

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЭНЕРГИЯ МОЛОДЫХ – СТРОИТЕЛЬНОМУ КОМПЛЕКСУ

**Сборник материалов
XVIII Межрегиональной научно-технической конференции
студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых**

22–24 мая 2024 г.

Братск
Издательство Братского государственного университета
2024

Энергия молодых – строительному комплексу: сборник материалов XVIII Межрегиональной научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых. – Братск : БрГУ, 2024. – 116 с.

В сборнике опубликованы материалы, отражающие результаты научно-исследовательской работы студентов, магистрантов и аспирантов, обучающихся по направлению «Строительство». Особое внимание в материалах сборника уделено решению вопросов инновационного развития регионов страны, включая северные и с особыми условиями эксплуатации.

В конференции приняли участие представители вузов г. Томска, г. Братска.

Оргкомитет конференции выражает благодарность всем докладчикам и их научным руководителям за активность, энергию и научное творчество.

Организационный комитет:

- Зиновьев А.А.** – научный руководитель, канд. техн. наук, доцент базовой кафедры строительного материаловедения и технологий;
- Сыготина М.В.** – декан факультета экономики и строительства, канд. техн. наук, доцент;
- Дудина И.В.** – заведующая кафедрой СКИТС, канд. техн. наук, доцент;
- Белых С.А.** – заведующая базовой кафедрой СМиТ, канд. техн. наук, доцент;
- Шляхтина Т.Ф.** – учёный секретарь конференции, канд. техн. наук, доцент;
- Коплик Н.В.** – технический секретарь конференции.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ И ХАРАКТЕРИСТИК РАЗЛИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПАНЕЛЕЙ ИЗ ПЕРЕКРЁСТНОКЛЕЁНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Панели из перекрёстноклеёной древесины (CLT) изготавливают за счет склеивания слоев толщиной от 16 до 43 мм, расположенных относительно друг друга крест-накрест, содержание влаги в слоях должно составлять 8-15 % (когда конструкция склеена). CLT панели состоят из нечетного количества слоев (трех, пяти, семи и более слоев). Ширина панелей от 1,2 до 3,6 м, общая толщина от 50 до 400 мм, длина от 5 до 18 м. Благодаря тому, что ламели в соседних слоях изделия расположены под углом друг к другу – анизотропные свойства древесины нивелируются, что улучшает физико-механические свойства панели, до минимума сводится усушка, увеличиваются несущие способности.

Преимущества строительства с применением панелей и плит из перекрёстноклеёной древесины: быстрота и сравнительная простота возведения; возможность возведения в любое время года; низкая теплопроводность (0,13 Вт/мК), высокая удельная теплоемкость (2,10 кДж/кг); легкость готового здания; к наружной и внутренней отделке благодаря отсутствию усадочных процессов можно приступить сразу после сборки дома. CLT-панель, склеенная в заводских условиях, не требует штукатурки, что значительно позволяет сократить время отделочных работ и сроки ввода здания в эксплуатацию; имеется возможность при изготовлении подобрать лицевые ламели по породам и сортам древесины.

Прочность и деформативность узловых соединений панелей из перекрёстноклеёной древесины играет важную роль в обеспечении прочности и жесткости здания в целом. Например, жесткость перекрытия, в соединении со стенами здания, при сопротивлении боковым нагрузкам зависит от конструктивных особенностей узловых соединений, используемых для их крепления [1].

Распространенность классического способа соединения (на уголки / саморезы) обоснована сравнительно высокой несущей способностью при воздействии сдвиговых, растягивающих усилий, значительным сопротивлением выдергиванию, простотой монтажа без предварительного сверления [2]. Соединения посредством саморезов необходимо проектировать в соответствии с СП 299.1325800.2017 [3].

Соединения в плоскости плиты могут выполняться с помощью саморезов и дополнительных деревянных вставок (рис. 1), а также с помощью специальных элементов и их комбинаций. Угловое и Т-образное соединения стеновых панелей представлены на рис. 2.

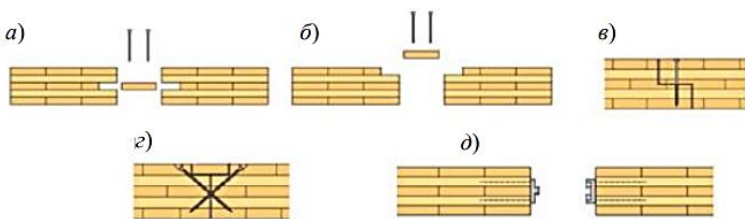


Рис. 1. Соединения в плоскости плиты

a – соединение в плоскости плиты с дополнительной деталью; *б* – соединение в плоскости плиты с дополнительной деталью (вариант 2); *в* – соединение в плоскости плиты с подрезкой; *г* – соединение в плоскости плиты с диагональными винтами; *д* – соединение в плоскости плиты со специальным коннектором

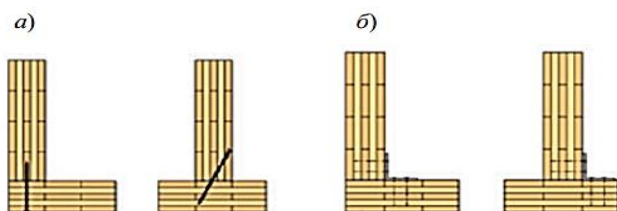


Рис. 2. Угловое и Т-образное соединение стеновых панелей

a – узел стыка стеновых панелей на винтах; *б* – узел стыка стеновых панелей на уголках

Также существуют комбинированные виды узлов: соединение с уголком и винтами, клеенные стержни с полной резьбой и втулками, проектируемые по СП 382.1325800.2017 [4], а также различные соединения со стальными деталями по примыканию.

Система крепления X-RAD – инновационное решение (рис. 3), состоящее из точечного механического соединения, закрепленного на углах панелей из CLT.



Рис. 3. Коннектор X-RAD

X-RAD позволяет создавать сейсмоустойчивые системы, являющиеся максимально готовыми к сборке на строительной площадке, которые в свою

очередь способствуют равномерному распределению нагрузки и передаче усилий на фундамент. На строительных площадках CLT панели с использованием X-RAD коннекторов крепятся к специальным стальным пластинам, закрепленным на фундаментах или других опорах. Для соединения коннекторов с пластинами используются стандартные стальные болты, образующие штыревые соединения между элементами CLT. Сами соединители X-RAD состоят из внешней металлической оболочки, внутреннего деревянного сердечника и шести полнорезьбовых саморезов [2].

