
2.7	Инфракрасный нагрев	Использование поглощения телом инфракрасных лучей. Отсутствие промежуточного переноса теплоты	Высокая температура инфракрасного излучения. Необходимость оборудования системой автоматизации для недопущения больших температурных перепадов. Цикличность включения-выключения установок. Необходимость соблюдения повышенных требований по электробезопасности	Сложности с реализацией метода «термос» из-за расположения установки на расстоянии от опалубки
2.8	Индукционный нагрев	Бесконтактный способ тепловой обработки. Используется теплота, выделяемая в арматуре. Меньший расход электроэнергии в сравнении с ТЭНом.	Сложность конструкции индукционного нагревателя. Наличие высокочастотных токов. Повышенные требования к стабильности электроснабжения. Постоянный контроль рабочих параметров для предотвращения чрезмерного нагрева бетонной смеси.	Эффективность при сочетании с методом «термос» и подогревом заполнителей смеси и воды (п. 1.1)

Таблица 2

Анализ существующих способов, применяемых при бетонировании в условиях сухого, жаркого климата

№ п/п	Наименование	Достоинства	Недостатки	Примечание
1. Приготовление и транспортировка смеси				
1.1	Использование ПАВ	Малые трудовые затраты реализации способа	Удорожание стоимости приготовления бетонной смеси за счет добавок ПАВ	
1.2	Охлаждение водой заполнителей	Малые трудовые затраты реализации способа	Повышенный расход воды, необходимость искусственного охлаждения воды	
1.3	Использование льда	Охлаждение бетонной смеси перед укладкой в блок	Снижение гидратации, прочности бетона. Требуется оборудование по получению льда	Максимальная концентрация 50 % льда в массе воды [1]
1.4	Охлаждение воздуха, подаваемого в бетоно-смеситель	Создание благоприятной температуры бетонной смеси при смешивании	Уменьшение эффекта при дальнейшей транспортировке. Требуется источник искусственного холода	

1.5	Охлаждение арматуры водой	Создание благоприятного температурного режима в зоне контакта арматуры с бетонной смесью	Малый период действия способа. Повышенный расход воды, необходимость отвода воды и искусственного охлаждения воды.	
1.6	Охлаждение поверхности опалубки холодной водой	Создание благоприятного температурного режима в зоне контакта опалубки с бетонной смесью	Малый период действия способа. Повышенный расход воды, необходимость отвода воды и искусственного охлаждения воды.	
2. Уменьшение температуры бетонной смеси в процессе её выдерживания в блоке				
2.1	Охлаждение с помощью встроенных трубопроводов	Управление температурой бетона в объеме	Ограничения на толщину слоя бетона и невозможность использования в гражданском строительстве. Повышенный расход материала на трубопроводный контур	Применяется только при бетонировании массивных фундаментов
3. Уменьшение обезвоживания бетона в процессе твердения				
3.1	Уход за бетоном (смачивание поверхности)	Уменьшение обезвоживания и шелушения наружного слоя бетона	Невозможность управления температурой бетона в объеме. Повышенный расход воды	
3.2	Установка защитного покрытия (паронепроницаемого)	Уменьшение обезвоживания и шелушения наружного слоя бетона	Невозможность управления температурой бетона в объеме. Низкая эффективности при сложной конфигурации укрываемой поверхности	Создание укрытия из пленки и труб
3.3	Установка защитного покрытия (паропроницаемого)	Предотвращение обезвоживания и шелушения наружного слоя бетона. Малая трудоемкость реализации способа. использование строительных отходов	Невозможность управления температурой бетона в объеме. Увеличение отходов при выполнении работ. Загрязнение окружающей среды. Необходимость балластировки и закрепления к основанию	Возможность применения мешковины, рогожки, брезента

На основании анализ табл. 1 можно сделать вывод о том, что в настоящее время в зимний период времени эффективным способом поддержания требуемой температуры бетонной смеси в блоке будет использование искусственного прогрева с помощью электрического тока.

Однако, применение электрического тока для прогрева бетонной смеси сопровождается повышенными затратами на большие величины электрической мощности. Например, если требуется разогреть 1 м³ смеси до температуры 60 °С за период времени 15 минут, то потребуется затратить 240 кВт, а при уменьшении времени разогрева до 10 минут – 360 кВт [1, с. 92].

Таким образом, при применении на строительной площадке бады объемом 2,5 м³ для предварительного разогрева смеси на морозе до температуры 60 °С за 10 минут будет затрачено 900 кВт! Такие чрезмерные затраты электроэнергии резко снижают энергоэффективность способов искусственного прогрева и будут способствовать увеличению себестоимости строительной продукции, производимой в зимний период времени.

Анализируя табл. 2, можно сделать вывод о том, что для охлаждения бетонной смеси в блоке для объектов гражданского строительства эффективным будет использование холодной воды для предварительного охлаждения компонентов, а также поверхностей контакта бетонной смеси с арматурой и опалубкой.

Температура холодной воды в летний период при расчетах холодного водопотребления равна в среднем 15 °С [5]. На строительной площадке при организации временного холодного водоснабжения часть трассы трубопроводов может быть проложена по «временной схеме» наземным способом. Также протяженные наземные трубопроводы в жарком климате обеспечат дополнительный нагрев холодной воды, что может снизить эффективность способов, указанных в табл. 2.

Таким образом, одним из главных условий для бетонирования в сухом и жарком климате будет наличие источника холодоснабжения для охлаждения воды, используемой при смачивании нагретых поверхностей и бетонной смеси в блоке.

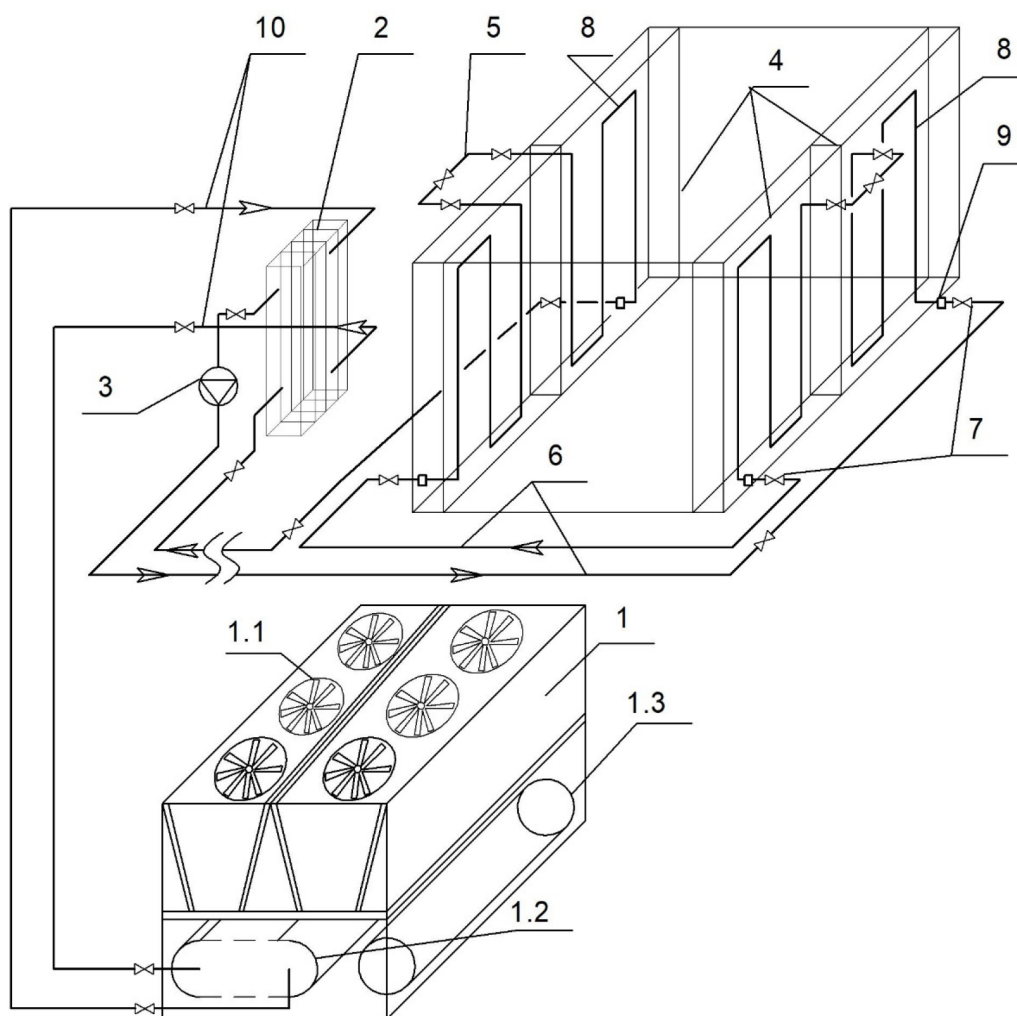
В настоящее время в качестве одной из альтернатив отопления с помощью электрических котлов промышленных и гражданских объектов выступают тепловые насосы или система кондиционирования здания на основе парокомпрессионной холодильной установки [6]. Такая система кондиционирования в зимний период времени работает в режиме «теплового насоса» и позволяет в определенном диапазоне температур (до –20 °С) вырабатывать тепло для нагрева теплоносителя системы отопления. В летнее время такая система кондиционирования переводится в режим «охлаждение» и позволяет ассимилировать тепло для создания в жарком климате комфортных условий в обслуживаемых помещениях.

Система кондиционирования на базе парокомпрессионной холодильной установки в режиме теплового насоса потребляет меньше электрической энергии в сравнении с системой отопления, работающей от электрического котла, при одинаковой тепловой мощности [7, 8]. Показатель энергоэффективности теплового насоса или коэффициент «COP», который равен отношению тепловой мощности к затраченной электроэнергии на привод компрессора, вентиляторов и насосов, равен от 2 до 5 единиц [6]. То есть при неблагоприятных условиях работы теплового насоса в зимний период времени экономия электрической энергии составит минимум 2 раза.

Способы, описанные в вышеприведенных таблицах и позволяющие улучшить качество монолитного железобетона можно объединить и унифицировать для использования одной установки при использовании единой системы теплохолодоснабжения опалубок со встроенными каналами для теплоносителя.

Гидравлическая схема такой установки представлена на рисунке. Универсальная установка теплохолодоснабжения опалубок позволит нагревать бетонную смесь в блоке в зимний период и охлаждать летом.

Основным элементом установки теплохолодоснабжения опалубок является чиллер (охладитель/нагреватель жидкости), в состав которого входит компрессор, воздушный конденсатор 1.1, бак-аккумулятор 1.2, испаритель 1.3 и встроенная насосная станция.



Принципиальная схема работы системы охлаждения термоопалубок со встроенными каналами для теплоносителя: 1 – чиллер с конденсатором воздушного охлаждения 1.1, встроенным гидромодулем 1.2 и испарителем 1.3; 2 – теплообменник контура опалубки; 3 – циркуляционный насос контура опалубки; 4 – опалубка с каналами для теплоносителя; 5 – гибкий трубопровод-перемычка для соединения контуров опалубки; 6 – циркуляционный трубопровод контура охлаждения опалубок; 7 – отключающее устройство; 8 – встроенный канал опалубки; 9 – разъемное соединение для подключения к трубопроводу; 10 – циркуляционный трубопровод контура «чиллер – теплообменник»

Гидравлическая схема установки состоит из чиллера 1, теплообменника 2 контура опалубки, циркуляционного насоса 3 контура опалубки, опалубки 4 со встроенными каналами для теплоносителя, трубопроводов 5 для соединения опалубки между собой в замкнутый гидравлический контур и трубопроводной системы, обеспечивающей движение теплоносителя по замкнутому контуру между опалубками.

Технологический процесс будет осуществляться следующим образом: после укладки бетонной смеси в блок необходимо произвести монтаж трубопроводной системы. В качестве теплоносителя контура опалубок может использоваться вода в летний период и пропиленгликолевая смесь с водой в зимний период. Гидравлическая система опалубок одноконтурная: вода поступает последовательно из одной в другую опалубку, а затем направляется в теплообменник 2. Требуемый напор и расход обеспечивается циркуляционным насосом 3.

После завершения работ по подключению гидравлического контура теплохолодоснабжения опалубок необходимо включить чиллер 1, который представляет собой холодильную установку на базе компрессоров винтового или спирального типа со встроенным гидравлическим

модулем [6]. Чиллер 1 обеспечивает циркуляцию по трубопроводам 10 и нагрев/охлаждение промежуточного холодоносителя, подаваемого в пластинчатый теплообменник 2. В качестве промежуточного теплоносителя в контуре чиллер 1 – теплообменник 2 необходимо использовать пропиленгликолевую смесь с водой, так как в холодильном контуре температура кипения фреона 0...–2 °С.

Температуру бетонной смеси в блоке можно регулировать следующими способами:

1. Изменением расхода насосной станции, встроенной в чиллер 1.
2. Изменением расхода циркуляционного насоса 3 контуром опалубки.
3. Регулированием температуры кипения за счет изменения давления на всасывающей магистрали фреонового контура парокомпрессионной установки.

По окончании работ по бетонированию и набору бетона требуемой прочности производится демонтаж гидравлического контура опалубки, перестановка на новую захватку и повторение вышеописанных операций.

Таким образом, применение опалубок со встроенными каналами для теплоносителя, соединенных в единую гидравлическую систему с источником теплоснабжения – чиллером, позволит снизить потребление электроэнергии, увеличить энергоэффективность технологии бетонирования при неблагоприятных температурах окружающего воздуха и обеспечить непрерывность процесса бетонирования вне зависимости от климатических условий. Также применение источника теплоснабжения – чиллера с опалубками со встроенными каналами для теплоносителя позволит использовать одно и то же оборудование при отрицательных и положительных температурах окружающего воздуха.

Можно сделать вывод о том, что применение опалубки со встроенными каналами позволит круглогодично обеспечить контроль температуры бетонной смеси в блоке для тонкостенных пространственных конструкций при лучших показателях энергоэффективности за счет применения парокомпрессионной холодильной установки.

Литература

1. *Еришов М. Н., Липидус А. А., Теличенко В. И.* Технологические процессы в строительстве. Книга 5. Технология монолитного бетона и железобетона. М. : Изд-во АСВ, 2016. 128 с.
2. *Теличенко В. И., Терентьев О. М., Липидус А. А.* Технология возведения зданий и сооружений: Учеб. для строит. Вузов. М. : Высшая школа, 2004. 446 с.
3. *Таги Эль-Дин Шарфи Деррар.* Совершенствование технологии бетонирования тонкостенных пространственных конструкций в условиях сухого жаркого климата: специальность 05.23.08 «Технология и организация строительства» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. М. : 1993. 21 с.
4. *Киселев Д. А.* Технология бетонирования каркаса здания в условиях жаркого климата // 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. 168–170.
5. СП 30.13330.2020 Внутренний водопровод и канализация зданий [Текст]. – Введ. 2021-07-01. – М. : Стандартинформ, 2021. 90 с.
6. *Белова Е. М.* Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами / Е. М. Белова ; Белова Е. М. [Изд. 2-е, испр.]. М.: Евроклимат, 2006. – 399 с. – (Библиотека климатехника).
7. *Шеремет Е. О.* Применение тепловых насосов в системах централизованного теплоснабжения в целях повышения экономичности и энергоэффективности тепловых сетей / Е. О. Шеремет, А. С. Семенов // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8–1. С. 54–57. – EDN QYYRFX.
8. *Степанова Е. Г., Беркут Д. В., Беззаботов Ю. С., Баженов С. Г.* Оценка энергоэффективности работы парокомпрессионного теплового насоса // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: Сборник статей по материалам V Международной научно-практической конференции, посвященной 15-летию кафедры технологии хранения и переработки животноводческой продукции Кубанского ГАУ, Краснодар, 29 марта 2019 года / Отв. за вып. А. А. Нестеренко. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, 2019. С. 588–591. EDN XNTDOI.

АКТУАЛЬНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ ЧЕРДАЧНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ В МАНСАРДНЫЙ ЭТАЖ

RELEVANCE OF RECONSTRUCTION OF ATTITS TO THE MANSARD FLOOR

В Санкт-Петербурге, как и в России в целом, в последние годы стало активно развиваться мансардное строительство. Благодаря оригинальности и экономичности, оно получило широкое признание во всем.

С переходом на рыночные отношения реконструкция кирпичных, крупнопанельных, крупноблочных и других построек 50–70-х годов, является приоритетным направлением в строительной отрасли. На сегодняшний день, кроме сохранения самого строения, важно улучшить комфорт и качество проживания в нем, а также изменить их архитектурный вид.

Мансардное строительство достаточно широко используется во всем мире не только в реконструкциях, но и при новом строительстве. Реконструкция зданий зачастую происходит с заменой кровельного покрытия с утеплением, а иногда и с заменой стропил. Любая реконструкция требует значительных средств, которых, как известно, ни у кого нет. Однако, как показывает практика, реконструкция здания с надстройкой мансарды – это привлекательный проект для инвесторов и строителей, а также очень выгоден для жильцов.

Ключевые слова: мансарда, мансардный этаж, реконструкция, конструкция, этаж.

In St. Petersburg, as well as in Russia as a whole, attic construction has been actively developing in recent years. Due to its originality and economy, it has received wide recognition in everything.

With the transition to market relations, the reconstruction of brick, large-panel, large-block and other buildings of the 50–70s is a priority in the construction industry. Today, in addition to preserving the building itself, it is important to improve the comfort and quality of living in it, as well as change their architectural appearance.

Mansard construction is widely used all over the world not only in reconstructions, but also in new construction. Reconstruction of buildings often occurs with the replacement of roofing with insulation, and sometimes with the replacement of rafters. Any reconstruction requires significant funds, which, as you know, no one has. However, as practice shows, the reconstruction of a building with an attic superstructure is an attractive project for investors and builders, and is also very beneficial for residents.

Keywords: attic, attic floor, reconstruction, construction, floor.

Когда начали восстанавливать разрушенные города и поселки в конце 40–50-х гг. для того, чтобы обеспечить население жильем возводили невысокие дома простых архитектурных форм из самых простых строительных материалов. Эти дома сохранились и на сегодняшний день. Как правило, они расположены в центральной части города, очень престижны, имеют удобную транспортную развязку и развитую инфраструктуру. У них низкая плотность застройки. Однако, внешнее состояние и состояние их инженерных и конструктивных систем нуждается в реконструкции. В Российской Федерации необходимые объемы реконструкции жилых зданий составляют более 700 млн м² общей площади. Из них около 6 % жилых зданий дореволюционной постройки, 27 % построенных в довоенные и послевоенные годы, более 250 млн м² жилых зданий первого поколения индустриального домостроения. В 60-е начале 70-х гг. с развитием индустриальных методов жилищного строительства стали возводиться пятиэтажные дома: кирпичные (серия 1-447 и др.) и крупнопанельные (серии 1-464, 1-335 и др.). Такие дома в общем объеме жилищного фонда городов составляют от 10 до 20 %. Плотность застройки этих территорий в 1,5–2 раза ниже действующих нормативов. Выявились существенные недостатки архитектурных и градостроительных решений пятиэтажных домов. Ущербность пятиэтажной застройки сегодня определяется

как просчетами, допущенными при проектировании и строительстве, так и степенью физического износа зданий. Исходя из сказанного можно сделать вывод, что жилая застройка городов нуждается в комплексной реконструкции. С ежегодным уплотнением застройки и необходимостью экономии стоимости квадратного метра дома, мансардные крыши получили широкое распространение в европейской части страны.

Мансарды появились в XVI веке когда Ф. Мансар, будучи французским архитектором в первый раз использовал чердачное подкровельное пространство для хозяйственных и жилых целей. Однако, впервые, мансардная крыша, как тип архитектурной составляющей здания, была использована в 1550 году на части Лувра французским архитектором Пьером Леско (1510–1578). Однако, во всем мире считается, что популярность мансардных крыш берет начало с XVII-го века, когда Франсуа Мансар, создав технологическое решение для крыш, обустроил чердачные помещения под полезную площадь. Таким образом, в честь Франсуа Мансара была названа новый стиль кровли – мансардная крыша. С тех пор данный стиль кровли приобрел широкое распространение в французской архитектуре и довольно часто встречается в их зданиях. Пик популярности мансардные крыши достигли во время правления Наполеона III. Именно тогда, данный стиль кровли, стали использоваться по всему миру и были приняты в Канаде, Соединенных Штатах и других странах.

Изначально, мансардная крыша использовалась при строительстве высотных жилых зданий. Позже, данный стиль кровли стал использоваться при строительстве небольших коммерческих и жилых зданий.

С ежегодным уплотнением застройки и необходимостью экономии стоимости квадратного метра дома, мансардные крыши стали популярны в европейских странах.

В России, мансарды впервые появились в XVIII в. во времена правления Романовых. Однако, широкое распространение мансардные крыши получили только в конце XX в. Именно с конца XX в. чердачное пространство под скатной крышей стало называться «мансарда».

На сегодняшний день, строительство новых домов в объеме до 2 % в год от всех площадей построенного жилищного фонда частично закрывает проблему прироста нового жилья, а также обеспечивает компенсацию жилья, которое идет на списывание. При этом, большого прироста числа квартир для коммерческих целей, как и для очередников не наблюдается. Поэтому, можно сделать вывод, что потоков инвестиций не хватает для решения главных задач: сохранение жилищного фонда путем реконструкции и активный прирост жилья для населения.

На сегодняшний день, исходя из практики, рациональнее использовать территории внутри города путем застройки и его границах. При этом, реконструкцию домов и новое строительство оптимальное рассматривать в качестве единого процесса, который позволяет наращивать площади, увеличивать число квартир, а также продлять «жизнь» домам, повышать их комфортность и энергоэкономичность. Основным, значимым фактором успешной реконструкции и нового строительства выступает себестоимость. В сметной стоимости строительства жилья в настоящее время от 20 до 40 % составляет стоимость приобретения или аренды земельного участка под строительство и его освоение.

Реконструкция дома с надстройкой этажа выгодны и целесообразны, потому что снижаются расходы на развитие инфраструктуры, инженерные сети, и кроме того, снижается моральный износ зданий и эксплуатационные расходы.

Также, реконструкция многих зданий старой постройки позволяют сохранить исторический внешний вид и придают неповторимый облик историческим центрам многих городов.

Широкое использование мансардного строительства, позволило разработать современные технологии строительства, с помощью которых создаются теплые мансардные этажи комфортные для проживания и работы. Широкий спектр предлагаемых светопрозрачных

ограждающих конструкций позволяет максимально эффективно освещать мансарду, устанавливая окна под разными углами наклона.

Самая распространенная реконструкция мансарды – надстройка мансардного этажа. На сегодняшний день, используя технологии можно выполнять работы без выселения жителей. Мансарды строят одно-, двух- и трехуровневыми.

Монтаж мансардного этажа выполняется путем присоединения холодного чердака, либо с помощью возведения дополнительно этажа.

На сегодняшний день, возведение мансардного этажа путём присоединения чердака, считается более простым и распространённым способом, так как пристройку это можно пересогласовать в качестве перепланировки, а строительство мансардного этажа будет уже считаться реконструкцией. Это значительно упрощает процесс строительства.

При присоединении неиспользуемого чердака, часть нежилого помещения чердака будет включена в объем квартиры, то есть получит жилое назначение. При этом, для реконструкции потребуется обеспечить соответствие строительным нормам для жилых помещений, предусмотреть дополнительный теплоизоляционный и гидроизоляционный контур. Также следует отметить, что при реконструкции чердачных помещений в мансардный этаж, при большом угле наклона кровли, можно сделать двухуровневую мансарду, не меняя высотную отметку кровли. Устроить полноценную жилую мансарду можно, если высота чердака превышает 1.8 метров. В противном случае придётся изменять стропильную конструкцию крыши. Компромиссный вариант для невысокого чердака, не требующий перестройки – детская игровая или ванная комната без душевой кабинки.

При реконструкции зданий с мансардным этажом монтируется утепленная кровля. Мансарды монтируются в основном в скатных кровлях.

Строительство мансардного этажа представляет собой строительство большой площади ограждающих конструкций, которые граничат с внешней средой. Поэтому, возможны повышенные потери тепла, кроме этого, пирог кровли мансарды значительно сложнее утепленного холодного чердака. Для того чтобы мансарда эксплуатировалась бесперебойно долгие годы, необходимо использовать качественные материалы. Особое значение уделяется пароизоляции, которая препятствует диффузионному и конвективному проникновению в утеплитель влаги. Утеплитель обеспечивает необходимый уровень тепловой защиты мансарды. Диффузионная плёнка выпускает образовавшийся конденсат наружу.

Технология монтажа утепленного пирога кровли мансарды – это конструкция из «слоёв» разных строительных материалов, которые состоят из стропильной системы, гидроизоляции, обрешетки, контробрешетки, утеплителя, пароизоляции. Это основные элементы, но также могут быть добавлены и другие изоляционные материалы, и элементы. Выбор кровельного материала, начиная от стропильной системы и мауэрлата, зависит от условий среды, вида крыши. Очень важно, на этапе строительства, уделять значительное внимание монтажу кровельного пирога, так как от этого зависит срок службы здания и комфорт в период эксплуатации.

При строительстве мансарды важно соблюдение технологии монтажа. Например, если недостаточно утеплить и использовать некачественную пароизоляционную пленку, можно попасть под дождь, даже если на улице будет сухо и солнечно. Так как мансардный этаж является жилым, при строительстве необходимо учесть множество факторов в зависимости от самой конструкции кровли.

Таким образом, основными преимуществами мансардной крыши являются:

- дополнительное мансардное пространство. По сравнению с обычными крышами, мансардное пространство можно использовать как жилое, а использование мансардных окон позволяет получить больше естественного света.

- более легкая расширяемость здания. Мансардное строительство – практически «вертикальное» строительство.

- эстетическая ценность. Элегантный внешний вид мансардных крыш, особенно в центральной части Москвы и Санкт-Петербурга, улучшает не только качественные характеристики, но и дизайн.

Основными недостатками мансардных крыш являются: атмосферостойкость, высокие расходы на ремонт и обслуживание.

Однако, несмотря на вышеперечисленные недостатки, можно сделать выводы, что реконструкция чердачных помещений в мансардный этаж – это оптимальное решение вопроса недостаточного количества жилья. Реконструкция мансарды значительно дешевле, чем новое строительство.

Литература

1. *Бадьин Г. М., Верстов В. В., Тимощук О. А.* Реконструкция 5-этажных крупнопанельных зданий // Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. Новосибирск. 2000. С. 28–34.

2. *Доста В. В.* Выбор рациональных организационно-технологических решений при реконструкции зданий: дис. канд. техн. наук / В. В. Доста. М. : МГСУ, 1998. 155 с.

3. *Тимощук О. А.* Совершенствование технологии надстройки типовых жилых зданий: дис. канд. техн. наук / О. А. Тимощук. СПб. : СПбГАСУ, 2002. 187 с.

4. *Сычев С. А.* Технология ускоренного монтажа мансард из унифицированных сэндвич-панелей: дис. доцент / А. С. Сычев. СПб. : СПбГАСУ. 2008. 200 с.

5. *Сидокович С. В.* Виды мансардных этажей при реконструкции жилых зданий. Их достоинства и недостатки // Научная статья. 2020.

6. *Бадьин Г. М., Верстов В. В., Тимощук О. А.* Реконструкция 5-этажных крупнопанельных зданий // Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. Новосибирск, 2000. С. 28–34.

7. *Бадьин Г. М., Сычев С. А.* Современные технологии строительства и реконструкции зданий. СПб. : БХВ-Петербург, 2013. 288 с.

8. *Юдина А. Ф., Верстов В. В., Бадьин Г. М.* Технологические процессы в строительстве. М. : Издательский центр «Академия», 2013. 304 с.

9. СП 48.13330.2011. Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004. Официальное издание. Утв. приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегиона РФ) от 27.12.2010 г. № 781 и введен в действие с 20.05.2011 г. М.: 2010. 22 с.

10. ГОСТ Р 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».

11. *Самойлов В. С.* Крыши. Кровли. Мансарды : учеб. пособие. Одесса : Литературный бульвар, 2010. 318 с.

УДК 693.55

Иван Станиславович Иванов, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ivanov_from_1997@mail.ru

Ivan Stanislavovich Ivanov, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ivanov_from_1997@mail.ru

УЛУЧШЕНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ МЕЖКВАРТИРНЫХ СТЕН И ПЕРЕКРЫТИЙ В МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЯХ

IMPROVEMENT OF SOUND-INSULATING PROPERTIES OF INTER-APARTMENT WALLS AND FLOORS IN MONOLITHIC BUILDINGS

В данной научной статье мною продолжает рассматриваться проблема шумоизоляции конструкций в кирпично-монолитных зданиях. Во время выступления на 74-й научной конференции, проводимой СПбГАСУ в 2021 году, я выступал с научной статьёй по улучшению звукоизоляционных качеств монолитных стен и перегородок с помощью существующей строительной технологии – несъёмных опалубок, но с массовым использованием в жилищном строительстве.

В процессе проведения своих исследований и во время выступления на конференции было отмечено, что опалубки несъёмного типа имеют и значимый недостаток, а именно горючесть материала самих опалубок, поскольку они изготавливаются из профнастила или пенополистирола. Даже после выполнения отделочных работ пожарная безопасность остаётся на низком уровне, что препятствует использованию такого типа опалубок в массовом строительстве.

В данной статье предложены идеи по совершенствованию строительных конструкций с помощью новой авторской разработки.

Ключевые слова: здания, стены, перекрытия, шумоизоляция, технология, идея.

In this scientific article, I continue to consider the problem of sound insulation of structures in brick-monolithic buildings. During a speech at the 74th scientific conference held by SPbGASU in 2021, I spoke with a scientific article on improving the sound-proofing qualities of monolithic walls and partitions using existing building technology – the massive use of fixed formwork in housing construction.

During their research and during a speech at the conference, it was noted that fixed-type formworks also have a significant drawback, namely, the combustibility of the material of the formwork itself. According to observations, they are made of corrugated board or expanded polystyrene. Even after finishing work, fire safety remains at a low level, which prevents the use of this type of formwork in mass construction.

This article proposes ideas for improving building structures with the help of a new author's development.

Keywords: buildings, walls, ceilings, soundproofing, technology, idea.

В продолжение своих научных исследований я пришёл к выводу, что использование в массовом строительстве несъёмной опалубки очень рискованно, так как её конструкции изготавливаются из пенополистерола или профлиста, горючесть остаётся на высоком уровне. В процессе горения пенополистерол образует расплав, который горит с обильным выделением дыма и сажи [1].

В то же время подобрать в качестве замены негорючий, лёгкий и доступный материал для таких опалубок проблематично по различным причинам – от дороговизны материалов и/или тяжёлого веса до сниженной устойчивости к нагрузкам. Если рассматривать вопрос цен на строительные материалы, то учитывается, что их резкий рост – одна их основных причин при расчёте сметной стоимости строительства, так как большинство проектов имеет длительный срок реализации – от 1 года [2].

Поэтому были рассмотрены несколько других вариантов для совершенствования шумоизоляции:

1) Полная замена концепции с сохранением изначальной идеи улучшения строительной технологии (звукоизоляционных свойств).

2) Поиск и выбор альтернативных материалов.

Приняв решение использовать оба варианта (комплексный подход), я разработал два новых метода звукоизоляции монолитных стен и перекрытий, которые будут совместно работать друг с другом.

При выборе строительной технологии для улучшения я учитывал, что перегородки и межквартирные стены имеют недостаточный индекс изоляции воздушного шума; перекрытия не обеспечивают достаточной изоляции от ударного шума; монолитные конструкции создают благоприятные условия для распространения структурного шума [3].

Соответственно, проблема всё ещё остаётся актуальной, несмотря на уже существующие способы решения и исправления проблемы.

Оптимальным вариантом решения я считаю использование (разработку и внедрение) технологии устройства звукоизоляции в «шахматном порядке». В случае отсутствия перспективы для массового использования разрабатываемая технология может стать основой для проектирования новых технологий, либо улучшения существующих, а при успешных показателях подойдёт для дальнейшего выполнения на строительных объектах.

Обоснование данного решения состоит в том, что для придания лучшей шумоизоляции не обязательно изолировать каждое помещение здания (каждую конструкцию), а вполне возможно ограничиться шахматным порядком. Поскольку шум распространяется волной на длинные расстояния, то необходимо при этом учесть расположение будущих комнат как по этажам, так и на одном этаже через стену. Например, изолировать монолитное железобетонное перекрытие в тех местах, которые подразумевают обилие шумов.

Как правило, крайние границы комнат и помещений обставлены мебелью и другими предметами быта, большинство звуковых воздействий на конструкцию, включая ударные, сконцентрированы в центре помещений. Данное решение позволяет экономить материал, что будет сказываться на итоговой сметной стоимости, по сравнению, если бы изолировались перекрытия по всей площади.

Такой тип шумоизоляции мы назвали настильным, он будет монтироваться прямо в конструкцию перекрытия. В данном виде изоляции делается акцент на расположении комнат/помещений друг над другом по этажам (рис. 1).

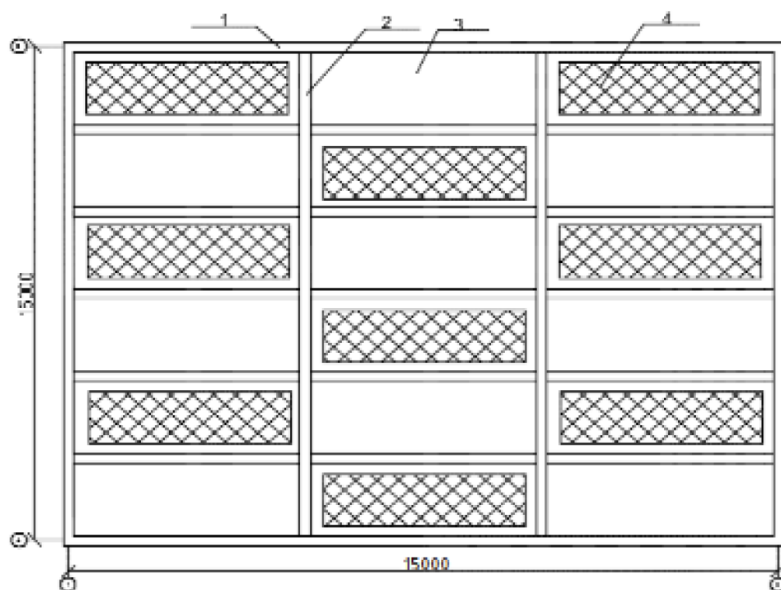


Рис. 1. Схематичное изображение звукоизоляции этажа настильным типом в шахматном порядке:
1 – наружная стена; 2 – внутренняя стена; 3 – плита перекрытия; 4 – звукоизолятор настильного типа

Помимо выполнения настильной звукоизоляции рассмотрена идея брускового звукоизолятора в перекрытиях вдоль стен и перегородок. Суть состоит в том, что данный фрагмент будет поглощать в себя уже проходящую внутри перекрытий звуковые волны, либо их приглушать. Как мы знаем, обычный бетон – плохой звукопоглотитель, поскольку может вызвать эхо в закрытых помещениях, в то время как более легкие и пористые материалы поглощают шум и удерживают его. [3]. Предлагается 2 вида брускового звукоизоляции – цельный способ и способ с отверстиями в брусках (рис. 2).

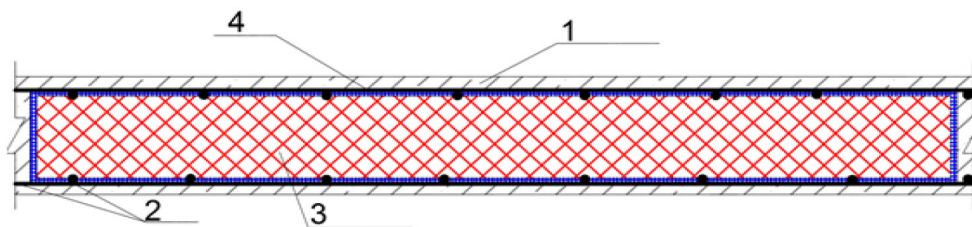


Рис. 2. Продольный разрез брускового звукоизолятора цельного вида:
 1 – монолитное перекрытие; 2 – продольная и поперечная арматура;
 3 – брускового изолятора; 4 – защитный слой из плантера

Второй способ будет актуален в том случае, если конструкция плиты перекрытия будет терять слишком много в прочности (рис. 3).

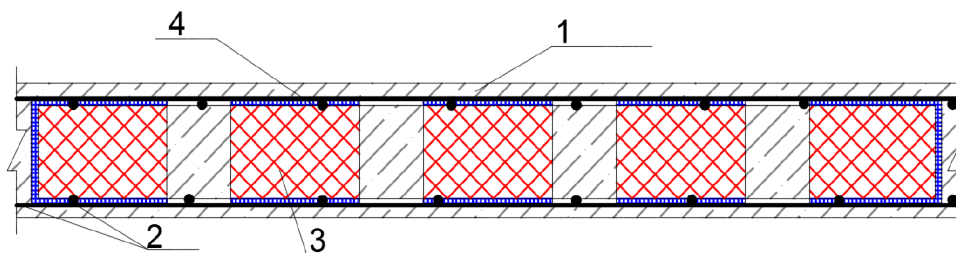


Рис. 3. Продольный разрез брускового звукоизолятора с отверстиями:
 1 – монолитное перекрытие; 2 – продольная и поперечная арматура;
 3 – брускового изолятора; 4 – защитный слой из плантера

В брускового шумоизоляции делается акцент на расположении комнат на одном этаже, но разделённых стеной или перегородкой. В отличие от настильного звукоизолятора, брускового будет устраиваться вдоль каждой стены. Для исключения значительного наполнения влагой с бетонной смеси звукоизолятор оборачивается в непромокаемый материал – например, плантер (рис. 4).



Рис. 4. Плантер

Перед заливкой бетонной смеси звукоизолятор фиксируется внутри опалубок в заданном (проектном) положении между прутьями арматуры. Наглядный узел с обозначениями продемонстрирован на следующем рисунке. (рис. 5).

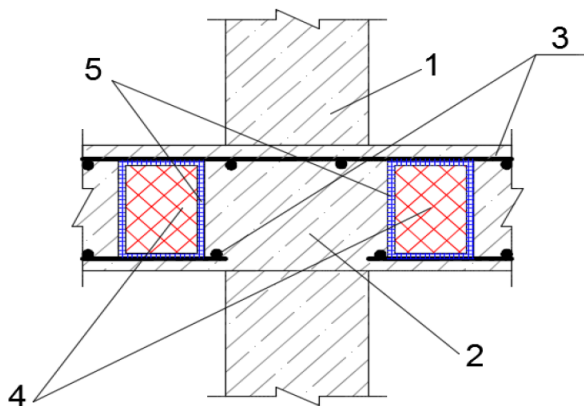


Рис. 5. Поперечный разрез:
 1 – монолитная (ж/б) стена; 2 – монолитное (ж/б) перекрытие;
 3 – продольная и поперечная арматура; 4 – брусковый изолятор;
 5 – защитный слой изолятора

Наибольший эффект данные 2 вида шумоизоляции показывают именно при совместной работе. Как говорилось ранее, настильный звукоизолятор будет уменьшать попадание шумов в конструкцию монолитных перекрытий, а брусковый звукоизолятор будет поглощать те звуковые волны, которые туда попали (рис. 6).

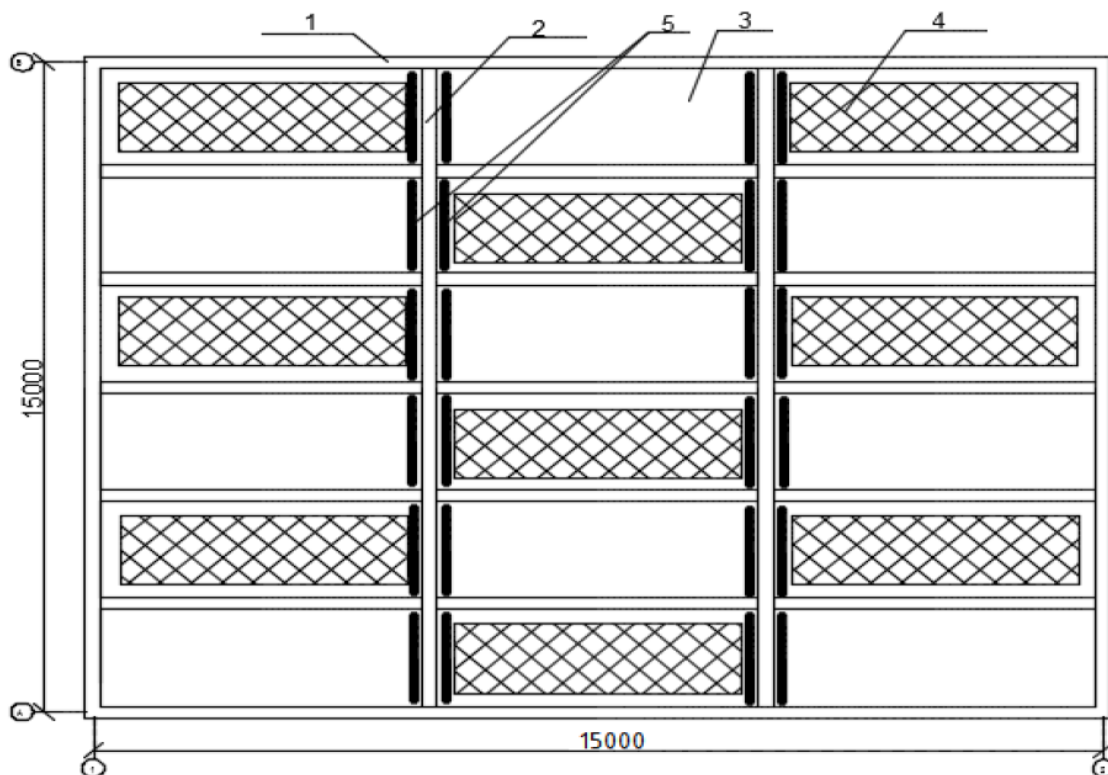
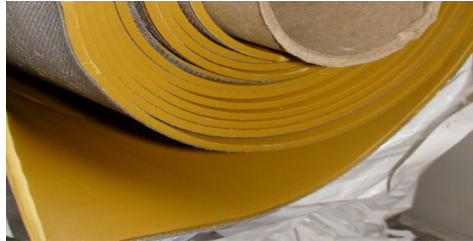



Рис. 6. Схематичное изображение звукоизоляции этажа комбинированным типом:
 1 – наружная стена; 2 – внутренняя стена; 3 – плита перекрытия; 4 – настильный звукоизолятор;
 5 – брусковый звукоизолятор

Немаловажным моментом остаётся подбор подходящих материалов для каждого из описанных типов шумоизоляции. Современный рынок материалов очень разнообразен, при этом для разработанной технологии наиболее важными критериями являются негорючесть, хорошие показатели звукопоглощения, экологичность. В ходе написания магистерской диссертации были выделены следующие (см. таблицу).

Название	Изображение	Преимущества	Назначение
Звукоизоляция «Тексаунд»		<ol style="list-style-type: none"> 1) Эластичность и гибкость; 2) Устойчивость к температурным перепадам; 3) Слабогорючий, самозатухающий материал; 4) Хороший показатель звукоизоляции; 5) Влагостойкость и устойчивость к биоповреждениям 6) Простота укладки, подходит на любое основание 	Настильная шумоизоляция
Каменная вата		<ol style="list-style-type: none"> 1) Негорючесть – может спокойно выдерживать нагревание до 1000 °С. Каменная вата не горит, если её нагревать выше допустимой температуры, то волокна материала будут только плавиться, спекаясь друг с другом [5]; 2) Высокие тепло- и звукоизоляционные качества; 3) Устойчивость к биоповреждениям; 4) Длительный эксплуатационный срок; 	Брусковая шумоизоляция

Литература

1. Трушкин Д. В. Проблема экспериментального определения горючести пенополистирола. 2004.
2. Филатов К. В. Влияние цены стройматериалов на себестоимость строительства в современных условиях. 2021.
3. Шубин И. Л., Аистов В. А., Пороженко М. А. Звукоизоляция ограждающих конструкций в многоэтажных зданиях. Требования и методы обеспечения // Строительные материалы. 2019.
4. Федюк Р. С., Баранов А. В., Тимохин Р. А., Свинцов А. П. Методы определения характеристик звукопоглощения строительных материалов и звукоизоляции конструкций (обзор). // Вестник инженерной школы ДВФУ. 2020.
5. Игохина Е. О. Сравнительный анализ самых популярных утеплителей в строительстве. 2016.

СТРОИТЕЛЬСТВО ДОМОВ-ТЕПЛИЦ – «ЗЕЛЕННЫХ» ЭКОСИСТЕМ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

CONSTRUCTION OF HOTHOUSE HOUSES – “GREEN” ECOSYSTEMS OF THE URBAN ENVIRONMENT

Цель исследования – разбор понятия «домов-теплиц», разбор их основных видов и возможных вариантов каркаса и остекления. Наружная оболочка такого здания разрабатывается таким образом, чтобы минимизировать затраты энергоресурсов, максимизировать устойчивую производительность и комфорт внутри здания в суровых погодных сибирских условиях. Проекты «домов-теплиц» предусматривают производство органических продуктов питания, местную продукцию и накопленную энергию, комплексную переработку отходов, возможность круглогодичной ландшафтной архитектуры внутри и снаружи здания, как и на эксплуатируемой крыше, так и на балконах (лоджиях) и учитывают местный климат.

Ключевые слова: дом-теплица, «зеленое» строительство, экономия энергоресурсов, экологически-чистый, остекление, каркас.

The purpose of the study is to analyze the concept of “houses-greenhouses”, to analyze their main types and possible options for the frame and glazing. The outer shell of such a building is designed in such a way as to minimize energy costs, maximize sustainable performance and comfort inside the building in harsh Siberian weather conditions. Greenhouse house projects provide to produce organic food, local products and accumulated energy, integrated waste processing, the possibility of year-round landscape architecture inside and outside the building, both on the exploited roof and on balconies (loggias) and consider the local climate.

Keywords: greenhouse house, “green” construction, energy saving, environmentally friendly, glazing, frame.

Теплица – это искусственная экосистема, позволяющая выращивать теплолюбивые культуры в течение всего года, сажать и убирать урожай как можно раньше.

Суровый климат России способствовал появлению большого спроса на теплицы. В настоящее время сложно найти земельный участок, где не возвышалась бы эта конструкция из металла (дерева) и стекла, либо его заменителя. Использование искусственных экосистем распространилось далеко за полярный круг, что расширило ареал обитания растений южного климата. В своей статье я рассмотрю возможность строительства «зеленого» здания под конструкцией теплицы.

Далее необходимо выделить несколько направлений строительства зданий, целью которых является экономия энергоресурсов.

Первое направление – это соединение жилого и производственного блоков под стеклом – например, выращивание рассады, саженцев, овощей, фруктов, их первичная переработка, упаковка. Это направление является весьма затратным в связи с большими объемами строительства и необходимостью автоматизации и механизации значительной части процессов внутри дома и стеклянного купола.

Второе направление – экономия энергоресурсов и автономности дома. Примером может быть покрытие части крыши фотоэлементами, обеспечивающими, в комплексе с аккумуляторной системой, дом электроэнергией и электроподогревом – при необходимости [1]. Специальная система тепловых аккумуляторов в комплексе с застеклением теплицы обеспечивает поддержание благоприятной температуры воздуха. Также застекленная крыша, имеющая фотопанели, собирает дождевую воду. Бытовые отходы уничтожаются в генера-

торах, которые вырабатывают горючий газ, а твердые отходы, остающиеся в результате эксплуатации теплицы, могут быть использованы как субстрат для выращивания растений.

Третье направление – это дома-теплицы, предназначение которых заключается в снижении затрат на отопление.

В данной статье рассмотрим третье направление, так как оно поможет решить проблему круглогодичного озеленения зданий – эксплуатируемая зеленая кровля и зеленые насаждения на балконах – в сибирских условиях.

Первое деревянное здание внутри застекленной теплицы было построено в пригороде Швеции в 1974–1976 годах. Ему был нужен минимальный обогрев в холодное время года, для чего использовалась высокоэффективная печь. Наличие стеклянного купола позволяло вырастить овощи и фрукты даже зимой. В настоящее время может применяться также дровяная печь, а отопительный сезон составляет шесть месяцев, а не девять (что обычно для Швеции). Расходы на электроэнергию гораздо меньше, нежели в обычных домах.

Еще один вариант дома-теплицы – это здание, которое находится в стеклянном геодезическом куполе. Защитная оболочка, под которой располагается не только сам дом, но также и озелененный участок земли, является основной особенностью такого варианта. Под куполом вегетационный сезон длится на пять месяцев дольше, чем снаружи.

Конструкция дома, следующая: в его основании, имеется цокольный этаж, состоящий из ячеистого бетона с монолитным перекрытием из железобетона. Над ним возведен купол, представляющий собой алюминиевый каркас со стеклянными панельными вставками.

Третий вид, который я выделила, это здание, основной особенностью которого является геодезический купол со специальной энергосберегающей прозрачной пленкой, целиком покрывающий здание.

Следующая интерпретация дома-теплицы – пример энергоэффективной кинетической архитектуры. Здание состоит из отдельных блоков: жилого блока, хозяйственной пристройки, а также пространства между жилой частью и пристройкой.

Особенность дома заключается в стеклянной конструкции стен и крыши, накрывающей, как чехол, дом, внутренний дворик и пристройку. Крыша стоит на железнодорожных рельсах на особой платформе, которая приводится в движение с помощью мощного электромотора. Скользящая крыша либо полностью закрывает весь дом, либо полностью сдвигается и открывает его.

Стеклянные стены также увеличивают срок службы строительных конструкций, тем самым защищая их от неблагоприятного воздействия окружающей среды. Здание, защищенное стеклянными стенами такой теплицы на алюминиевом каркасе, не подвержено пагубному воздействию природных факторов. Эта конструкция не только достаточно хорошо теплоизолирована, но и рассчитана на длительное время [2].

Далее необходимо рассмотреть несколько вариантов каркаса дома-теплицы и их остекление.

Цельносварная металлическая конструкция обычно устанавливается на фундамент, что позволяет избежать коррозионного разрушения вследствие неблагоприятного воздействия внешних природных факторов. Металлическая трубная конструкция должна быть тщательно загрунтована, после чего поверхность покрывается специальным влагостойким красящим средством.

ЛСТК (легкие стальные тонкостенные конструкции) способствуют выращиванию различного рода культурных растений в соответствии с современными стандартами. Как правило, теплицы из таких конструкций покрываются полиэтиленом, стеклом или пластиком. Растения и почва подогреваются солнечными лучами, а теплый воздух длительное время сохраняется внутри конструкции.

Поскольку оцинкованные профили легких стальных тонкостенных конструкций не подвержены коррозии, их срок службы является максимально высоким.

Данный материал используется при создании быстровозводимых конструкций, является экологически чистым, поэтому отлично подходит для «зеленого» строительства.

Алюминиевая конструкция теплицы отличается небольшим весом и долговечностью. Такой каркас обеспечивает высокий уровень надежности возводимого здания. Профиль из алюминия может выдержать большую нагрузку, а ввиду простого способа обработки материала значительно облегчается изготовление различных типов конструкции.

Стальные уголки являются весьма прочным материалом, который обладает повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам окружающей среды и высокой степенью прочности самой тепличной конструкции. Такой каркас способен выдерживать большую нагрузку, но при отсутствии специальных соединительных устройств необходимо проведение сварочных работ. Каркасную конструкцию после ее возведения следует обработать противокоррозионным веществом.

Каркасы из пиломатериала получили популярность в связи со своей доступной ценой и простотой изготовления без посторонней помощи.

Древесина позволяет изготовить весьма прочные конструкции, приемлемые для остекления и применения поликарбонатного покрытия. Высок риск поражения древесины вредителями и гнилью, поэтому конструкцию необходимо обрабатывать органическими антисептическими средствами.

Пластиковый профиль имеет множество весомых преимуществ: прочность, отсутствие риска гниения и коррозии. Такой профиль не нуждается в особой обработке, а из-за хорошей гибкости этому материалу без труда придаётся нужна форма.

Элементы, изготовленные из поливинилхлорида (ПВХ), являются водонепроницаемыми, долговечными, а также имеют доступную стоимость. Каркасы из ПВХ-труб получили широкое распространение благодаря простоте обработки и скорости монтажа посредством ПВХ-тройников. Недостаточная прочность этого каркаса подразумевает применение укрывных материалов, имеющих небольшой вес.

Экономически выгодным и популярным способом создания тепличного каркаса является использование труб из полипропилена. С конструктивной точки зрения полипропиленовые каркасы не обладают достаточной устойчивостью, поэтому любое нарушение технологии производства или использование некачественного материала может стать причиной деформаций или полного разрушения.

Один из вариантов остекления – это демократичный и функциональный поликарбонат, из которого обычно делают садовые теплицы. Тепличный каркас из поликарбоната может быть создан из материалов, которые отличаются некоторыми характеристиками друг от друга: размерами, назначением, стоимостью и так далее.

Подходящей для холодных регионов следует признать теплицу-термос, обшитую двумя листами сотового поликарбоната, между которыми имеется воздушный зазор. К тому же толщина наружного слоя не менее 6 мм, для внутреннего допускается 4 мм.

Другой вариант – это однокамерные и двухкамерные стеклопакеты. Достоинства данного материала неоспоримы: высокая прозрачность и показатели светопрозрачности; химическая устойчивость (материал не подвержен негативному влиянию пестицидов, удобрений и тому подобному); долговечность; низкие показатели теплового расширения в зависимости от колебания уровня температуры.

Остекление является наиболее предпочтительным типом обшивки, с точки зрения эстетики, среди других вариантов.

Дома-теплицы, находясь в местах с холодным и умеренным климатом, нуждаются, в первую очередь, в эффективной системе отопления. Конечно, герметичный контур с минимальными потерями тепла позволит экономить электроэнергию. Благодаря множеству возможностей исполнения и разновидностей используемого топлива, само отопление может быть нескольких видов.

Воздушное отопление – воздух нагревается печью, которая поддерживает определенную температуру, либо осуществляется подача по воздуховодам уже теплого воздуха.

Контурное отопление – создается тепловой контур с использованием труб и радиаторов, а установка котла выполняется либо в здании, либо снаружи.

Водяной теплый пол – в котле или бойлере нагревается вода, которая переносится по трубам и передает тепло стяжке, а затем уже остывшая вода снова возвращается в котел, нагревается и все повторяется вновь. Тем не менее для холодных регионов только водяного теплого пола часто недостаточно, в связи с чем следует совместно использовать радиаторную систему отопления.

Архитектура дома-теплицы соответствует хоть ее не основной функции, но не мало важной в моем проекте – большое количества стекла пропускает солнечный свет, крыша и фасад способны собирать дождевую воду, которую можно использовать для полива. Совокупность технологических решений создает управляемую среду, которая нужна для интенсивного роста растений.

Конструкция дома-теплицы позволит сделать крышу эксплуатируемой круглый год и даст возможность ее озеленить.

Кровля с ландшафтной архитектурой – это размещение растений, кустарников и деревьев вместо оформления кровли традиционным способом. Ландшафтная кровля обеспечивает эффективную экономию тепла, служит дополнительным источником кислорода и места для приятного времяпрепровождения [3].

Строительство домов-теплиц может стать важным этапом развития городской инфраструктуры в свете современных экологических и продовольственных проблем, изменения климата, прогнозируемого роста населения и плотности застройки.

Литература

1. Табуничиков Ю. А., Наумов А. Л., Миллер Ю. В. Критерии энергоэффективности в «зеленом» строительстве // Энергосбережение. 2012.

2. Наумов А. Л., Капко Д. В., Судьина О. С. Энергоэффективность, стоимость жизненного цикла и зеленые стандарты // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2015.

3. Теличенко В. И., Бенуж А. А. Совершенствование принципов устойчивого развития на основе опыта применения «зеленых» стандартов при строительстве олимпийских объектов в Сочи // Промышленное и гражданское строительство. 2014.

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛЫХ ДОМОВ В ИНДИИ

APPLICATION OF INNOVATIVE METHODS OF ORGANIZING THE CONSTRUCTION OF RESIDENTIAL HOUSES IN INDIA

Технология информационного моделирования зданий (BIM) является образцовым многообещающим подходом в области компьютеризации строительной отрасли. Он включает в себя создание трехмерных строительных моделей для представления физических и функциональных свойств проекта. Недавние исследования потенциала BIM для повышения эффективности эксплуатации зданий, а также барьеров, препятствующих его использованию, показали, что потенциал BIM возникает за счет совершенствования существующих в настоящее время процессов ручной передачи информации, например исполнительной документации. В статье обозначена важнейшая роль систем автоматизации и компьютеризации, новейшей измерительной техники, автоматизированных систем управления технологическими процессами в реализации технологических процессов в строительной отрасли в Индии. Описана технология BIM, которая позволяет создавать трехмерные модели зданий для представления физических и функциональных свойств проекта. В статье представлены проблемы отрасли, которые решаются с помощью инновационных технологий, и перечислены виды инноваций в строительстве.

Ключевые слова: BIM, инновационные методы, концептуальная основа, сохранение ресурсов, эффективность затрат, строительная отрасль.

Building Information Modeling (BIM) technology is an exemplary and promising approach in the field of computerization of the construction industry. It involves the creation of 3D building models to represent the physical and functional properties of a project. Recent studies on BIM's potential to improve building performance and the barriers to its use have shown that BIM's potential comes from improving current manual communication processes, such as building documentation. The article outlines the most important role of automation and computerization systems, the latest measuring equipment, automated process control systems in the implementation of technological processes in the construction industry in India. The BIM technology is described, which allows creating three-dimensional models of buildings to represent the physical and functional properties of the project. The article presents the problems of the industry that are solved with the help of innovative technologies, and lists the types of innovations in construction.

Keywords: BIM, innovative methods, conceptual framework, conservation of resources, cost effectiveness, building sector.

Технологические процессы в строительной отрасли в настоящее время не могут быть реализованы без систем автоматизации и компьютеризации, позволяющих управлять, измерять и контролировать основные технологические параметры строительных процессов и их отклонения [4]. Удешевление микропроцессорных устройств и автоматизированных систем, значительное расширение их функций позволило создать «умные датчики», помогающие вычислять значения косвенных параметров на основе прямых измерений по запрограммированным формулам, показывать параметр значения на жидкокристаллических индикаторах, и преобразовывать измеряемые параметры в унифицированные сигналы для передачи их по каналам связи. Также были разработаны новые измерительные приборы, такие как электромагнитные, ультразвуковые, кориолисовые расходомеры, ультразвуковые и радарные уровнемеры и др., облегчающие процесс строительства [1, с. 2].

Помимо автоматизации отдельных измерительных приборов и оборудования для управления и контроля строительных процессов, строительные предприятия в настоящее время

также используют автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП). Инновации в строительной отрасли связаны с внедрением автоматизированных информационных систем в области управления строительством на всех стадиях жизненного цикла строительного объекта, применением инновационных материалов и технологий в строительстве; внедрение инноваций в области управления инвестициями и маркетинга при реализации строительных проектов.

Было отмечено, что технология также повышает точность данных и повышает эффективность работы с точки зрения скорости доступа к данным о свойствах. BIM в управлении недвижимостью – это процесс создания и управления информацией о здании на протяжении всего его жизненного цикла. Например, правительство Великобритании, как одной из ведущих стран в использовании BIM-технологий, с 2016 года разрешило использование BIM-моделей для всех общественных зданий, включая передачу цифровых данных, необходимых для этапа эксплуатации здания.

BIM – это база данных 3D-объектов, которую можно легко визуализировать и которая содержит обширные данные и структурированную информацию. Его можно использовать для анализа эффективности строительства, устойчивости, графиков и стоимости. Следовательно, он может играть важную роль в интеграции различных этапов на протяжении всего жизненного цикла строительного проекта [2].

Согласно Национальному стандарту BIM, BIM – это «цифровое представление физических и функциональных характеристик объекта и общедоступный ресурс знаний для информации об объекте, формирующий надежную основу для принятия решений в течение его жизненного цикла; определяется как существующий с самого начала концепции до сноса».

В совокупности BIM предлагает ряд преимуществ, обеспечивая управляемый доступ к информации; предоставление нам платформы для создания виртуальных моделей; позволяя нам маневрировать вокруг моделей, чтобы мы могли лучше понять окружающую среду; позволяя нам тестировать модели и управлять рисками, связанными с предложениями; предоставляя нам средства для анализа, извлечения и изучения информации и многое другое. Подсчитано, что BIM может устранить незапланированные изменения на 40 %, сократить время выполнения проекта на 7 %, а время составления сметы расходов – до 80 %. Использование BIM может интегрировать данные о проектировании, строительстве, техническом обслуживании и сносе здания в богатую модель и помочь всем заинтересованным сторонам в повышении эффективности работы и снижении затрат, рисков и отходов, а также выбросов углерода [4].

Все партнеры по проекту (включая инженеров, подрядчиков, производителей, поставщиков и дизайнеров) будут использовать единую общую 3D-модель, развивая совместные рабочие отношения. Это гарантирует, что все будут сосредоточены на достижении максимальной отдачи от начала проекта до возможного вывода из эксплуатации. Это улучшит коммуникацию между заинтересованными сторонами проекта [9].

BIM предлагает практическое решение для сокращения выбросов углерода, поскольку технологические инновации способствуют устойчивому проектированию, строительству и эксплуатации зданий.

BIM позволяет быстро и точно сравнивать различные варианты дизайна, что позволяет разрабатывать более эффективные, экономичные и устойчивые решения. Благодаря внедрению новых технологий генеративного моделирования решения могут быть экономично оптимизированы в соответствии с согласованными параметрами [4].

Проекты можно визуализировать на ранней стадии, что дает владельцам и операторам четкое представление о замысле проекта и позволяет им изменять дизайн для достижения

желаемых результатов. Перед началом строительства BIM также позволит проектной группе «построить» проект в виртуальной среде, отработка сложных процедур, оптимизация проектов временных работ и планирование закупок материалов, оборудования и рабочей силы.

Экономия времени до 50 % может быть достигнута за счет согласования концепции дизайна на ранней стадии разработки проекта, чтобы исключить изменения дизайна на поздней стадии; использование стандартных элементов дизайна, когда это возможно; решение сложных деталей строительства до того, как проект будет запущен на месте; избегать столкновений; использование интеллекта и автоматизации в рамках модели для проверки целостности проекта и оценки количества; изготовление производственных и строительных чертежей по модели; и использование данных для управления строительной техникой.

Проекты в области BIM позволяют оптимизировать проекты для обеспечения общественной безопасности. Управляющие активами могут использовать 3D-модель для повышения эксплуатационной безопасности. Подрядчики могут свести к минимуму строительные риски, изучив сложные детали или процедуры перед тем, как приступить к работе [3].

Интеграция входных данных междисциплинарного проектирования с использованием единой 3D-модели позволит выявлять и решать проблемы с интерфейсом до начала строительства, устраняя затраты и время на редизайн. Модель также позволяет беспрепятственно интегрировать новые и существующие активы.

Знание точного количества заказов означает, что материалы не будут заказаны сверх нормы. Точное планирование программы позволит обеспечить своевременную доставку материалов и оборудования, что снизит вероятность повреждения. Использование BIM для автоматизированного производства оборудования и компонентов позволяет более эффективно обрабатывать материалы и утилизировать отходы.

Модели BIM содержат информацию о продукте, которая помогает при вводе в эксплуатацию, эксплуатации и техническом обслуживании, например, последовательности запуска и остановки, интерактивные 3D-диаграммы, показывающие, как разбирать и собирать оборудование. позиций и спецификаций, позволяющих заказывать запасные части.

BIM включает в себя систему организации нужных людей и информации вместе эффективно и действенно, оказывая им поддержку с помощью определенных определенных процессов и технологий. Основные моменты BIM – это люди, информация, процессы и технологии.

В настоящее время одним из важнейших направлений современной строительной отрасли является использование в благоустройстве дома инновационных технологий, экологически чистых материалов, энергосберегающих материалов, информационных технологий и автоматизированного оборудования. И хотя индийский рынок значительно отстает в своих тенденциях от западных стран, тем не менее, новые интересные решения в области строительных технологий внедряются и в Индии [4].

В настоящее время одним из важнейших направлений современной строительной отрасли является использование в благоустройстве дома инновационных технологий, экологически чистых материалов, энергосберегающих материалов, информационных технологий и автоматизированного оборудования. Инновационные решения в строительной отрасли можно разделить на несколько групп в зависимости от того, какие проблемы строительной отрасли решаются с помощью инноваций и технологических разработок [5].

Среди технологических новшеств можно выделить панельно-каркасное строительство. Эта технология давно используется в Европе, но в Индии она внедрена относительно недавно. Основным преимуществом этой технологии является использование специальных сэндвич-панелей с многослойной структурой. Все этапы производства автоматизированы, что позволяет свести к минимуму ошибки в расчетах и сэкономить материалы (см. табл.).

Характеристика новых направлений и инноваций в строительстве недвижимости

Панельно-каркасная технология	Характеристика технология
Сборные	Популярность этой технологии в мире связана с хорошими теплоизоляционными и влагостойкими качествами используемых материалов. При этом затраты тепловой энергии в 3-4 раза меньше, чем в домах, построенных по традиционным технологиям.
Энергоэффективные решения	Они предполагают инновационные технические решения в области теплоизоляции ограждающих конструкций, применение новых стекол и стеклопакетов с энергосберегающими технологиями, использование датчиков движения, энергосберегающих светильников. Это практика строительства и эксплуатации зданий, целью которой является снижение потребления энергетических и материальных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла: от выбора площадки до эксплуатации, ремонта и утилизации. Еще одной целью зеленого строительства является поддержание или улучшение качества зданий и комфорта внутренней среды
Зеленое строительство, зеленые здания	Интеллектуальная система «Умный дом» – это высокотехнологичная система, позволяющая объединить все коммуникации в одну и поставить ее под управление искусственного интеллекта, программируемого и настраиваемого под все нужды и пожелания владельца
Технология умного дома	Дома используют последние разработки в экологическом строительстве, обеспечивают себя энергией и не зависят от внешних источников. При строительстве активного дома используются следующие технологии: фасад, способный самостоятельно менять свою конфигурацию (открываться и закрываться) в зависимости от потребностей жильцов и погодных условий; использование «умной» вентиляции на основе рекуперации воздуха; солнечные батареи на крыше; использование естественного света; использование солнечных водонагревателей и теплового насоса и т. д.

Инновационная деятельность в строительной отрасли способствует решению жилищной проблемы и положительно влияет на развитие экономики в целом. Но, к сожалению, индийские предприятия используют в основном такие инновации, которые позволяют сэкономить деньги и сократить сроки строительства. Основной целью применения инноваций в зарубежных компаниях считается повышение уровня жизни, комфортного проживания наряду с функциональностью и ресурсосбережением [4]. Поэтому государству, помимо участия в программах поддержки строительства нового жилья и ипотечных программах, необходимо обратить внимание на инновационную деятельность в этой отрасли.

Среди технологических новшеств можно выделить панельно-каркасное строительство [6]. Эта технология давно используется в Европе, но в Индии она внедрена относительно недавно. Основным преимуществом этой технологии является использование специальных сэндвич-панелей с многослойной структурой. Все этапы производства автоматизированы, что позволяет свести к минимуму ошибки в расчетах и сэкономить материалы.

Инновационная деятельность в строительной отрасли способствует решению жилищной проблемы и положительно влияет на развитие экономики в целом. Но, к сожалению, индийские предприятия используют в основном такие инновации, которые позволяют сэкономить деньги и сократить сроки строительства. Основной целью применения инноваций в зарубежных компаниях считается повышение уровня жизни, комфортного проживания наряду с функциональностью и ресурсосбережением [4]. Поэтому государству, помимо участия в программах поддержки строительства нового жилья и ипотечных программах, необходимо обратить внимание на инновационную деятельность в этой отрасли.

Как новая технология в строительной отрасли, хотя ожидается, что BIM принесет много преимуществ отрасли, ряд барьеров препятствует ее широкому внедрению. В отрасли продолжаются споры о правильном маршруте закупок, условиях контракта и юридических рисках, связанных с BIM.

Распространение интерпретаций BIM мешает его принятию CPIC (2011 г.), в частности, поскольку в отрасли остается неясным, что это такое (National BIM Report 2012 г.). Некоторые задаются вопросом, является ли это моделированием, процессом или продуктом.

BIM представляет собой полное изменение культуры труда в отрасли, которая сильно фрагментирована и по-прежнему враждебно относится к совместной работе. Сохраняются опасения по поводу неоднозначности того, на ком лежит ответственность за точность модели; проблемы с командной работой и сотрудничеством; правовые изменения в отношении производства документации и прав собственности на несколько проектов, их изготовления и анализа. Кроме того, отсутствует единый трактат, который инструктирует по совместному применению технологии BIM [7].

Команде проекта приходится иметь дело со многими новыми концепциями, стандартами и системами (такими как отраслевой базовый класс (IFC) – BSISO 16739, уровень детализации (LoD) – BS 8541 и Uniclass – PAS1192). Это воспринимается многими как мону-ментальная задача.

В то время как непонимание BIM остается большим препятствием для его внедрения, сохраняются опасения по поводу стоимости программного обеспечения BIM, особенно для 85 % малых и средних предприятий строительной отрасли в Индии. Первоначальные затраты на оборудование, программное обеспечение, обучение и внедрение могут быть довольно большими. Воспринимаемая стоимость и риск, связанные с тратой денег до фактической экономии, отталкивают потенциальных пользователей. Кроме того, по-прежнему распространено мнение, что множество легкодоступных инструментов визуализации обеспечивают возможность «обхода».

Таким образом, высокая конкуренция в сфере строительства, увеличение количества строительных организаций различного масштаба и специализации определяют необходимость снижения себестоимости строительно-монтажных работ и повышения качества строительства, что дает возможность внедрять различные инновационные технологии. решения. Нововведения в строительной сфере связаны с внедрением автоматизированных информационных систем в области управления строительством на всех этапах жизненного цикла строительного объекта, применением в строительстве инновационных энергоэффективных материалов и технологий, внедрением инноваций. при реализации строительных проектов [8].

Литература

1. Ильинова В. В., Мицевич В. Д. Международный опыт использования BIM-технологий в строительстве // Российский внешнеэкономический вестник. 2021. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhdunarodnyy-opyt-ispolzovaniya-bim-tehnologiy-v-stroitelstve> (дата обращения: 05.03.2022).

2. *Мамаев А. Е., Шарманов В. В., Золотова Ю. С., Свиницкий В. А., Городнюк Г. С.* Прикладное применение BIM-модели здания для контроля инвестиционно-строительного проекта // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 1–3. С. 83–87.
3. *Рахматуллина Е. С.* BIM-моделирование как элемент современного строительства // Российское предпринимательство. 2017. № 19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bim-modelirovanie-kak-element-sovremennogo-stroitelstva> (дата обращения: 05.03.2022).
4. *Рахматуллина Е. С.* Решение задач управления строительным предприятием посредством нестандартных инновационных шагов // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2010. № 24. С. 496–499.
5. *Рахматуллина Е. С.* Тенденции развития инвестиционно-строительного комплекса Татарстана // Стратегия устойчивого развития регионов Индии. 2012. № 11. С. 217–223.
6. *Талапов В. В.* Введение в информационное моделирование зданий. / монография. – Саратов : Профобразование, 2017. 392 с.
7. *Уськов В. В.* Компьютерные технологии в подготовке и управлении строительных объектов. / учебное пособие. М. : Инфра-Инженерия, 2013. 320 с.
8. *Шарманов В. В., Мамаев А. Е., Болейко А. С., Золотова Ю. С.* Трудности поэтапного внедрения BIM // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 1. С. 108–120.
9. *Якушев Н. М., Черных М. А.* BIM-технология и программные продукты на его основе в Индии // Вестник ИЖГТУ им. М. Т. Калашникова. 2014. № 1(61). С. 119–121.

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ИНЪЕКЦИОННОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЙ

INNOVATIVE TECHNOLOGY OF INJECTION WATERPROOFING OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Инъекционная гидроизоляция одна из наиболее современных видов гидроизоляции, получившая большую популярность благодаря подземному строительству. В настоящее время она применяется как для ремонта существующей гидроизоляции, так и при новом строительстве. В железобетонных конструкциях практически всегда имеются пустотные участки, трещины. В случае подземного сооружения это опасно возникновением протечек. Инъекционная гидроизоляция способна бороться с данной проблемой в самом корне проблемы, защищая дефекты железобетонных конструкций от проникновения влаги. Поскольку технология данной гидроизоляции относительно новая, то простор для ее улучшений велик. В данной статье рассмотрим вариант для улучшения защиты железобетонных сооружений.

Ключевые слова: гидроизоляция, инъекционная гидроизоляция, гидроизоляционные материалы, акрилатные гели, улучшение гидроизоляции.

Injection waterproofing is one of the most modern types of waterproofing. It has gained great popularity due to underground construction. Currently, it is used both for the repair of existing waterproofing and for new construction. There are almost always hollow sections, cracks in reinforced concrete structures. In the case of an underground structure, this is dangerous due to the occurrence of leaks. Injection waterproofing is able to deal with this problem at the initial stage of the problem and protect defects in reinforced concrete structures from moisture penetration. The technology of this waterproofing is relatively new, so there are many ways to improve it. In this article describes an option for improving the protection of reinforced concrete structures.

Keywords: waterproofing, injection waterproofing, waterproofing materials, acrylate gels, improvement of waterproofing.

Развитие заглубленных частей зданий и подземного строительства в наше время, несомненно, требует особого внимания к возводимым конструкциям. Данного типа сооружения необходимо надежно защищать от разрушительного воздействия грунтовых вод для сохранения их функций, долговечности и целостности.

Разработка новых технологий гидроизоляции позволяет:

- повысить надежность защиты сооружений;
- уменьшить трудозатраты и увеличить производительность труда на данный вид работ;
- производить работы в труднодоступных местах;
- создать новые гидроизоляционные материалы.

Таким образом, строительство ниже уровня земли и грунтовых вод требует надежной защиты конструкции от воздействия влаги, которая носит разрушительный характер. Одной из новых и стремительно развивающихся технологий гидроизоляции является инъектирование. Данный способ применяется в большей степени при ремонте гидроизоляции, но в последнее время набирает популярность при новом строительстве, поскольку позволяет ускорить производство нулевого цикла работ, а также является идеальным способом, когда обычные методы гидроизоляции невозможно выполнить. Инъектирование зарекомендовало себя наилучшим образом как в России, так и за рубежом [1].

Инъекционная гидроизоляция состоит из цепочки процессов, которые необходимо выполнять строго по технологии для достижения положительного результата. Изначально не-

обходимо нанести разметку, после которой бурятся отверстия вдоль трещины, шва или пустот и монтируются пакеры: металлические или пластиковые. Их необходимо устанавливать с определенным шагом и под определенным углом, после чего с помощью оборудования высокого давления подается материал. Для вертикальных конструкций важно производить работы снизу поступательно вверх для наблюдения дальнейшего возможного проникновения влаги. По окончании работ необходимо демонтировать пакеры и покрыть отверстия и трещины ремонтным составом.

Отличительной чертой инъекционной гидроизоляции является то, что материал подается непосредственно в тело конструкции, тем самым проникая во все поры и останавливая попадание воды в них.

Несмотря на все достоинства инъекционной гидроизоляции, данный вид работ достаточно дорогостоящий и трудоёмкий, требующий работы опытных специалистов.

В настоящее время в качестве инъектируемого компонента для железобетонных сооружений в основном используются полиуретановые составы. Они отличаются высокой эффективностью и небольшой стоимостью. В отсутствие влаги образуется жесткая однопрочная масса, в обратном же случае получается твердая пена. При сильном гидростатическом давлении без добавления катализаторов состав не будет успевать твердеть.

Поэтому важным шагом в развитии инъекционной гидроизоляции стала возможность использования акрилатных гелей, основой которых являются эфиры акриловой кислоты. Такие гели эффективны благодаря высокой адгезии к влажным поверхностям. Способности прилегать к изломам конструкции и выдерживать большой напор влаги и низкие температуры являются исключительно положительными показателями акрилатных гелей [2].

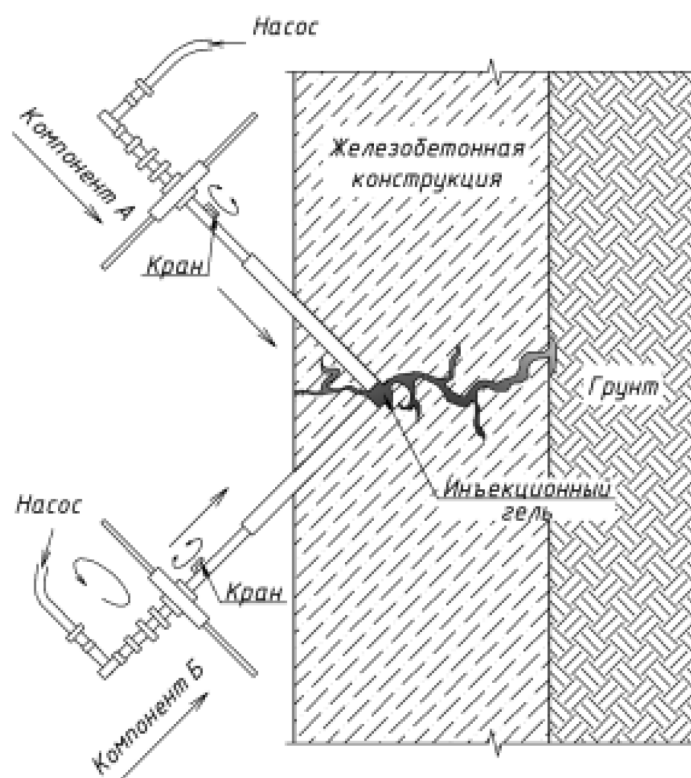
Стоит отметить экологичность акрилатных гелей, поскольку в них отсутствуют органические и минеральные растворители. При устройстве инъекционной гидроизоляции с помощью акрилатных гелей защита создается не только в конструкции, но и на границе с грунтом. Смешиваясь с частицами грунта, происходит его укрепление, защита от вымывания и стабилизация почвы на границе с сооружением.

Сам же процесс производства работ требует внедрения новых эффективных технологий для облегчения работ и обеспечения высоких результатов. Один из эффективных вариантов заключается в упрощении подключения пакеров, а также заменить компоненты на быстротвердеющие. Данный вариант основывается на инъектировании через специальные два пистолета, подключенных к насосу, двух жидких компонентов гидрофильной смолы: гелевый компонент (компонент А) и воды с ускорителями твердения (компонент Б). По итогу такой закачки образуется компонент в виде гибкого гелевого барьер [2].

Такой способ инъектирования позволит сократить время производства работ за счет быстротвердеющих гидравлических составов. К тому же данная смесь способна проникать в самые мелкие поры железобетонной конструкции, поскольку компоненты имеют водную консистенцию, обладающую низкой адгезией на начальной этапе закачки.