Шесть саморезов установлены под двумя углами наклона в целях обеспечения распределения усилий в элементах CLT таким образом, чтобы не вызвать хрупкого разрушения, независимо от моментального направления, в котором результирующее усилие передается на саморез. Основная задача, решаемая использованием данных коннекторов, состоит в том, чтобы любой ущерб зданиям, вызванный землетрясениями или другими экстремальными явлениями, был бы поверхностным, а реакция системы узлового соединения была бы, по сути, эластичной, что в свою очередь говорит о большей податливости, перерезывающие усилия в соединениях посредством коннекторов X-RAD окажутся больше (сравнительно с классическими способами соединения). По нашим расчётам податливость соединения CLT посредством фиксации винтами $d = 8$ мм при шаге 0,25 м (для толщины скрепляемых панелей 180 мм) находится в диапазоне 13,1 м/кН – 136,6 м/кН (в зависимости от расстояния между центрами тяжести соединяемых панелей).

Однако по результатам испытаний (компания Rothoblaas [5]), по аналогичным направлениям действия нагрузки, значения несущей способности коннекторов X-RAD вдоль волокон в 2,27 раз превышают несущую способность соединений с использованием уголков, поперёк волокон в 3,29 раз. Таким образом, несущая способность узлового соединения на основе X-RAD коннектора значительно превышает несущую способность соединения на уголках. Данный факт существенно расширяет возможности проектирования в условиях повышенной статической нагрузки (строительство многоэтажных зданий), также при наличии особых нагрузок, например, сейсмическая активность.

Основные преимущества коннектора X-RAD: большая несущая способность соединения; высокая устойчивость к сейсмическому воздействию; снятие вертикальных и сдвиговых нагрузок с плиты перекрытия, передача нагрузок на фундамент только через стеновые панели; повышение степени заводской готовности конструкций [2].

Недостатки: высокая стоимость крепежа к CLT панели с закладными в целом; сложность монтажа; необходимость высококвалифицированной рабочей силы; концентрация напряжений в углах панелей; малый опыт проектирования с использованием данного вида крепежей [2]; при эксплуатации здания не исключено возникновение теплопотерь по соединениям X-RAD.

Следует отметить, что в статье [2] не учтено то, что коннекторы X-RAD не рекомендовано использовать (в соединении наружных стен здания) при строительстве в районах с продолжительным зимним периодом, в особенно-

сти в районах, приравненных к крайнему северу. Места коннекторов X-RAD (рис. 3) качественно не заделать при помощи изолятора, поставляемого в комплекте, не забетонировать (останутся не заполненными отверстия коннектора), в связи с чем по обозначенным местам при эксплуатации здания могут фиксироваться теплопотери. Значение коэффициента теплопроводности для бетона в среднем $1,86 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, для CLT панелей в среднем $0,14 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, что говорит о нецелесообразности применения данного вида заполнения, а допустимая разница температурного перепада воздуха в помещении в сравнении с температурой наружной стены (место дефекта) составляет всего 4°С (по ГОСТ Р 54852–2011) [6]. Согласно информации компании Rothoblaas: «наиболее неблагоприятными условиями, в которых можно сосредоточить исследование и проверку, являются прикрепление к земле элемента BASE G и узел крепления стены и перекрытия кровли TOP G» [7].

В целях качественного заполнения полостей коннектора X-RAD возможно совместно с изолятором (поставляемым в комплекте с коннектором) использовать способ инъектирования смесями с теплопроводностью близкой к CLT панелям, однако по нашему мнению по наружным стенам здания всё же стоит отказаться от обозначенного способа крепления в пользу традиционных способов (уголки/вклеенные стержни), либо применить способ крепления посредством системы X-SEAL (рис. 4), которая следует той же логике, что и X-RAD, однако располагается по внутренним слоям перекрёстноклеёных панелей [7], благодаря чему в некоторых климатических условиях имеется возможность отказаться от вентилируемого фасада (в сравнении с X-RAD со стороны фасада незаметны скрепляющие элементы).

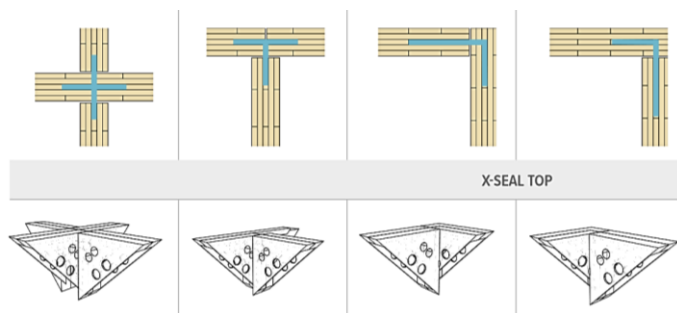


Рис. 4. Коннектор X-SEAL

Таким образом, несмотря на преимущества коннекторов X-SEAL и X-RAD (большая несущая способность соединения; высокая устойчивость к сейсмическому воздействию; снятие вертикальных и сдвиговых нагрузок с плиты перекрытия), у данной системы имеются недостатки: высокая стоимость крепежа к CLT панели с закладными в целом; сложность монтажа; необходимость высококвалифицированной рабочей силы; при эксплуатации здания не исключено возникновение теплопотерь по соединениям; малый опыт проектирования с использованием данного вида крепежа в целом, в свя-

зи с чем по наружным стенам рекомендуем отказаться от данного способа соединения панелей.

Литература

1. Салимуллин А.Р., Смирнов П.Н. Разработка и исследование узловых соединений древесины перекрестноклееной на винтах, в том числе для многоэтажных зданий. АО «НИЦ Строительство», 2023.
2. Черных А.Г. Сравнительный анализ видов соединения CLT-панелей. [Электронный ресурс]: статья / А.Г. Черных, Е.В. Кузьмина. – СПб: СПГАУ, 2021.
3. СП 299.1325800.2017. Конструкции деревянные с узлами на винтах. Правила проектирования. – Введ. 2018-02-17. – М.: Стандартинформ, 2018. – 19 с.
4. СП 382.1325800.2017. Конструкции деревянные клееные на вклеенных стержнях. Методы расчёта. – Введ. 2018-06-21. – М.: Стандартинформ, 2018. – 35 с.
5. Сайт компании Rothoblaas [Электронный ресурс]. – <https://www.rothoblaas.com/clt-and-mass-timber> (дата обращения 09.05.2024 г.).
6. ГОСТ Р 54852–2021. Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. – Введ. 2021-05-01. – М.: Стандартинформ, 2021. – 15 с.
7. Каталог компании Rothoblaas [Электронный ресурс]. – <https://www.rothoblaas.ru.com/products/krepezh/ugolki-i-plastiny/x-rad/x-rad#documents> (дата обращения 10.05.2024 г.).

Л.В. Белых

Научный руководитель к.т.н., доцент С.А. Белых

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВСПЕНЕННОГО СТЕКЛА НА ТЕРРИТОРИИ г. БРАТСКА

Международный спрос на пеностекло в настоящее время растет, благодаря расширению сферы применения в различных отраслях, таких как строительство, упаковка и промышленное производство. Это ставит перед отраслью производства пеностекла задачу инновационного развития и совершенствования технологий производства с целью повышения качества и эффективности производства.

Целью данного исследования является проведение комплексного анализа существующих технологий, предназначенных для производства пеностекла, сравнение готовых технологических линий, доступных на рынке и выбор наиболее оптимальной и эффективной по соответствующим критериям.

Основная цель привлечения инвестиций заключается в увеличении эффективности работы предприятий. Правильное управление инвестиционными средствами должно привести к росту стоимости предприятия и других показателей его деятельности.

На территории России традиционным методом получения пеностекла является порошковый, заключающийся в спекании стекольного порошка с газообразователем. Данный метод может быть реализован четырьмя основными способами производства пеностекла [1-6]:

- одностадийный;
- двухстадийный;
- способ непрерывного вспенивания ленты пеностекла;
- способ получения гранулированного пеностекла.

Технология производства для всех способов в общем виде одинакова и состоит из следующих этапов: совместный или раздельный помол предварительно дозированного стекла и газообразователя в шаровых мельницах; вспенивание и отжиг пеностекольного полуфабриката.

При одностадийном способе вспенивание пеностекольной шихты, ее отжиг и охлаждение производятся, как правило, в туннельной печи непрерывного действия.

Отжиг в одностадийном способе производства пеностекла занимает значительный промежуток времени и составляет около 15 часов, что объясняется сложностью фиксации структуры пеностекла, которому не свойственно резкое твердение при охлаждении.

По двухстадийному способу первая стадия заключается во вспенивании пеностекольной шихты, которое производят во вращающихся или туннельных печах. Технология заключается в нагреве смеси стекольного порошка с газообразователя до температуры около 790–850 °С, которая обеспечивает получение пористой структуры стекломассы, и последующее охлаждение до 600–630 °С [1].

Вторая стадия включает в себя отжиг и охлаждение полученных изделий, что достигается благодаря применению особых режимов охлаждения в отдельных печах типа «лер» конвейерного типа.

Также выделяют технологии производства специального пеностекла.

Технология производства бесщелочного пеностекла отличается от технологии теплоизоляционного повышенной температурой (1020–1080 °С) вспенивания бесщелочного стекла в печи. Вспенивание проводят в формах из жаростойкой стали.

Изделия из высококремнеземистого пеностекла (пеносил) производят как в виде пластин, так и более сложной формы. Для производства пеностекольных пластин в качестве полуфабриката используют брикетированную шихту, которую укладывают на металлические поддоны в этажерочную печь. В печи полуфабрикат нагревают до 1370–1420 °С.

По результатам проведенного анализа различных технологий производства пеностекла были выявлены достоинства и недостатки каждой из технологий, используемое технологическое оборудование и возможная получаемая продукция.

Стандартная технологическая линия оснащена следующими машинами и аппаратами:

- моечные машины;

- дробилка;
- смеситель;
- печь;
- упаковочная машина.

Каждый представленный на рынке станок характеризуется определенной производительностью и степенью автоматизации, а значит и цена оборудования для производства пеностекла может быть разной.

В готовой производственной линии самой дорогой частью является обжиговая печь.

В табл. 1 отражены основные производители и поставщики технологических линий по производству пеностекла, указана максимальная производительность линии, предоставляемая производителем и стоимость комплекта оборудования [1-6].

Таблица 1

Коммерческие предложения оборудования по производству пеностекла

Производитель оборудования	Страна	Характеристика технологической линии	Стоимость комплекта оборудования, тыс. руб	Стоимость до-ставки, тыс. руб	Стоимость монтажа оборудования, тыс. руб
1	2	3	4	5	6
Kramer Schaumstrikate	Германия	Готовая продукция: пеностекло низкой себестоимости в виде: песка, гравия, щебенки и окатышей диаметром от 4 до 16 мм Выход пеностекла: 50 000 м ³ /год Сырье: отходы промышленного стекольного производства и бой стекла в отходах ТБО мусороперерабатывающих заводов	244 000	4 100	460
Прогем	Россия, Ярославская область	Комплектация: - участок получения стеклопорошка; - участок получения гранулята-сырца; - участок вспенивания; - участок фасовки. Готовая продукция: пеностекло низкой себестоимости в виде: песка, гравия, щебенки и окатышей диаметром от 4 до 16 мм Выход пеностекла: 50 000 м ³ /год Сырье: отходы промышленного стекольного производства и бой стекла в отходах ТБО мусороперерабатывающих заводов	130 500	1 210	350

1	2	3	4	5	6
April Engineering	Россия, г. Москва	Проектирование производственных объектов «под ключ» Готовая продукция: пеностекло с теплозащитными свойствами в виде строительных плит (600х450мм; 1200х600мм; толщина от 30-120мм) и защитных скорлупнакладок (полуцилиндров) для металлических труб, накладки для запорных устройств, внутренняя изоляция резервуаров с агрессивными средами и защита оплетки кабельной продукции. Выход пеностекла: 100 000 м ³ /год Сырье – высококачественное стекло, произведенное (сваренное) из шихты на собственном производстве. В прайс-лист входят консультации по вопросам использования местного сырья	253 000	1 272	577
Saitex (ООО Сталькон-Д)	Россия, Московская область	Готовая линия переработки стеклобоя. Готовая продукция: пеностекло в виде: песка, гравия, щебенки и окатышей диаметром от 4 до 16 мм Выход пеностекла: 50 000 м ³ /год Сырье: отходы промышленного стеклольного производства и бой стекла в отходах ТБО мусороперерабатывающих заводов	136 000	1200	5500

На рис. 1 представлен общий вид технологической линии по производству пеностекла фирмы «Протем».