Вторым же важным фактором является приспособление для закачки – пистолет, на который устанавливается резиновый уплотнитель, тем самым заменяя пакеры. Отказ от них позволит значительно сэкономить на продолжительности производства работ и в меньшей степени на стоимости. Так же при описанной технологии быстрое твердение геля лучшим образом сказывается для противодействия гидростатическому давлению в случае работы с активным водопритокком.

Можно сделать вывод, что подобная оптимизация позволит сократить продолжительность работ, трудозатраты и уменьшить стоимость производства работ, при этом повысить качество работ [3].



Конструктивно-технологическая схема инъектирования трещин железобетонных конструкций

Для возможного удешевления работ можно использовать переработанное сырье для закачиваемого состава. В частности, акрилатные гели имеют высокую стоимость для производства работ, однако, вполне успешно себя зарекомендовали отходы красок и лаков для создания необходимых свойств для создания надежной инъекционной гидроизоляции. Отходы лакокрасочных материалов в большинстве случаев сжигаются, но их возможное использование более экологично и выгодно.

Акриловые латексные краски занимают большую востребованность. В их основе акриловая полимерная эмульсия, которая легко полимеризуется, образуясь в полиакриловую кислоту. Эта эмульсия связывает пигменты и воду. Благодаря гидрофобизаторам вещества способны не смачиваться, тем самым вода не проникает в конструкции. Исследования по использованию акриловых отходов лакокрасочных материалов в качестве гидрофобизирующей добавки продемонстрировало, что при ее контакте с продуктами гидратации цемента образуется гидрофобное полимерное покрытие за счет процесса осаждения маленьких капель полимера лакокрасочных материалов на стенках мелких пор и капилляров цементных систем. В итоге образуется контакт, при котором силы поверхностного натяжения выталкивают воду из пор.

Применение гидрофобизирующих добавок на основе акриловых отходов лакокрасочных материалов в цементных системах способствует образованию более плотной и однородной структуры за счет уменьшения количества и размера макропор, а также за счет более равномерного распределения макропор, а также за счет более равномерного распределения макропор в объеме цементного камня. [4, 5] Так же отчетлива видна закономерность, по которой улучшаются качественные характеристики бетона.

По результатам исследований можно предположить, что состав акрилатных отходов лакокрасочных материалов подойдет для устройства инъекционной гидроизоляции.

Благодаря подобному подходу можно значительно улучшить технико-экономические показатели инъекционной гидроизоляции. Результаты анализа приведены в таблице.

Технико-экономические показатели традиционного и оптимизированного методов

Показатели	Традиционный способ	Оптимизированный способ
Срок схватывания смеси	От 15 минут	От 6 сек (при активных протечках)
Трудозатраты (1 п.м. трещины)	14 чел/ч	10 чел/ч
Производительность (1 п.м. трещины)	0,5 п.м./час	1,5 п.м./час
Стоимость за 1 п.м. трещины	3500 руб.	≈2400 руб.

Подводя итоги, можно понять, что инъекционная гидроизоляция не дошла до совершенства своей технологии и существуют варианты для улучшения ее рентабельности. Прежде всего, новые технологии позволят уменьшить стоимость данного вида работ, которая сейчас является слабой стороной на фоне других видов гидроизоляций.

Литература

1. Вуйцик Р. Восстановление горизонтальной гидроизоляции в зданиях инъекционным методом // Строительные материалы, 2006. № 10. С. 84–85.
2. Зайн К., Крист О. и др. Цементные уплотняющие суспензии на базе акриловых полимеров, Строительные материалы, 2009.
3. Пушкарева К. А. Оптимизация конструктивно-технологических решений устройства инъекционной гидроизоляции при ремонте подземных сооружений. Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2019. № 22(260). С. 190–195. URL: <https://moluch.ru/archive/260/59825/> (дата обращения: 21.03.2022).
4. Зайков Д. Н. Новое поколение российских гидроизоляционных материалов проникающего действия, Строительные материалы, 2003. № 12 С. 20–21.
5. Мальцева И. В. Сухие гидроизоляционные смеси, Инженерный вестник Дона, 2016. № 4.
6. Фадеев А. Б. Гидроизоляция подземных частей зданий и сооружений: учебное пособие для студентов строительных специальностей. СПб. гос. архит.-строит. ун-т., 2007. 53 с.

УДК 624.011.14:624.011.1

Денис Александрович Копров, студент
Надежда Владимировна Розанцева,
канд. техн. наук, преподаватель
(Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С. М. Кирова)
E-mail: les-mylo@rambler.ru, qq_89@list.ru

Denis Alexandrovich Koprov, student
Nadegda Vladimirovna Rozantseva,
PhD in Sci. Tech., lecturer
(Saint-Petersburg State Forest
Technical University named after S. M. Kirov)
E-mail: les-mylo@rambler.ru, qq_89@list.ru

ПОЛНОСБОРНЫЕ КЛЕЕДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ КАК АЛЬТЕРНАТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ АНГАРОВ

FULLY ASSEMBLED CLAD-WOOD STRUCTURES AS AN ALTERNATIVE SOLUTION FOR THE CONSTRUCTION OF INDUSTRIAL HANGARS

Россия обладает одними из богатейших лесных ресурсов, однако, вопреки этому, значительный промежуток времени все строительство в нашей стране ассоциировалось с железобетонными и металлическими конструкциями. Данные конструкционные материалы, обладают рядом несомненных преимуществ, но очень сложны в транспортировке и монтаже. Статья посвящена разработке конструктивного и технологического решения промышленных зданий из клеедеревянных конструкций как альтернативного решения строительства объектов лесотехнического комплекса. В процессе разработки были проведены аналитические исследования, подтвердившие достаточную прочность и устойчивость клеедеревянных конструкций.

Ключевые слова: деревянное строительство, современные древопластиковые строительные материалы, прочность, деформативность

Russia has one of the richest forest resources, however, despite this, for a considerable period all construction in our country was associated with reinforced concrete and metal structures. These structural materials have several undoubted advantages but are very difficult to transport and install. The article is devoted to the development of constructive and technological solutions for industrial buildings made of glued wooden structures as an alternative solution for the construction of forestry complex facilities. During the development process, analytical studies were carried out that confirmed the sufficient strength and stability of glued wooden structures.

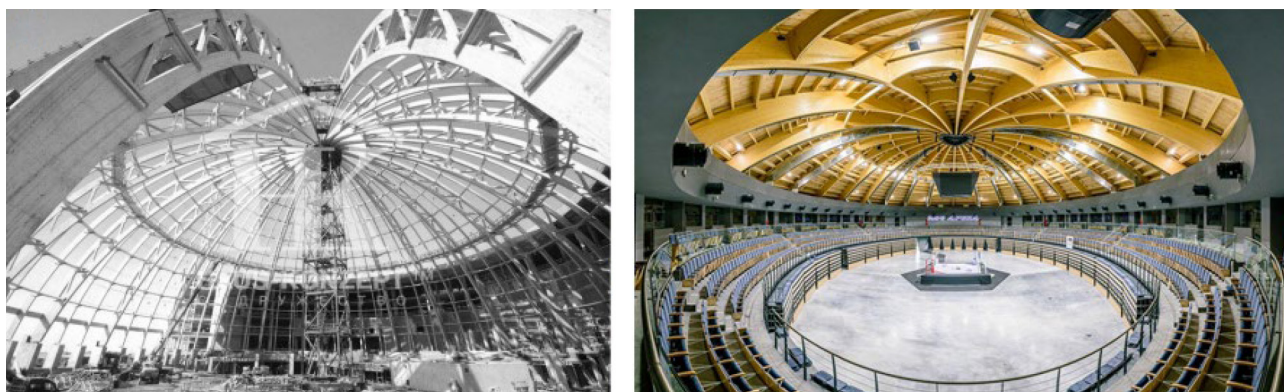
Keywords: wooden construction, modern wood plastic building materials, strength, deformability.

Экономическое развитие России является одним из важнейших факторов в современных сложившихся условиях. Вызовы времени, и программа на импортозамещение, как никогда требуют обоснованных решений. Эти требования распространяются на все отрасли развития, в том числе и на лесозаготовительную. Это, наверное, одна из немногих отраслей, которая до последних пор оставалась в состоянии экспортно-сырьевой, не получая надежного развития в области переработки. Надо признать, что транспортировка древесины на длительные расстояния не всегда логистически оправдана, а расположение лесоперерабатывающих комплексов недалеко от мест заготовки осложнено проблемами доставки и монтажа элементов строительных конструкций и машинного оборудования. Эта проблема дополнительно осложняется и тем, что лесозаготовки как правило ведутся на очень небольших участках, с последующей перебазировкой, а представив себе разборку и перебазировку даже полносборных производственных корпусов из металла и железобетона в условиях полного бездорожья и осложненной доставкой строительной техники можно легко понять актуальность этой темы. Немаловажной проблемой является, что продолжительность работы таких объектов невелика, а экологические последствия от невозможности произвести полномасштабную рекультивацию земли под остающимися заброшенными корпусами, и от глубоко впитавшихся в землю битумных масел и бетонных конструкций, очень серьезные.

Целью данной работы было предложить оптимальное решение с практической, экологической и экономической точки зрения, позволяющее решение проблемы современного развития лесозаготовительного комплекса.

Складывающиеся экономические условия, необходимость сокращения продолжительности строительства, и необходимость подстраиваться каждый раз под новые конструктивные решения, проблемы утилизации, заставляют инженеров обращаться к самовозобновляющимся материалам, лёгким, надёжным и самое главное – экологичным.

Применение конструкций из древесных материалов последнее время становится все более и более востребованным. Из клеедеревянных конструкций возводят как малоэтажные жилые здания, так и многоэтажные жилые комплексы, и различные большепролетные сооружения. Древесина значительно лучше железобетона работает в условиях агрессивной среды. Последние несколько десятилетий подтвердили правильность использования этого материала в том числе и в крупных городах, таких как Санкт-Петербург.



а)

б)

Рис. 1. Конструкции спортивно-концертных комплексов в Санкт-Петербурге с перекрытием из деревянного бруса: а – каркас аквапарка; б – многофункциональный комплекс «Тинькофф Арена»

Россия обладает богатейшим опытом работы с деревянными конструкциями, свои шедевры с применением этого материала творили А. А. Бетанкур, Д. И. Журавский, В. Г. Шухов [1].

Пиломатериалы из хвойных сортов древесины являются прекрасным строительным материалом. Пластичность и универсальность древесины разрешает использовать инновационные нестандартные решения, открывающие большие возможности. К преимуществам древесины относятся: доступность и самовозобновляемость материала, экологичность, стойкость к воздействию агрессивной среды, относительно легкий материал выдерживает ударные и циклические нагрузки, легок в обработке, дает возможность как безклеевого так и с помощью специальных клеев производить наращивание сечения и длинны конструкции, в том числе и LVL брус.

Деревянные конструкции имеют и существенные недостатки: анизотропность, не высокая огнестойкость, подвержены гниению и могут быть поедены древесным жуком.

Несущие способности элементов здания из дерева напрямую зависят от массивности их сечения. Всем хорошо известно, что чем выше высота сечения, тем выше момент инерции, тем больше несущая способность, но при применении цельной древесины при больших нагрузках необходимо учесть, что существенная величина сечения значительно увеличивает собственную нагрузку и прогиб элемента конструкции. В некоторых случаях, проведенные расчёты требуют необходимость использования огромных сечений, а природные дефекты в массиве ухудшают несущие характеристики.

Экономические причины способствуют внедрению новых древесно-пластиковых материалов из переработанной древесины, или даже отходов деревообработки.



Рис. 2. Варианты конструктивных решений из переработанной древесины

Широко распространены и такие варианты конструктивного решения как:

- скручивание стенового бруса из нескольких досок;
- создание бруса прямоугольного большого сечения из двух и более небольших брусков;
- создание разного рода тавровых контракции, в том числе и сборных двутавровых балок.

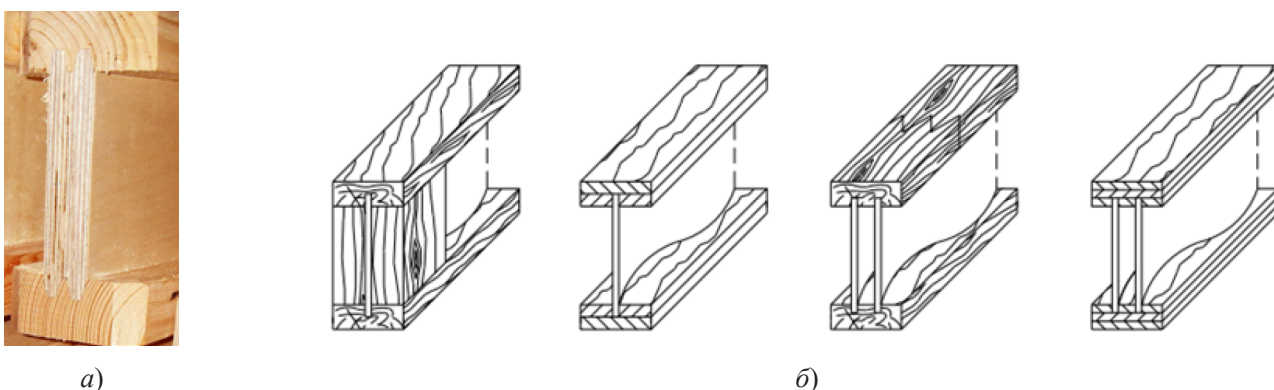


Рис. 3. Виды клеедеревянных балок: *а* – клеедеревянная балка со стойкой из фанеры, обрезанной с двух сторон с двойным шипом, и поясами из деревянного бруса;
б – варианты балок со стойками из фанеры с плоскими и волнистыми стенками

Сборка балок производится склеиванием, стойки, выполненной из многослойной фанеры с предварительно нарезанным двойным шипом и деревянными поясами из брусков. Стойка при этом на 15–20 мм должна входить в пояс. Для взаимной фиксации поясов и стоек, балки используется «Клейберит» – клей для дерева, который высокопрочный, водостойкий и термостойкий. Склеивание может происходить под давлением, с контролем геотермических форм, в соответствии с ГОСТ 19414-90. Длина двутавровых балок с использованием фанерных и деревянных изделий обычно составляет около 6 метров, что очень удобно при проектировании.

Преимущество использования двутавровых деревянных балок:

- повышенные несущих характеристик, при существенном уменьшении веса и объема древесины;
- изделия меньше подвержены короблению, и усушке, отсутствие большинства дефектов натуральной древесины;
- возможно получить нестандартные размеры;

- высокая степень готовности, быстрый круглогодичный монтаж, не требующий в большинстве своем кранового оборудования, и возможность обойтись средствами малой механизации, монтажными стойками и лебедками;

- лёгкое прокладывание коммуникации внутри конструкций;
- есть возможность изготовления на строительной площадке;
- сокращение трудозатрат по сравнению с монтажом металлоконструкций.

Надо признать, что полносборные промышленные здания полностью из древесных материалов обычно не проектируются, но в нашем случае, это позволит с лёгкостью по окончании работ произвести малыми усилиями демонтаж и при необходимости полную экологичную утилизацию. Здание запроектировано с фундаментом из свайных стоек, из цельного бруса с диаметром 22–30 см, забивка которых может производиться даже с помощью самодельного оборудования, типа ручных молотов подвесного действия или «баб» [2, 6].

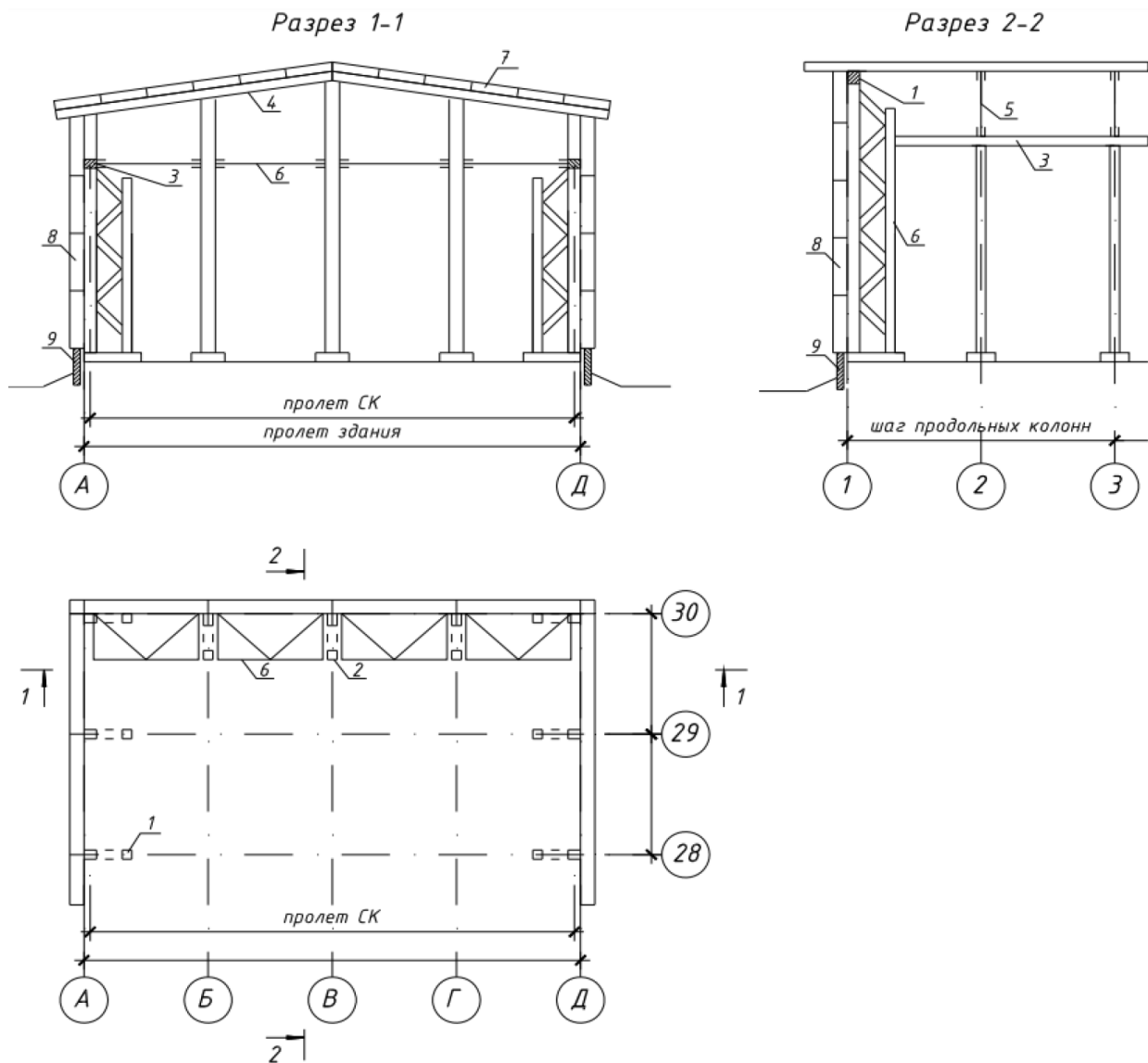


Рис. 4. Проект здания лесопильного комплекса, полностью выполненного из деревянных материалов: 1 – основная колонна; 2 – колонна торцевого фахверка; 3 – обвязочный брус; 4 – балка; 5 – вид сбоку на двутавровую стропильную балку; 6 – сборная конструкция колонны на металлических связях; 7 – сборно-щитовой утепленный элемент покрытия с верхней конструкцией из обработанной деревянной щепы (деревянная черепица на настилах); 8 – сборные щиты стеновых панелей; 9 – высокий оголовок свайного или стоечного фундамента

Объект предполагается быть отапливаемым, с температурно-влажностными условиями эксплуатации по группе А1. Ширину здания задаем стандартную – 18 метров.

При разработке был принят ряд неординарных решений, в частности возможность повысить несущую способность стенок двутавра из ориентировано-стружечной плиты OSB-3 за счет запенивания составами типа пенополиизоцианурата, работающего в данном случае как демпинг, стойки балок также могут изготавливаться и из клееной бекелизированной фанеры, с повышенной влагостойкостью [3, 4]. Жёсткость такой фанеры поперёк волокон равна обычной не модифицированной древесине, а вот вдоль волокон уже в 1,5 раза больше. В настоящее время такую фанеру производят в основном из берёзы. Отдельным плюсом будет существенное уменьшение влияние пороков на качество изделия из древесины: совпадение мест пороков маловероятно один под другим при склеивании слоёв.



Рис. 5. Вариант изготовления двутавровой балки повышенной несущей способности

Произведена разработка пространственной конструкции колонн, за счет увеличения сечения деревянного стоечного бруса дополнительной сетчатой конструкцией из брусков, по своей конструкции, напоминающей вертикальную ферму, соединенную между собой болтами на затяжках. Еще Д. И. Журавский в свое время подтвердил результативность пространственных конструкций.

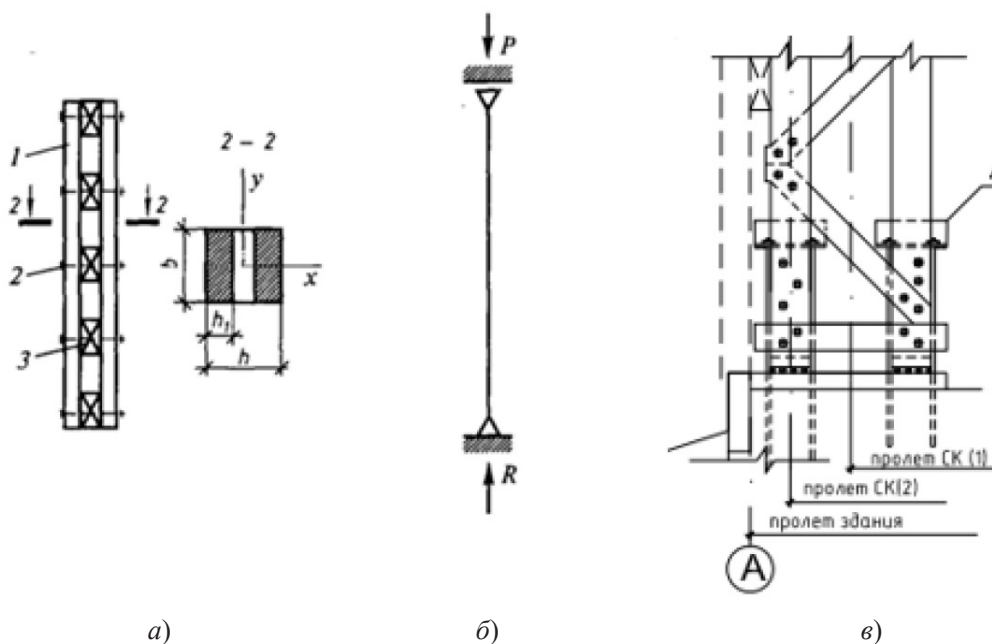


Рис. 6. Схема составной колонны: а – составная колонна со сквозными прокладками; б – схема работы; в – схема соединения элементов конструкции; 1 – брус; 2 – болты; 3 – прокладки; 4 – воротниковая накладка из металлических уголков

Элементы, состоящие из дерева, рассчитывают в соответствии с СП 64.13330.2011 «Деревянные конструкции» на растяжение, сжатие, изгиб, растяжение или сжатие с изгибом, смятие и скалывание. В соответствии с этими же нормами производят расчёт деревянных изгибаемых элементов по прогибам [5].

Кровля запроектирована малоуклонной, с величиной уклона до 20 градусов, двухскатной. Сборно-щитовой утепленный элемент покрытия с верхней конструкцией из обработанной деревянной щепы был за конструирован по принципу двухпролетной неразрезной балки на шарнирных опорах. Толщина досок по сортаменту 1,8–1,9 см. Расчетную ширину условно принимаем в 1 м. Согласно поставленной задаче был произведен сбор нагрузок для пятого снегового района (СП 20.13330.2011), т. к. большинство лесных угодий России располагается именно в этом районе, для малоуклонных кровель условно можно считать что вес на 1 м² горизонтальной проекции кровли будет равен весу, приходящемуся на 1 м² покрытия. Расчёты были произведены на два вида сочетания нагрузок: на равномерно распределенную постоянную нагрузку от собственного веса g и временную снеговую s .

Расчетный пролет принимали с условием опирания балки – 17,7 м. Стенки балки из фанеры, бруски из сосновых досок второго сорта с размерами 255×40 мм. Высоту балки в середине пролета изначально назначали из условия $(1/10) \cdot L = 1782$ мм, а на опоре 890 мм. Собственный вес балки составил 0,2 кН/м². Нормативная нагрузка – $q_n = 17,4$ кН/м, расчетная – 23,7 кН/м. Расчетная высота балки при заданных условиях составила 132 см.

Прогиб балки был определен с учетом переменного сечения, для балки прямоугольной формы.

$$\frac{f_0}{l \cdot k_{\text{ж}}} = \frac{5 \cdot q_n \cdot l^3}{384 \cdot E \cdot I_{\text{пр}}} = \frac{1}{500} < \frac{1}{300} l$$

Ширина опоры должна быть при этом 28 см. Произведенный расчет подтверждает возможность применения сборных стропильных балок для малоуклонных кровель с расчетной высотой стоек даже меньше запроектированной, и без учета усиливающего эффекта от увеличения ширины стойки пенообразующим материалом. Также был произведен расчет несущей способности колонны.

Достоинства разрабатываемого проекта: возможность создания комфортабельных условий работы даже в очень удаленных регионах; легкость транспортировки, т. к. большинство материалов произрастает непосредственно на месте обустройства объекта или может быть изготовлено в условиях строительной площадки, возможно выполнение монтажных работ с применением средств малой механизации, экологичности и в случае необходимости легкая утилизация объекта.

Надо признать, что работа находится в стадии начальной разработки и требует дальнейших расчетов и уточнений.

Литература

1. *Калугин А. В.* Деревянные конструкции. Издательство Ассоциации строительных Вузов, Москва, 2003.
2. *Ватин Н. И., Баданин А. Н., Булатов Г. Я., Колосова Н. Б.* Устройство свайных фундаментов : учеб. пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. 227 с.
3. СТО 36554501-021-2010, Деревянные конструкции Многослойный клееный из шпона материал Ultralam (Ультралам), «НИЦ Строительство». М. : 2010 г.
4. ГОСТ 33124-2014, Брус многослойный клееный из шпона. Технические условия. СтандартИнформ, Москва, 2015 г.
5. СП 64.13330.2011, Деревянные конструкции Акт. версия СНиП II-25-80, Москва. 2011 г.
6. http://alektich.ru/stati/article_post/3146821/

УДК 69.059.3

Сергей Валерьевич Корнев, магистрант
Михаил Андреевич Абрамов,
канд. техн. наук, доцент
(Ярославский государственный
технический университет)
E-mail: *sergeykornev41@gmail.com*,
abramovma@ystu.ru

Sergey Valeryevich Kornev, Master's degree student
Mikhail Andreevich Abramov,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Yaroslavl State
Technical University)
E-mail: *sergeykornev41@gmail.com*,
abramovma@ystu.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ ВНЕШНЕГО АРМИРОВАНИЯ

TECHNOLOGICAL FEATURES OF THE EXTERNAL REINFORCEMENT SYSTEMS DEVICE

В настоящей работе изучено влияние характера подготовки поверхности на адгезионное сцепление с композитной системой внешнего армирования. Подтверждается запрет СП 164.1325800.2014 по нанесению клеевого эпоксидного состава на замороженные и мокрые поверхности. Однако, уточняется, что некоторые из повреждений не сильно влияют на адгезионное сцепление композитной системы внешнего армирования с поверхностью.

Ключевые слова: система внешнего армирования, адгезия, углеткань, эпоксидное связующее, подготовка поверхности, композиционный материал.

In this paper, the influence of the nature of surface preparation on the adhesive adhesion with a composite external reinforcement system is studied. The prohibition of SP 164.1325800.2014 on the application of adhesive epoxy composition on frozen and wet surfaces is confirmed. However, it is clarified that some of the damages do not significantly affect the adhesion of the composite external reinforcement system to the surface.

Keywords: external reinforcement system, adhesion, carbon fiber, epoxy binder, surface preparation, composite material.

В настоящее время в производстве композиционных материалов, которые широко используются для ремонта и усиления строительных конструкций, применяются углеродные волокна.

В своих работах исследователи [1, 3] отмечают высокую ресурсоемкость классических методов усиления – устройство железобетонных «рубашек» и наращиваний, стальных обойм или шпренгельных затяжек. Такие системы усиления получаются тяжелыми, что дополнительно нагружает как нижележащие конструкции, так и фундаменты. Кроме того, нарушается эстетика внешнего облика здания, что важно для административных и общественных зданий. Поэтому представляет интерес прогрессивный и более эффективный способ усиления конструкций, представленный материалами системы внешнего армирования (СВА) углеродными холстами и ламелями.

В работе [2] СВА разделяются на:

1) системы, формируемые на строительном объекте при проведении работ, в которых используются углеткани, пропитанные эпоксидными связующими. Т.е. так называемый «мокрый» способ.

2) системы, изготовленные заранее. Углеткани пропитывают эпоксидными смолами, после чего из них формируют в несколько слоев ламинат, который отверждают в заводских условиях, а затем используют на площадке.

Метод усиления конструкций углеродными волокнами в настоящее время является самым «щадящим» методом ремонта и восстановления строительных конструкций. Он позволяет производить реконструкцию элементов зданий в короткие сроки.

Применение углеволокна для усиления железобетонных конструкций обусловлено тем, что он является высокопрочным, линейно упругим материалом, из которого изготавливают

ткань. Ткани делаются из углеродных волокон, которые получают путем воздействия высокими температурами на органические волокна. В качестве элементов внешнего армирования применяют конструкции в виде лент и холстов. Прикрепляют элементы внешнего армирования к железобетонным конструкциям при помощи эпоксидного, эпоксиполиуретанового или полимерцементного клея. Они эффективно реагируют на приращение деформаций конструкции, в них возникают большие приращения усилий.

При этом отмечается, что сама система обладает рядом недостатков. Так, в работе [4] оценивается ползучесть системы усиления, возникающая из-за эпоксидного связующего.

Усиление системами внешнего армирования с углеродными тканями применяется для восстановления эксплуатационных свойств железобетонных конструкций. Нормативный документ СП 63.13330.2020 «Бетонные и железобетонные конструкции» устанавливает требования к проектированию восстановления и усиления железобетонных конструкций. В своде правил СП 164.1325800.2014 «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами» обозначены положения о проектировании усиления, технологии производства работ по нанесению внешнего армирования на ремонтируемую конструкцию. Также, согласно этому нормативу, есть рекомендации по выполнению работ при нанесении системы усиления на ремонтируемую конструкцию. Выделим некоторые из них:

- Запрещается наносить адгезивы на замерзшие или мокрые поверхности основания. [СП 164.1325800.2014. п 8.30].

- Мелкие дефекты (сколы, раковины, углубления до 5 мм) следует устранять с применением ремонтных смесей либо составов на основе эпоксидных смол с наполнителем (молотым кварцевым песком), крупные дефекты – с применением ремонтных смесей [СП 164.1325800.2014 п 8.29].

- Очистку поверхности основания следует проводить пескоструйной обработкой или обработкой металлическими щетками с последующей высоконапорной промывкой водой (не менее 1,0 МПа) [СП 164.1325800.2014 п 8.25].

Несмотря на требования, прописанные в своде правил СП 164.1325800.2014 «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами», производители работ не всегда выполняют данные указания, что впоследствии несет за собой отклонение расчетной схемы от реальной работы конструкции.

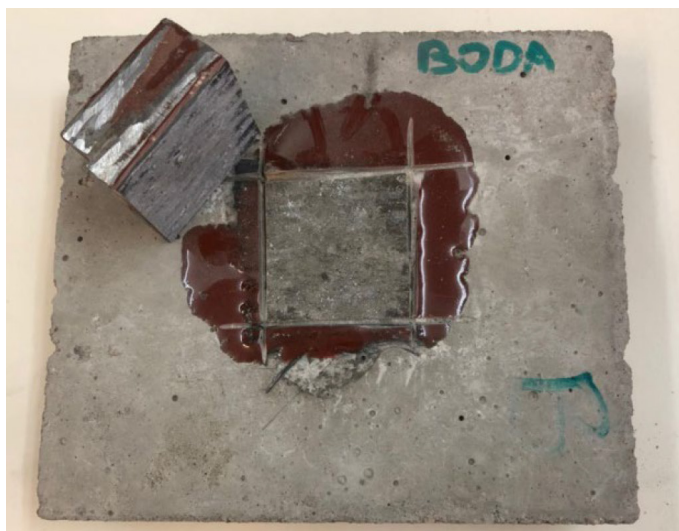
Целью данной работы было оценить влияние дефектов поверхности бетонных образцов на адгезионное сцепление с ней композитного усиления. Такая оценка должна дать предпосылки как для уточнения рекомендаций по подготовке поверхности, так и для выработки технологических подходов к обеспечению надежного сцепления композита с основанием.

Методика эксперимента.

Для оценки влияния подготовки поверхности на адгезию к ней композита применялась углеткань CarbonWrap Tape 530/300, которая наклеивалась на различные модельные типы поверхности:

- Нормальная поверхность (сухая бетонная без повреждений);
- Промасленная поверхность (покрытая машинным маслом);
- Поверхность, замоченная в воде;
- Замороженная поверхность, моделирующая зимнее производство работ;
- Наклейка двойного слоя углеволокна;
- Поверхность с неровностями и дефектами, моделирующая дефекты бетона конструкции.

Отрыв проводился измерителем адгезии ПСО-МГ4 производства СКБ Стройприбор. Площадь отрыва 16 см². Фотографии испытанных образцов представлены на рис. 1. Результаты проведенных измерений представлены в табл. 1.



а)



б)

Фотофиксация испытаний образцов с адгезионным (а) и когезионным (б) характером отрыва

Адгезионная прочность сцепления композита с разными типами поверхности образцов

Тип поверхности	Адгезионная прочность, МПа	Характер отрыва
Нормальная поверхность	3,72±0,20	Когезионный
Промасленная поверхность	3,80±0,20	Когезионный
Поверхность, замоченная водой	2,14±0,20	Адгезионный
Замороженная поверхность	2,39±0,20	Когезионный
Двойная наклейка углеволокна	3,66±0,20	Когезионный
Поверхность с неровностями и дефектами	4,10±0,20	Когезионный

Таким образом, наихудшее сцепление зафиксировано для промоченной поверхности. Видимо, вода создает пленку, препятствующую нормальной приклейке и диффузии клеевого состава в приповерхностный слой бетона. Аналогичный результат отмечен и для замороженной поверхности, которая часто визуально не отличается от нормальной.

С другой стороны, поверхность с дефектами по всей видимости создает большую площадь отрыва, что сказывается на адгезионной прочности. Однако, дефекты поверхности в реальном производстве работ будут очевидно увеличивать расход эпоксидного связующего.

Покрывание маслом соответствующего образца было только поверхностное, что не воспрепятствовало проникновению клеевого состава внутрь образца.

Литература

1. Петлина, Е. В., Саканов К. Т. Использование композитных материалов на основе углеродного волокна в строительстве // Наука и техника Казахстана. 2019. № 1. С. 86–93.
2. Шилин А. А., Пшеничный В. А., Картузов Д. В. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами. М. : Стройиздат, 2007. 184 с.
3. Лебеденко П. В., Прядком Н. В. Усиление железобетонных конструкций композитными материалам // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2016. № 4(120). С. 37–41.
4. Селиванова, Е. О., Смердов Д. Н. Экспериментальные исследования ползучести в композиционных материалах, усиливающих изгибаемые железобетонные элементы // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2017. № 2(33). С. 95–99.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МОНТАЖА СТРУКТУРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF INSTALLATION OF STRUCTURAL STRUCTURES OF THE COATING

Данная статья составлена с целью проанализировать методы монтажа большепролетных металлических структурных конструкций покрытия при возведении высоких одноэтажных сооружений различного назначения. В статье приведены причины неэффективности применения классических методов монтажа грузоподъемными кранами при строительстве зданий жилого, общественного или производственного назначения, перечислены и описаны методы монтажа структурных конструкций укрупненными блоками, краном в сочетании с установщиком, без крана с использованием гидравлических домкратов, а также конвейерный метод монтажа. В заключении выполнен сравнительный анализ указанных методов с точки зрения эффективности и рациональности.

Ключевые слова: структурная конструкция, укрупненный блок, установщик, конвейер, конвейерная линия, стоянка сборочной линии.

This article was compiled in order to analyze the methods of installation of large-span metal structural structures of the coating in the construction of high one-story structures for various purposes. The article presents the reasons for the inefficiency of the use of classical methods of installation by cranes in the construction of residential, public or industrial buildings, lists and describes the methods of installation of structural structures with enlarged blocks, a crane in combination with an installer, without a crane using hydraulic jacks, as well as a conveyor method of installation. In conclusion, a comparative analysis of these methods is made in terms of efficiency and rationality.

Keywords: structural design, enlarged block, installer, conveyor, conveyor line, assembly line parking.

На территории России существует множество примеров возведенных зданий с покрытием из металлических большепролетных структурных конструкций. Это здания промышленного назначения, выставочные павильоны, крытые стадионы, бассейны, зрелищные сооружения, вокзалы и др. Внутренняя часть из них была возведена в советское время, то есть время эксплуатации таких здания варьируется примерно от 40 до 50 лет. Несмотря на длительный срок службы, такие здания потребуют капитального ремонта, реконструкции.

Стержни металлических структурных покрытий чаще всего состоят из стальных электросварных прямошовных труб. Коррозия поражает стержни в течение десятков лет, она не является главной причиной необходимости реконструкции зданий с такими покрытиями. Причина появляется еще на этапе строительства – выполнение соединения стержней требует очень высокой точности для того, чтобы нагрузка передавалась точно в центр узла и далее передавалась также в центр колонн и далее на фундамент. При отклонении от проектного положения стержня или узла соединения более чем на 2 мм, нагрузка будет передаваться не по расчету, она будет создавать дополнительные поперечные силы и моменты, на которые элементы конструкции не рассчитаны.

Реконструкция бывает более трудоемкой и сложной в сравнении с новым строительством, поэтому необходим определенный опыт, подготовка и тщательный выбор технологии производства работ на реконструируемом объекте.

Помимо реконструирования зданий с покрытиями из структурных конструкций, иногда требуется и возведение новых зданий с необычной архитектурной идеей, для воплощения

которой понадобилось проектирование сложной пространственной структуры в покрытии сооружения, или же зданий промышленного назначения, требующих внушительный размер пролетов между несущими колоннами. Для таких зданий также немаловажен выбор технологии монтажа спроектированной структурной конструкции в проектное положение.

В строительной сфере понятие «монтаж» чаще всего связывают с использованием такого грузоподъемного механизма как кран (башенный, самоходный, быстровозводимый и др.). Процесс возведения зданий и сооружений невозможно представить без кранов, они необходимы для перемещения и подъема груза или элемента конструкции, поэтому, казалось бы, тема монтажа конструкции проста и понятна. Однако в рамках предложенной темы рассматривается монтаж металлических структурных конструкций – это целая пространственная система из множества стальных стержней, объединенных сложными узлами. В таких системах преобладает самое главное их преимущество – сохранение устойчивости при внушительных пролетах. Величина пролета между несущими колоннами, форма и сами габаритные размеры создают сложности при классических методах монтажа конструкции.

На первый взгляд, самым простым и эффективным способом считается монтаж всей конструкции целиком, собранной заранее на уровне земли. Но такой метод будет не эффективен по нескольким причинам:

- Слишком большие габаритные размеры конструкции.

Например, одна сторона структурной плиты может быть длиной 30 и более метров, а плиты проектируют в том числе и квадратными, так что расстояние между осью полиспаста и осью базы крана должно быть больше половины минимального размера плиты.

- Слишком большой вес.

Вес всей конструкции может составлять десятки и даже сотни тонн, для ее монтажа целиком необходимо оборудование с внушительной грузоподъемностью.

- Неточность установки.

Узловые соединения структурных конструкций имеют жесткие требования к неточностям их выполнения. Причина этого объясняется самой идеей схемы стропильных ферм и структур – стержни конструкции должны воспринимать только усилия растяжения или сжатия, они не рассчитываются на восприятие поперечных сил и момента. Следовательно, узел соединения стержней должен быть собран так, чтобы усилия со стержней передавались точно в центр узла и при этом собственный вес стержней или других внешних нагрузок не должен передаваться в качестве поперечной силы или момента на сам узел и далее на другие стержни. Из ранее сказанного вывод очевиден – чтобы с помощью крана смонтировать всю конструкцию целиком, необходима высокая квалификация машиниста крана и монтажников, а также необходима очень высокая точность и отсутствие каких-либо усложняющих внешние условия факторов (например, ветра).

Существуют три основных метода, позволяющих предотвратить вышеизложенные проблемы:

1. монтаж укрупненными блоками (что уменьшит вес и размер монтируемой конструкции);
2. монтаж краном в сочетании с установщиком (что позволит использовать меньший вылет стрелы крана);
3. бескрановый монтаж с использованием гидравлических домкратов.

Рассмотрим подробнее каждый из перечисленных методов.

Монтаж укрупненными блоками

Для монтажа структурной конструкции укрупненными блоками достаточно использование самоходных кранов, обычно для монтажа одного блока используют два крана (рис. 1),

при этом на объекте могут работать несколько пар кранов для уменьшения сроков строительства (рис. 2).

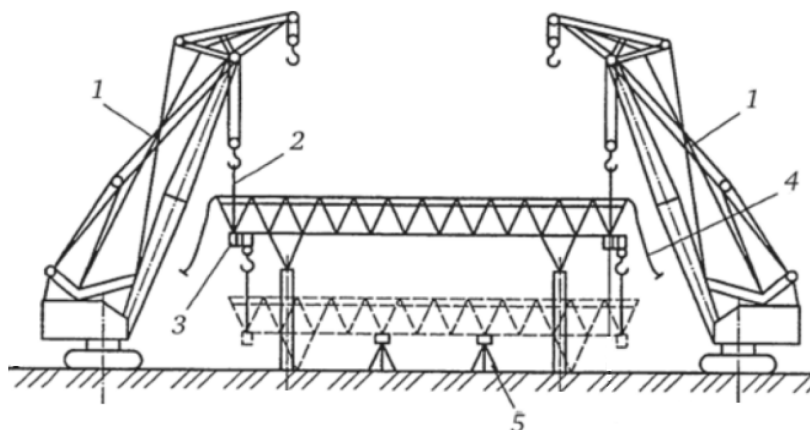


Рис. 1. Схема монтажа несущей конструкции покрытия двумя самоходными кранами:

1 – монтажный стреловой кран; 2 – строп; 3 – траверса;
4 – оттяжки; 5 – временные опоры

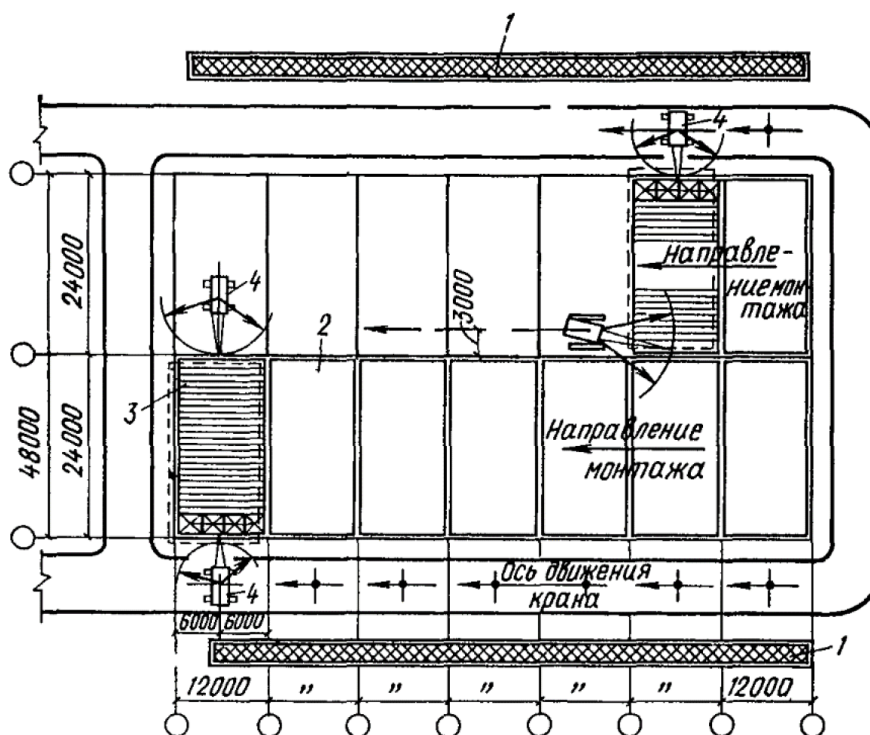


Рис. 2. Схема монтажа структурной конструкции укрупненными блоками:

1 – склад металлоконструкций; 2 – смонтированные блоки;
3 – монтируемые блоки; 4 – монтажные краны

Блоки обычно имеют минимальную ширину в 12 м, а длина может достигать до 18 м и более. На строительную площадку поставляют пакеты с отдельными стержнями и узлами либо блоки пирамидальной формы, объединяющие сразу несколько стержней и узлов. В обоих случаях необходима укрупнительная сборка в единый блок. Укрупнительная сборка блоков покрытий производится на месте подъема или вблизи строящегося объекта на временных опорах и на каждый собранный блок составляется геодезическая исполнительная схема [1].

И на уровне земли, и на проектной отметке сборка производится так, чтобы сначала установить торцевые элементы и стержни нижнего пояса, затем элементы верхнего пояса и наконец раскосы, соединяющие стержни поясов. Каждый блок укрупняется от середины (центра) к краям [2].

Если блок возводился на уровне земли, по готовности его перемещают на проектную отметку в зону монтажа.

В состав укрупненного блока, кроме металлических конструкций покрытия, рекомендуется включать конструкции кровли, технологические коммуникации, трубопроводы, оборудование и т. д., прокладываемые внутри блочного пространства, а также пути подвешного транспорта, конструкции подвешного потолка и т. п., располагаемые под элементами нижнего пояса структурной плиты [3].

Монтаж краном в сочетании с установщиком

В случае монтажа структурной конструкции краном в сочетании с установщиком монтаж производится так же, как и в предыдущем случае, укрупненными блоками (рис. 3). В зависимости от габаритов здания и места установки крана на строительной площадке кран используют башенный на рельсовом ходу или стационарный на отдельном фундаменте.

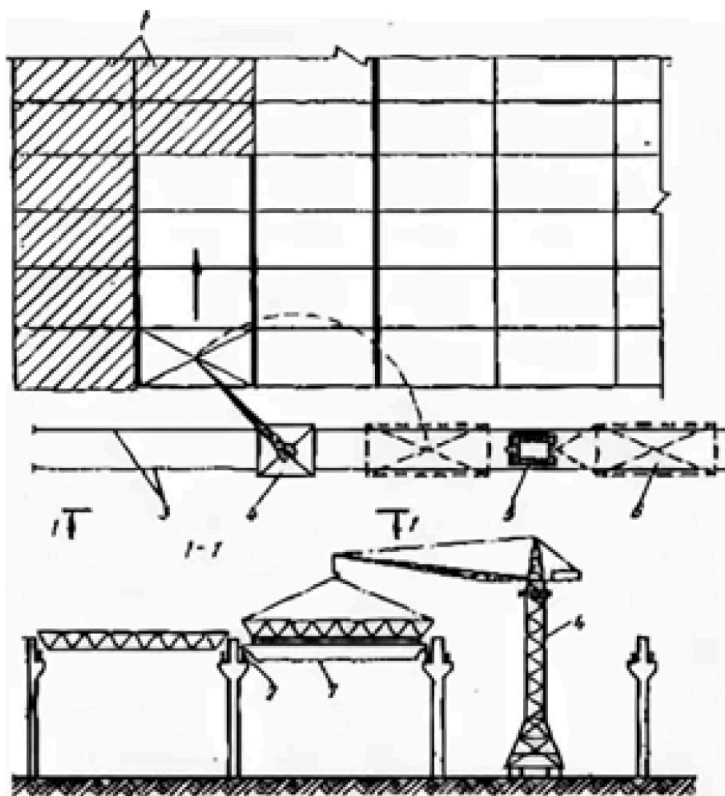


Рис. 3. Схема монтажа блоков покрытия установщиком:
1 – смонтированные блоки; 2 – пути мостового крана;
3 – пути башенного крана; 4 – башенный кран; 5 – трактор;
6 – собранный блок покрытия; 7 – установщик

Доставка блоков к крану при такой схеме монтажа производится тягачом на специальных прицепах.

Установщик, который осуществляет доставку блоков в проектное положение, может быть двух видов: высокий и низкий.

Высокий установщик представляет собой прототип козлового крана,двигающийся по рельсам внутри контура здания вдоль пролета (рис. 4). После монтажа всех блоков одного пролета необходимо переставлять такой установщик на следующий пролет.

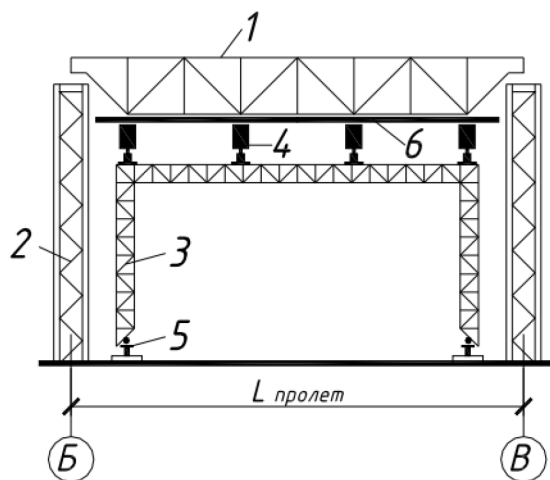


Рис. 4. Схема монтажа блоков покрытия высоким установщиком:
 1 – монтируемый блок покрытия; 2 – несущие колонны здания;
 3 – высокий установщик; 4 – гидравлические домкраты;
 5 – рельсовые пути установщика; 6 – распределительная балка

На высоком установщике располагают гидравлические домкраты, которые поднимают укрупненный блок на проектную отметку. Для распределения собственного веса блока, а также для распределения усилия домкратов, поднимающих блок, на установщик монтируются распределительные балки между блоком покрытия и домкратами.

Низкий установщик актуален для случаев, когда в строящемся здании будет предусмотрен мостовой кран. Низкий установщик передвигается по рельсам, установленным на подкрановые балки, которые затем остаются на объекте и используются уже при эксплуатации здания (рис. 5). При схеме с низким установщиком также используются гидравлические домкраты и распределительные балки.

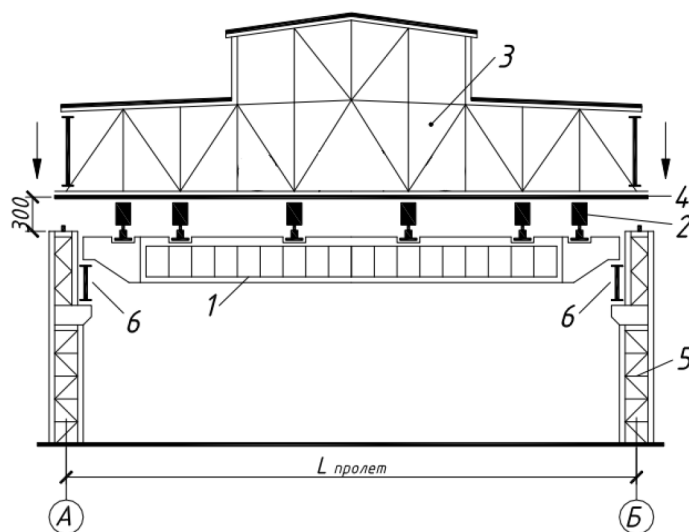


Рис. 5. Схема монтажа блоков покрытия низким установщиком: 1 – низкий установщик;
 2 – гидравлические домкраты; 3 – монтируемый блок покрытия; 4 – распределительная балка;
 5 – несущие колонны здания; 6 – рельсовые пути подкрановых балок

Бескрановый монтаж с использованием гидравлических домкратов

Главное преимущество данного метода состоит в том, что грузоподъемные краны не используются. Однако это преимущество не единственное.

Во-первых, с применением гидравлических домкратов появляется возможность перемещать конструкцию не отдельными укрупненными блоками, а всей конструкции целиком. Для этого необходим правильный подбор способа перемещения и несущей способности домкратов.

Во-вторых, такой метод монтажа может производиться несколькими способами. Домкраты перемещают конструкции по специальным направляющим, которые могут быть установлены: вертикально (вдоль несущих колонн), горизонтально (при сборке всей конструкции на проектной отметке, но в стороне от строящегося здания) и по наклонной траектории (по направляющим, установленным под углом к поверхности земли в случае сборки конструкции не на проектной отметке). При этом схема действия домкратов может отличаться. Домкратами осуществляется либо подтягивание конструкции на себя тросами, либо выталкивание. Соответственно средства механизации в указанных случаях располагаются либо над монтируемым покрытием, либо под ним соответственно [4].

Перемещение покрытия подтягиванием по вертикальным направляющим гибкими тросами может осуществляться специальными подъемниками с лебедками или тальями, которые устанавливаются на оголовки колонн [5]. Такой метод используется при стесненных условиях строительства, малых размерах стройплощадки или других ограничениях.

Каждый из рассмотренных методов имеет свое место при выборе технологии монтажа структурной большепролетной конструкции. Однако есть еще одна методика, которую можно использовать в сочетании с некоторыми случаями, описанные в статье, и именно поэтому он не выделен отдельным пунктом. Речь идет о конвейерном методе монтажа структурных покрытий.

Главная идея этого метода и отличие остальных состоит в том, что укрупнительная сборка блока производится не на уровне земли и не на проектной отметке и, самое важное, сборка производится не на одном и том же месте. Схематично монтаж конструкции покрытия с помощью конвейера показан на рис. 6.

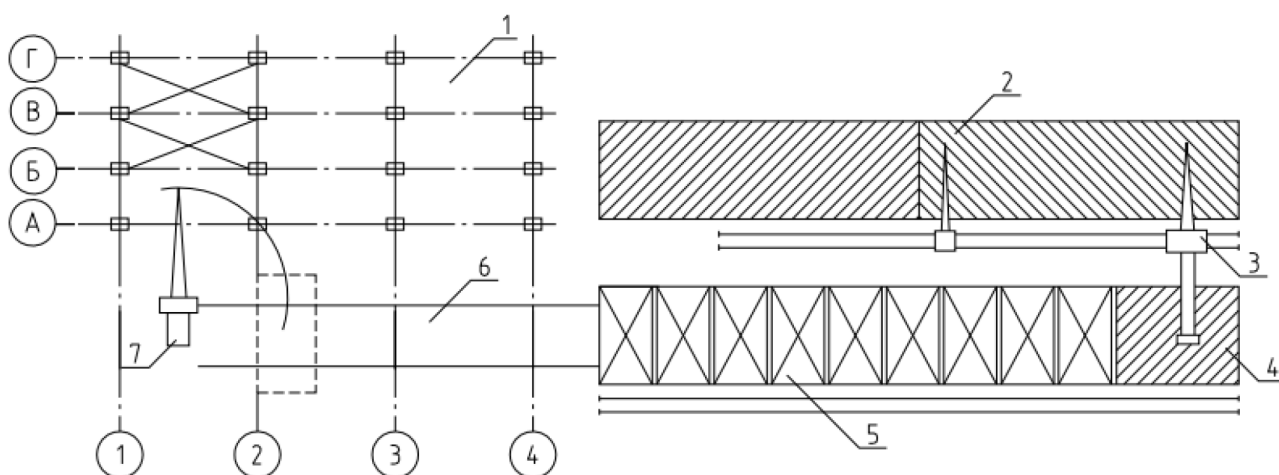


Рис. 6. Схема конвейера для монтажа структурного покрытия:

1 – строящееся здание; 2 – склад строительных материалов; 3 – краны, обслуживающие конвейер; 4 – площадка укрупнения блоков; 5 – стоянки конвейера; 6 – пути подачи блоков к стреловому крану; 7 – кран для установки блока на установщик (низкий или высокий)

По сути, конвейер – это одновременная и слаженная работа его составляющих: обслуживающих специальных кранов, которые осуществляют подачу необходимых строительных материалов на стоянки, сборочной линии, монтажников, выполняющих укрупнительную сборку блока на каждой стоянке конвейера, стрелового крана, который перемещает готовый блок с последней стоянки на установщик, и самого установщика, подающего блок на проектную отметку. Сборочная линия конвейера должна обеспечивать удобную подачу блока покрытия от места сборки к монтажному крану. Ее расположение может устраиваться: параллельно пролету здания, как на рис. 6, в одном из пролетов или в продолжении одного из пролетов. Решение по местоположению сборочной линии принимается в зависимости от объемно-планировочных параметров строящегося объекта, площади и конфигурации строительной площадки и т. д.

Количество стоянок сборочной линии конвейера принимается исходя из размеров укрупняемого блока покрытия, конструктивными особенностями структурной конструкции и строящегося здания в целом, а также степенью необходимой строительной готовности блока. На первых стоянках сборочной линии монтажниками осуществляется сборка основы – металлической конструкции укрупненного блока, то есть соединение стрелевой и узловых элементов между собой. На следующих стоянках другими по квалификации монтажниками производится установка коммуникаций (трубопроводов, вентиляционных шахт и др.), установка оборудования, кровельные работы, установка конструкций подвесного потолка и другие строительные работы, предусмотренные ППР.

В торце линии конвейера устанавливается лебедка для перемещения блоков между стоянками.

Разновидностью конвейерной линии является ее уменьшенный вариант – сборочная линия. Суть технологии ее применения идентична конвейерной, но сборочных стоянок значительно меньше и блоки на линии собирают не до полной строительной готовности. Такая технология применяется при площади покрытий до 15 тыс. м² [3]. А применение конвейера при монтаже структурных покрытий целесообразно при покрытиях площадью 15–20 тыс. м² и более.

Выше было упомянуто, что конвейер можно использовать в сочетании с некоторыми методами монтажа, описанными в данной статье. Действительно, при монтаже укрупненных пространственных блоков стреловым краном конвейерную линию располагают вблизи фундамента или рельсовых путей крана, чтобы кран имел возможность переместить укрупненный блок с конвейера в проектное положение строящегося здания. А в случае использования установщика возможно установить конвейерную линию так, чтобы не использовать стреловой кран: готовый укрупненный блок по отдельным рельсовым путям и с помощью лебедок подается сразу на установщика, тот в свою очередь перемещает блок в нужное место и домкратами поднимает на проектную отметку.

Все описанные в статье методы монтажа сведены в табл.

Исходя из изложенных в статье подробных описаний каждого метода монтажа и представленной выше табл. можно сделать вывод, что при необходимости реконструкции здания со структурной конструкцией покрытия, наиболее предпочтительными являются: монтаж конструкции краном укрупненных блоков, монтаж краном с установщиком, а также бескрановый метод монтажа при условии, что собранную конструкцию домкраты поднимают вертикально по направляющим вдоль колонн. Эти методы целесообразно выбрать для реконструкции, потому как во всех трех случаях имеется возможность не выделять площадку для складирования составных элементов конструкции и временную площадку для укрупнительной сборки блоков. Площадку складирования и сборки можно обустроить на территории объекта, что позволит уменьшить площадь строительной площадки и будет являться оптимальным решением для стесненных условий городской застройки.

Сравнительный анализ методов монтажа структурных покрытий

Название метода	Особенности применения	Достоинства	Недостатки
Монтаж укрупненными блоками	Стреловой кран монтирует укрупненные блоки покрытия, собранные на специальной площадке или на временных опорах в границах строящегося здания	По сравнению с остальными методами возможно устройство строительной площадки без внушительных дополнительных площадей	Необходим кран с большой грузоподъемностью и подходящим по параметрам здания и укрупненного блока вылетом стрелы
Монтаж краном в сочетании с установщиком	Стреловой кран перемещает укрупненные блоки покрытия на установщик (низкий или высокий), а установщик подает блок в проектное положение	Метод монтажа с применением низкого установщика практичен в случае, когда внутри строящегося здания будет предусмотрен мостовой кран. При применении высокого установщика – козловой кран.	Выверка конструкции затруднительна потому, что установщик и домкраты перемещают конструкции только в двух плоскостях
Бескрановый монтаж с использованием гидравлических домкратов	Структурная конструкция собирается целиком в границах строящегося здания или в стороне от него и устанавливается в проектное положение с помощью домкратов (подъемников, лебедок)	Не требуется использование грузоподъемных кранов; сборка конструкции происходит в границах строящегося здания, что экономит площадь строительной площадки	Необходимость в домкратах большой грузоподъемности, а также в других приспособлениях, таких как лебедки, тали, тяги, подъемники и др.
Монтаж с применением конвейера	Монтаж стреловым краном в сочетании с установщиком и без него укрупненных блоков, собранных на конвейерной линии до полной строительной готовности	Высокая точность всех монтажных работ при сборке укрупненного блока за счет того, что сборка до полной строительной готовности производится не на высоте и не на временной площадке, а на оборудованных необходимыми механизмами стоянках конвейера	Требуется дополнительная площадь строительной площадки для устройства стоянок конвейера и их обслуживания

Однако стоит отметить, что осуществление реконструкции необходимо по причине наличия недопустимых прогибов стержней, которые проявляются из-за неточной сборки стержней и узлов в единое целое. Самая высокая точность сборки соблюдается в заводских условиях, но укрупненный блок, собранный на заводе, невозможно транспортировать на строительную площадку – блоки имеют недопустимые габариты для перевозки, не говоря уже о всей конструкции в целом. При сборке конструкции на временных опорах на проектной отметке качество сборки самое низкое. При сборке на территории здания или на отдельной временной площадке на уровне земли выше, чем при сборке на высоте, однако не самое лучшее. Высокое качество сборки укрупненного блока получается при наличии на площадке конвейерной линии. Укрупненный блок с большей вероятностью будет собран

так, чтобы воспринимать только рассчитанные проектом нагрузки, а значит здание будет иметь увеличенный срок службы.

Таким образом, существует необходимость совмещения метода, использующего наименьшие площади строительной площадки для возможности реконструкции в стесненных условиях городской застройки, а также метода, обеспечивающего наивысшую точность соединения узлов пространственных конструкций для повышения срока службы здания.

Литература

1. СТО 0053-2006 (02494680, 01408401) Монтаж и демонтаж стальных строительных конструкций. Положения при производстве работ в развитие СНиП 3.03.01-87.

2. *Юдина А. Ф.* Строительные конструкции. Монтаж. учебник для СПО. 2-е изд., испр. и доп. М. : Издательство Юрайт, 2018. 302 с. (Серия: Профессиональное образование).

3. Рекомендации по проектированию структурных конструкций / ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР, Москва 1984.

4. *Мосаков Б. С., Курбатов В. Л. Молодин В. В.* Технология возведения зданий и сооружений: учебник. – Новосибирск : Белая стена, 2013. 374 с.

5. *Афанасьев А. А., Данилов Н. Н., Копылов В. Д.* Технология строительных процессов / под ред. Н. Н. Данилова. – М. : Высшая школа, 2000. 464 с.

УДК 624.016

Тимур Зикруллоевич Нарзуллаев, студент
Константин Анатольевич Шабалин, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: airtima@mail.ru, kotmaxx@list.ru

Timur Zikrulloevich Narzullaev, student
Konstantin Anatolevich Shabalin, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: airtima@mail.ru, kotmaxx@list.ru

НИВЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА СТОИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ В РФ

LEVELING THE INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS ON THE COST OF CONSTRUCTION OF LOW-RISE RESIDENTIAL COMPLEXES OF THE RUSSIAN FEDERATION

Малоэтажная застройка сегодня является перспективным направлением развития рынка доступного жилья в России.

Речь идет о жилых объектах, этажность которых составляет не более трех (реже четырех) этажей. В группу данного жилья входят коттеджи, таунхаусы, дуплексы и малоэтажные многоквартирные дома, расположенные в ближайших пригородах, которые в последние годы стали полноценной частью общего российского рынка недвижимости [2].

Преимуществом малоэтажных жилых комплексов является тот факт, что они подходят для городов любой категории, независимо от местности, на которой они расположены, будь то сложный рельеф, слабые грунты или высокая сейсмичность.

Вот почему использование ресурсов малоэтажного строительства напрямую связано с реализацией такой важной задачи, как радикальное наращивание объемов строительства в сжатые сроки с учетом соблюдения современных требований к качеству жилья и градостроительной среды [5].

Ключевые слова: малоэтажная застройка, жилые объекты, стоимость строительства, учет затрат, затратные показатели, факторы, строительно-монтажные работы, цена квадратного метра.

Low-rise buildings today are a promising direction for the development of the affordable housing market in Russia.

We are talking about residential buildings, the number of floors of which is no more than three (less than four) floors. The group of this housing includes cottages, townhouses, duplexes and low-rise apartment buildings located in the nearest suburbs, which in recent years have become a full-fledged part of the general Russian real estate market.

The advantage of low-rise residential complexes is the fact that they are suitable for cities of any category, regardless of the terrain on which they are located, whether it is difficult terrain, weak soils or high seismicity.

That is why the use of low-rise construction resources is directly related to the implementation of such an important task as a radical increase in the volume of construction in a short time, taking into account compliance with modern requirements for the quality of housing and the urban environment.

Keywords: low-rise buildings, residential facilities, construction cost, cost accounting, cost indicators, factors, construction and installation work, price per square meter.

Несмотря на то, что малоэтажная застройка дает возможность наращивать объемы строительства в целом, не следует забывать, что у нее есть свои плюсы и минусы.

К преимуществам можно отнести такие моменты, которые делают малоэтажные проекты привлекательными:

- дома строятся быстрее, а квартиры в них зачастую дешевле, чем в многоэтажках, расположенных в черте города;
- это комфортно и стильно, поскольку небольшая высота домов дает возможность проектировщикам и архитекторам реализовать оригинальные и необычные идеи;
- это экологично и живописно, поскольку для строительства выбирают места в окружении природы с прекрасными видами;

- это удобно, поскольку малоэтажный формат предполагает гораздо меньшее количество людей, что, прежде всего, исключает такую проблему многоэтажек, как нехватка парковочных мест [7].

К недостаткам малоэтажных проектов можно отнести:

- неудобное расположение относительно центра города, поскольку для застройки выделяется земля в пригородах или в отдаленных городских районах;
- дорогое обслуживание, так как коммунальные расходы, как правило, поровну делятся между жильцами дома, а чем их меньше, тем больше финансовая нагрузка;
- недостаточная инфраструктура, поскольку в отдаленных районах она слабо развита [7].

Для того чтобы понять, какие факторы влияют на стоимость строительства малоэтажных жилых комплексов, следует разобраться, как формируется себестоимость строительных работ в целом.

Основой плановой себестоимости строительных работ являются затратные показатели, причем, каждая строительная организация самостоятельно устанавливает, как статьи расходов, так и способы калькулирования себестоимости.

Тем не менее, для всех организаций учет затрат по экономическим элементам включает в себя:

- затраты материальные (минус стоимость возвратных отходов);
- затраты, выделяемые на оплату труда;
- отчисления на социальные нужды;
- амортизация основных средств;
- прочие затраты [2].

Следует учесть, что себестоимость строительства зависит и от других факторов. Они включают в себя следующее:

- конкуренция на рынке;
- сети и коммуникации;
- создание проекта;
- стоимость участка земли;
- расходы на обслуживание стройплощадки;
- непроизводственные расходы, такие как необходимость передачи квартир муниципалитету [2].

Как правило, главными статьями затрат в массовой малоэтажной застройке являются две. Это строительные материалы и строительные-монтажные работы. А если говорить о цене квадратного метра малоэтажного жилья, то ее формируют следующие показатели:

- стоимость земли, используемой под строительство;
- наличие инженерных и транспортных сетей;
- развитие социальной инфраструктуры;
- степень удаленности от центра города;
- экологическая обстановка.

Строительство зданий малой этажности, если провести сравнение с многоэтажными домами, гораздо проще [1]. Это объясняется тем, что реализация проекта происходит более высокими темпами, и, к тому же, для нее не требуется получать государственную регистрацию.

Кроме того, благодаря современным инновационным технологиям, для возведения малоэтажного жилья можно обойтись, как без тяжелой строительной техники, так и без дорогих строительных материалов, что существенно сокращает себестоимость такого жилья и сроки его сдачи.

Правда, большая площадь застройки требует прокладки большего метража инженерных коммуникаций и дорог. Вот почему можно сказать, что на себестоимость строительства «малоэтажек» одновременно влияют, как минимизирующие, так и увеличивающие стоимость факторы [1].

С одной стороны, можно сократить расходы за счет количества возводимых этажей, но, с другой, такое же количество квадратных метров строят на большем участке земли, что приводит к удорожанию.

Вот почему стоимость малоэтажного жилья во многом еще зависит и от того, как застройщик способен контролировать все ценовые цепочки и следить за своими затратами.

Снизить стоимость такого строительства можно за счет использования новейших автономных систем инженерного обустройства и альтернативных источников энергии.

Нельзя отрицать, что в сфере малоэтажного домостроения существуют некоторые проблемы, но, несмотря на них, его приоритетный статус поддерживает вся экономика страны, используя программно-целевые методы с элементами государственно-частного партнерства [3].

Авторами рассмотрено вариантное проектирование, в зависимости от различных факторов, в том числе готовых или индивидуальных решений, применяемых материалов, параллельного строительства одновременно нескольких зданий на одной участке.

Индивидуальное проектирование обходится в среднем до 50 % дороже от типового. Все ваши пожелания относительно строительных материалов, инженерного оснащения, планировки обсуждаются с инженерами до приобретения проекта, и при необходимости в типовой проект вносятся изменения. Стоимость изменений невозможно сказать без расчета, их сумма может быть, как сильно ниже, так и выше стоимости индивидуального проектирования. Ориентировочные цены на документацию типового и индивидуального проекта приведены в таблице 1. Сравнительная таблица вариантов технологических решений малоэтажного домостроения приведена в табл. 2.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что любой застройщик, перед началом строительства должен принять решение из какого материала и по какой технологии будет выполняться строительство, чтобы при организации строительного производства учесть эти факторы для оптимизации сроков или уменьшения стоимости строительства.

В целом, малоэтажная застройка сегодня представляет собой один из наиболее оптимальных форматов для всех участников рынка, поскольку «малоэтажка» гораздо гибче, чем «многоэтажка» и дает возможность быстрее реагировать на спрос [6].

Сейчас строительство малоэтажных домов рассматривается, как реальный вариант повышения доступности жилья для широких слоев населения, поскольку стоимость квадратного метра здесь может быть ниже, чем в многоэтажной застройке, а также, как возможность увеличения темпов строительства жилой недвижимости.

Кроме того, если говорить о комплексном освоении удаленных территорий, то целесообразно строить именно жилые объекты малой этажности.

А что касается самих покупателей, то для них малоэтажное жилье – это, прежде всего, проживание в комфортных условиях и возможность улучшения качества своей жизни. Да и с точки зрения экологии, благодаря низкой плотности застройки, такие проекты наносят окружающей среде гораздо меньший вред, чем многоэтажные.

Но, с одной стороны, хватит ли у среднего класса не только денег, но и уверенности, чтобы перестроить свой образ жизни? А с другой, смогут ли девелоперы, работающие в секторе малоэтажного домостроения, удерживать цены на приемлемом – не для сотен, а для тысяч покупателей – уровне? [4].

Таблица 1

Цены на документацию типового и индивидуального проекта в сравнении, руб

Наименование	Типовой проект (140 м ²), руб*	Индивидуальный проект (140 м ²), руб*
Архитектурный, конструктивный разделы (АР, КР)	37 200	112 000
Полный комплект (АР, КР, Инженерный раздел)	46 500	147 000
Полный комплект с адаптацией фундамента (плитного)	60 500	147 000
Полный комплект с системой теплого пола	77 300	177 800
*Цены приведены на февраль 2022 года		

Таблица 2

Сравнительная таблица вариантов технологических решений малоэтажного домостроения

№ п/п	Наименование вида несущего каркаса	Не-обработанный сруб	Оцилиндрованное бревно	Клее-ный брус	Каркас-ное	Каркасно-панельное	Кирпич-ное	Газо-силикаты, ячеистые бетоны	
	Показатели								
1	Стоимость 1 кв. м. ограждающей конструкции, руб.	1 100,0	1820,0	4100,0	1043,3	1109,1	2992,0	1559,1	
2	Общий вес 1 кв. м. ограждающей конструкции, кг.	55,0	55,0	60,0	47,4	25,8	1258,0	249,6	
3	Срок строительства, мес	12–36	10–12	1–3	3–4	1–3	10–12	10–14	
4	Наличие «мокрых» процессов на площадке	–	–	–	–	–	+	+	
5	Возможность выполнения работ зимой	Возможно, без последствий					нежелательно		

Литература

1. Малоэтажное строительство : проектные особенности, преимущества и перспективы развития. / URL: https://www.tatre.ru/articles_id4211 (дата обращения: 23.03.2022).

2. *Валиев С. Ф., Ишемгулов С. Ф.* Факторы, влияющие на себестоимость жилищного строительства (на примере города Уфы). Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2017. № 2 (136). С. 375-377. URL: <https://moluch.ru/archive/136/38256/> (дата обращения: 23.03.2022).

3. Не выше сосен! Скандинавский слоган «Строить не выше сосен!», почти позабытый за время расцвета многоэтажного массового строительства, снова становится популярным. / URL: <https://nsp.ru/28014-ne-vyuse-sosen> (дата обращения: 23.03.2022).

4. Малоэтажное жильё – простая задача со сложным решением. / URL: <https://ardexpert.ru/article/18023> (дата обращения: 23.03.2022).

5. Перспективы развития малоэтажного жилищного строительства в России. / URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-maloetazhnogo-zhilishchnogo-stroitelstva-v-rossii>. (дата обращения: 23.03.2022).

6. Малоэтажные жилые здания. URL: https://revolution.allbest.ru/construction/00335861_0.html. (дата обращения: 23.03.2022).

7. Обзор малоэтажных жилых комплексов в СПб и Ленобласти. / <https://m16-estate.ru/news/obzor-malojetazhnyh-zhilyh-kompleksov-v-spb-i-lenoblasti>. (дата обращения: 23.03.2022).

ОЦЕНКА И СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

AN ASSESSMENT AND COMPARATIVE STUDY OF ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN THE CONSTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES ON THE TERRITORY OF THE RUSSIAN ARCTIC

В данной статье рассмотрены и сформулированы проблемы энергосберегающих технологий и материалов, используемых в северных широтах, безопасность производства и принципы СМР, при строительстве жилых, административных и промышленных зданий и сооружений в условиях крайнего севера (природно-климатических условиях близких к экстремальным) АЗРФ. Произведен анализ воздействия вечной мерзлоты, сезонного (зима-лето) таяния грунтов и низкой устойчивости и способности талых грунтов на выбор способов безопасного обустройства военных, гражданских объектов и трубопроводов АЗРФ и безопасности их возведения. Обозначены решения по безопасности производства СМР позволяющие повысить энергосбережение, при необходимости использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: АЗРФ, обеспечение безопасности, энергосбережение, строительство, реконструкция, производственная безопасность, теплоизоляция, методы принятия решений, температура, безопасность сотрудников, техника безопасности.

This article discusses and formulates the problems of energy-saving technologies and materials used in the northern latitudes, production safety and construction and installation principles in the construction of residential, administrative and industrial buildings and structures in the Far North (climatic conditions close to extreme) of the Russian Arctic. An analysis was made of the impact of permafrost, seasonal (winter-summer) thawing of soils and low stability and ability of thawed soils to choose methods for the safe arrangement of military, civil facilities and pipelines of the Russian Arctic and the safety of their construction. An assessment and analysis of the impact of climate change (ice melting and related risk factors in the Russian Arctic regions on the development of measures to ensure the safety, stability of energy facilities and emergency response systems in an emergency) was made. non-traditional and renewable energy sources.

Keywords: Russian Arctic, safety, energy saving, construction, reconstruction, industrial safety, thermal insulation, decision-making methods, temperature, employee safety, safety precautions.

Введение

В зоне вечной мерзлоты (Арктической) РФ создаётся самый мощный для индустриального развития, а масштабы этой деятельности значительно превосходят показатели на 2022 год (Северный морской путь) других стран АЗ. Так в России составляет 65 % (а, например, в странах АЗ таких как: – Гренландии, Норвегии, Швеции, Финляндии, Исландии – всего 12 %; а на Аляске и в арктической Канаде – только 20 %). Практически все богатства Арктики находятся в России. Для АЗРФ характерны экстремальные (тяжелые) природные условия: низкие температуры, полярная ночь (6 месяцев) и длительный полярный день (полгода), магнитные бури, сильные ветра и метели, частые туманы, арктические пустыни и бескрайние тундры, вечная мерзлота; а так же значительно опережающую среднемировую, динамику изменений климата в последнее время. Сама природная экстремальность усиливается негативным действием социальных и экономических факторов – транспортной недоступностью, высокими производственными расходами и стоимостью проживания, неразвитостью

экономики и тенденциями к ее монополизации, изолированностью и трудностью расселения. Жизнь граждан и их деятельность порой зависят от поставок топлива (энергоресурсов), продовольствия, промышленных товаров, лекарств по трассе Северного морского пути в ограниченный период, периодом полярной навигации.