Рассмотрев готовые технологические линии, предлагаемые на рынке оборудования, самым оптимальным из вариантов является готовая линия Saitex. Saitex с высококачественным технологическим оборудованием и готовыми линиями, которые прошли тест временем, и показали свою надежность при эксплуатации. Также компания Saitex внедряет инновационные технологии и обладает репутацией индустриального лидера в области производства пеностекла, что критически важно в развивающемся секторе. Технологическая линия является энергоэффективной, а также использует для производства ТБО и стеклобой. Кроме этого, их предложение является самым экономически выгодным [6].



Рис. 1. Готовая технологическая линия компании «Протем»

Литература

1. Никонов А.С. Разработка теплоизоляционного материала с высокими эксплуатационными свойствами из отходов листового стекла : автореф. дис. канд. техн. наук. 2017.
2. Иванова С.М. Композиционный цементный пеностеклобетон: автореф. дис. канд. техн. наук. Челябинск, 2005. – С. 22.
3. Пузанов С.И. Особенности использования материалов на основе стеклобоя как заполнителей портландцементного бетона // Строительные материалы. – 2007. – № 7. – С. 12–15.
4. Вайсман Я.И., Кетов А.А., Кетов П.А. Научные и технологические аспекты производства пеностекла // Физика и химия стекла. 2015. Т. 41. № 2. С. 214–221.
5. Минько Н.И., Пучка О.В., Евтушенко Е.И., Нарцев В.М., Сергеев С.В. Пеностекло – современный эффективный неорганический теплоизоляционный материал // Фундаментальные исследования. 2013. № 6–4. – С. 849–854.
6. Ремизова В.М., Сидорук А.А. Пеностекло – теплоизоляционный материал для строительства // Университетская наука. – 2016. – № 1. – С. 76–78.

М.В. Белых

Научный руководитель к.т.н., доцент С.А. Белых

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛОВАТЫ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА БРАТСКА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Стекловолокно является важным строительным и изоляционным материалом, широко используемым в различных отраслях. Характеризуется повышенными требованиями к качеству и технологическим процессам производства, что делает выбор оптимальной технологической линии и оборудования критически важным для обеспечения высокого уровня производства стекловолокна и стекловаты. В связи с этим, настоящее исследование направлено на проведение комплексного анализа и выбора наилучшего варианта технологической линии и оборудования для производства стекловолокна.

Стекловолокно имеет совершенно уникальное сочетание характеристик: повышенная прочность при сжатии и растяжении, термостойкость, негорючесть, низкая гигроскопичность, стойкость к химическому и биологическому воздействию. Из стекловолокна производят материалы с высокими тепло-, электроизоляционными и звукоизоляционными свойствами, и, конечно, механической прочностью [1].

Целью данного исследования является оценка существующих предложений технологических линий и оборудования, предназначенных для производства стекловолокна и стекловаты, и выбор наиболее оптимальных и эффективных по соответствующим критериям.

Главной целью привлечения инвестиций является повышение эффективности деятельности предприятий. Результатом вложения инвестиционных

средств, при правильном управлении, должен являться рост стоимости предприятия, а также других показателей его деятельности.

На территории России используются два типа технологий производства стекловолокна – одностадийный и двухстадийный.

Двухстадийный способ получения волокна включает в себя стадию подготовки шихты, варки стекла, выработки эрклеза, стеклошариков или штабиков, и стадию плавления эрклеза и стеклошариков в плавильном сосуде и вытягивания волокна [2].

При более прогрессивном одностадийном способе волокна вытягивают из стекломассы, поступающей в выработку сразу из стекловаренной печи, питаемой шихтой, т.е. исключается промежуточная стадия выработки эрклеза и стеклянных шариков, при этом расход энергии сокращается практически в два раза. Вместо нее осуществляется операция распределения потока стекла в распределителе стеклоплавильной печи по отдельным фильерным питателям.

Одностадийный метод получения стекловолокна используется на предприятиях ОАО «ОСВ Стекловолокно» и ОАО «Стеклонит».

Наиболее современной технологией производства стекловолокна владеют США, где используется, так называемый, С-процесс. При этом способе вытягивание волокон производится из питателей с 2000 и 4000 отверстий. Волокна вытягиваются со скоростью 750 м/с. Суточная производительность установок – 1080-1440 кг при 2000 отверстий и 2160-2460 кг при 4000 отверстий. Данное производство включено в перечень высоких технологий, на экспорт которых наложены серьезные ограничения. При обращении к США по вопросу закупки указанной технологии Россия получила отказ. Для сравнения – на оборудовании, установленном на российских предприятиях максимальное число отверстий в фильерных пластинах – 800, скорость вытягивания – 10-100 м/с [3].

Стекловолокно производят из лома стекла или из сырья, идентичного сырью для производства собственно стекла. Непрерывное стекловолокно формируют вытягиванием из расплавленной стекломассы через фильеры (число отверстий 200-4000) при помощи механических устройств, наматывая волокно на бобину. Диаметр волокна зависит от скорости вытягивания и диаметра фильеры. [4] Таким образом, производство стекловаты имеет широкую, недорогую и доступную сырьевую базу.

На рис. 1 представлен общий вид технологической линии по производству стекла.

В табл. 1 отражены основные производители и поставщики технологических линий по производству стекловаты, указана максимальная производительность линии, предоставляемая производителем и стоимость комплекта оборудования.