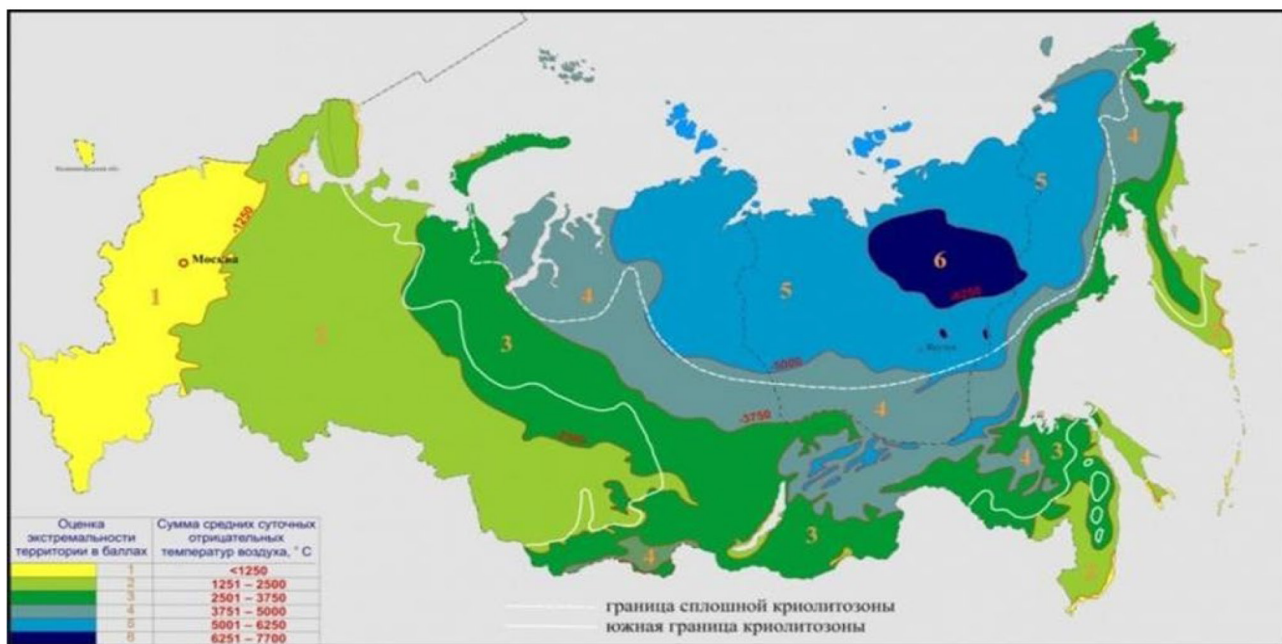


Рис. 1. Карта районов северных территорий по сумме среднесуточных температур

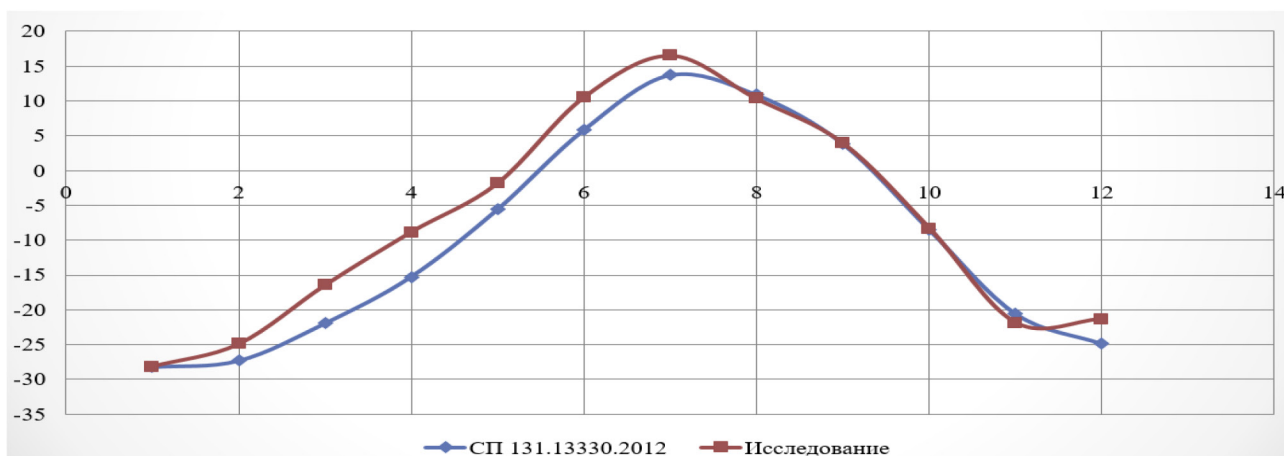


Рис. 2. График среднестатистического изменения температуры воздуха в АЗРФ

Производственная безопасность и энергосбережение в АЗРФ

К данным мероприятиям по безопасности СМР в строительстве относятся:

1. Организация строительного процесса, а также запланированные работы в АЗРФ.
2. Правильное складирование используемых строительных материалов, деталей и комплектующих к ним в условиях Крайнего Севера.
3. Подготовка самой строительной площадки и проработка удобных проходов для работающих на ней специалистов в экстремальных условиях [1].
4. Ведение надзора на период строительства [2].

5. Предварительный инструктаж технического персонала.

6. Постоянный надзор за состоянием техники.

Новые продукты могут помочь уменьшить толщину изоляции по сравнению, например, с пенополистиролом [8].

Системы изоляции и их характеристики

Многочисленными были выбраны пять различных систем теплоизоляции для изучения и анализа при использовании в условиях крайнего севера. Данные системы характеризуются различными технологическими процессами строительства и теплотехническими параметрами и свойствами.

Система изоляции **Vaumit openTherm** (Рис. 3)

ETICS (ETICS – Внешняя тепловая изоляционная композитная система) **Vaumit openTherm** состоит из нескольких слоев, которые находятся в определенном порядке. Дышащий фасадные теплые панели изготавливаются из вспененного полистирола (EPS) в соответствии со стандартом STNEN 13163 [7] «Теплоизоляционные изделия для здания».

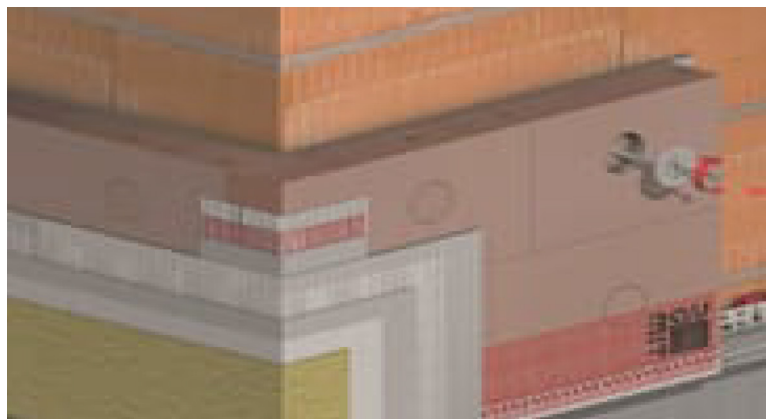


Рис. 3. Система изоляции **Vaumit openTherm**

Система изоляции **Knauf SMARTwall N C1** (Рис 4)

ETICS основана на **SMARTwall N C1**[1] – изоляционные плиты из минерального волокна, связанного модифицированной синтетической смолой. **SMARTwall N C1** – это продукт с односторонним силикатным покрытием.



Рис. 4. Система изоляции **Knauf SMARTwall N C1**

Теплоизоляционная штукатурка SATSYS ThermoUm (Рис. 5)

Теплоизоляционная штукатурная смесь ThermoUm [21] чешского производства. Таким образом штукатурка не образует на себе трещин. Размер зерна штукатурки до 2 мм. Новое поколение термоизоляционных штукатурок примерно в четыре раза легче по сравнению с обычными.

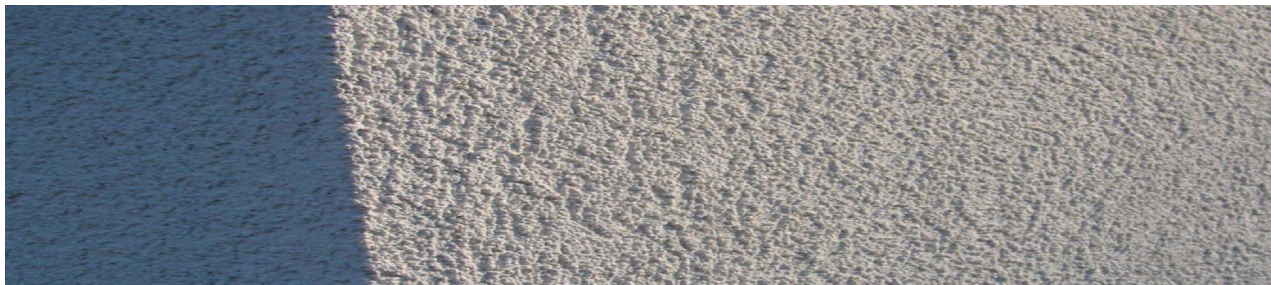


Рис. 5. Теплоизоляционная штукатурка SATSYS ThermoU

Система изоляции Knauf TP 435 В (рис. 6)

Изоляционное изделие TP [7] 435 В изготовлено из минеральных стеклянных волокон. Плита с одной стороны покрыта черным нетканым материалом. Черный нетканый материал сводит к минимуму охлаждение конструкции, вызванной воздушный поток в вентилируемой полости.



Рис. 6. Система изоляции Knauf TP 435 В

Аэрогель Spaceloft – система изоляции ETICS на основе нанотехнологий

Spaceloft [1] – гибкий, нанопористый, изоляционный композит. Благодаря своим особым свойствам, как чрезвычайно низкая теплопроводность, высокая гибкость, более высокая прочность на сжатие и паропроницаемость, изоляция Spaceloft [1] представляет один из идеального решения верхней теплоизоляции зданий. Целевое рекомендуемое значение теплового сопротивления $R = 6,50 \text{ [м}^2\cdot\text{К /Вт}]$. Целью рекомендуется значение коэффициента теплопередачи для $U = 0,15 \text{ [Вт / м}^2\cdot\text{К}]$. [7]. [5]

Толщина изоляции в теплоизоляционной системе

№	Тип изоляции	Толщина, мм
1	Baumit openTherm	140
2	Кнауф SMARTwall N C1	140
3	SATSYS ThermoUm	40
4	Кнауф TP 435 B	100
5	Аэрогель Spaceloft	10

Рекомендуемое значение теплового сопротивления $R = 6,55$ [$\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$] (рис. 7) [7].

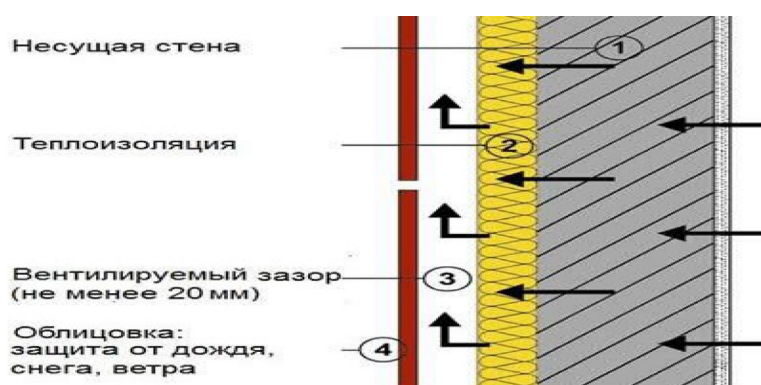


Рис. 7. Принцип вентилируемых фасадов

Таблица 2

Характеристики теплоизоляционных «скорлуп» из разных теплоизоляционных материалов

Материал	Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$	Теплопроводность, $\text{Вт}/\text{м}^3$	Толщина материала, мм
1. Пенополиуретан	40–82	0,03	41
2. Пенополимерол	16–55	0,028	41–155
3. Минеральная вата	25–45	0,038	110

Таблица 3

Стоимость и сроки строительства исследуемых систем теплоизоляции

№	Теплоизоляционная система	Стоимость строительства, руб.	Стоимость за м^2 , руб.	Время строительства, ч	Толщина, мм
1	Вспененный полистирол (EPS) – Baumit openTherm	505 740	4 351,6	239,12	145
2	Плита из минерального волокна – Кнауф SMARTwall N C1	459 670	4 056,9	230,48	145
3	Теплоизоляционная штукатурка – SATSYS ThermoUm	488 905	5 252,9	242,81	40
4	Плита из минерального волокна – Кнауф TP 435 B	785 855	2 205,2	356,69	110

**Сопротивления $R_{п2тр}$ из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции
в период с отрицательными среднемесячными температурами, м² ч·Па/мг [12]**

	(сухая зона влажности)		(нормальная зона влажности)		(влажная зона влажности)	
	трб.	факт.	трб.	факт.	трб.	факт.
Вентируемый фасад	3,48	5,35	2,64	5,33	2,09	5,38

Как, для дальнейшего увеличения энергосберегающих качеств и данных строительных материалов при изготовлении необходимо использовать современные материалы (наноматериалы) с улучшенными физико-механическими свойствами, которые увеличат срок эксплуатации и приведут к снижению экономических расходов на их обслуживание и содержание [9]. Поэтому, в настоящее время по сравнению с предшествующим периодом, повышаются требования к теплоизоляционным материалам, применяемых при строительстве в условиях АЗРФ и Крайнего Севера. По таким показателям, как: – теплопроводности, пожарной безопасности, прочности при механическом воздействии и т. д., сравнение основных характеристик физико-механических свойств современных теплоизоляционных материалов (ГОСТ 9573-2012) в сравнении с ранее использованными материалами приведено в табл. 3 [7] для условий АЗРФ.

Характеристики основных физико-механических свойств теплоизоляционных материалов

Физико-механические свойства	Технические условия	Единицы измерения	материалы по ГОСТ 9573-2012	Используем материалы по ГОСТ 9573-96
Плотность [1]		кг/м ³	95–111	80–130
Горючесть [2]		степень	НГ	НГ (Г 1)
Теплопроводность [3]	λ 10	Вт/(м К)	0,037	0,049
	λ 25		0,039	0,072
	λ А		0,044	–
	λ Б		0,047	–
Сжимаемость, не более[4]		%	2	12
Предел прочности при растяжении, не менее		кПа	8	–

При устранении условий приводящих к нежелательному уровню инфильтрации, создается достаточно герметичная теплозащитная оболочка здания, при которой функционирование естественной вентиляции, происходящей за счет перепада уровня давления внутри и снаружи помещения, невозможно. Тепло обмен в капсулах теплообмена происходит, без его смешивания непосредственно с внешней средой, что дает эффект вентилируемой теплицы и способствует удержанию (сохранению) тепла внутри здания (сооружения). Если данный эффект использовать в зданиях, сооружениях и тех. помещениях (склады временного

хранения для СМР), то затраты могут уменьшиться на 15–20 %, при удорожании первоначальной сметы 5–10 %.

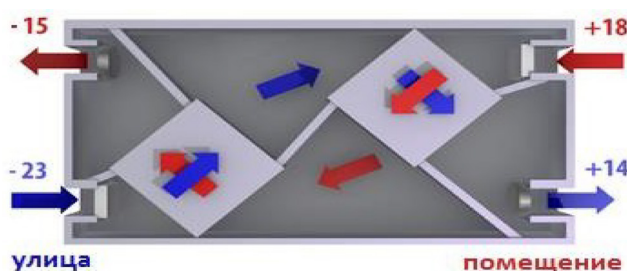


Рис. 8. Принцип действия вентиляции с рекуперацией тепла

Результаты и обсуждение

Анализ полученной информации показал [7], что надежность энергосбережения и безопасности производства в экстремальных условиях АЗРФ является одним из ключевых вопросов, решение которого позволит значительно улучшить качество жизни населения и повысить жизнеспособность этих регионов. В табл. 6 приведены общие затраты на строительство системы утепления в индивидуальном доме. Затраты рассчитаны для всех пяти вариантов представленных теплоизоляционных систем. Кроме того, затраты рассчитаны на 1 м² каждой тепловой системы изоляции. Аналогично, система Knauf TP 435[3] В на основе минеральных волокон плит, относится скорее к дорогие системы теплоизоляции. Цены на систему теплоизоляции Knauf SMARTwall N C1, теплоизоляционную штукатурку SATSYS ThermoUM [6] и Baumit openTherm [4] меняются от 458 570 до 502 740 руб. в исследовании.



Рис. 9. Образцы теплоизоляции для арктических широт

Таблица 6

Параметры оценки исследуемых систем теплоизоляции

№	Тепло- изоляционная система	Индика- тор 1	Индика- тор 2	Индика- тор 3	Индика- тор 4	Индика- тор 5
		Стоимость строител- ельства [руб.]	Время строитель- ства [часы]	Коэфф. тепло- проводности [Вт/м*К]	Коэфф. диффузион- ного сопротив- ления	Огнестой- кость
1	Вспененный полистирол (EPS) – Baumit openTherm	502 740	239, 12	0,040	10000	3000
2	Плита из минераль- ного волокна – Knauf SMARTwall N C1	458 570	230, 48	0,034	3500	1000

№	Тепло- изоляционная система	Индика- тор 1	Индика- тор 2	Индика- тор 3	Индика- тор 4	Индика- тор 5
		Стоимость строител- тельства [руб.]	Время строитель- ства [часы]	Коэфф. тепло- проводности [Вт/м*К]	Коэфф. диффузион- ного сопротив- ления	Огнестой- кость
3	Теплоизоляционная штукатурка – SATSYS ThermoUm	487 900	242,81	0,085	8000	1000
4	Плита из минераль- ного волокна – Knauf TP 435 B	780 850	356, 69	0,034	1000	1000
5	Изоляционное одеяло – Аэрогель Spaceloft	1 162 420	269, 22	0,013	5000	2000

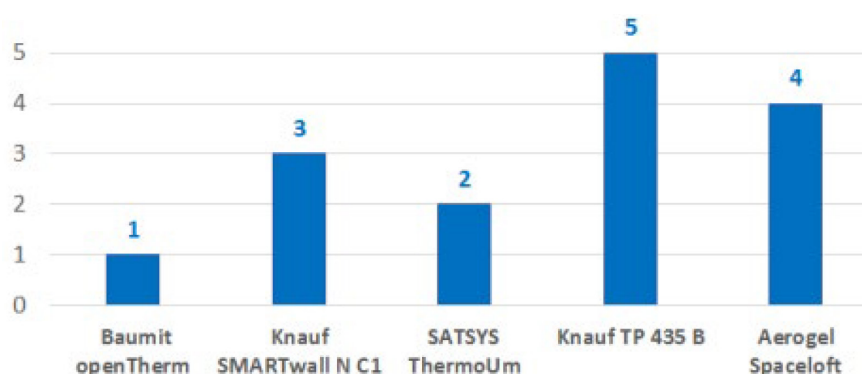


Рис. 10. Рейтинг значимости изученных систем теплоизоляции

Выводы

1. Чем выше темпы строительства в нашей Арктической зоне (АЗРФ), в Сибири при длительной зиме и в условиях низких температур, на Вечной Мерзлоте занимающей 70 % (по другим данным 65 %) территории России, и в зоне неустойчивого грунта (оттаиваемость), особенно предполагают необходимость точных инженерных знаний, с умение прогнозировать все характеристики и свойства бетонной смеси и бетона.

2. По технологии монтажа систем фасадных теплоизоляционных «BAUMIT» (далее СФТК «BAUMIT») слоем из пенополистирола или минеральной (каменной) ваты, декоративно-полимерные, декоративно-минеральные окрашенные или с облицовкой керамической клинкерной плиткой разработано для проведения монтажа и проверки правильности монтажа систем наружного утепления новых, а также при реконструкции старых зданий и сооружений в условиях АЗРФ.

3. Скорость установки Системы изоляции Кнауф TP 435 B в условиях крайнего севера, наиболее выгодна относительно других систем теплоизоляции (Spaceloft[1], SATSYS

ThermoUm, Knauf SMARTwall N C1), так как просто в установке и не требует высокой квалификации.

4. Подтверждена перспективность и эффективность использования такой изоляционной системы как Аэрогель Spaceloft (система изоляции ETICS на основе нанотехнологий), которая использовалась при СМР административных зданий в пору (Северный морской путь).

5. Любая техника безопасности на производстве особенно в условиях крайнего севера (АЗРФ) подчиняется целому ряду организационных и технических мероприятий, которые в первую очередь направлены и способствуют предотвращению травматизма, несчастных случаев и вредных воздействий на здоровье человека.

Литература

1. *Кравченко К. С.* Особенности и принципы строительства энергоэффективных домов в условиях крайнего севера // Энергия науки: электронный сборник материалов VII Международной студенческой научно-практической интернет-конференции. 2017. С. 1093–1095.

2. *Пиур А. Э., Козак О. А.* Повышение тепловой эффективности жилых зданий в суровых климатических условиях // Повышение энергоэффективности объектов энергетики и систем теплоснабжения: материалы Всероссийской научно-технической конференции / Омский государственный университет путей сообщения. Омск, 2017. С. 108-115.

3. *Овсянников С. И., Родионов А. С.* Обоснование эффективных строений для Крайнего Севера // Вестник науки и образования северо-запада России. 2017. № 1. С. 107-114.

4. *Корнилов Т. А., Герасимов Г. Н.* О некоторых ошибках проектирования и строительства малоэтажных домов из легких стальных тонкостенных конструкций в условиях крайнего севера // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. С. 41–45.

5. *Ivanov V.* Study of the aerodynamic regime of the cooling system of the foundations of buildings on the filling soil in the conditions of the Far North // MATEC Web of Conferences Volume 245, 5 December 2018.

6. *Подковыркина К. А., Подковыркин В. С., Назиров Р. А.* Особенности проектирования зданий и сооружений в северных широтах с точки зрения строительной физики // Урбанистика 2017 № 4. С. 78–85.

7. *Игнаткин И. Ю.* Энергосбережение при отоплении в условиях Крайнего Севера // Вестник НГИЭИ. 2017. № 1(68). С. 52–58.

8. *Kornilov T. A., Nikiforov A. A., Mordovskoy S.B., Danilov N.* On the Experience of Constructing A Vented Under-Floor Space with Heat-Insulated Fences under the Buildings of the Lightweight Steel-Framed Constructions on Permafrost Soils // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Volume 463, Issue 3, 31 December 2018, Номер статьи 032017.

9. *Voskresenskaya E., Vorona-Slivinskaya L., Achba L.* Development of public services in the energy field in the age of digital economy. В сборнике: E3S Web of Conferences. 2018 International Science Conference on Business Technologies for Sustainable Urban Development, SPbWOSCE 2018. 2019. С. 02031.

10. *Alekseev I., Abakumov E., Akimov L., Vorona-Slivinskaya L.* Geoelectrical survey of active layer depth in urban and mature environments of Yamal Region. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2018.

СТРОИТЕЛЬСТВО ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ В РАЗЛИЧНОЙ МЕСТНОСТИ

BUILDING OF HIGH-VOLTAGE OVERHEAD POWER LINES IN VARIOUS TERRAIN

В данной работе, рассмотрены методы и способы сооружения высоковольтных линий электропередач, их плюсы и минусы. В процессе написания статьи были изучены этапы строительства ЛЭП, а также особенности строительства линий электропередач в различных условиях местности. высоковольтные линии требуют индивидуального подхода к строительству в горных районах. Свои требования к технике, рабочему персоналу и оборудованию, а также к материалу сооружений выдвигают условия рельефа. В статье приведена информация по способу установки опор высоковольтных линий передач, применяемых в настоящее время, а также способы раскатки проводов непосредственно на установленные опоры.

Ключевые слова: высоковольтные линии, ЛЭП, опора, монтаж, установка, строительство.

In this paper, methods and methods for the construction of high-voltage power lines are considered. In the process of writing the article, the stages of the construction of power lines, their pros and cons, as well as the features of the construction of power lines in various terrain conditions were studied. High-voltage lines require an individual approach to construction in mountainous areas. Relief conditions put forward their requirements for machinery, working personnel and equipment, as well as for the material of structures. The article provides information on the method of installing the supports of high-voltage transmission lines currently used, as well as methods for rolling wires directly onto the installed supports.

Keywords: high voltage lines, Power lines, support, mounting, installation, building.

Сейчас невозможно жить без электричества. Все виды оборудования работают от электричества, даже некоторые виды автомобилей. Быстрое развитие отдаленных районов страны означает, что все больше и больше мест нуждаются в электроэнергии. Поэтому строительство высоковольтных линий электропередач является неотложной задачей, а сильно отличающийся рельеф страны является основным препятствием для строительства линий электропередач, которые приходится строить не только на равнинах, но и в горных районах [1].

Этапы строительства [2]. С подготовки площадки начинается строительство высоковольтных воздушных линий. Подготовительные работы заключаются в расчистке участка. Трава, кустарники и деревья вырубается. Следующим этапом заливается фундаментное основание, если планируется устанавливать опоры на фундамент. Следующий шаг – установка самих опор.

Опоры могут быть установлены тремя способами. А) Столбы устанавливаются методом «вывешивания» их в вертикальное положение, а затем помещаются на фундамент или в котлован. Подвеска осуществляется с помощью крана или, в некоторых случаях, вертолета. Б) Установка осуществляется путем поворота опоры из горизонтального в вертикальное положение. Этот метод подходит для тяжелых, полностью собранных опор. Опоры устанавливаются с помощью крана. Преимущество этого метода в том, что сборка происходит на земле, что упрощает осмотр, проверку и контроль качества. Важным недостатком является то, что место сборки требует большого количества свободного пространства. Иногда невозможно найти подходящий участок при плотной застройке. Также дорогостоящим

заданием является организовать площадку на участке со сложным рельефом. В) Установка опор с помощью вертикального наращивания. Используется для, очень высоких переходных опор и там, где невозможно использовать метод поворота. Крановые механизмы, в том числе, ползучие краны используются для монтажа опор этим способом. Этот метод более трудоемкий и сложный, чем метод поворота. Однако он также имеет преимущества в виде меньшего объема подготовительных работ и небольшого веса приспособлений и монтажного оборудования.

Подвеска проводов является последним этапом строительства.

До середины XX века использовался этот метод. На землю укладывалось необходимое количество провода. Затем провода тянулись трактором или тягачом. Следует отметить, что у этого метода был очень существенный недостаток: провода подвергались большому количеству механических повреждений во время навешивания, и их приходилось ремонтировать в процессе установки. К дополнительным потерям передаваемой энергии приводил коронный разряд, возникающий из-за мелких царапин и сколов.

В Европе в середине XX века был изобретен метод, позволяющий избежать этого недостатка. Этот метод известен как «под тяжением». При этом методе провод раскатывается непосредственно на опору с помощью специальных роликов. Для упрощения этой работы были разработаны специальные машины. На одном конце линии устанавливается натяжная машина, а на другом – тормозная машина [3].

Существует пять основных этапов:

- подготовительные работы;
- раскатка троса-лидера;
- протяжка провода;
- натягивание, визирование и крепление;
- перекладка проводов, установка дистанционных распорок.

Особенности строительства линий электропередач в горной и скалистой местности [3]. Монтаж высоковольтных линий в горной местности, при переходе через горные хребты и т. д. вызывает большие трудности. Установка опор представляет особую сложность. Сложный рельеф местности не позволяет использовать специальное оборудование, а использование вертолетов дорого и опасно из-за сильных воздушных потоков. Повышенный риск для работников также является важным фактором. Проще и дешевле строить без опор, когда тросы крепятся не к опорам на земле, а к поперечным или оттяжным несущим тросам, т. е. происходит вантовая подвеска. Крепление несущих тросов осуществляется к анкерам, заделанным в скальный грунт. Замена традиционных подвесных систем на тросовые может помочь защитить окружающую среду, поскольку не нужно вырубать кусты и деревья, которые связывают почву в горных районах и защищают от оползней.

Литература

1. Технология монтажа ЛЭП. URL: <https://smekni.com/a/322525/tekhnologiya-montazha-vozdushnykh-liniy-elektroperedach> (дата обращения 05.04.2022).
2. Кузнецов. Строительство опор ЛЭП. URL: <https://elektro-montagnik.ru/?address=lectures/part2/&page=page43> (дата обращения 05.04.2022).
3. Крепление проводов в горах. URL: <http://www.stroitelstvo-new.ru/elektromonter/vantovoe-kreplenie-provodov.shtml> (дата обращения 05.04.2022).

К ВОПРОСУ О ПЕЧАТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА СТРОИТЕЛЬНОМ ПРИНТЕРЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТОРФЯНОГО МОДИФИКАТОРА

TO THE QUESTION ABOUT PRINTING BUILDINGS AND STRUCTURES ON A CONSTRUCTION PRINTER USING A PEAT MODIFIER

В статье рассмотрен вопрос о применении для аддитивного производства, а именно технологии 3D-печати в строительстве такого экологически чистого материала как торф. В начале статьи представлены определение аддитивных технологий и задачи, которые стоят перед инженерами для дальнейшего исследования технологии 3D-печати в строительстве. Кроме того, в статье описаны организации, которые занимаются исследованиями технологии 3D-печати в строительстве и описаны исследования Эстонских и Российских инженеров по внедрению торфяного модификатора в рабочую смесь для 3D-печати. Резюмированы достоинства и недостатки технологии в табличной форме. В конце статьи кратко описана технология строительства стен из прессованной почвы и представлены выводы и перспективы дальнейшего развития технологии 3D-печати в строительстве.

Ключевые слова: строительство, аддитивные технологии, 3D-печать, строительные смеси, торфяной модификатор, МТ-600.

The article considers the issue of application for additive manufacturing, namely 3D printing technology in the construction of such an environmentally friendly material as peat. At the beginning of the article, the definition of additive technologies and the challenges facing engineers for further research on 3D-printing technology in construction are presented. In addition, the article describes organizations that are engaged in research on 3D-printing technology in construction and describes the studies of Estonian and Russian engineers on the introduction of a peat modifier into the working mixture for 3D-printing. At the end of the article, the technology for building walls from pressed soil is briefly described and the conclusions and prospects for further development of 3D-printing technology in construction are presented.

Keywords: building, additive technologies, 3D-printing, building mixtures, peat modifier, МТ-600.

Аддитивные технологии (Additive Manufacturing – от слова аддитивность – прибавляемый) развиваются достаточно быстро и все больше внедряются в различные сферы жизнедеятельности человека. 3D-принтеры применяются во многих отраслях: медицине, машиностроении, литейном производстве, радиотехнике, электронике и прочих. Их основными преимуществами являются создание объектов с высокой точностью и скоростью без использования ручного труда, а также возможность создания предметов и конструкций по 3D-модели. Аддитивные технологии в плане ресурсосбережения представляют собой идеальное решение, т. к. потери используемых материалов практически равны нулю [1]. Строительная область не стала исключением в отношении применения трехмерных технологий и на сегодняшний день существуют технологии и устройства для печати как малых архитектурных форм, так и зданий в целом [2, 3]. В последнее время значительное внимание уделяется такой разновидности технологии, как печать объектов на 3D-принтере, позволяющих печатать объекты строительства. Суть метода состоит в возведении конструкций зданий и сооружений, основанном на создании объекта по заранее разработанной математической модели путем добавления материала для аддитивного строительного производства, как правило, слой за слоем (Метод послойного экструдирования вязкой рабочей смеси).

Впервые о подобной технологии в строительстве было упомянуто в работах профессора Баруха Кошневица из Южно-Калифорнийского университета в августе 2012 г. Однако, несмотря на относительно недавнее нововведение в строительной сфере, метод не является инновационным на сегодняшний день, так как строительство, как и любая другая сфера деятельности человека не стоит на месте и сталкивается с новыми препятствиями и задачами.

К задачам, имеющим высокую актуальность исследований, при производстве работ по технологии 3D-печати в строительстве относится, например подбор оптимального состава рабочей смеси, способной обеспечить необходимые эксплуатационные характеристики, такие как прочность, жесткость, морозостойкость, скорость набора прочности, высокая адгезия между слоями и так далее. Трудности при печати зданий и сооружений вызывает вопрос скорости печати, обеспечивающей необходимую прочность вязкой рабочей смеси на сжатие и сцепление между укладываемыми слоями. Кроме того, для обеспечения деформативных свойств конструкций применяется армирование. Некоторые используют для этого дополнительный рабочий механизм, а некоторые разного рода фибру. Но ни один из способов не даёт желаемого результата. В перспективе возможно использовать составы из эпоксидной смолы, которые обладают достаточной прочностью, чтобы отказаться от армирования. Еще одной задачей, требующей решения является проблема теплоизоляции. Проблема теплоизоляции – проблема стран с экстремальными колебаниями температуры. В этом смысле, как ни парадоксально, страны Аравийского полуострова и Россия схожи, в одном случае теплоизоляция защищает от жары, в другом – от холода. Решением данной задачи может служить ведение в рабочую смесь разных наполнителей (керамзит и т. д.), либо же 3D-печать способная создавать структуры с заданными теплоизолирующими свойствами за счет «печати» пор.

За время своего существования, технология 3D-печати сильно продвинулась в развитии. Были разработаны и запатентованы способы реализации работ, созданы различные устройства (принтеры) и определены оптимальные составы рабочих смесей для 3D-печати в строительстве. На данный момент исследования технологии продолжают. Рынок 3D-печати в строительной отрасли представлен несколькими десятками компаний по всему миру, продвигающими технологию. Наиболее передовыми странами в области разработок по технологии 3D-печати в строительстве являются: США (Американская компания Total Kustom), Китай (Китайская компания WinSun), Великобритания (Английская компания Monolite UK), Франция (Французские компании Machines-3D и D-Shape), Словения (Словенская компания BetAbram), Нидерланды. Среди отечественных организаций можно выделить компании ООО «СПЕЦАВИА» и ApisCor.

Интересный подход к возведению объектов по технологии 3D-печати разработали инженеры из Эстонии. Научная команда под руководством доктора химических наук, профессора Юри Лийва предлагают пересмотреть идею с использованием концепций 3D-печати и возводить дома из торфа, осовременить старинную методику предлагается при помощи строительных 3D-принтеров и нового композиционного материала на основе торфа и сланцевой золы, в состав которого также входят цемент и наночастицы кремнезема, а на выходе получается похожий на бетон материал. Тестовые образцы (рис. 1) печатались методом 3D-печати на экспериментальном аппарате, печатающая головка представляла собой сопло, подающее влажную торфо-зольную смесь с помощью сжатого воздуха [4].

Полученный композитный материал после печати затвердевает в течение суток, однако определенный период времени сохраняет свою пластичность. За данный промежуток времени блоки возможно уложить между собой без промежутков, обеспечивая точность выполнения конструкций.



Рис. 1. Тестовые образцы, напечатанные на 3D-принтере с применением торфа, сланцевой золы и наночастиц кремния

Торф применяется в строительстве и по сей день, однако в былые времена этот материал считался одним из основных в эстонской утилитарной архитектуре, да и не только эстонской (рис. 2). **Торфяные блоки уже использовались для строительства домов тысячи лет назад. Теперь ученые Тартуского университета разработали материал, который позволит печатать энергоэффективные дома из торфа и сланцевой золы в качестве связующего с помощью 3D-принтера.** Материал был охарактеризован измерением его термического сопротивления ($< 0,08 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$), прочности на сжатие и изгиб ($1,2 \text{ МПа}$ и $0,36 \text{ Н}/\text{мм}^2$ соответственно) [5, 6].



Рис. 2. Торфяной дом

К положительным качествам торфа можно отнести:

1. Торф – воздухопроницаемый материал, а созданный на его основе строительный материал кроме всего прочего не плесневеет и имеет хорошие звукоизоляционные и теплоизоляционные свойства.

2. Торф экологичен и безопасен для окружающей среды, в том числе после разложения. Использование торфяных композитов в строительной отрасли позволяет сократить выбросы CO_2 из частично разрабатываемых торфяников. В то же время высокий уровень pH (13) сланцевой золы и компенсирует те химические свойства торфа, которые ранее мешали затвердению связующих в рабочей смеси для 3D-печати.

3. Торф удешевляет производство стройматериалов, кроме того, увеличивается повторное использование сланцевой золы, обеспечивая при этом дешевое и доступное сырье. Ожидается, что стоимость напечатанного дома площадью 100–150 м² составит не более 5 тысяч евро (423 350 руб.). Для сравнения дом такой же площади, построенный по каркасной технологии, стоит около 50 тысяч евро (4 233 500 руб.).

Кроме того, над разработками по введению в рабочую смесь торфяного модификатора трудятся отечественные специалисты. Так для выполнения экспериментальных исследований была создана специальная добавка МТ-600 [7]. Модифицирующая добавка представляет собой термомодифицированный торф, изготавливаемый при температуре 600 °С без доступа кислорода и измельченный в планетарной мельнице. Химический состав модификатора представлен преимущественно кремнием (Si), алюминием (Al), углеродом (C) и кальцием (Ca).

Нужно отметить, что торф – возобновляемый ресурс и его формируется в разы больше, чем используется. Мировой запас торфа сосредоточен в России, поскольку в России сосредоточено 60 % ресурсов. Месторождения торфа в России составляют свыше 186 млрд тонн. Выявленные и разведанные геологические запасы торфа Российской Федерации составляют около 155 млрд тонн. В Тверской области располагаются самые масштабные залежи торфа – 21 %. Благодаря чему Тверская область целиком и полностью снабжается энергией и обеспечивается плодородной почвой. Запасы этого возобновляемого ресурса в Тюменской области насчитывают 29,3 млрд тонн. Опираясь на этот показатель, Тюменская область занимает третье место в России, уступая лишь Тверской и Томской областям.

Результаты исследований [8] демонстрируют, что у образцов, которые были модифицированы добавкой МТ-600 прочность при твердении возрастает примерно на 34,5 % (при периоде твердения 28 суток). Набор прочности в начальный период времени твердения является наиболее первостепенным критерием при подборе составов смесей для 3D-печати в строительстве. Можно констатировать, что использование модифицированной добавки МТ-600 в строительстве является рациональным. Так как при ее использовании происходит замедление образования микротрещин в материале, связанное с эффектом микроармирования цементного камня и перераспределения в нем напряжений.

Неотъемлемой характеристикой для рабочих смесей, относящихся к аддитивным технологиям, является их водоудерживающая способность и подвижность. На рис. 3 представлены результаты определения данных показателей для рабочих смесей с модифицирующей добавкой МТ-600 разного фракционного состава. Представленные результаты демонстрируют, что использование разделенной на фракции добавки МТ-600 способствует повышению подвижности смеси (1–6 %), максимальный эффект достигается с фракцией 0,08–0,125 мм, а водоудерживающие свойства хоть и малозначительно (0,3 %), но понижаются, что связано с гидрофобностью добавки на основе торфа. Таким образом, применение добавки МТ-600 фракции 0,08–0,125 мм не только обеспечивает увеличение прочности как в ранние (при периоде твердения 3 суток), так и в поздние (при периоде твердения 28 суток) сроки твердения рабочей смеси, но и характеризуется пластифицирующим эффектом.

Исследуя технологию 3D-печати в строительстве с применением торфяного модификатора, можно проследить некое сходство с технологией строительства стен из прессованной почвы (Технология землебитного строительства). Ведь все новое – это хорошо забытое старое.

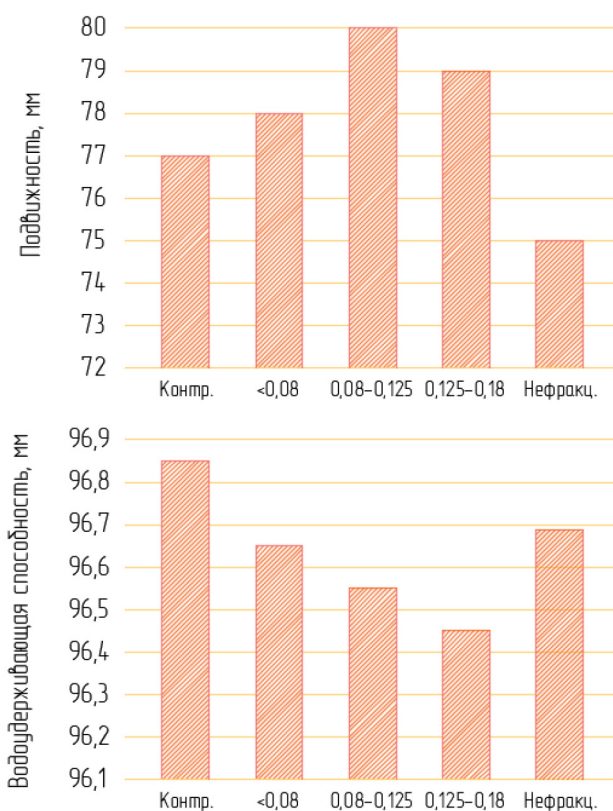


Рис. 3. Влияние добавки МТ-600 на подвижность и водоудерживающую способность рабочей смеси

Технология давно известная (примерно конец XVIII века, архитектор Н. А. Львов) и не менее интересная, чем строительство зданий и сооружений из торфа. К схожим чертам технологий можно отнести: применение природных материалов для возведения зданий и сооружений и как следствие их экологичность, похожие архитектурные решения технологий, схожие моменты в производстве работ и их относительная простота и т. д. Суть технологии землебитного строительства заключается в сооружении стен, при котором определенная смесь земли укладывается слоями в формы – опалубку. Каждый земляной слой выкладывается на глубину приблизительно 15 см. Так заполняется первая форма, на ее монтируется следующая опалубка и процесс укладки происходит повторно. Землебитное сооружение имеет высокую влагостойкость и дает минимальную усадку. Теплотехнические характеристики землебитных конструкций могут быть усилены добавкой, например соломы. По окончании определенного периода времени конструкции из прессованной почвы становятся практически таким же прочными, как и из бетона. Технология заслуживает актуализации, дальнейшего исследования и применения ее в строительстве. Возможно ее совмещение с технологией 3D-печати в строительстве в будущем. Уже известны модификации технологии, такие как «кирпичи» в мешках и искусственный песчаник [9].

Подводя итоги исследования, можно резюмировать достоинства технологии 3D-печати в строительстве с применением торфяного модификатора (см. табл.).

**Достоинства технологии 3D-печати в строительстве
с применением торфяного модификатора**

№ п/п	Параметр	Описание
1	Доступность применяемых материалов	Торф возобновляемый ресурс, его запасы на территории РФ позволяют использовать его в качестве расходного материала без ограничений. Зола является отходом промышленных предприятий и электростанций, тем самым также являясь доступным материалом для технологии
2	Экологичность применяемых материалов	Торф и зола являются экологически чистыми материалами, что дает возможность выполнения работ по возведению зданий и сооружений без загрязнения окружающей среды
3	Свойства применяемых материалов	Торф дышащий материал, обладающий хорошими звукоизоляционными, теплоизоляционными свойствами и т. д. Получаемый материал при добавлении торфяного модификатора прочный, легкий и не горит
4	Снижение стоимости возводимых объектов	Торф удешевляет стоимость возводимых зданий и сооружений, как дешевое сырье, в сравнении с объектами, возводимыми по традиционным технологиям строительства
5	Улучшение свойств получаемых экспериментальных материалов	Получаемые материалы с использованием торфяного модификатора имеют улучшенные показатели, такие как подвижность, водоудерживающая способность и т. д.
6	Наличие перспектив дальнейших исследований	Инженеры и химики продолжают исследования в области 3D-печати в строительстве и есть большая вероятность новых открытий в этой области

В качестве вывода, можно констатировать что дальнейшие исследования, направленные на изучение воздействия торфяных добавок на характеристики рабочих смесей для 3D-печати в строительстве, актуальны, т. к. их применение способствует снижению стоимости путем сокращения количества импортных модификаторов в составе смесей и выявляют положительную динамику в изменениях свойств при их применении.

Инновационные технологии в строительстве развиваются довольно быстро, можно отметить такие новые и актуализированные технологии в строительной отрасли как строительство многоэтажных зданий их дерева, BIM, виртуализация и роботизация строительства, самовосстанавливающийся бетон и т. д.

Применение 3D-печати в строительстве в перспективе с течением времени может открыть обширные возможности в развитии строительных технологий и аддитивные технологии станут полноправной частью строительной отрасли с которыми традиционное производство не сможет конкурировать.

Литература

1. Каблов Е. Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года // Авиационные материалы и технологии, 2012. 10 с.
2. Удодов С. А., Белов Ф. А., Золотухина А. Е. 3D-печать в строительстве: новое направление в технологии бетона и сухих строительных смесей // Сб. статей победителей VI Международной научно-практической конференции / под общ. ред. Г. Ю. Гуляева. М. : Наука и Просвещение, 2017.

3. *Грахов В. П., Мохначев С. А., Бороздов О. В.* Влияние развития 3D-технологий на экономику строительства // *Фундаментальные исследования*, 2014. С. 2673–2676.
4. *Liiv J., Teppand T., Rikmann E., Tenno T.* Novel ecosustainable peat and oil shale ash-based 3D-printable composite material. Tartu University & Estonian University of Life Sciences, Estonia, 2018, volume 17.
5. Эстонские ученые разработали торфяной материал для строительной 3D-печати. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/estonianscientists-have-developed-a-peat-material-for-building-3d-print/> (Дата обращения: 20.02.2022).
6. В Эстонии предлагают строить доступное жилье из торфа с помощью 3D-печать. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.3dpulse.ru/news/stroitelstvo/v-estonii-predlagayut-stroit-dostupnoe-zhile-iz-torfa-s-pomoschyu-3d-pechati/> (Дата обращения: 30.01.2022).
7. *Демьяненко О. В., Копаница Н. О., Сорокина Е. А.* Влияние добавки термомодифицированного торфа на технологические свойства строительных смесей для 3D-печати. Томский государственный архитектурно-строительный университет (ТГАСУ). Томск. 2018. 13 с.
8. *Kopanitsa N., Sarkisov Y., Abzaev Y.* Quantitative phase analysis of modified hardened cement paste // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2017. volume 87.
9. *Энгельгардт С. А.* Строения из трамбованной земли. Всесоюзное кооперативное объединенное издательство, Москва, Ленинград, 1932. 56 с.

ЗНАЧИМОСТЬ ВЫБОРА МЕТОДА ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ

THE SIGNIFICANCE OF CHOOSING THE WINTER CONCRETING METHOD

В статье рассматриваются наиболее популярные технологии зимнего бетонирования, рекомендации к их применению. Рассмотрены возможности применения технологий зимнего бетонирования по отдельности. Описан целесообразный выбор совмещения технологий зимнего бетонирования для г. Санкт-Петербург на основе примера строительства существующего объекта капитального строительства. Электропрогрев с противоморозными добавками совмещаются в современном строительстве зданий и сооружений из монолитного железобетона. Рассмотрен опыт практических испытаний добавок, изменяющих свойства бетонной смеси, которые используют с целью повышения технологичности укладки бетона.

Ключевые слова: зимнее бетонирование, добавки в бетон, электропрогрев бетона, совмещение технологий зимнего бетонирования.

The article discusses the most popular winter concreting technologies, recommendations for their use. The possibilities of using winter concreting technologies separately are considered. An expedient choice of combining winter concreting technologies for the city of St. Petersburg is described on the basis of an example of the construction of an existing capital construction facility. Electric heating with antifreeze additives are combined in modern construction of buildings and structures made of monolithic reinforced concrete. The experience of practical testing of additives that change the properties of the concrete mix, which are used to improve the manufacturability of concrete laying, is considered.

Keywords: winter concreting, concrete additives, electric heating of concrete, combination of winter concreting technologies.

Строительство зданий из монолитных железобетонных конструкций распространено. С 2009 года в России возросло количество новостроек из монолитного железобетона возросло на 16,6 млн. м² по данным Росстата. Некоторые периоды строительства крупных объектов капитального строительства попадают на зимний период, как правило, это возведение несущих конструкций. Укладка бетонной смеси зимой обходится в среднем на 30 % дороже в Санкт-Петербурге и в Москве.

Переход к зимнему бетонированию в соответствии с СП 70.13330.2012 осуществляется при среднесуточной температуре наружного воздуха ниже +5 °С и (или) минимальной ниже 0 °С. Совокупность технологических процессов при этом направлена на предохранение транспортируемой бетонной смеси и свежееуложенного бетон от замораживания с целью обеспечения проектных показателей бетона по прочности, морозостойкости, водонепроницаемости. [4].

Если температура бетона, не набравшего критическую прочность, понижается ниже температуры замерзания жидкости затвердения, то из-за увеличения объема водной составляющей при ее замерзании происходит разрыхление капиллярно-пористой структуры цементного камня с разрушением конструкции [1];

При превышении максимально допустимой температуры бетона, в силу внутреннего парообразования, происходят необратимые изменения его капиллярно-пористой структуры, что, в свою очередь, также приводит к существенному недобору прочности [2, 3].

При температуре наружного воздуха ниже минус 10 °С при бетонировании конструкций дополнительно следует учитывать требования СП 70.13330.2012 (пункты 5.11.4–5.11.15).

Применяемые методы зимнего бетонирования должны обеспечивать достижение бетоном критической прочности, при этом срок достижения критической прочности может оказывать существенное влияние на продолжительность и себестоимость работ [4].

СП 70.13330.2012 предусмотрены методы производства бетонных работ в зимних условиях. Рекомендации к применению методов зимнего бетонирования описаны в таблице.

Сводная таблица наиболее применяемых методов зимнего бетонирования

Наименование методики	Описание	Рекомендации к применению
Термос	Свежеуложенный бетон набирает необходимую прочность до момента замораживания	Массивные железобетонные конструкции с модулем поверхности до 3. При этом температура воздуха должна быть не менее -25°C
Электропрогрев	Прогрев бетонной смеси на период набора бетоном прочности не менее 70 %	Прогрев позволяет осуществлять выдерживание бетона практически любых конструкций. Требуется наличие сетей трехфазных с напряжением 380В для подключения понижающих трансформаторов. Температура воздуха до -40°C
Использование добавок	Противоморозные добавки в бетон	Может применяться в любых конструкциях при температуре воздуха до -30°C

Многообразие литературы и практических испытаний, в области зимнего бетонирования не дает четких указаний касательно выбора метода термообработки бетона зимой, за исключением примеров конкретных объектов.

При сравнении активных методов зимнего бетонирования Батура В., Котов Я. В., Карпова Т. С. пришли к тому, что выбирать лучший метод зимнего бетонирования нужно индивидуально, принимая во внимание особенности производства бетонирования на отдельных объектах: его объемы, климатические условия района строительства и др. [5]. Примером является выбор метода прогрева бетона только для массивныхстроек, где имеется возможность применять трансформаторы высокой мощности. Для частного застройщика затраты на электроэнергию не оправданы.

Выбор технологии зимнего бетонирования стоит рассмотреть в контексте определенного субъекта РФ, это позволит увеличить точность при выражении параметров сравнения в цифрах.

В качестве рассматриваемого субъекта выбран г. Санкт-Петербург. Средняя температура в городе зимнее время года составляет $-5,6^{\circ}\text{C}$ [6]. Такая температура является усредненным значением за зимний период. Температура воздуха в период наиболее холодных пятидневок в году может достигать -10°C , -20°C .

В Санкт-Петербурге большая часть нового строительства приходится на объекты жилого назначения. Такие объекты, чаще всего, имеют стеновую конструктивную схему с монолитными ЖБ стенами и перекрытиями.

В качестве примера будет рассмотрен жилой многоквартирный дом в Петроградском р-не (рис. 1, 2).

Самый большой объем бетона приходится на несущие конструкции надземной части здания. Как правило, земельные работы, работы нулевого цикла проводят в теплое время года, на зимний период попадают работы по устройству конструкций типовых этажей.

Стены и простенки типового этажа рассматриваемого здания имеют коэффициенты массивности от 4,5 до 11. Перекрытие одной секции имеет коэффициент массивности 12,5. Следовательно, исходя из рекомендаций СП 70.13330.2012, стоит рассматривать такие методы бетонирования как элетропрогрев и использование добавок.



Рис. 1. Вид главного фасада здания

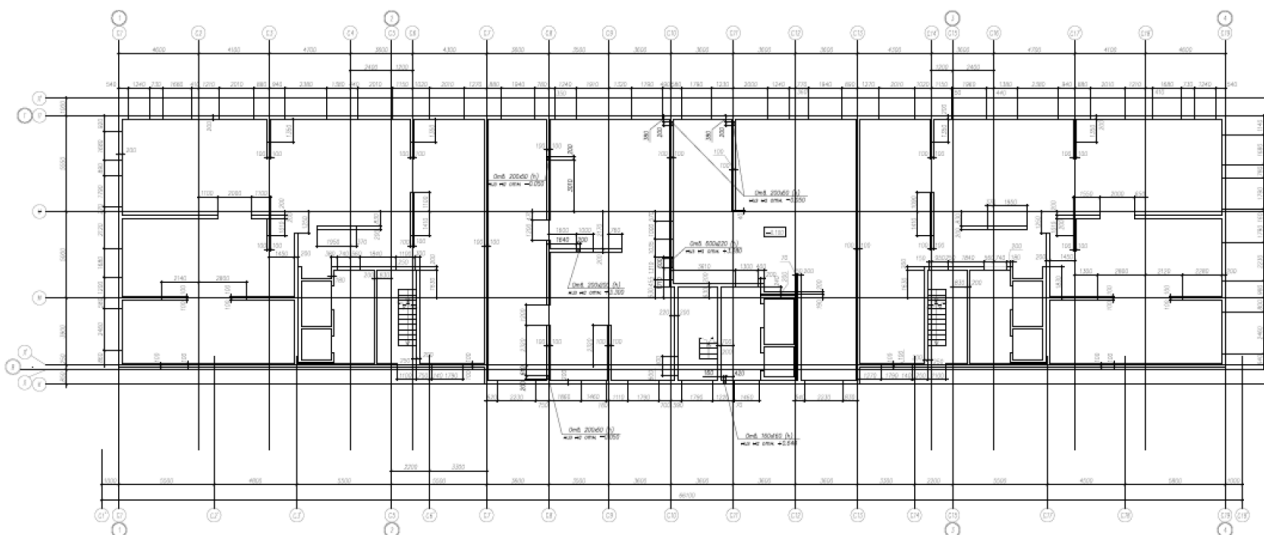


Рис. 2. План вертикальных несущих конструкций типового этажа 1 секции

Противоморозные добавки в бетон направлены на противодействие замерзания бетона в период доставки бетонной смеси, подачи к месту укладки, укладки.

Уложить бетонную смесь на 11 этаже при температуре -15 без использования добавок не представляется возможным. Свободная вода в смеси за время подъема к месту укладки замерзает и бетон уже не наберет прочность. Поэтому, бетонная смесь, доставляемая зимой на место строительства, уже имеет противоморозную добавку чтобы сберечь смесь от

замерзания при транспортировке и укладке. Состав и количество добавки в смеси выбирает лаборатория бетонного завода на основе дальности перевозки, марки цемента, температуры воздуха, метода подачи смеси. Однако, в случае использования противоморозных добавок в бетон, снижается скорость набора прочностных характеристик бетонной конструкции, срок набора бетоном полной прочности может превышать 28 дней, в зависимости от температуры воздуха. [7, 10]. КРИОПЛАСТ СП15-1 – добавка, используемая тогда, когда необходима подвижность бетона и возможность укладки в течение нескольких часов. Производитель рекомендует добавку к применению для предотвращения замерзания бетонной смеси при возведении монолитных и сборно-монолитных бетонных и железобетонных конструкций до начала активной тепловой обработки.

Для ускоренного набора бетоном прочности все же необходимо греть бетонную смесь несмотря на наличие противоморозных добавок. По такой методике работают строительные производства с большими объемами бетонных работ.

На строительных площадках Санкт-Петербурга чаще всего используют электропрогрев с использованием понижающих трансформаторов ввиду доступности в городе электрооборудования, а также возможности подключения к трехфазным сетям с напряжением 380 В. Количество времени, которое необходимо затратить на уход за бетоном, в случае выбора метода термоса выше, чем при электропрогреве, потому как прогрев позволяет поддерживать более высокую температуру для набора распалубочной прочности.

Обоснованность выбора электропрогрева подтверждается результатами сравнения стоимости технологий базисно-индексным методом. Стоит обратить внимание на то, что стоимость дополнительных затрат на укладку бетона зимой методом термоса становится дороже чем электропрогрев при бетонировании маломассивных конструкций [8].

А. М. Биккенов, Р. А. Ибрагимов, В. С. Изотов, экспериментируя с добавлением в бетонную смесь различных химических добавок, направленных на снижение времени набора марочной прочности бетона при отрицательных температурах воздуха зимой, показали целесообразность использования таких добавок с целью снижения стоимости строительства жб монолитных конструкций. Себестоимость снижается за счет снижения времени ухода за бетоном [9]. Такие добавки следует расценивать, исходя из их свойств, как ускорители кинетики твердения бетона [10].

В проекте строительства рассматриваемого дома предусмотрен бетон класса В20, стопроцентная прочность которого составляет 25,69 МПа [11]. Благодаря электропрогреву, распалубочная прочность бетона В20 равная 2,5 МПа зимой будет достигнута за 2 суток [12]. Для повышения технологичности данного процесса, помимо противоморозной добавки, стоит использовать добавку, ускоряющую твердение бетона, которая позволит увеличить скорость набора бетоном прочности на 20–30 % [13]. Существует также комплексная добавка в бетонную смесь Sika® Antifreeze. Данная добавка представляет собой ускоритель твердения для бетонов и растворов, обладающий противоморозным эффектом, предназначена для производства работ по бетонированию строительных конструкций при низких и отрицательных температурах окружающей среды (соответствует требованиям ТУ 5745-043-13613997-2011).

Таким образом наиболее технологичным методом бетонирования зимой, который позволит снизить потери любого рода, может быть совмещение электропрогрева с использованием противоморозных добавок, добавок ускоряющих набор прочности бетона. Возможно снижение сроков строительства в г. Санкт-Петербург путем совмещения методик зимнего бетонирования. Ускоренный набор прочности в зимних условиях за счет электропрогрева и наличие специального вещества позволит снизить время ухода за бетоном, увеличить оборачиваемость опалубки, снизить расход электроэнергии, сократить срок строительства в целом.

Литература

1. Молодин В. В., Андриевский С. Н., Пинаева Ю. А. Зимнее бетонирование одиночных колонн и плит перекрытий монолитных каркасов жилых и гражданских зданий // Изв. вузов. Стр-во. 2008. № 7. С. 35–44.
2. Молодин В. В., Усинский Е. К. Зимнее бетонирование строительных конструкций жилых и гражданских зданий в монолитном исполнении // Изв. вузов. Стр-во. 2007. № 6. С. 51–60.
3. Андриевский С. Н., Гуненко Н. А., Завалишина Т. В. Экспериментальные исследования при зимнем бетонировании буронабивных свай // Тр. НГАСУ. Т. 5. № 3(18). 2002. С. 12–21.
4. Несветаев Г. В. Бетоны: учебно-справочное пособие. Ростов н/Д : Феникс, 2011. 381 с.
5. Батура В., Котов Я. В., Карпова Т. С. Техничко-экономическое сравнение трех вариантов зимнего бетонирования в зимний период // Сб. докл. 59-й студенческой научно-технической конференции инженерно-строительного института ТОГУ [Хабаровск, 10–23 апреля 2019 г.] – Хабаровск : Тихоокеанский государственный университет. 2019. 323 с.
6. СП 131.13330.2020. Строительная климатология. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659358/>
7. Бабушенко Н. А., Белова Т. К. Сравнение эффективности применения различных противоморозных добавок // Сб. докл. Международной научно-практической конференции [Душанбе, 14 мая 2019 г.]. Нефтекамск : Научно-издательский центр «Мир науки». 2019 г. 140 с.
8. Безуглова А. Н., Коротких Д. Н. Сопоставительный анализ стоимости технологий зимнего бетонирования базисно-индексным методом // Научный журнал Воронежского государственного технического университета Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2020. С. 119.
9. Биккенов А. М., Ибрагимов Р. А., Изотов В. С. Технология зимнего бетонирования с применением противоморозных добавок // Вестник технологического университета. 2015. № 9. С. 166.
10. ГОСТ 24211-2008. Добавки для бетонов и строительных растворов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200078983/>
11. ГОСТ 26633-2015. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200133282/>
12. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097510/>

УДК 69:624.72

Аскар Рустамович Таджиев, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: bravissimo04@yandex.ru

Askar Rustamovich Tadzhiyev, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: bravissimo04@yandex.ru

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN CONSTRUCTION

В современном строительном производстве необходимо применение инновационных технологических процессов и материалов, поэтому ученые прибегают к изучению новых подходов с использованием компьютерных технологий и материалов. В данной статье рассмотрим внедрение 4D-моделирование и современные программные комплексы в строительные процессы на основе изученные иностранных, российских материалов и научных статей, сделаны выводы по поводу влияния компьютерных технологий на технологии возведения зданий в современном строительстве.

Ключевые слова: 4D-моделирование, информационные технологии, организационно-технологические решения, BIM.

In modern construction industry, it is necessary to use innovative technological processes and materials, so scientists resort to studying new approaches using computer technologies and materials. In this article, we consider the introduction of 4D-modeling and modern software systems in construction processes based on the studied foreign, Russian materials and scientific articles, conclusions are drawn about the influence of computer technology on building construction technologies in modern construction.

Keywords: 4D-modeling, information technology, organizational and technological solutions, BIM.

Введение

Мы живем в мире информационных технологий. Ни одна сфера деятельности не может обойтись без автоматизированных процессов, использования современных технологий. Сфера строительства – одна из самых крупных на рынке и быстро набирает обороты в разработке и применении инновационных технологий и программного обеспечения. Заказчики хотят выполнения работ точно в срок без лишних проблем и дополнительного финансирования. Для удовлетворения этих потребностей еще на этапе проектирования необходима точность и рациональность. К сожалению, грамотно спроектированное здание – не единственный критерий в успешности проекта. Важным элементом в этой цепочке является организация строительного производства и контроль выполнения всех этапов строительства.

Таким образом, относительно недавно появляется термин «4D моделирование». 4D моделью называют 3D модель здания или сооружения, к которой добавляется четвёртое измерение – время. Для этого 3D модель синхронизируется с календарно-сетевым графиком строительства.

4D-модель даёт возможность получить информацию о процессе возведения здания ещё до момента его возведения.

На данный момент существует несколько программ для создания 4D модели. Они позволяют не только посмотреть модель здания на этапе проектирования и разработки, но и воспроизводить процесс выполнения строительного-монтажных работ в режиме реального времени.

В России, на сегодняшний день, одной из наиболее быстро развивающихся отраслей является строительство, которое представляет собой осуществление совместной деятельности строительно-монтажных, логистических, специализированных и прочих составляющих строительного комплекса, реализуемое через непосредственную организацию и выполнение производственных строительных процессов, направленных на осуществление поставленных задач в строительной деятельности.

Чтобы быть конкурентоспособными на строительном рынке, компаниям необходимо внедрять новые прогрессивные методы организации работы. Это связано с необходимостью разработки системы, которая будет работать более эффективно (экономить время и деньги, уменьшать потребность в ресурсах, при этом не ухудшая качество), обеспечивать лучшую координацию и коммуникацию между участниками проектной команды, а также передавать всю необходимую информацию о проекте всем заинтересованным сторонам, участвующим в жизненном цикле проекта.

В настоящее время BIM-технологии позволяют минимизировать риски, связанные с проектированием. Сегодня специалисты говорят о BIM-технологиях, как об инструменте, который позволяет сократить время проектирования, качественно и быстро реализовать проект, а также надежно эксплуатировать возведенные объекты.

В 4D модель вносятся данные не только по календарному плану строительства, касающиеся различных элементов здания, но и объекты, принимающие участие в строительстве и значительно влияющие на этот процесс. Расположение крана и площадь его действия, количество машин, размещение и размеры строительного городка и многое другое – все это можно и нужно учитывать при планировании строительства. А визуализация календарного плана позволяет не только исключить различные ошибки, но и оптимизировать процесс еще непосредственно до начала строительства. Весь процесс возведения здания показан в виде анимационного ролика с возможностью делать паузы и писать комментарии, выявлять пространственно-временные коллизии, оптимизировать работу техники и строителей [3].

В настоящее время в России внедрение BIM-технологий набирает популярность. Необходимость и востребованность в скорейшем освоении технологий BIM осознана многими участниками проектно-строительной отрасли и признана на государственном уровне. Основополагающий шаг по внедрению технологий информационного моделирования был сделан 1 июля 2019 года – был принят 151-й Федеральный закон. Впервые в градостроительном кодексе закреплено понятие информационного моделирования и это открыло перед строительной отраслью дополнительные возможности. На период 2020 года действуют 15 ГОСТов и 8 сводов правил по информационному моделированию. Так же стартовала разработка комплекса стандартов «Единая система информационного моделирования» под серийным номером 10.

17 сентября 2020 года было подписано постановление об информационном моделировании в строительстве. Этим документом внедряется новый градостроительный подход с использованием технологий Building Information Model (BIM), который является одним из элементов цифровизации строительной отрасли. В сентябре того же года в Санкт-Петербурге впервые выдали разрешение на строительство объекта с BIM-моделью – детского сада на 160 мест. Не позднее 2021 года планируется приступить к обязательному использованию цифровых моделей объектов в сфере госзаказа. Все эти мероприятия обусловлены реализацией национального проекта «Цифровая экономика» [2].

3–8 % компаний в России, согласно информации Минстроя, используют BIM: по большей части в крупных городах и для реализации масштабных проектов.

Актуальность выбранной темы исследования заключается в том, что разработка, внедрение и изучение возможностей программного обеспечения и инструментов для создания 4D моделей будет играть важную роль в современном строительстве.

Весь процесс возведения здания показан ввиду анимационного ролика с возможностью делать паузы и писать комментарии, выявлять пространственно-временные коллизии, оптимизировать работу техники и строителей, чтобы не сорвать сроки строительства и сэкономить бюджет.

Цель

Повышение эффективности строительного производства путем минимизации рисков, связанных со сложностью и трудоемкостью логической связки работ разных графиков по видам деятельности, запутанностью календарных графиков и сложностью их проверки, отсутствием визуализации и комплексного представления организационно-технологических решений, за счет усовершенствования календарно сетевого планирования и управления строительными процессами и технологиями при использовании 4D модели.

Объект исследования

Объектом исследований является разработка и внедрение 4D моделей в Navisworks, Synchro PRO и других программных комплексах с выявлением плюсов и минусов каждой из программ и возможностью использовать эти комплексы в современной строительстве с целью улучшения организационно технологических решений.

Предметы исследования

- Технология применения программных комплексов для 4D моделирования с целью обеспечения эффективной организации и управления строительного процесса;
- Сравнительный анализ функционала и возможностей Navisworks и Synchro PRO;
- Анализ эффективности применения 4D моделирования в строительстве.

Задачи исследования

1. Изучение истории развития BIM технологий в целом;
2. Изучение технологии создания 4D модели;
3. Сравнение области применения и возможностей Navisworks и других программных комплексов;
4. Влияние 4D моделирования на качество и технологию строительно-монтажных работ при возведении здания;

Результаты исследования

Создание BIM-модели – это процесс коллективного создания модели всеми участниками инвестиционно-строительного процесса. Каждый специалист (инженер-проектировщик) работает в своей области и формирует модель своей секции, т. е. все специалисты работают в едином информационном поле, формируя 3D-модель проекта. Есть много программ для проектного управления, которые широко используются в строительной отрасли (Primavera P3, Microsoft Project и др.) Однако такие графики не дают представления и визуализации проекта. Для решения этих проблем созданы 4D модели.

Обычно разработка 4D-моделей проводится во время проектирования. Однако эта технология иногда применяется для визуализации непосредственного процесса строительных работ.

Моделирование в формате 4D особенно актуально в случае наличия каких-либо ограничений во время строительства. Ограничения могут быть пространственными (например, стеснённые условия строительства в плотной исторической застройке и т. д.), либо временными – время работ сильно сжато.

Визуально 4D-модель – это подробная анимация процесса строительства. В ней учитывается используемая строительная техника, различные механизмы, места хранения материалов, пути движения техники и рабочих по стройплощадке и т. п.

Основой такой 4D-анимации является 3D-модель, которая возникает по заранее созданному календарному графику проведения работ из последовательно появляющихся элементов. В процессе такой анимации возможны визуальные 4D-коллазии: расположение различных механизмов в одно и то же время в одной точке (наложение), или появление некоторых элементов модели на своих местах раньше, чем это возможно технологически (например, монтаж перекрытия второго этажа до завершения монтажа несущих конструкций первого).

Первое появление 4D модели относится к 1980-м годам, когда наступает новая веха в развитии BIM технологий: помимо геометрического моделирования в процесс создания информационной модели начали входить данные по технологическому процессу с увязкой ко времени. Это дало большой толчок в развитии «четырёхмерных» моделей с временным параметром. Первым программным продуктом, в котором использовалась данная концепция, стал RUCAPS, разработанный в 1986 году. Начиная с 2000-х годов развитие 4D моделирования стало набирать обороты, так начинают появляться специализированные программные продукты, как Navisworks, Synchro и др. В Revit была реализована возможность добавлять атрибут времени к компоненту 3D модели, что позволяет создавать календарные графики и моделировать процесс строительства [4].

4D модель позволяет проектировщикам визуализировать последовательность строительства, включая такие этапы, как установка башенного крана, складирование материалов и выход на стройплощадку [5]. Модель 4D помогает выявить ошибки в плане и оптимизировать путь строительства. Лучше сначала строить виртуально, чем искать ошибки на местах. 4D так же позволяет моделировать траекторию перемещения грузов, расположение строительного оборудования и оснастки, зонировать стройплощадку. При увязке календарного графика с этапами строительства мы получаем мелкую разбивку объемов работ, это позволяет точно заказывать все позиции на стройку к определенному этапу строительства. Кроме того, использование 4D может способствовать повышению безопасности на строительной площадке: 4D модели могут быть синхронизированы с правилами безопасности для автоматического обнаружения рисков при работе на высоте, а также указать любые необходимые меры безопасности с точки зрения выполняемых работ и нормативных документов. Эти меры безопасности могут быть включены в график строительства и показаны на 4D-модели вместе с другими этапами строительства [6–8].

4D создается в специализированных программных комплексах несколькими способами [9]:

Первый способ – для начала трехмерная модель разрабатывается с использованием специализированного программного обеспечения (например, Autodesk Revit). Данная модель должна обладать высоким уровнем детализации, так как от этого зависит качество 4D модели. Затем создается календарный график строительства в программах, как MS Project, Primavera, PowerProject Teamplan и т. д. Дальше 3D модель и календарный график загружаются

в среду программного обеспечения для 4D моделирования (Autodesk Navisworks, Synchro Pro и т. д.). В данных программах элементы трехмерной модели связывают с задачами календарного графика строительства, в результате чего образуется четырехмерная модель.

Второй способ – также создается 3D модель в одной из программ, далее импортируется в среду программного обеспечения для 4D моделирования. Затем создается календарный график в рабочей среде программы для 4D моделирования и связывается с трехмерной моделью.

Далее подробно рассмотрим два наиболее распространенных программных продукта: Navisworks и Synchro Pro.

Семейство Autodesk Navisworks состоит из нескольких продуктов, обеспечивающих расширенные возможности управления, надежную совместную работу и сбор данных при работе над проектами любой сложности. Благодаря сочетанию высокоточных данных, создаваемых такими инструментами информационного моделирования, как СА ПР на платформе Revit, с геометрией и данными, полученными с помощью других средств проектирования, Autodesk Navisworks обеспечивает просмотр всего проекта в режиме реального времени, что позволяет поддерживать эффективную 3D-координацию, 4D-планирование, фотореалистичную визуализацию, динамическое моделирование и тщательный анализ.

Компоненты семейства Autodesk Navisworks:

NavisWorks Review – позволяет объединять данные разных форматов, имеет средства навигации и базовой визуализации. Поддерживает проведение измерений и внесение ревизионных пометок. Позволяет создавать анимационные ролики перемещения по модели;

NavisWorks Simulate – продукт, являющийся расширением базового Review. К его дополнительным возможностям относятся фотореалистичская визуализация. Создание анимации через движущиеся камеры, 4D-визуализация;

NavisWorks Manage – объединяет функциональность NavisWorks Simulate с мощными средствами выявления коллизий. Является самым полным решением NavisWorks для исследования и проверки сборок. Имеет встроенные средства для публикации отчетов о коллизиях,

NavisWorks Freedom – это бесплатное приложение для просмотра и печати файлов NWD, являющихся выходными файлами любого из продуктов линейки NavisWorks.

К числу основных возможностей Autodesk Navisworks Manage относятся:

- объединение 3D-файлов и данных,
- навигация в режиме реального времени,
- набор средств просмотра,
- публикация в форматах NWD и 3D-DWF,
- 4D-планирование,
- фотореалистичная визуализация,
- анимация объектов,
- выявление коллизий и управление пересечениями,
- эффективная комбинация всех возможностей.

Важными модулями служат TimeLiner и Clash Detective.

TimeLiner – предназначен для привязки план-графиков из внешних программ (например, из Microsoft Project) к сборке с целью формирования реалистичной 4D-визуализации с использованием временной шкалы выполнения проекта;

Clash Detective – позволяет проверить коллизии между объектами сборки и сформировать отчеты о найденных коллизиях.

В NavisWorks есть развитый набор средств навигации, фактически являющийся стандартом для трехмерных САПР. В него входят такие инструменты, как «3М Орбита», «Обход»

и «Облет», «Изометрические виды», «Перспективная проекция» и «Ортогональная проекция», а также «Секущие плоскости». Кроме того, компоненты можно скрывать и отображать, а также настраивать степень прозрачности.

Большую часть форматов данных NavisWorks читает напрямую. Некоторые САПР, например семейство продуктов Autodesk Revit, имеют встроенные команды экспорта в формат NavisWorks. Для остальных САПР можно использовать промышленные форматы обмена данными, такие как IGES, SAT, IFC, и ряд других [11–13].

В сборочную модель здания можно добавить пометки, например, для указания мест, требующих пересмотра, для проектировщиков. Пометки могут быть в виде текста, выносных элементов, а также геометрических фигур. Пометки можно экспортировать в виде отчета в формате HTML, в котором также находится информация о тексте пометки и скриншот вида модели.

Проверка коллизий позволяет выявить пересечения компонентов в собранной модели, можно также проверить пересечения внутри одного компонента (самопересечения). На основании проверки коллизий можно сформировать отчет в форматах XML, HTML или в текстовом виде – TXT. Для каждой найденной коллизии можно задать статус, добавить произвольный текстовый комментарий – всё это отображается в отчете наряду с геометрическими параметрами коллизии. Кроме того, в отчет HTML вставляются иллюстративные виды модели на участке коллизии [7].

Назначение Synchrono – подготовка графиков строительных проектов (4D) на основании геометрических проектных данных и информации из других приложений.

Входная информация для Synchrono – проектные данные и актуальные сведения, получаемые в ходе строительства. Доступен импорт из ifc, dwg, dxf, а также получение планов из MS Project, Oracle Primavera и многих других – всего около пятидесяти видов файловых интерфейсов, включая импорт из Excel.

Результатом Synchrono является план строительства – еженедельные, ежемесячные отчеты. Принципиально важно, что в данные Synchrono неоднократно вносятся изменения, позволяющие поддерживать проект в процессе его реализации в актуальном состоянии. Synchrono Pro позволяет наглядно увидеть не только величину освоенных ресурсов, совокупность закупок и других задействованных ресурсов, а то, что реально построено [10–11].

В Synchrono PRO доступны команды импорта и экспорта 3D объектов и результатов планирования в MS Project и Primavera. Для импорта результатов моделирования 3D в САПР AutoCAD, Revit, Allplan, Tekla, Компас, Nanocad и т. п., чаще всего, используются файлы ifc, хотя в разделе меню 3D доступен импорт файлов DWG, DXF и других. Для непосредственной загрузки из Revit, SketchUp и некоторых других, разработаны плагины, поэтому прямая загрузка файлов «rvt» в Synchrono PRO невозможна.

В Synchrono предусмотрен функционал для разделения модели на отдельные участки, например, для деления на захватки.

Концепция MBS – Model Base Scheduling – Планирование по модели Synchrono PRO – один из наиболее функционально – развитых инструментов планирования и расценки строительных проектов на рынке. Многие рутинные задачи планирования выполняются в Synchrono автоматически или полуавтоматически, основываясь на информации из проектных моделей и дополнительно вводимых данных. Это и есть концепция MBS.

При импорте 3D Объектов в Synchrono PRO можно включить автоматическую генерацию Работ и Ресурсов по каждому элементу модели. При этом генерируемые задачи выстраиваются в цепочку в соответствии с отметками уровня или этажа (нижние этажи строятся прежде, чем верхние), типом элемента – например, окна и двери сооружаются после монтажа

стен и каркаса здания [12]. Длительность отдельных работ по умолчанию задается 1 день, начало работы устанавливается после завершения работ на предыдущем уровне и т. п. Но такой прототип можно изменить, подставив реальные значения [13].

Synchro PRO предоставляет библиотеку оборудования – экскаваторы, краны и т. п. Чтобы управлять положением элемента оборудования можно использовать Манипулятор.

Диаграмма Гантта в Synchro используется для визуализации структуры проектного плана и базовых календарно-сетевых графиков [14–15]. Модельное время проекта отображается на диаграмме в виде красной вертикальной черты – временного репера и предопределяет текущий вид возводимого сооружения в окнах просмотра 3D-сцен. Предвигая временной репер, пользователь моделирует и анимирует ход работ на строительной площадке. Перемещая камеру в одном из окон просмотра, пользователь получает возможность навигации по сцене и анализа строительных работ с наиболее удобных ракурсов. Функционал системы довольно разнообразен и охватывает средства построения календарно-сетевых графиков, обнаружения пространственно-временных конфликтов, документирования проектов в виде серий изображений и видео материалов.

Так же существуют семейства Synchro: Synchro Control и Synchro Field (мобильная версия).

На данной платформе инженер строительного контроля может видеть проект в разрезе своих задач. В Synchro Control представлена общая информация о проекте, расположение, информация о погодных условиях, что немаловажно для работ на строительной площадке, потому что от этого зависит технология строительства. Так же есть окно с предварительно настроенными формами замечаний: замечания к выданной рабочей документации, к выполненным СМР; заметки о том, что происходит на площадке; запрос на инспекцию; отчет за день работы. Так же есть возможность просмотреть все замечания в отдельной вкладке «замечания», где их можно группировать и выстраивать собственную последовательность, например фильтр по приоритету. Данная программа позволяет привязывать замечания к карте, 4D модели, чертежам. Замечания делятся на 2 типа: заметки, аннотации и инспекция – схема операционного контроля качества. Так же стоит отметить, что весь документооборот происходит в одном месте.

С помощью Synchro Field инженер (ответственный исполнитель) на стройплощадке имеет возможность открыть 4D модель со своего мобильного устройства, планшета. Он видит проект, задачи, которые нужно выполнить и отмечает степень готовности определенных элементов конструкции. Эта информация сразу же направляется в офис инженеру-планировщику. Далее проектировщик может принять или не принять данные работы, на принятые работы формируется инспекция. После получения ответственным исполнителем замечаний, он их устраняет и отмечает об устранении данных замечаний.

По результатам изученных материалов можно сделать вывод, что 4D моделирование очень перспективное направление, которое будет только развиваться, по многим причинам, которые я привел ниже.

4D технологии обладают следующими преимуществами в сравнении с традиционными методиками планирования строительства:

- Минимизация рисков, сроков и затрат благодаря своевременному выявлению и устранению ошибок технологического, финансового и управленческого характера.
- Улучшенная координация и взаимодействие участников благодаря работе в единой информационной среде и созданию общей визуальной последовательности реализации всего проекта.
- Планирование в формате 4D – достоверное и реалистичное, модель максимально соответствует будущему объекту.

- Эффективный контроль за ходом выполнения строительных работ посредством использования электронных средств, видеоматериалов, детальных иллюстраций каждого этапа.
- Возможности использования динамических презентационных материалов (видеороликов).

Главным преимуществом визуализации процесса строительства в контексте реального времени на строительной площадке для заказчика является возможность увидеть весь процесс строительства практически «вживую». Это значительно упрощает понимание происходящих событий. В большинстве случаев это отражается на простоте принятия решений, включая логистические задачи. Иными словами, планирование и визуализация строительства в формате 4D способствует интуитивному восприятию и пониманию всего процесса.