Рис. 2. Готовая технологическая линия компании Saint-Gobain

Таблица 1

Коммерческие предложения оборудования

Производитель оборудования	Страна	Характеристика технологической линии	Стоимость комплекта оборудования, тыс. руб.	Стоимость доставки, тыс. руб.	Стоимость монтажа оборудования, тыс. руб.
1	2	3	4	5	6
Gamma Meccanica Machinery Trading (Shanghai) Co., Ltd.	Китай	Годовой объем производства (Т): 20000~30000 тн; Почасовая производительность (Т/ч): 3,5 ~ 4,5 Т; Общая длина оборудования (М): 35 м; Общая длина печи для отверждения: 36/33 м; Общая длина сборника волокна: сборщик волокна с одним барабаном; Толщина продукта: 30~200мм; Плотность продукта: 50~200кг Общая установленная мощность: 1800 кВт; Фактический коэффициент использования (70~75%)	2 630 000	5 100	1 500

1	2	3	4	5	6
Волокно – Техномаш	Россия, г. Москва	<p>Годовой объем производства (Т): 20 000 ~ 25 000 тн; Почасовая производительность (Т / ч): 2,5 ~ 4,5 Т; Общая длина оборудования (М): 33 м; Общая длина печи для отверждения: 33/30 м; Общая длина сборника волокна: сборщик волокна с одним барабаном; Толщина продукта: 30~200мм; Плотность продукта: 50~200кг Общая установленная мощность: 1300 кВт; Фактический коэффициент использования (70 ~ 75%)</p>	230 500	6 210	1 500
ТПК «К-АРМА»	Россия, г. Москва	<p>Годовой объем производства (Т): 15000~20000 тн; Почасовая производительность (Т / ч): 1,5 ~ 2,5 Т; Общая длина оборудования (М): 30 м; Общая длина печи для отверждения: 30 м; Общая длина сборника волокна: сборщик волокна с одним барабаном; Толщина продукта: 30~200мм; Плотность продукта: 50~200кг Общая установленная мощность: 1800 кВт; Фактический коэффициент использования (70 ~ 75%)</p>	220 000	5 272	1 500
BEIJING RONTech MACHIN- ERY LIMITED	Китай	<p>Годовой объем производства (Т): 20000~30000 тн; Почасовая производительность (Т / ч): 3,5 ~ 4,5 Т; Общая длина оборудования (М): 35 м; Общая длина печи для отверждения: 36/33 м; Общая длина сборника волокна: сборщик волокна с одним барабаном; Толщина продукта: 30~200мм; Плотность продукта: 50~200кг Общая установленная мощность: 1800 кВт; Фактический коэффициент использования (70 ~ 75%)</p>	236 000 000	6 200 000	1 500 000

Рассмотрев готовые технологические линии производства стекловаты и предлагаемое на рынке оборудование, самым оптимальным вариантом является линия от компании ТПК «К-АРМА». Эта современная технологическая линия отличается сниженным энергопотреблением и оптимизацией производственных процессов, что помогает экономить ресурсы и снижать эксплуатационные расходы. Кроме этого, она позволяет использовать для производ-

ства шихту, стеклобой и стеклоблоки. Имеет возможности для модернизации. Также ТПК «К-АРМА» отечественный производитель с самой минимальной ценой производства из рассмотренных вариантов. Однако также стоит отметить, что из найденного оборудования: ТПК «К-АРМА» предлагает самое маломощное по производительности оборудование. Однако, такой объем производства покрывает спрос в городе Братске и Иркутской области.

Основной целью научно-исследовательской работы было сравнение готовых технологических линий, доступных на рынке. Рассмотрены такие компании-поставщики как: Gamma Meccanica Machinery Trading (Shanghai) Co., Ltd. (Китай), Волокно – Техномаш (Россия, г. Москва), ТПК «К-АРМА»(Россия, г. Москва), BEIJING RONTECH MACHINERY LIMITED (Китай) и BEIJING RONTECH MACHINERY LIMITED (Китай).

Самым оптимальным из вариантов является приобретение готовой линии от компании ТПК «К-АРМА».

Литература

1. Белокопытова А.С. Разработка процессов утилизации стеклобоя путем создания композиционных материалов // Диссертация канд. техн. Наук: 03.00.16. – М.: РГБ, 2018. – 224-230 с.

2. Тимко А.Ю. Свойство стеклянных и углеродных волокон. Дизайн, технологии и инновации (сборник материалов международной научнотехнической конференции. Том Часть 2. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии». 2020. – 114-117 с.

3. Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология / С.Л. Баженов [и др.]. – Долгопрудный : Интеллект, 2010. – 347 с.

4. Технология стекла. Справочные материалы / под ред. П.Д. Саркисова, В.Е. Маневича, В.Ф. Солинова, К.Ю. Субботина. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2019.

А.С. Большедворская

Научный руководитель к.т.н., доцент А.М. Даминова

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск

ВІМ – ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Строительство «Лахта Центра» в Санкт-Петербурге примечательно не только новизной и сложностью возводимой конструкции, но и созданием ВІМ – модели, которая после полного завершения строительных и отделочных работ, будет использована для эксплуатации здания.

«Лахта Центр» состоит из трёх зданий общей площадью 400 000 м². Небоскреб здания закручивается от основания до вершины на 90 градусов от основания и состоит из 87 этажей. Плиты перекрытий имеют форму пяти квадратных лепестков, соединённых между собой круглым центральным яд-

ром. Кроме того «лепестки» становятся меньше, по мере продвижения к вершине, а их центр смещается в сторону оси круглого ядра здания.

«Лахта Центр, кроме 87 надземных этажей, имеет 3 подземных этажа. В уровне верхнего этажа расположена смотровая площадка. Каждые 16 этажей расположены по два технических этажа, в которых расположено инженерное оборудование и аутригеры. Всего в башне четыре аутригерных уровня. Аутригеры запроектированы в виде железобетонных балок-стен, с инсталлированными в тело железобетона стальными фермами. В аутригерных балках применен бетон по прочности на сжатие В80. Стальные фермы рассчитаны на восприятие ветровых воздействий на период возведения здания, до включения в работу железобетонных аутригеров. Материал конструкций аутригерных ферм – сталь С390 (10ХСНДА-3). В остальных этажах башни расположены офисы компании ПАО «Газпром».

Проект башни потребовал от его разработчиков решения большого количества сложных инженерных задач. Одной из них было проектирование конструкций фундамента. Свайное основание здания состоит из 264 буронабивных свай диаметром 2000 мм и длиной 55 и 65 м, расположенных с шагом от 4 до 6 м. Расчетная несущая способность свай составила 3600 и 4300 т соответственно, а методом Остерберга – 6400 и 7700 тонн.

Вес здания от нормированных нагрузок, включая вес коробчатого фундамента, составляет 493 000 тонн.