Литература

1. СП 331.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах».
2. СП 404.1325800.2018 «Информационное моделирование в строительстве. Правила разработки планов проектов, реализуемых с применением технологии информационного моделирования».
3. Яценко А. А. Применение 4D моделирования в календарном планировании на базе технологической платформы BIM // Строительство – формирование среды жизнедеятельности. 2015. С. 715–718.
4. Бачурина С. С., Голосова Т. С. Инвестиционная составляющая в проектах внедрения BIM технологий // Вестник МГСУ. 2016. № 2. С. 126–134.
5. Митрофанова Н. О., Чернов А. В., Березина Е. В. Возможности использования BIM технологий // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2016. Т. 3, № 2. С. 177–182.
6. Соловьева Е. В., Сельвиан М. А. Основные этапы внедрения технологии информационного моделирования с строительных организаций // Научные труды КубГТУ. 2016. №11. С. 110–119.
7. Литвиненко Е. В., Устюжанина И. А. Применение информационного моделирования зданий в России // Экономика и бизнес : теория и практика. 2015. № 10. С. 64–66.
8. Эльшейх А. М. 4D визуализация рабочих пространств в ходе строительства // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 276.
9. Эльшейх А. М. Автоматизация планирования и формирования 4D графика строительства // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 6. С. 374–376.
10. Оолакэй З. Х. О применении BIM технологий в проектировании зданий // Актуальные проблемы внедрения энергоэффективных технологий в строительство и инженерные системы городского хозяйства. 2015. С. 85–89.
11. Лушников А. С. Проблемы и преимущества внедрения BIM-технологий в строительных компаниях // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 6. С. 252–256.
12. Игнатова Е. В., Эльшейх А. М. Составление 4D графика строительства на основе BIM // Естественные и технические науки. 2014. № 9–10. С. 265–267.
13. Салагиров Д. А., Коробова А. О. Инновационная 4D технология в организации строительного производства // Труды Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. Т. 15, № 2. С. 168–172.
14. Бовтеев С. В., Колесникова С. В., Шерстобитова П. А. Календарно-сетевое планирование строительства на основе 4D-моделей. Управление проектами и программами. 2020. № 4(64). С. 276–284.
15. Бовтеев С. В. Применение 4D-моделирования в целях повышения эффективности календарного планирования строительства // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы III Международной научно-практической конференции. СПбГАСУ. 2020. С. 81–87.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ МЕТОДОМ КРЕПЛЕНИЯ ПОДСИСТЕМЫ В ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ

IMPROVEMENT OF INSTALLATION TECHNOLOGY OF HINGED VENTILATED FACADES OF FRAME BUILDINGS BY FIXING CONSTRUCTION IN THE FLOOR SLABS

Навесной вентилируемый фасад с воздушным зазором является одним из наиболее эффективных способов устройства фасадов при новом строительстве каркасных зданий. В данной статье приводятся основные предпосылки широкого использования навесных вентилируемых фасадов, описываются их ключевые особенности и способы устройства в каркасных зданиях. Выполнен обзор и анализ существующей технологии с выявлением основных недостатков и направлений совершенствования. Предложено альтернативное конструктивно-технологическое решение устройства навесного вентилируемого фасада способом крепления кронштейнов на краю плит перекрытий с выделением основных этапов производства работ. Особое внимание уделено конструктивному устройству предложенной системы вентилируемого фасада. В заключении делается вывод об эффективности предложенных решений.

Ключевые слова: навесной вентилируемый фасад, каркасные здания, ограждающие конструкции, теплоизоляция, огнезащитный экран, крепежные элементы.

Hinged ventilated facade with air gap is one of the most effective ways of installing facades in the new construction of frame buildings. The main prerequisites for the widespread use of ventilated facades are presented in this article; key features and methods of installation in frame buildings are described. The review and analysis of the existing technology is carried out with uncovering of the main shortcomings and areas of improvement. An alternative constructive and technological solution for the installation of a hinged ventilated facade is proposed by attaching facade brackets to the edge of floor slabs with the designation of the main stages of work. Particular attention is paid to the design of the proposed ventilated facade system. Final part concludes effectuality of the proposed solutions.

Keywords: hinged ventilated facade, frame buildings, building envelopes, heat insulation, fire-protection layer, fastening elements.

В настоящее время при возведении каркасных зданий большое внимание уделяется тепловой защите ограждающих конструкций задний и сооружений, а также повышению их технических и эксплуатационных показателей, ввиду продолжительного периода суровых климатических условий на большинстве территорий Российской Федерации. В этой связи появляется необходимость практически повсеместного использования наружной теплоизоляции ограждающих конструкций зданий для защиты их от негативного воздействия окружающей среды. Одной из технологий, решающих одновременно и вопросы тепловой защиты, и архитектурно-художественной выразительности, является навесной вентилируемый фасад (НВФ) с воздушным зазором. Данная технология появилась в России сравнительно недавно, однако уже успела стать одной из наиболее распространенных и эффективных в сфере устройства фасадов при новом строительстве каркасных зданий [1].

Ключевая особенность устройства навесных вентилируемых фасадов зданий с полным железобетонным (сборным, монолитным) или металлическим каркасом заключается в применяемом материале ограждающих конструкций стен. Как правило, при возведении каркасных зданий ограждающие конструкции стен выполняются из штучных материалов,

таких как: кирпич, пено-, газо-, керамзитобетон, а также легких стеновых материалов, таких как: гипсоволокнистый лист (ГВЛ), цементно-стружечная плита (ЦСП) и стекломагнезитовый лист (СМЛ).

В зависимости от вида применяемых материалов ограждающих конструкций стен, а именно от их физико-механических свойств (прочности и плотности) различают два принципиальных способа крепления подсистемы вентилируемых фасадов каркасных зданий к основанию (рис. 1):

1. с креплением кронштейнов к ограждающей стене («стандартный» способ);
2. с креплением кронштейнов к несущим элементам каркаса (плиты перекрытия, ригели).

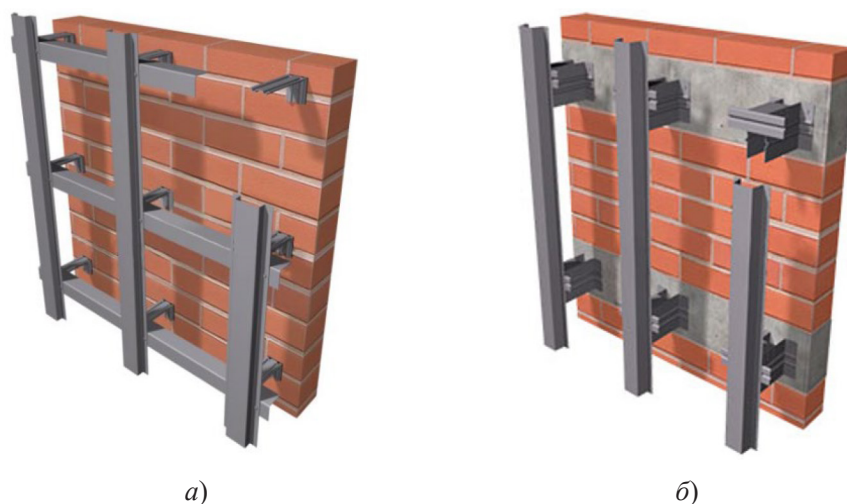


Рис. 1. Способы крепления подсистемы навесных вентилируемых фасадов каркасных зданий:
a – крепление кронштейнов к ограждающей стене; *б* – крепление кронштейнов к плитам перекрытия

«Стандартный» способ крепления подсистемы (рис. 1, *a*) подразумевает монтаж несущих кронштейнов вентилируемого фасада непосредственно к ограждающей стене здания. Данный способ применим только к тем зданиям, ограждающие конструкции которых выполнены из прочных и плотных материалов, таких как полнотелый кирпич, блоки из тяжелого бетона плотностью 2200–2500 кг/м³ и т. п. Только такие материалы могут обеспечивать надежность крепления подсистемы вентилируемого фасада к поверхности ограждающей стены, поскольку при данном способе крепления необходимо, чтобы все действующие на вентилируемый фасад вертикальные и горизонтальные нагрузки распределялись равномерно по всей поверхности ограждающей конструкции здания [2].

Учитывая современные тенденции в сфере строительства, направленные на максимальное применение высокотехнологичных и современных материалов, использование в ограждающих конструкциях каркасных зданий таких материалов как кирпич и железобетон отходит на второй план, отдавая предпочтение более легким и энергоэффективным стеновым материалам, таким как газо-, пено-, керамзитобетон, а также гипсоволокнистый лист (ГВЛ), цементно-стружечная плита (ЦСП) и стекломагнезитовый лист (СМЛ). Исходя из этого, «стандартный» способ крепления подсистемы навесного вентилируемого фасада наиболее применим в бескаркасных и объемно-блочных зданиях, в которых в качестве ограждающих конструкций выступают стены из полнотелого кирпича и сборного или монолитного железобетона, что обеспечивает необходимые прочностные показатели для данного способа крепления.

При устройстве навесных вентилируемых фасадов каркасных зданий наиболее применим способ крепления подсистемы к несущим элементам каркаса (рис. 1, *б*), ввиду невысокой

плотности (менее 600 кг/м³) и прочности материалов ограждающих конструкций стен. Данный способ крепления позволяет передать все действующие на фасадную систему нагрузки непосредственно на несущий каркас здания.

Несмотря на широкие масштабы строительства каркасных зданий, в настоящее время существует не так много систем навесных вентилируемых фасадов с креплением подсистемы к несущим элементам каркаса зданий. Существующие же системы (Металл Профиль, Краспан, Альт-Фасад, Ронсон, КТССТ и др.) во многом схожи друг с другом и не предлагают принципиально разных подходов к устройству конструктивных систем и способов их крепления, что создает необходимость совершенствования данной технологии и разработки новых конструктивных решений.

Принципиальное устройство существующей конструктивной системы навесного вентилируемого фасада с креплением кронштейнов в торцах плит перекрытий выглядит следующим образом (рис. 2).

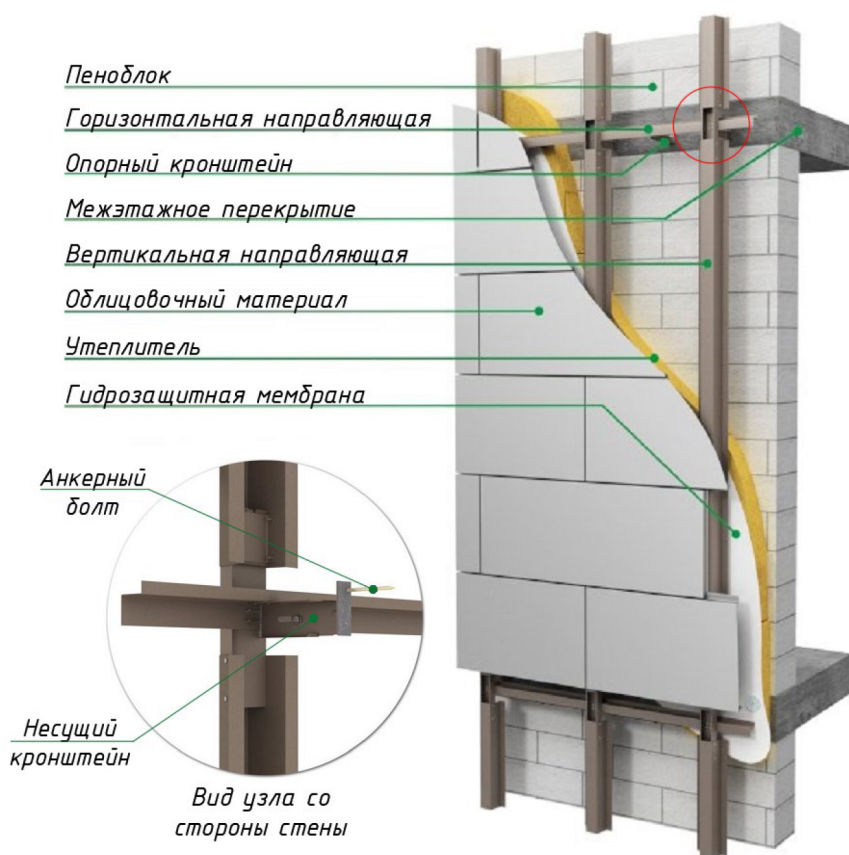


Рис. 2. Принципиальное устройство конструктивной системы навесного вентилируемого фасада с креплением подсистемы в торцах плит перекрытий

Перед началом производства работ по устройству вентилируемого фасада необходимо в обязательном порядке устройство специальных средств подмащивания, таких как строительные леса или фасадные подъемники для обеспечения доступа к фронту работ, поскольку все операции по монтажу вентилируемого фасада ведутся с наружной части здания [3]. Кроме того, для обеспечения сохранности теплоизоляционного материала при монтаже и защите его от атмосферных воздействий, необходимо закрывать строительные леса фасадной сеткой или устраивать специальные защитные тенты. Несоблюдение данного условия может привести к намоканию утеплителя в процессе монтажа, что приведет к существенному снижению его теплоизоляционных свойств и всего навесного вентилируемого фасада в целом.

Непосредственно монтажные работы начинаются с разметки фасада и определения точек крепления кронштейнов в торцах плит перекрытий или ригелей. Крепление кронштейнов к основанию осуществляют посредством анкерных стержней. Далее производят монтаж теплоизоляции и паро-, ветро-, гидрозащитной мембраны при помощи тарельчатых дюбелей. Стоит отметить, что обязательным условием устройства вентилируемого фасада при данном способе крепления кронштейнов являются заранее выполненные на захватке работы по кладке ограждающих конструкций стен, поскольку крепление теплоизоляционных материалов и гидрозащитной мембраны в данном способе осуществляется непосредственно к поверхности стены. Далее к несущим кронштейнам при помощи самонарезающих винтов или заклепок крепятся направляющие профили (как правило это комбинация горизонтальных и вертикальных несущих профилей), необходимые для устройства защитно-декоративного экрана из облицовочных материалов.

К основным недостаткам вышеописанного существующего метода устройства вентилируемых фасадов каркасных зданий способом крепления кронштейнов к торцам плит перекрытий можно отнести:

- невозможность производства работ до устройства кладки ограждающих конструкций стен;
- необходимость устройства строительных лесов, фасадных подъемников и иных средств подмащивания;
- необходимость укрытия утеплителя в процессе монтажа для защиты его от негативных воздействий окружающей среды;
- использование паро-, ветро-, гидрозащитной мембраны значительно повышает трудоемкость и сметную стоимость работ;
- необходимость монтажа в большинстве систем вентилируемых фасадов горизонтальных направляющих наряду с вертикальными направляющими профилями, что дополнительно увеличивает материалоемкость систем;
- отсутствие мероприятий по дополнительной пожарной безопасности систем вентилируемых фасадов.

На основе описанных выше недостатков, можно сделать вывод, что существующая технология устройства вентилируемых фасадов способом крепления кронштейнов к торцам плит перекрытий требует совершенствования и разработки новых конструктивных решений, снижающих трудоемкость работ, их продолжительность и сметную стоимость. Так в результате анализа существующей технологии и оптимизации ее организационно-технологических решений был разработан новый способ монтажа навесного вентилируемого фасада с креплением кронштейнов на краях плит перекрытий [4].

В основу данного способа легла идея создания такой технологии устройства навесного вентилируемого фасада, при которой бы весь комплекс работ выполнялся без устройства строительных лесов, фасадных подъемников и иных средств подмащивания непосредственно с плит перекрытий одновременно с возведением каркаса здания. Главным образом это связано с тем, что трудоёмкость монтажных работ с приставных лесов возрастает в среднем на 30–40 % [5], что значительно увеличивает сроки производства работ, и как следствие, их стоимость.

Рассмотрим предложенное конструктивное устройство системы вентилируемого фасада с креплением кронштейнов на краях плит перекрытий (рис. 3) и выделим основные этапы производства работ.

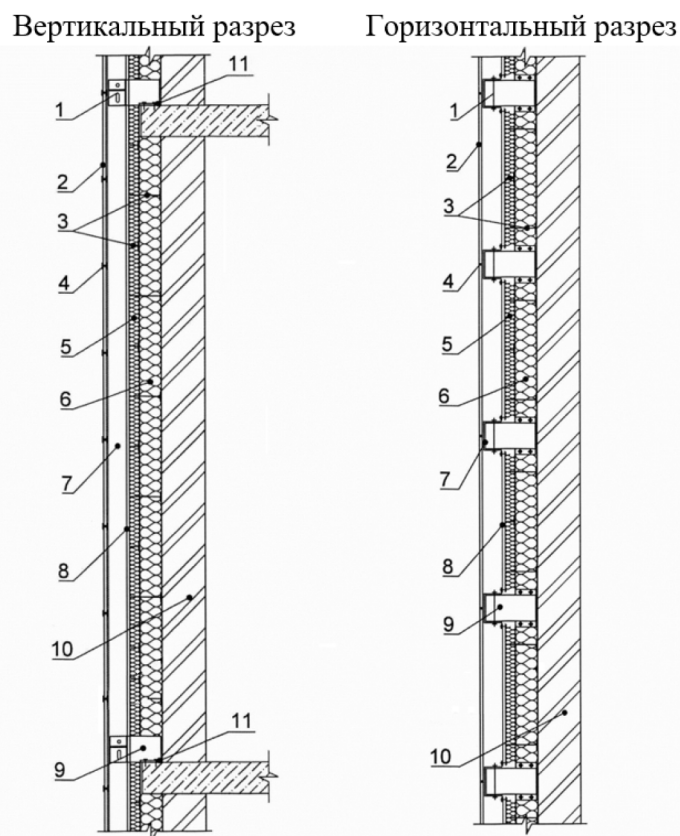


Рис. 3. Предложенное конструктивное устройство системы вентилируемого фасада с креплением кронштейнов на краях плит перекрытий: 1 – самоконтрящиеся гайки; 2 – облицовочные материалы; 3 – дюбеля; 4 – крепежный элемент облицовочных материалов; 5, 6 – утеплитель; 7 – вертикальный направляющий профиль; 8 – огнезащитный экран; 9 – несущий кронштейн; 10 – стеновые материалы; 11 – паронитовая прокладка

I этап. Монтаж несущих кронштейнов

Осуществляется разметка точек крепления кронштейнов на краю плиты перекрытия и производится закрепление кронштейнов через паронитовую прокладку забивными распорными анкерами. Термопрокладки устанавливаются для того, чтобы исключить возникновение мостиков холода. Крепление кронштейнов на краю плиты перекрытия, а не в ее торцах, осуществляется для того, чтобы упростить процесс монтажа и исключить опасные производственные факторы, поскольку бурение отверстий в торцах плит перекрытий осуществляется с использованием альпинистского снаряжения или специальных страховочных средств.

II этап. Монтаж направляющих профилей

Крепление направляющих профилей производится к несущим кронштейнам посредством болтового соединения с самоконтрящимися гайками. Для снижения температурных деформаций между поверхностью кронштейна и направляющего профиля устанавливается паронитовая прокладка. В верхней части направляющего профиля производится крепление к несущему кронштейну через овальные отверстия для снятия температурных линейных нагрузок от температурных увеличений профиля (рис. 4).

Отличительной особенностью данной конструктивной системы является то, что в качестве направляющих используются только вертикальные несущие профили, что значительно

сокращает металлоемкость системы, и как следствие, ее конечную стоимость в условиях возросших цен на черные и цветные металлы [6].

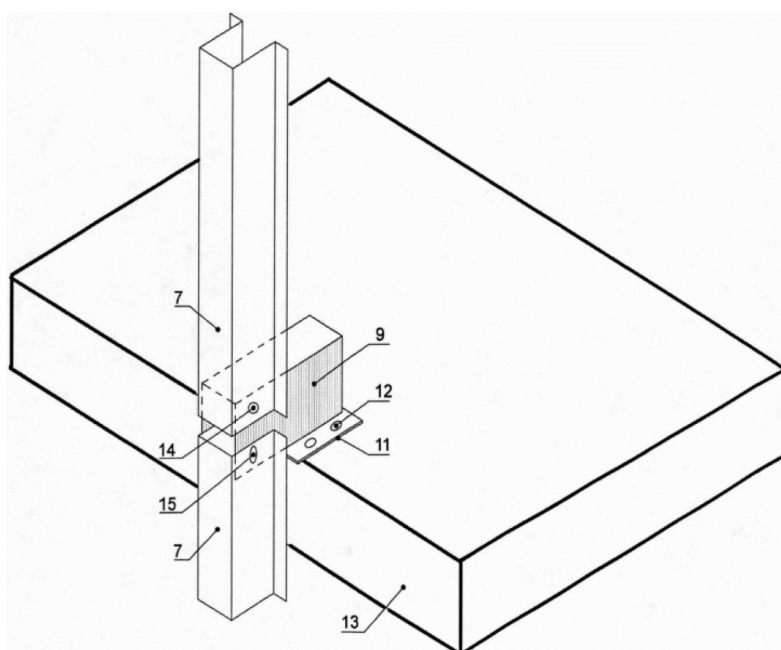


Рис. 4. Узел крепления кронштейна и вертикального несущего профиля:
 7 – вертикальный несущий профиль; 9 – несущий кронштейн;
 11 – паронитовая прокладка; 12 – анкерные болты; 13 – плита перекрытия;
 14 – нержавеющие болты; 15 – овальные отверстия

III этап. Монтаж облицовочных материалов

Крепление облицовочных материалов осуществляется к вертикальному несущему профилю посредством различных крепежных элементов, которые подбираются в зависимости от вида применяемого облицовочного материала (керамогранит, натуральный камень, фиброцемент, металлические и композитные панели и т. д.) и способа его крепления к вертикальному несущему профилю (открытый или скрытый способы крепления). Наиболее распространенными крепежными элементами являются: вытяжные заклепки и самонарезающие винты, кляммеры, салазки и специальные крепители панелей – икли, а также специальные горизонтальные профиль-шины (рис. 5).

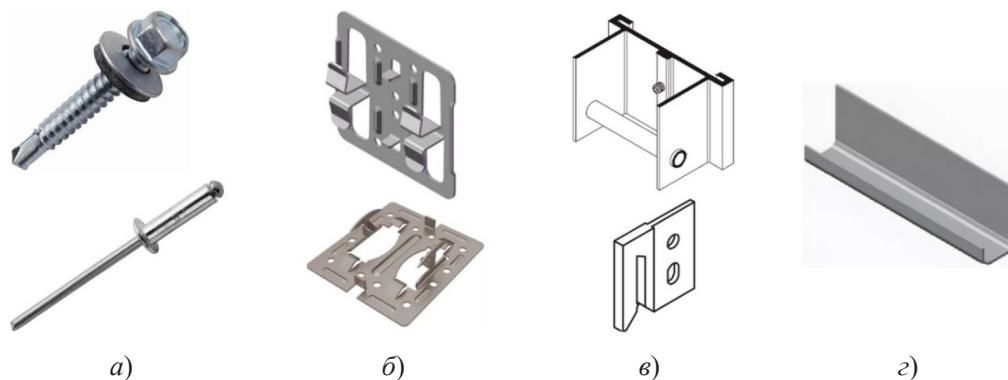


Рис. 5. Элементы крепления облицовочных материалов навесного вентилируемого фасада:
 а – самонарезающий винт и вытяжная заклепка; б – обычный и скрытый кляммер;
 в – салазки и икли; г – горизонтальная профиль-шина

IV этап. Устройство огнезащитного экрана

Огнезащитный экран представляет собой негорючие листовые материалы – цементно-стружечную плиту (ЦСП) или стекломагнезитовый лист (СМЛ), которые крепятся к тыльной части вертикального несущего профиля самонарезающими винтами с увеличенной площадью шляпки или с шайбой. Огнезащитный экран устраивается до монтажа утеплителя и служит основанием для его крепления. Другой важнейшей функцией огнезащитного экрана является дополнительная защита утеплителя и всего вентилируемого фасада от огневого воздействия в случае возникновения пожара, поскольку материалы, из которых выполняется огнезащитный экран являются огнеупорными и имеют класс горючести НГ (негорючие) или Г1 (слабогорючие). Необходимость устройства дополнительных мероприятий по пожарной безопасности навесных вентилируемых фасадов описана во многих научных работах [7, 8].

V этап. Монтаж утеплителя

Количество слоев утеплителя и его толщина определяется на основании теплотехнического расчета. В данной системе вентилируемого фасада необходимо использовать кашированные утеплители, включающие в себя преимущества паро-, ветро-, гидрозащитных мембран, что дает возможность отказаться от данного слоя в системе и значительно сократить трудоёмкость и сроки производства работ.

Крепление утеплителя производится к поверхности огнезащитного экрана при помощи распорных дюбелей и самонарезающих винтов. Благодаря тому, что огнезащитный экран крепится к тыльной части направляющих профилей и служит основанием для крепления теплоизоляции до устройства ограждающих стен, удастся производить все монтажные работы с плит перекрытий в направлении «во внутрь» здания. Как следствие, отсутствует необходимость устройства средств подмащивания и принятия мер по защите утеплителя от атмосферных воздействий. Данное конструктивное решение является уникальным и не применяется в других известных системах навесных вентилируемых фасадов.

VI этап. Работы по заполнению стеновых проемов

На последнем этапе производятся работы по кладке ограждающих конструкций стен из стеновых материалов, таких как пено-, газо-, керамзитобетон. Благодаря тому, что в вентилируемом фасаде используются высокотехнологичные и энергоэффективные стеновые материалы, а крепление утеплителя производится не к самой стене, а к огнезащитному экрану, который в свою очередь крепится к вертикальным несущим профилям, удастся вовсе отказаться от штучных материалов и кладочных работ в пользу возведения стен из легких ПС и ПН-профилей и листовых материалов (гипсоволокнистый лист, цементно-стружечная плита, стекломагнезитовый лист). Данное решение позволяет снизить суммарные нагрузки, действующие на каркас здания и его фундамент в целом.

Заключение

Анализ существующей технологии устройства навесных вентилируемых фасадов каркасных зданий показал, что данная технология имеет ряд ключевых недостатков по вопросам материалоемкости систем, отсутствия дополнительных мероприятий по пожарной безопасности, а также необходимости устройства средств подмащивания и использования в процессе монтажа специальных страховочных средств. Данные недостатки в значительной

степени влияют на качество и сроки производства работ, а также на конечную стоимость всей фасадной системы.

Предложенное конструктивно-технологическое решение устройства навесного вентилируемого фасада способом крепления кронштейнов на краю плит перекрытий создает альтернативу существующей технологии, позволяет сократить трудовые ресурсы и конечную стоимость фасадной системы, а также придает визуальную привлекательность объекта на ранних стадиях строительства за счет формирования фасада одновременно с возведением каркаса здания.

Литература

1. *Якубов С. А.* Вентфасады для российского климата // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2012. № 9(129). С. 81–85. – URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/ventfasady-dlya-rossiyskogo-klimata/>
2. *Воробьев В. Н.* Серия «Библиотека строителя вентфасад»: Навесные фасадные системы. Рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации [Электронный ресурс]. URL: http://pa-stroy.ru/images/stati/proekt_2019.pdf/
3. *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.
4. Пат. 2723246 Российская Федерация, МПК E 04 F 13/08. Способ монтажа вентилируемого фасада / Р. Л. Миндияров; заявитель и патентообладатель Миндияров Рафил Лябибович. № 2019140332; заявл. 06.12.2019; опубл. 09.06.2020, Бюл. № 16.
5. Современные фасадные системы / В. С. Дорофеев, А. И. Меньлюк, Л. Э. Лукашенко, В. И. Москаленко, А. Ф. Петровский, В. Г. Соха. К.: Освита Украины, 2008. 380 с.
6. Цена на металл в России в 2022 году – прогнозы экспертов [Электронный ресурс]. URL: <https://the-master.ru/poleznoe/cena-na-metall-v-rossii-v-2022/>
7. *Меркулов С. И.* Навесные вентилируемые фасада: преимущества применения и проблемы пожарной безопасности / С. И. Меркулов, П. П. Петров // Auditorium. 2017. № 1 (13). С. 143–148.
8. *Немова Д. В.* Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 5 (15). С. 7–11.

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МОНТАЖА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЁМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЯХ СООРУЖЕНИЯ

ANALYSIS OF ORGANIZATIONAL PARAMETERS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES FOR THE INSTALLATION OF METAL STRUCTURES WITH VARIOUS SPACE-PLANNING SOLUTIONS OF THE STRUCTURE

В данной статье проведён анализ организационных параметров выполнения технологических процессов, встречающихся при монтаже металлических конструкций. Был перечислен ряд организационных параметров, а некоторые рассмотрены более подробно. Определены сущности и задачи данных параметров и выявлены трудности их разработки, а также недостатки. Сделан вывод о необходимости комплексного рассмотрения организационных параметров процессов монтажа индивидуально для каждого объекта. Предложены некоторые пути устранения недостатков и совершенствования организационно-строительных процессов.

Ключевые слова: организационные параметры, металлические конструкции, технологические процессы, монтаж конструкций, организационно-технологическая документация.

This article analyzes the organizational parameters of the technological processes encountered during the installation of metal structures. A number of organizational parameters were listed, and some of them were considered in more detail. The essence and tasks of these parameters are determined and the difficulties of their development, as well as disadvantages, are revealed. The conclusion is made about the need for a comprehensive consideration of the organizational parameters of the installation processes individually for each object. Some ways of eliminating shortcomings and improving organizational and construction processes are proposed.

Keywords: organizational parameters, metal structures, technological processes, installation of structures, organizational and technological documentation.

С развитием технологий всё больше возрастает доля зданий и сооружений из металлоконструкций. По исследованиям, в России на основе металлокаркаса возведено около 13 процентов всех зданий (а в европейских странах данный процент может достигать до 50), и это число, несомненно, будет расти.

Плюсы строительства из металла вполне очевидны. Перечислим ниже некоторые из них:

- Во-первых, скорость. К примеру, простой жилой дом высотой в 10 этажей из 5–7 подъездов будет построен в среднем за 10–12 месяцев, панельный – за 6 месяцев. Дом же с металлическим каркасом будет готов за 4 месяца.

- Во-вторых, стоимость. Здания из металла обходятся дешевле, чем из монолита. Это связано с более высокой скоростью строительства – чем быстрее строится здание, тем меньше денежные затраты на его возведение. К тому же, поскольку металл легче бетона, снижаются расходы на фундаменты, на требуемое грузоподъёмное оборудование.

- В-третьих, экологичность. Практически все стальные конструкции можно переработать и переплавить, чего нельзя сказать о железобетоне и панелях. Помимо прочего, количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу при строительстве, эксплуатации и сносе от строения из металла на 20 процентов ниже, чем от строения из монолита [1].

Ещё одним преимуществом является растущая типизация конструктивных решений, что помогает при организации строительства зданий и сооружений.

Не считая высотные или уникальные здания, зачастую для строительства промышленных предприятий, торговых центров, ангаров и прочих объектов применяется следующая схема: на фундамент ставят колонны, на них – балки или фермы, а сверху кладут прогоны и покрытие. Такая общая схема позволяет анализировать организационные параметры технологических процессов монтажа металлоконструкций для многих типов строений, имеющих различные назначения и объёмно-планировочные решения.

В ходе разработки организационно-технологической документации прорабатывается множество вещей, в том числе различные организационные параметры, среди которых присутствуют:

- лишь некоторые позиции. общие и частные организационные схемы выполнения операций,
- размеры захваток, ярусов, делянок
- пространственная последовательность монтажа элементов,
- схемы рабочих мест,
- обеспечивающие инженерные мероприятия,
- элементы строительной готовности, используемые для временного складирования,
- пространственные ограничения зоны монтажа, окружающей застройки и участка,
- количество одновременно используемых комплектов оснастки, механизмов,
- состав бригад и число звеньев.

Данный список демонстрирует лишь малую часть параметров. Разумеется, их намного больше, но для анализа будут рассмотрены

Стеснённые условия строительства

Зачастую работы по строительству, ремонту, демонтажу зданий приходится вести в условиях ограниченного пространства [2]. В городах, особенно крупных, ценен каждый квадратный метр площади, поэтому при возведении сооружений приходится решать сразу ряд организационно-технологических проблем, таких как:

- пространственные ограничения рабочей зоны на строительной площадке и близлежащих территориях,
- интенсивность транспортных и людских потоков,
- ограничения на допустимый уровень шума,
- недостаточное количество места для складирования материалов и укрупнительной сборки элементов,
- необходимость свести к минимуму влияние нового здания на соседние,
- невозможность проезда или применения крупногабаритной техники.

Для решения данных вопросов нужно внимательно изучить реальные условия местности и приспособить процесс строительства к ним. К примеру, путём наблюдения было установлено, что при невозможности использования крупных кранов самым рациональным вариантом оказывается применение быстромонтируемых башенных кранов. Площадь, требуемая для них, составляет всего 10 квадратных метров, перевозятся они малым количеством автотранспортных средств, потребление электроэнергии – минимальное. Грузоподъёмности таких кранов хватит, чтобы поднять и перенести в требуемое положение металлические колонны или фермы.

В качестве места расположения башенного крана также можно использовать монолитную фундаментную плиту. Сначала её монтируют при помощи передвижного крана, а затем на неё ставят башенный. По ходу строительства кран переставляется выше, на новые эта-

жи или уровни. Или же можно оставить кран на фундаментной плите на всю стадию возведения строения, а после посекционно разбирать его.

Для защиты от производственного шума вариантом будет использовать звукопоглощающие экраны и виброгасители на шумопроизводящих машинах и механизмах. Также важно следить за тем, чтобы жильцы окрестных домов не испытывали неудобств и не производить особо шумные работы рано утром, поздно вечером, в ночное и послеобеденное время.

В качестве решения проблемы с недостатком места для стройматериалов, а также для того, чтобы избежать загрязнения окружающей среды пылью и иными мелкими частицами, следует осуществлять предварительную обработку и сборку элементов за городом или на предприятиях, а уже после привозить их на стройку. Осуществлять монтаж элементов конструкций предлагается в таком случае методом «с колёс» [3].

Как видно, для обеспечения работ в стеснённых условиях следует прорабатывать целый комплекс мер организационного характера. От них будет зависеть качество сооружаемых объектов и безопасность окружающей застройки.

Схемы рабочих мест

У каждого члена звена бригады есть своё рабочее место. Производительность труда зависит не только от количества людей и от уровня их квалификации, но и от грамотно обустроенного рабочего места. Поэтому ещё на стадии проектирования необходимо обратить внимание на данный вопрос.

На рабочем месте должно быть исключено движение посторонних лиц, не относящихся к текущему процессу, определён рациональный размер участка или делянки (не слишком большой или маленький), определены оптимальные места хранения материалов и инструментов для минимизации времени на монтаж элемента.

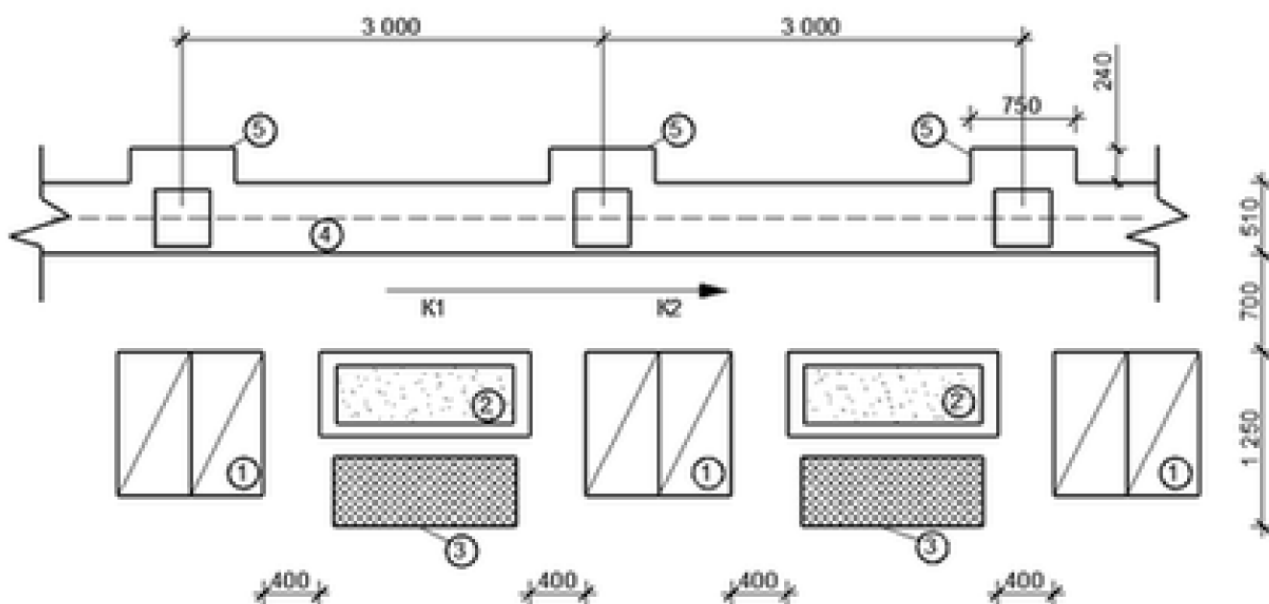


Рис. 1. Пример фрагмента организации рабочего места для одного звена

Состав бригад

Поточный метод – один из самых распространённых методов строительства в России. Он подразумевает, что готовая строительная продукция будет выпускаться планомерно,

в определённом ритме при равномерной и непрерывной деятельности рабочих, полностью обеспеченных всеми материально-техническими ресурсами. Поэтому остро встаёт необходимость правильно подобрать количество и состав бригад для различных работ. При этом следует помнить, что для повышения производительности труда и обеспечения комфортного социально-психологического климата среди сотрудников состав бригад и количество людей в нём должно оставаться в среднем постоянным. Это утверждение распространяется и при условии, что бригады занимаются возведением разнородных зданий и сооружений.

При формировании бригад ориентируются на различные нормы по типу ЕНиРов, таких понятий как число смен и численность рабочих в смену. Затем рассчитывают состав бригады по определённому алгоритму:

1. Намечают комплекс работ, который будет поручен для выполнения бригаде.
2. Считают трудоёмкость работ.
3. На основе подсчитанных данных отмечают затраты труда по профессиям и разрядам рабочих.
4. Определяют возможности рационального совмещения профессий.
5. Устанавливают длительность ведущего процесса.
6. Определяют расчётами численные составы звеньев и бригад.
7. Формируют бригады в соответствии с требуемыми профессиями и квалификационным уровнем рабочих.

Кроме этого, на захватке может работать только ограниченное число рабочих. Для того, чтобы его установить, фронт работ делят на делянки. Их размер не должен превышать производительности звена или отдельного рабочего за смену. Максимальную численность бригады считают произведением количества делянок на состав звеньев. Если число рабочих станет больше найденного максимума, то это лишь приведёт к снижению производительности труда. К примеру, если число рабочих увеличить в 5 раз, то выработка вырастет лишь в 2 раза.

Основополагающей формулой при расчёте бригад является формула подсчёта продолжительности ручных работ. Продолжительность T рассчитывают путём деления трудоёмкости работ Q_p на количество рабочих n и число смен N [4].

Проблема этого метода заключается как раз в том, что он универсальный. Он даёт выигрыш во времени при планировании, но не даёт оптимального состава рабочих. Написанные в XX веке методики ещё частично актуальны, но во многом устарели и не отражают реальной картины в плане современных технологий, методов и способов строительства, строительных материалов и их доступности, выросших показателей строительных машин и автоматизации процессов.

Минус метода состоит также в том, что в чистом виде применять его невозможно. При работе машин и механизмов в 2 или 3 смены страдает их производительность. Между двумя работами могут быть технологические перерывы. Здание или сооружение может иметь сложные объёмно-планировочные и конструктивные решения. Все эти параметры не учитываются в вышеуказанном методе [5].

Сменность работ также снижает эффективность алгоритма. В реальном строительстве сменность назначают на отдельные работы, а не сразу на весь комплекс, в который они входят, что создаёт дополнительную неопределённость в методике.

На основании вышесказанного видно, что существующий метод не обладает гибкостью расчётов и целесообразно будет провести работу в целях его совершенствования с учётом всех выявленных недостатков. Как вариант, можно попытаться усовершенствовать и уточнить формулу расчёта с помощью разработки научно-обоснованного алгоритма, в котором

будет учитываться подбор численного и квалификационного состава бригады для целого комплекса работ [6].

Общие и частные организационные схемы выполнения операций

При разработке организационно-технологической документации для повышения производительности труда необходимо составлять общие и частные организационные схемы выполнения технологических операций. Они представляют собой план или разрез строительной готовности в удобном для восприятия масштабе в определённых отметках. На них нанесены условные обозначения, которые связаны со списком операций.

На рис. 2 показан пример общей схемы монтажа элементов обоймы проёма.

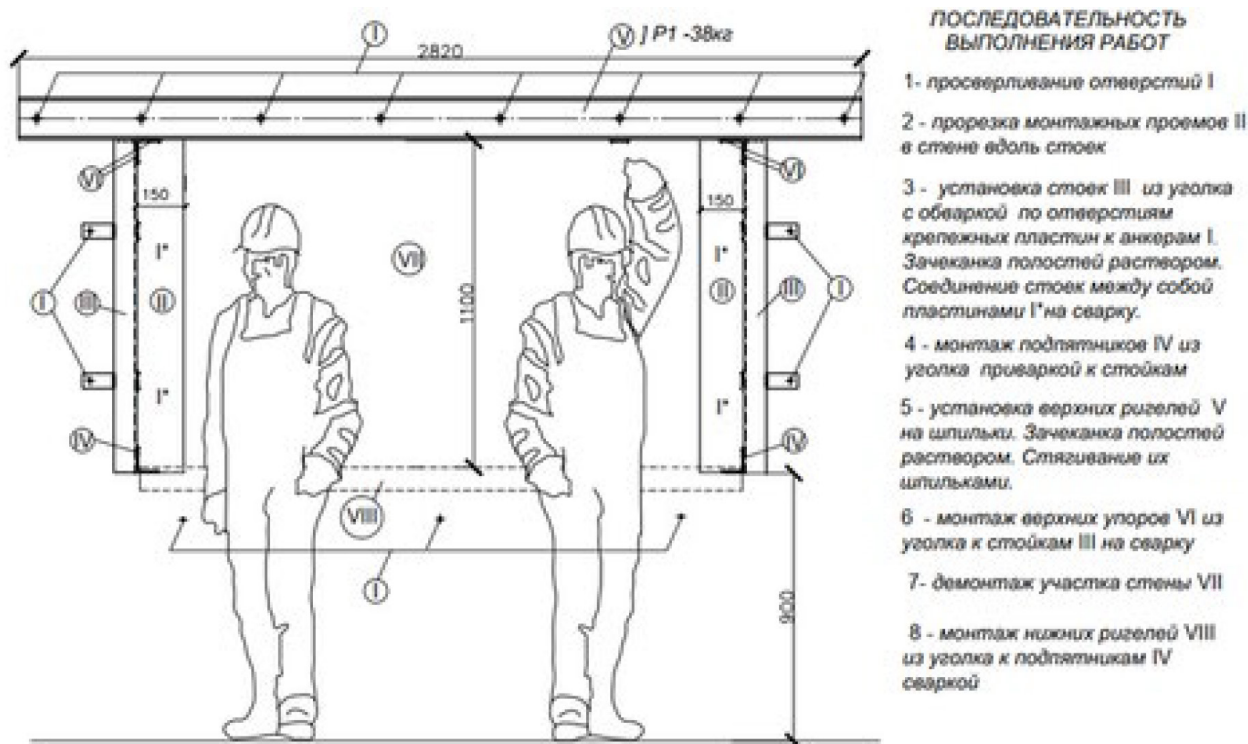


Рис. 2. Общая схема монтажа элементов обоймы проёма

Подготовить такие схемы можно на каждые сложные операции, будь то монтаж ригелей, обоснование укрупнительной сборки элементов, установку средств подмащивания. Разработка таких схем необходима, поскольку она повышает производительность труда. Они должны быть просты для чтения рабочими на площадке, поскольку отражают наиболее безопасные и рациональные последовательности технологически процессов монтажа элементов.

Заключение

После рассмотрения некоторых организационных параметров выполнения технологических процессов ясно, что без их проработки строительство попросту невозможно. Интересной особенностью является то, что для каждого объекта набор эти параметров будет свой и их следует рассматривать комплексно. Строительство небольшого завода на свободной территории промзоны и торгового комплекса в центре густонаселённого города – разные вещи. К примеру, может отпасть фактор стеснённости и проблемы со складированием материалов.

В качестве ещё одного результата анализа можно выделить выявленные проблемы и недостатки организационных параметров, что видно на примерах условий стеснённости и формирования бригад. В статье были предложены лишь некоторые пути по улучшению существующих методик. Но недостатки означают только то, что есть направления развития и совершенствования методов организации строительства.

Литература

1. Шесть причин почему в России нужно строить жильё из металла. URL: <https://ferrostroy.ru/shest-prichin-pochemu-v-rossii-nuzhno-stroit-zhiljo-iz-metalla/> (дата обращения 08.04.2022).
2. Седов Д. С. Факторы стесненности в условиях плотной городской застройки. // Вестник МГСУ 2010. № 4. С. 171–174.
3. Бельчевский Р. О. Организационно-технологическая подготовка строительства объектов в стеснённых условиях. // Инновации и инвестиции. Номер 5. СПбГАСУ. СПб., 2020. С. 201–203.
4. Дикман Л. Г. Организация строительного производства. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов. 2006. 608 с.
5. Пак М. С. Уточнение подхода к расчёту продолжительности выполнения комплекса работ и численного состава бригады // Серия «Современное строительство»: сборник статей магистрантов и аспирантов. Вып. 2., Т. 1; СПбГАСУ. СПб., 2019. С. 227–231.
6. Пак М. С. Совершенствование применения формулы расчёта нормативной продолжительности выполнения вида работ к расчёту продолжительности выполнения комплекса техпроцессов // Современные методы организации и управления строительством : сборник статей молодых учёных, аспирантов, молодых специалистов, студентов [21 апреля 2020 г.] / Санкт Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Санкт-Петербург, 2020. С. 271–275.

ФРИКЦИОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

FRICITION JOINTS OF METAL STRUCTURES

В представленном исследовании поднята проблема усовершенствования технологии фрикционных соединений металлических конструкций. Рассмотрены различные технологии подготовки поверхностей деталей и технологий самих соединений. Оптимальным методом монтажа фрикционных соединений выбрано комбинирование двух способов скрепления: болтовые соединения и сварка поверхностей между собой, рассмотрены технологии подготовки поверхностей скрепляемых деталей и подготовка метизов для соединений.

Ключевые слова: сдвигоустойчивые (фрикционные) соединения, заклёпочные соединения, сварка, пескоструйная обработка, термическая обработка, обработка металлическими щётками, клеефрикционные покрытия, метизы, высокопрочные болты.

In this study, the problem of improving the technology of friction joints of metal structures is raised. Various technologies for preparing the surfaces of parts and the technologies of the joints themselves are considered. The optimal method for the device of friction joints is the combination of two methods of bonding: bolted joints and welding of surfaces together, the technology of surface preparation of bonded parts and the preparation of hardware for joints is considered.

Keywords: shear-resistant (friction) joints, rivet connections, welding, sandblasting, heat treatment, metal brush treatment, adhesive-friction coatings, hardware stores, high-strength bolts.

В последние десятилетия наряду с распространёнными сборными соединениями металлических конструкций стали применяться сдвигоустойчивые соединения на высокопрочных болтах, или как их ещё называют, фрикционные.

Существуют 2 вида болтовых соединений, отличающиеся характером передачи усилий:

- Несдвигоустойчивые. Как правило, их проектируют с использованием болтов грубой, нормальной и повышенной точности (редко высокопрочные). Усилие затяжки не контролируется. При расчёте большое внимание уделяется внутренним напряжениям смятия, растяжения, среза. Однако, не предусматривают силы трения.

- Фрикционные (сдвигоустойчивые). Силы трения противодействуют наружным усилиям. Образуются силы трения в участках соприкосновения поверхностей деталей. Максимальное натяжение болтов крепления обеспечивает возникновение сил трения. Для этого во фрикционных соединениях используют только подготовленные метизы высокой прочности. Последний вид разделяется на 2 категории: фрикционные и фрикционно-срезные соединения, в которых одна часть усилий передается через трение, а другая – через смятие.

Сдвигоустойчивые соединения получили широкое распространение в строительной сфере разных стран. Например, в Европе первыми использовать соединения металлических конструкций на высокопрочных болтах стали конструкторы Англии и ФРГ. Впоследствии соединения получили распространение в таких странах, как Франция, Италия, Австрия, Швейцария и другие. В США изначально использовали фрикционные соединения для мостов автодорожного и железнодорожного назначения, каркасов зданий, спортивных и промышленных сооружений, павильонов выставок и т. д. В настоящее время в США соединения на высокопрочных болтах являются основным видом соединений, применяющихся при строительстве из металлических конструкций. В Канаде за основной нормативный документ

при сборке фрикционных соединений на высокопрочных болтах в строительных металлических конструкциях приняты технические условия США.

На сегодняшний день высокопрочные болты нашли своё применение как в новом строительстве пролётных зданий с металлическим каркасом, так и в замене ослабевших заклёпок эксплуатируемых мостов. Высокопрочные болты широко используются в конструкциях реакторов, компрессоров, подъёмных кранов, трубопроводов, высокотемпературных резервуаров, сосудов высокого давления, насосов, мостов и высотных зданий. Их нельзя заменить в креплениях подшипников ветряных турбин, копусов двигателей, гребных валов судов, на подвижном составе железнодорожного транспорта. Устройство болтов допускают производить квалифицированные рабочие, а также рабочие невысокой квалификации с помощью ручных тарированных ключей. Сдвигоустойчивые соединения в последние годы применяются в эстакадах ТЭС, в конструкциях кранов-перегрузателей, в конструкциях северного исполнения и в других ответственных конструкциях.

Фрикционные соединения (рис. 1) имеют высокую несущую способность и отличаются меньшими трудозатратами при изготовлении, чем сварные. Благодаря этому они находят широкое применение в производстве строительных металлоконструкций. Получение необходимых усилий трения в соединении достигается различными способами – абразивоструйной и газопламенной обработкой, а также с помощью клеевых композиций.

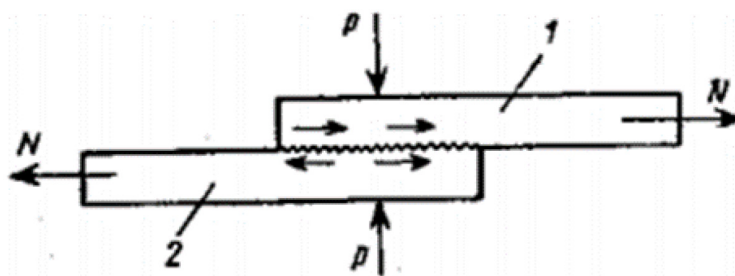


Рис. 1. Принципиальная схема соединения, работающего на силе трения

Данные соединения имеют недостаток – высокую стоимость крепежа. Однако, применение фрикционных соединений на высокопрочных болтах даёт возможность уменьшить количество сварных монтажных швов и увеличить надёжность. Следовательно, уменьшается и трудоемкость сборки почти в 3 раза. Этот вид соединений используется при постройке промышленных зданий, при сооружении мостов, кранов, других решетчатых конструкций, которые испытывают вибрацию или динамические нагрузки.

Основными параметрами для расчёта соединений данного вида являются:

- усилие натяжения болта;
- коэффициент трения μ на контактирующих поверхностях;
- коэффициент закручивания болтов;
- крутящий момент.

Правила выполнения фрикционного соединения заключаются в соблюдении следующих технических требований:

- Перед сборкой необходимо провести подготовку поверхности одним из нижеуказанных способов (согласно проектной документации), убрать заусенцы и неровности, чтобы те не мешали плотному прилеганию деталей.

- При транспортировке и промежуточном хранении деталей должно быть исключено замасливание или загрязнение подготовленных поверхностей. Если избежать этого не удалось, то необходимо проведение повторной процедуры очистки.

- На первом этапе сборки детали совмещают отверстиями с помощью монтажных пробок.
- Устанавливают болты с шайбами (не более одной под головку болта и гайку), затягивают их гайками на 50–90 % от расчетного усилия и проверяют плотность соединения.
- Доводят расчетное усилие затяжки при помощи динамометрических ключей.
- Наносят шпатлевку или грунтовку, смешанную с цементом, белой глиной, мелом. Это производится для герметизации соединения от попадания влаги.

Для обработки поверхностей деталей применяют различные способы: опескоструивание кварцевым песком, термическую обработку, обработку металлической щёткой, химическую обработку, использование шлифовального камня. Два последних способа находят не такое широкое применение, как первые три.

Пескоструйная обработка металлических поверхностей гарантирует наиболее стабильный и высокий коэффициент трения. Благодаря этому преимуществу данный способ считается самым надёжным и эффективным. Однако, с другой стороны, пескоструйная обработка является слишком дорогой для повсеместного использования, а также вредной для здоровья рабочих, которые производят обработку поверхностей.

Сущность приведённого способа заключается в том, что под воздействием сжатого воздуха на обрабатываемую поверхность направляется струя чистого, просушенного, просеянного и промытого кварцевого песка.

На рис. 2 представлена схема пескоструйной установки для обработки поверхностей.

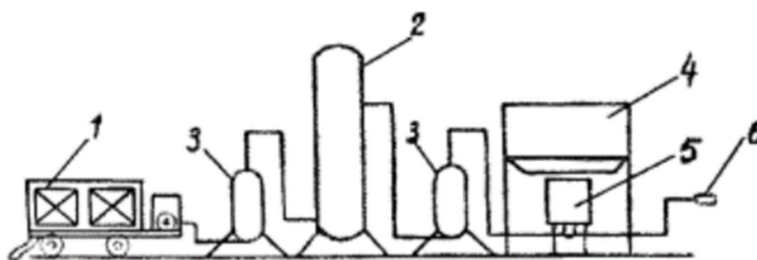


Рис. 2. Схема пескоструйной установки: 1 – компрессор; 2 – ресивер; 3 – маслоотделитель; 4 – загрузочный бункер с песком; 5 – пескоструйный аппарат; 6 – пистолет-распылитель с соплом

Сущность способа **термической обработки** заключается в следующем: широкопламенной горелкой (рис. 3) нагревают поверхностный слой металла; в связи с этим окалина нагревается, растрескивается, ржавчина обезвоживается.

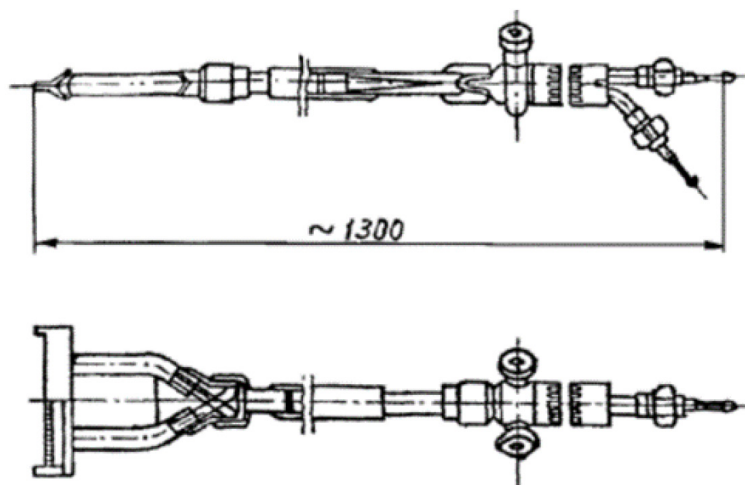


Рис. 3. Широкопламенная кислородно-ацетиленовая горелка ГАО-60

Затем ржавчина и отслоившаяся окалина легко убираются с обрабатываемой поверхности с помощью металлической щётки. Далее очищенную поверхность обрабатывают газопламенным способом кислородно-ацетиленовым пламенем, в некоторых случаях применяя пропан-бутан или природный газ взамен ацетилена по специальной инструкции (рис. 4).

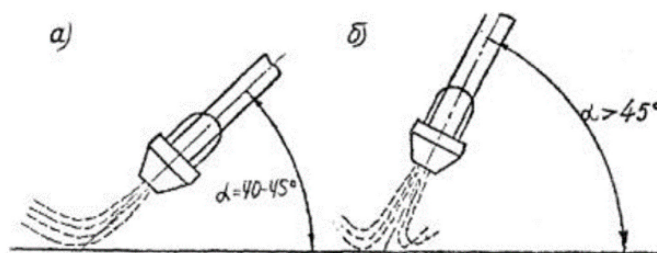


Рис. 4. Газопламенная обработка контактных поверхностей:
a – требуемый угол наклона горелки; *б* – завышенный (недопустимый) угол наклона

Данный способ отличается экономичностью и высокой производительностью. Однако, термическая обработка уступает пескоструйной по получаемому коэффициенту трения.

Обработка поверхностей металлическими щётками достаточно проста, но малоэффективна.

При данном способе обработке получается достичь лишь очень маленького коэффициента трения. Щётками не удаётся убрать всю ржавчину, окалину и загрязнения с обрабатываемых поверхностей.

В России этот способ не нашёл широкого применения (из-за маленького коэффициента трения), но стал хорошо использоваться в США.

Также при монтаже фрикционных соединений применяют технологию образования клеефрикционных покрытий.

При данном способе несущая способность соединения достигается путём устройства промежуточного слоя между соприкасающимися поверхностями из абразивного материала.

Для образования клеефрикционного покрытия первоначально на поверхность детали наносят эпоксидный клей, затем внедряют в него порошковый абразивный материал.

Клей служит для защиты скрепляемых поверхностей от коррозии, а также удерживает зёрна абразивного материала, выступающие над слоем клея. С помощью этих зёрен достигается коэффициент трения между поверхностями.

Подготовка метизов для сдвигоустойчивых соединений включает следующие этапы:

- Погружение метизов в соляровое масло;
- Нагрев масла до 60–80 °С;
- Протирка метизов ветошью.

На болтах после обработки должна остаться плёнка масла.

Перед устройством в конструкцию болтов нужно прогнать гайки по всей длине нарезанной части болтов. В случае, если гайка не накручивается на болт легко, нужно её заменить на другую.

Контроль качества проводится на всех этапах подготовки и сборки. Результаты межоперационных проверок заносятся в журнал изготовления монтажных соединений. Комплекс таких работ включает в себя следующие операции:

- входной контроль качества исходных материалов, комплектующих, покупных изделий;
- проверка состояния инструмента, тарирование динамометрических ключей;
- контроль очистки поверхностей и подготовки метизов;
- проверка плотности стягивания стыков (с помощью щупов);

- выборочный контроль крутящих моментов методом дотяжки;
- контроль герметизации;
- испытание образцов (по требованию заказчика строительных работ).

Рассмотрев все вышеперечисленные способы обработки и подготовки деталей для фрикционных соединений, видно, что процесс весьма трудозатратный, неэкономичный, а в некоторых случаях и вовсе малоэффективен. В связи с этим у современных компаний стоит выбор: сделать ненадёжные соединения (с маленьким коэффициентом силы трения) или потратить достаточно большую сумму на долговечные прочные соединения.

В сложившейся ситуации на рынке было бы оптимальным решением внедрить технологию монтажа фрикционных соединений, основанную на комбинировании скрепления деталей высокопрочными болтами, а также сваркой скрепляемых поверхностей деталей. В таком случае можно сэкономить на обработке поверхностей деталей (так как при наличии сварки требования к поверхностям будут меньше) и сохранить надёжность болтовых соединений.

Литература

1. СТП 006-97 Устройство соединений на высокопрочных болтах в стальных конструкциях мостов.
2. ГОСТ 27513-2018 Изделия фрикционные. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.
3. *Чесноков А. С., Княжев А. Ф.* «Сдвигоустойчивые соединения на высокопрочных болтах» URL: <https://dwg.ru/dnl/1335/>

УДК 69.057.44

Анатолий Михайлович Югов,
д-р техн. наук, профессор
Елена Викторовна Григоренко, студент
(Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры)
E-mail: a-yugov@yandex.ru, leno4ek222@mail.ru

Anatoliy Mikhailovich Yugov,
Dr. Sci. Tech., Professor
Elena Viktorovna Grigorenko, student
(Donbass National Academy
of Civil Engineering and Architecture)
E-mail: a-yugov@yandex.ru, leno4ek222@mail.ru

ТРАВЕРСА ДЛЯ МОНТАЖА ВЕРХНИХ БЛОКОВ СТАЛЬНОЙ ВЫТЯЖНОЙ БАШНИ ВЫСОТОЙ 150 М

TRAVERSE FOR MOUNTING THE UPPER BLOCKS OF THE 150M HIGH STEEL EXHAUST TOWER

Вопрос выбора и расчета такелажной оснастки, применяемой при монтаже металлических конструкций, можно решить с помощью графического и аналитического методов определения усилий. Это позволит использовать технические характеристики заданного подъемно-транспортного оборудования и избежать ошибок при его использовании. Подъем и безопасное перемещение крупногабаритных грузов при помощи одного крюка мостового крана либо кран-балки во многих случаях опасно из-за возможного соскальзывания стропы или захвата с гнезда крюка. В этих ситуациях используются различные грузоподъемные траверсы, являющиеся промежуточным приспособлением между крюком и грузом. Разнообразие строительных конструкций по габаритным размерам, фермам и массам обусловило изготовление грузозахватных траверс непосредственно отдельными строительными-монтажными организациями, что привело к их различному конструктивному выполнению. С помощью траверса можно значительно расширить возможности подъемного крана. Они позволяют сэкономить средства, ресурсы и время, что делает работу более эффективной.

Ключевые слова: такелажная оснастка, монтаж, траверса, канат, стропы.

The issue of choosing and calculating the rigging equipment used in the installation of metal structures can be solved using graphical and analytical methods for determining forces. This will allow you to use the technical characteristics of the specified lifting and transport equipment and avoid mistakes when using it. Lifting and safe movement of bulky loads using a single hook of an overhead crane or a crane beam is dangerous in many cases due to possible slipping of the sling or grabbing from the hook socket. In these situations, various lifting traverses are used, which are an intermediate device between the hook and the load. The variety of building structures in overall dimensions, trusses and weights led to the manufacture of load-lifting traverse directly by individual construction and installation organizations, which led to their different constructive implementation. With the help of a traverse, you can significantly expand the capabilities of a crane. They allow you to save money, resources and time, which makes the work more efficient.

Keywords: rigging equipment, installation, traverse, rope, slings.

При монтаже металлоконструкций используют такелажное устройство совместно с монтажными кранами. Технически грамотное использование этих различных устройств и оборудования, при условии безопасного ведения монтажных работ, связано с их расчетом.

Известно, что траверсы часто применяются при монтаже высотных сооружений, так как они обеспечивают расчетное положение монтажного блока при подъеме и наведении на проектные отметки, и также сокращают время строповки, особенно при оснащении автоматическими грузозахватными приспособлениями и подъемно транспортными, когда наличие стропальщика и ручная проверка не требуется при проверке надежности креплений. В зависимости от типов монтируемых элементов используются захваты за рамные узлы или подъемные крюки. Траверсы позволяют распределить нагрузки на элемент, избежав его деформации. [2, 3].

Необходимо подобрать траверсу для монтажа двух верхних блоков стальной вытяжной башни с учетом максимальных расчетных усилий, возникающих в различных элементах такелажных средств в процессе подъема и перемещения оборудования и конструкций.

Башня высотой 150 м представляет собой пространственную стержневую конструкцию, имеющую внешнюю форму в виде четырехгранной усеченной пирамиды до отм. +59,500, в виде четырехгранной призмы между отметками +59,500 сис +150,000 (рис. 1). В местах пересечения граней башни расположены пояса. В плоскости каждой грани расположены элементы решетки–распорки, раскосы, шпренгели. Пояса соединены между собой перекрестной решеткой в плоскости каждой грани, и горизонтальными диафрагмами – в сечениях. Диафрагмы обеспечивают поперечную жесткость башни в горизонтальных плоскостях, сохраняя неизменяемым ее контур [4].

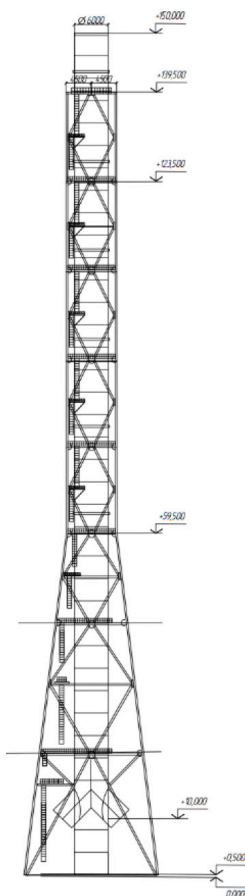


Рис. 1. Вытяжная башня 150 м

В процессе монтажа вытяжной башни используется кран Liebherr LR1500 SL2DB (Длина основной стрелы – 132м, грузоподъемность – 62,3т, вылет 24 м). В соответствии с техническими характеристиками крана, он не имеет возможности смонтировать два верхних блока конструкции, расположенных на высоте +139,500 и +123,500 (масса блоков 10,26 т и 11,33 т соответственно). Для решения данной проблемы было принято использовать вспомогательную траверсу с противовесом для монтажа данных элементов конструкции.

При использовании технологического оборудования для монтажа существует вероятность его опрокидывания с грузом при приложении боковой силы. Наибольшая вероятность опрокидывания возможна в максимально поднятом состоянии рабочего стола тележки. Проведем расчет противовеса для исключения возможности опрокидывания груза:

1. Определим места строповки:

$$X_{шт} = \frac{h_6}{2} = \frac{16}{2} = 8 \text{ м} \quad (1)$$

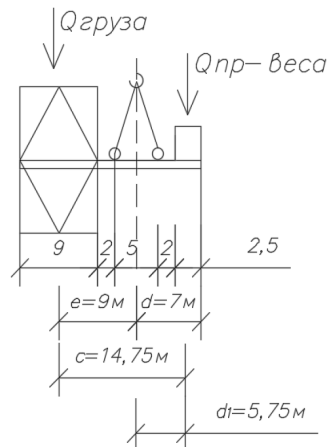


Рис. 2. Схематическое расположение груза и противовеса на удерживающей траверсе

2. Определим массу противовеса:

$$M_{\text{груза}} = M_{\text{противовеса}} \quad (2)$$

$$M_{\text{гр}} = Q_{\text{гр}} \cdot e = 21,59 \cdot 9 = 194,31 \text{ тМ} \quad (3)$$

$$M_{\text{пр-в}} = Q_{\text{пр-в}} \cdot d \rightarrow Q_{\text{пр-в}} = \frac{M_{\text{гр}}}{d} = \frac{194,31}{7} = 27,76 \text{ т} \quad (4)$$

т. к. $21,59 + 27,76 = 49,35 \text{ т}$, можно сделать вывод о том, что кран выдержит данную конструкцию.

Рассчитаем траверсу, работающую на изгиб:

1. Подсчитаем нагрузку, действующую на траверсу:

$$P = Q \cdot \kappa_{\text{п}} \cdot \kappa_{\text{д}} = 49,35 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 59,71 \text{ тс} = 59\,710 \text{ кгс} \quad (5)$$

2. Рассчитаем стальной канат ($\cos \alpha = 75^\circ$): (6)

$$\text{Натяжение: } S = \frac{P}{(m \cdot \cos \alpha)} = \frac{59\,710}{(2 \cdot 0,866)} = 34\,475 \text{ кгс} \quad (7)$$

Разрывное усилие ($\kappa_3 = 6$ – коэффициент запаса прочности):

$$R = S \cdot \kappa_3 = 34\,475 \cdot 6 = 206\,847 \text{ кгс}. \quad (8)$$

По найденному разрывному усилию подбираем канат со следующими данными:

Тип каната ЛК-РО ($6 \times 36 + 1 \text{ос}$),

Разрывное усилие 209 500 кгс,

Временное сопротивление разрыву 160 кгс/мм².

3. Определим максимальный изгибающий момент в траверсе:

$$M_{\text{макс}} = \frac{P \cdot e \cdot d_1}{c} = \frac{59\,710 \cdot 9 \cdot 5,75}{14,75} = 209\,455,932 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 20\,945\,593,2 \text{ кгс} \cdot \text{см} \quad (9)$$

4. Вычисляем требуемый момент сопротивления:

$$W_x > \frac{M_{\text{макс}}}{m \cdot R} = \frac{20\,945\,593,2}{2 \cdot 209\,500} = 49,99 \text{ см}^3 \quad (10)$$

5. Выбираем конструкцию балки траверсы сквозного сечения, состоящую из двух двутавров, соединенных стальными пластинами.

6. Подбрав две двутавровые балки № 20а с $W_x^d = 41,60 \text{ см}^3$, определяем момент сопротивления сечения траверсы в целом:

$$W_x = 2 \cdot W_x^d = 2 \cdot 41,60 = 83,20 \text{ см}^3 > W_{\text{тр}} = 49,99 \text{ см}^3 \quad (11)$$

что удовлетворяет условию прочности сечения траверсы. [1]

7. Проверим напряжение в сечениях балки:

Масса 1м – 29,40 кг = 0,288 кН.

$$q = 2 \cdot 0,288 = 0,576 \text{ кН} \quad (12)$$

Воспользовавшись расчетными программами, построим эпюры напряжений в балке (рис. 3).

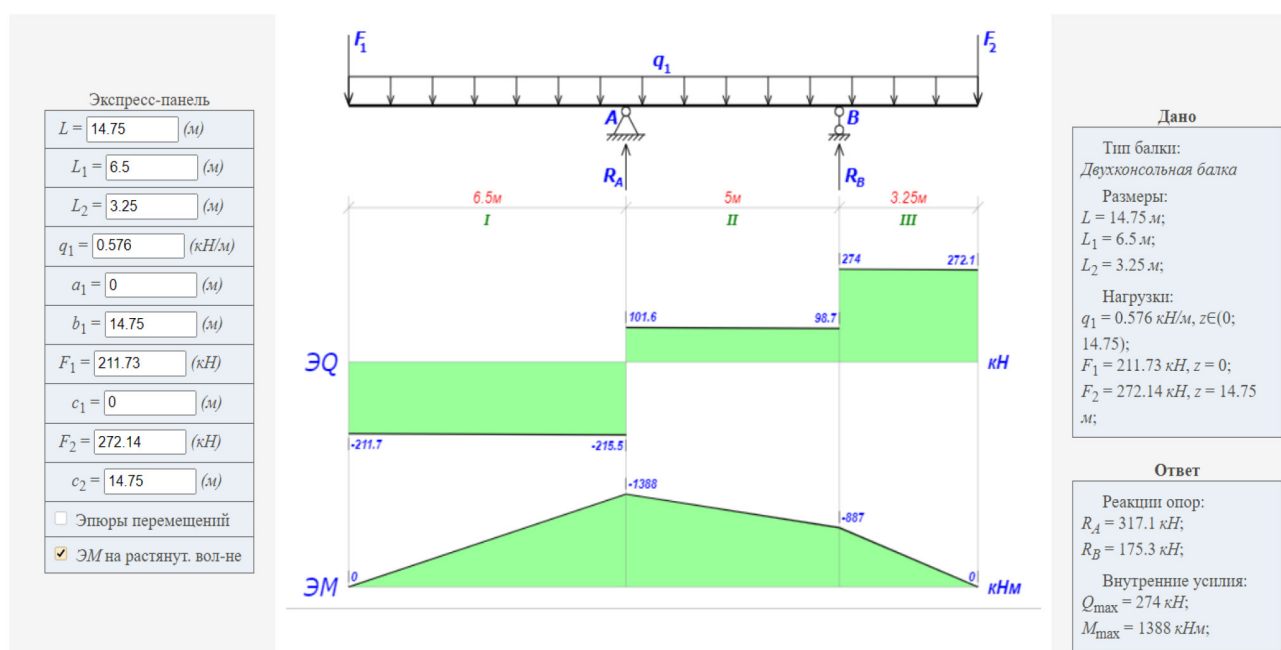


Рис. 3. Расчет балки

$$\text{Напряжение в сечении: } \sigma = \frac{M_{\text{макс}}}{2 \cdot W_x} = \frac{1386800}{2 \cdot 634} = 219 \text{ МПа} < R_y = 230 \text{ МПа} [5] \quad (13)$$

Выводы

Все грузоподъемные устройства рассчитываются с учетом следующих нагрузок и воздействий: массы поднимаемого груза и самого грузоподъемного устройства, а так же всех монтажных приспособлений; усилий в оттяжках и расчалках; нагрузок, вызываемых устройством от вертикали; отклонением грузоподъемного динамических воздействий, учитываемых коэффициентом, равным 1,1.

Все захватные приспособления рассчитываются с учетом следующих нагрузок: масс поднимаемых грузов и захватных приспособлений; усилий оттяжек; динамических воздействий, учитываемых коэффициентом, равным 1,1.

При определении усилий в грузоподъемных устройствах и траверсах масса поднимаемого груза и самого грузоподъемного устройства умножается на коэффициент надежности по нагрузке, равный 1,1. При определении усилий в грузовых полиспадах, расчалках, оттяжках, тросах и стропях коэффициенты надежности по нагрузке и динамичности не учитываются.

На основе данных учебных пособий был произведен расчет и подбор траверсы для монтажа двух верхних блоков стальной вытяжной башни.

Литература

1. *Матвеев В. В.* Примеры расчета такелажной оснастки: Учебное пособие для учащихся монтажных техникумов / В. В. Матвеев. – изд. 3-е, перераб. и доп. Л. : Стройиздат, Ленинградское отделение. 1975. 236 с. – Текст: непосредственный.

2. *Васильев А. А.* Металлические конструкции. М. : Стройиздат. 1975. 138 с. – Текст : непосредственный.

3. *Васильев М. И.* Монтаж вертикальных тяжеловесных аппаратов и конструкций. М. : Стройиздат, 1973. 195 с. – Текст : непосредственный.

4. *Михайлов А. М.* Металлические конструкции в примерах. М. : Стройиздат, 1976. 216 с.

5. СП 16.13330.2010. Стальные конструкции = Steel structures : издание официальное : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 27 декабря № 791 : взамен СНиП 2-23-81*: дата введения 2011-05-20 / исполнители ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко – институт ОАО «НИЦ «Строительство»», ЦНИИПСК им. Мельникова и др. – Москва : ОАО «ЦПП», 2011. 155 с. – Текст: непосредственный.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Сяньпэн Ван</i> Методика проведения эксперимента по проверке прочностных характеристик гипсовых композитных строительных материалов со стекловолокном	3
<i>Мохаммад Алем Вардак</i> Технологический процесс приготовления бетонных смесей в условиях Кабула.	7
<i>Ислам Магомедович Таутиев, Александр Николаевич Бирюков</i> Основные методы выбора средств механизации при проведении демонтажных работ	14
<i>Никита Евгеньевич Бажуков</i> Применение вахтового метода организации строительства при возведении административно-бытового корпуса на Крайнем Севере	21
<i>Людмила Андреевна Баширова</i> Особенности организации работ по сохранению объектов культурного наследия Санкт-Петербурга и Ленинградской области	26
<i>Максим Александрович Беспалов</i> Современное модульное строительство многоэтажных и высотных зданий	31
<i>Александр Николаевич Бирюков, Артур Андреевич Пресняков</i> Обоснование технологии разборки поврежденных зданий и сооружений	36
<i>Евгений Алексеевич Бойченко</i> Современные способы устройства ограждений котлованов	40
<i>Евгений Алексеевич Бойченко</i> Совершенствование технологии устройства и эксплуатации шпунтовых ограждающих конструкций	49
<i>Дмитрий Владимирович Вадатурский</i> Технология переноса зданий и сооружений от истоков до наших дней	55
<i>Анна Вайс</i> Технологии зимнего бетонирования конструкций жилых зданий	69
<i>Яна Александровна Волощук</i> Оценка экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов	80
<i>Дарья Алексеевна Выхрыщук</i> Технологические особенности современных деревянных систем для возведения каркасных зданий	85
<i>Степан Александрович Губко</i> Современные тенденции строительства объектов газовой промышленности	94
<i>Ирина Алексеевна Груздева</i> Совершенствование технологии усиления элементов зданий	98
<i>Кирилл Владимирович Гурьянов</i> Организационно-технологические решения при реконструкции с приспособлением к современному использованию объектов культурного наследия с учетом несущей способности строительных конструкций в Санкт-Петербурге	103
<i>Арина Леонидовна Гусева, Янис Айгарсович Олехнович</i> Оценка эффективности применения композитной арматуры в несущих конструкциях при строительстве уникальных зданий	109

<i>Герман Антонович Дьяконов</i> Алгоритм реновации 17 квартала в Якутске	116
<i>Дмитрий Алексеевич Едуков, Вадим Юрьевич Алпатов</i> Повышение энергоэффективности технологии бетонирования при неблагоприятных температурах наружного воздуха	121
<i>Аида Александровна Жаргалова</i> Актуальность реконструкции чердачных помещений в мансардный этаж	129
<i>Иван Станиславович Иванов</i> Улучшение звукоизоляционных свойств межквартирных стен и перекрытий в монолитных зданиях	133
<i>Дарья Игоревна Игнатова</i> Строительство домов-теплиц – «зеленых» экосистем городской среды	138
<i>Анант Карнвал</i> Применение инновационных методов организации строительства жилых домов в Индии	142
<i>Александр Эдуардович Кийски</i> Инновационная технология устройства инъекционной гидроизоляции железобетонных сооружений	148
<i>Денис Александрович Копров, Надежда Владимировна Розанцева</i> Полноборные кледедеревянные конструкции как альтернативное решение при строительстве промышленных ангаров	152
<i>Сергей Валерьевич Корнев, Михаил Андреевич Абрамов</i> Технологические особенности устройства систем внешнего армирования	158
<i>Юлия Олеговна Мосина</i> Сравнительный анализ методов монтажа структурных конструкций покрытия	161
<i>Тимур Зикруллоевич Нарзуллаев, Константин Анатольевич Шабалин</i> Нивелирование влияния различных факторов на стоимость строительства малоэтажных жилых комплексов в РФ	170
<i>Анатолий Валерьевич Носков</i> Оценка и сравнительное исследование энергосберегающих технологий при строительстве зданий и сооружений на территории Крайнего Севера	174
<i>Алексей Леонидович Румянцев, Сергей Игоревич Гуцу</i> Строительство высоковольтных воздушных линий электропередач в различной местности	183
<i>Владимир Витальевич Сердитов</i> К вопросу о печати зданий и сооружений на строительном принтере с применением торфяного модификатора	185
<i>Роман Вячеславович Слесарчук</i> Значимость выбора метода зимнего бетонирования	192
<i>Аскар Рустамович Таджиев</i> Разработка и внедрение организационно-технологических решений в строительстве	197

<i>Антон Николаевич Терзи</i> Совершенствование технологии устройства навесных вентилируемых фасадов каркасных зданий методом крепления подсистемы в плиты перекрытия	205
<i>Илья Викторович Ткачев</i> Анализ организационных параметров выполнения технологических процессов монтажа металлических конструкций при различных объёмно-планировочных решениях сооружения	213
<i>Елизавета Станиславовна Шемелова</i> Фрикционные соединения металлических конструкций	219
<i>Анатолий Михайлович Югов, Елена Викторовна Григоренко</i> Траверса для монтажа верхних блоков стальной вытяжной башни высотой 150 м.	224

**ТЕХНОЛОГИЯ
СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции,
посвященной 190-летию Санкт-Петербургского государственного
архитектурно-строительного университета
(ЛИСИ – СПбГАСУ)**

28–29 апреля 2022 года

Компьютерная верстка *О. Н. Комиссаровой*

Подписано к печати 24.06.2022. Формат 60×84 $\frac{1}{8}$. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 26,8. Тираж 300 экз. Заказ 68. «С» 31.

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.