Сложные вопросы возникали при строительстве фундамента, из-за особенностей башни потребовалось единовременное бетонирование нижней плиты толщиной 3,6 м объёмом почти 20 000 м³, что на тот момент оказалось мировым рекордом и было зафиксировано в книге рекордов Гиннеса.

Главными несущими конструкциями башни являются: центральное железобетонное ядро и 10 сталежелезобетонных колонн по периметру. Для уменьшения пролетов в здании были введены еще 5 сталежелезобетонных колонн до уровня 56-го этажа. Дополнительную жесткость здания и его устойчивость к прогрессирующему обрушению обеспечивают двухэтажные аутригеры.

Глобальное кручение в дисках перекрытий и ядре здания – постоянный силовой фактор, являющийся особенностью данного здания, имеющего закрученную форму. Передача глобального кручения от горизонтальной составляющей в местах изломов осей колонн осуществляется через диски перекрытий на ядро здания. Для восприятия постоянного усилия глобального кручения принята круглая форма ядра башни.

Ядро воспринимает вертикальные и горизонтальные нагрузки, в том числе. постоянное кручение, вызываемое формой здания, и передает их на фундамент. Толщина наружных стен ядра на -3 и -2 этажах 2500 мм, на -1 и 1 этажах 2000 мм, на 2 и 3 этажах 1700 мм, на 4 и 5 этажах 1400 мм, на 6 и 7 этажах 1100 мм, с 8 по 67 этажи 800 мм, с 68 по 80 этажи 600 мм, с 81 по 89 этажи 400 мм. Толщина наружных стен ядра определяется как условиями расчетов на все виды воздействий, так и требованиями конструирования (ко-

личество и расположение отверстий и проемов, кратность шагу арматурных сеток и т. д.).

Наружный диаметр ядра с 8 по 58 этаж составляет 26,1 м; начиная с уровня 59 этажа до 80 этажа наружный диаметр ядра уменьшается до 21,0 м. В уровнях 17–18, 33–34, 49–50, 65–66 этажей к наружным стенам ядра крепятся аутригеры (по 10 штук на каждый уровень). В целях усиления ядра в уровне верхнего и нижнего пояса аутригеров выполнены кольцевые монолитные железобетонные балки. Для крепления металлических балок перекрытий офисных (типовых) этажей в наружных стенах ядра предусмотрены закладные детали. Кроме усилий от прикрепления балок указанные закладные детали воспринимают сдвигающие усилия от глобального кручения башни.

В ходе разработки проекта при конструировании особое внимание уделялось равномерному размещению дверных проемов и коммуникационных отверстий в наружных стенах ядра в целях обеспечения равномерного распределения жесткости по его периметру.

Шпиль башни функционально и конструктивно делится на два объема:

1. Эксплуатируемая отапливаемая часть, являющаяся завершением объема башни и включающая в себя смотровые площадки, лифты и пандусы для подъема на них;

2. Техническая (не отапливаемая) часть выше отметки 87 этажа, имеющая фасадное ограждение в виде стальной сетки.

Шпиль башни запроектирован в виде пятигранной пирамиды, расположенной вокруг центрального железобетонного ядра башни, и опирающейся на перекрытие 83 этажа на отметке 344.400 м в местах расположения колонн здания «Башня». Высота шпиля – около 118 метров, ширина грани у основания пирамиды шпиля – около 16,3 м. Колонны шпиля в уровне 83 этажа опираются на колонны здания по осям сечений, и расположены в вертикальной плоскости с наклоном к оси здания.

На момент начала проектирования в 2011 году нормы и правила, регламентирующие требования к надежности и безопасности высотных зданий, отсутствовали, речь идет, прежде всего, о требованиях к проектированию и строительству зданий общественного назначения высотой более 55 м.

Учитывая уникальность сооружений комплекса, в специальные технические условия были включены дополнительные требования к применяемым в несущих конструкциях сталям: минимальная марка стали, содержание серы и фосфора, сплошность, Z-свойства, значения ударной вязкости. Заложена возможность для применения листового и фасонного проката зарубежного производства из высокопрочных сталей. Были включены дополнительные требования к болтовым и сварным соединениям, указаны требования к монтажу.

Кроме того, в специальные технические условия были включены дополнительные требования к ограждающим конструкциям комплекса, обусловленные районом размещения высотного здания, которое признано самым северным небоскребом. К их числу относятся указания о необходимости

применения стекла с повышенными характеристиками прочности и долговечности при воздействии повышенных ветровых нагрузок. Было заложено требование по необходимости проектирования ограждающих конструкций таким образом, чтобы выход из строя одного из основных элементов фасада не приводил к его прогрессирующему обрушению.

Отдельным вопросом при проектировании «Лахта Центр» стало использование в фасадных конструкциях комплекса фахверковых колонн, выполненных из многослойного термоупрочненного стекла, что позволило обеспечить целостность архитектурной концепции комплекса, придать высокотехнологичный вид фасадам, сделать их почти полностью прозрачными и упростить эксплуатацию зданий комплекса. Отсутствие нормативных требований для расчетов подобных несущих элементов, выполненных из стекла, повлекло необходимость включения дополнительных указаний в специальные технические условия. В частности, были включены требования для подтверждения расчетных предпосылок о необходимости проведения испытания моделей фахверковых колонн из многослойного термоупрочненного стекла по специально разработанной программе. На их основе получены значения физических характеристик материала стеклянных стоек, а также разработаны рекомендации по инженерной методике расчета подобных конструкций.

В результате «Лахта Центр» стал первым объектом на территории Российской Федерации, при строительстве которого применяется стекло в конструкциях стеклянных стоек, работающих на комбинацию нагрузок (сжатие и изгиб), привнося тем самым прогрессивную инновационную технологию в строительную практику России. Самый большой в мире холоднотнутый фасад небоскреба Лахта Центр состоит из 16 505 модулей в виде гнутых параллелограммов – каждый площадью около 11 м² и весом почти 740 кг.

Нужно отдельно отметить инновационную систему пожаротушения, которая использует тонкораспыленную воду. При ее срабатывании пожар тушит не «дождь», а очень плотный густой туман, который поглощает сажу и угарный газ. Также предусмотрены автоматическое спринклерное орошение фасадного остекления и огнезащитные шторы в интерьерных зонах.

Решения по эвакуационным путям и выходам на объекте обоснованы расчетом пожарного риска, выполненным по итогам анализа возможных причин возгораний и сценариев развития пожара с учетом требований «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности», утвержденной приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 30 июня 2009 года № 382.

Устройство подъездов (проездов) с твердым покрытием для пожарных машин и мероприятия по обеспечению деятельности пожарных подразделений были выполнены с учетом требований специальных технических условий и отчета о предварительном планировании действий пожарно-спасательных подразделений по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров на объекте.

Реализация на объекте высотного строительства «Лахта Центр» дополнительных (компенсационных) противопожарных мероприятий, предусмотренных в рамках специальных технических условий, значительно повысило его пожарную и техногенную безопасность.

Созданную при проектировании BIM-модель (рис. 1) будет использовать служба эксплуатации, что позволит четко представлять структуру комплекса, все его инженерные системы, чтобы эффективно ими управлять и своевременно выявлять возникающие проблемы.

В реализации проекта приняло участие около 600 российских и иностранных компаний и более 20 000 человек из 18 стран.

С учетом сложности и новизны конструкции «Лахта Центр», проектирование и строительство здания без использования программного обеспечения и BIM – модели, могло затянуться на десятилетия, что в свою очередь снижает эффективность инвестиций.

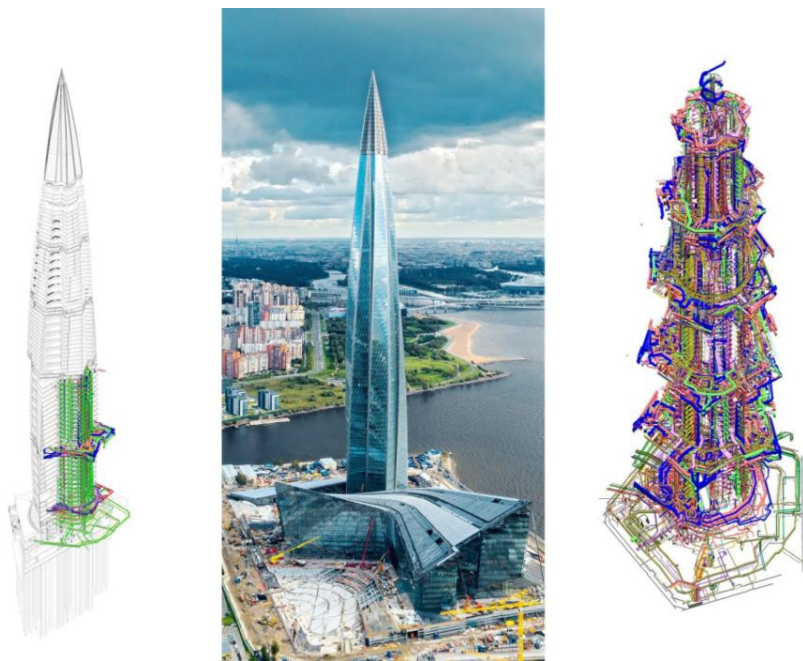


Рис. 1. BIM – модель «Лахта Центр»

Использование информационных технологий, не только ускоряет этап проектирования, но и позволяет различным участникам быстрее и качественнее принимать решения.

Литература

1. ФАУ «Главэкспертиза России». [Электронный ресурс]. 2024. URL: <https://gge.ru/> (дата обращения 24.04.2024).
2. Ильинова В.В., Мицевич В.Д. Международный опыт использования BIM-технологий в строительстве // Российский внешнеэкономический вестник. – 2021. – № 6. – С. 79-93. – URL: DOI 10.24412/2072-8042-2021-6-79-93.
3. Иванова И.Б., Васильева А.Ю. «Цифровой двойник» здания: отличие от BIM-технологий, источники эффективности применения в жилищнокоммунальном хозяйстве // Социально-экономическое управление: теория и практика. – 2021. – № 2 (45). – С. 43–49. URL: DOI: 10.22213/2618-9763-2021-1-43- 49.

А.Ю. Волкова

Томский политехнический университет, г. Томск

А.Н. Менухова

Научный руководитель к.т.н., доцент Волкова О.Е.

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск

АКУСТИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ЗРИТЕЛЬНОГО ЗАЛА МУЗЫКАЛЬНОЙ ШКОЛЫ

В нашей стране строится много зданий с залами многоцелевого назначения. Большинство этих залов средней вместимости не более 1000 слушателей с воздушным объёмом не превышающим 6000 м³. Это залы клубов и Центров культуры микрорайонов, актовые залы учебных заведений и конференц-залы.

Хорошая акустика, как одно из основных требований к зрительным залам, неразрывно связана с их архитектурой – формой, размерами, отделкой, наполнением и оборудованием.

Все современные залы по акустическому оборудованию можно разделить на три группы:

- Залы с естественной акустикой
- Залы с естественной акустикой и системой звукоусиления
- Залы со звуковоспроизводящей аппаратурой (искусственной акустикой).

Цель архитектурной акустики – обеспечение архитектурно-строительными средствами хорошей слышимости естественной речи и музыки, а также звуков, воспроизводимых электроакустической аппаратурой.

Объектом настоящего проекта является концертный зал объекта: «Музыкальная школа по ул. Терешковой в г. Новосибирске».

Концертный зал располагается в строительных осях Д-М/1, 1-5 и имеет в плане трапециевидную форму. Длина зала до портала сцены – 22,3 м, средняя ширина зала – 16,7 м, средняя высота – 6,9 м. В осях Д-И, 1-5 располагается сцена. Высота сцены 0,9 м, отметка планшета сцены +0.000. Отметка пола первого ряда -0.900. Подъем пола обеспечивается ступенями шириной 1000 мм и высотой 200-260 мм[1].

Зрительный зал рассчитан на 361 зрительское место. План и разрезы представлены на рис. 1 и 2.

Главной целью проекта является разработка акустического оформления зрительного зала, обеспечивающего соответствие помещения требованиям, предъявляемым к концертным залам камерной музыки.

Одним из важных условий хорошей акустики зала является оптимальное время реверберации, характеризующее общую гулкость помещения. Рекомендуемое время реверберации для концертного зала определим в соответствии с СП 51.13330.2011 «Защита от шума» [2].

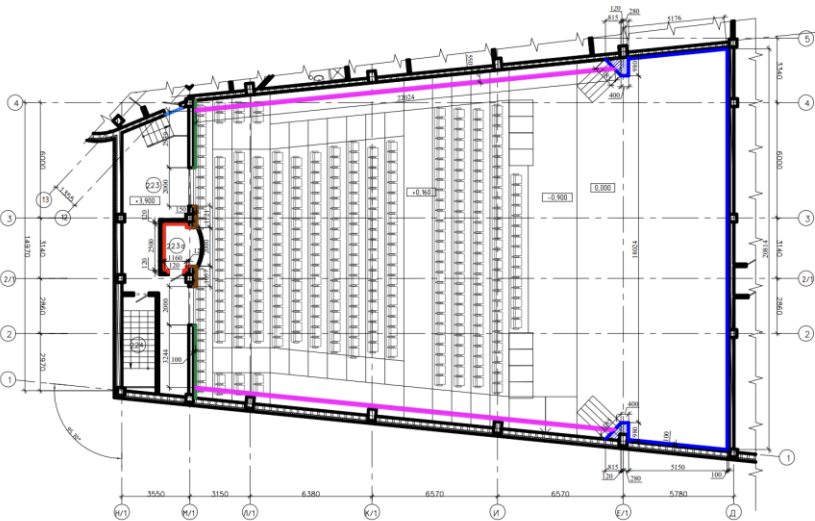


Рис. 1. План зала

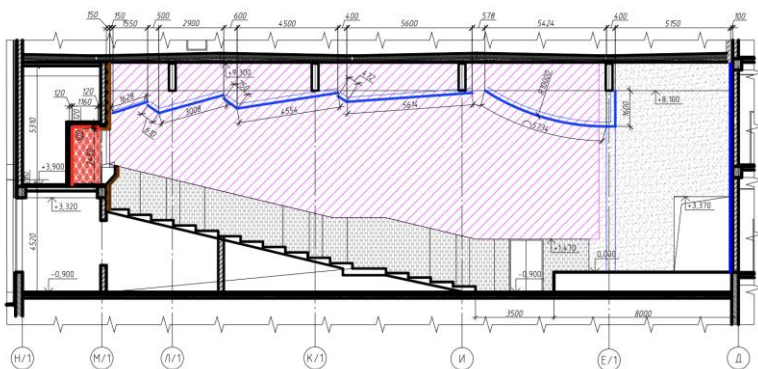


Рис. 2. Разрез 1-1

Другие требования к акустике зала связаны с обеспечением рекомендуемой структуры его импульсного отклика, что обуславливается объемно-планировочным решением помещения. В этой структуре должны присутствовать ранние полезные звуковые отражения и исключены интенсивные отражения с большим запаздыванием, которые могут создать такой акустический дефект, как слышимое эхо.

Для хорошей акустики зала важно правильно выбрать его объём, геометрическую форму и очертания внутренних поверхностей. Этим достигается надлежащее распределение отражённого звука и достаточная диффузность звукового поля.

Общий воздушный объём концертного зала рекомендуется принимать из расчёта 6-8 м³ на одного слушателя. В концертном зале объемом 2850 м³ предусматривается размещение 361 мест, что соответствует объёму 7,9 м³ на место. Удельный объём соответствует оптимальным значениям.

Основные размеры и пропорции концертного зала должны удовлетворять существующим нормам. При этом по акустическим соображениям рекомендуются следующие условия [3]:

$$L \leq L_{\text{доп}}; \quad B = S_{\text{п}}/L; \quad H = V / S_{\text{п}}; \quad 1 < 2,$$

где L – длина зала по его центральной оси, м; $L_{\text{доп}}$ – предельно допустимая длина зала, м (от задней стены до занавеса $L_{\text{доп}} = 25$ м); B и H – соответственно средняя ширина и высота зала, м; V – общий воздушный объём зала, м³; $S_{\text{п}}$ – площадь пола зала, м².

Фактические размеры и пропорции зала составляют:

- $L = 22,3 \text{ м} < L_{\text{доп}} = 25 \text{ м}$ – требование выполняется;
- $B = 16,7 \text{ м}$; $H = 6,9 \text{ м}$ (с учетом увеличения высоты потолка);
- $1 < L/B < 2 \Rightarrow 1 < 22,3/16,7 < 2 = 1 < 1,34 < 2,0$ условие выполняется;
- $1 < B/H < 2 \Rightarrow 1 < 16,7/6,9 > 2 = 1 < 2,4 < 2,0$ условие не выполняется.

Высота зала несколько меньше оптимальных значений. Однако при правильной отделке ограждающих конструкций зала, в зале можно добиться хорошей разборчивости воспроизводимой информации.

Для обеспечения акустики зала было разработано следующие решения.

1) Пол: паркетный.

2) Потолок:

- В передней части потолка над авансценой выполняется выпуклый отрагатель, который улучшает распределение отраженного звука. Отрагатель выполняется из «Унипрок-НГ» без покрытия, толщиной 6 мм в 3 слоя по каркасу из профилей «АкустикГипс», оклеенных вибродемпфирующей лентой «СтопЗвук ДВ», с заполнением звукопоглощающими плитами «СтопЗвук БП Стандарт» 50 мм.

- Потолок над зрительным залом выполняется из секций с различным наклоном, они хорошо распределяют отраженный звук при разных положениях источника. Секции потолка выполняются из «Унипрок-НГ» без

покрытия, толщиной 6 мм в 3 слоя по каркасу из профилей «АкустикГипс», оклеенных вибродемпфирующей лентой «СтопЗвук DB», с заполнением звукопоглощающими плитами «СтопЗвук БП Стандарт» 50 мм.

3) Стены:

- Верхняя часть боковых стен выполнить из «Унипрок-НГ» с декоративным акриловым покрытием, толщиной 12,5 мм по каркасу из профилей «АкустикГипс», оклеенных вибродемпфирующей лентой «СтопЗвук DB», с заполнением звукопоглощающими плитами «СтопЗвук БП Стандарт» 100 мм.

- Нижнюю часть стен в зале предлагается выполнить из гипсовых декоративных панелей, смонтированных на облицовку из «Унипрок-НГ» без покрытия, толщиной 12,5 мм по каркасу из профилей «АкустикГипс», оклеенных вибродемпфирующей лентой «СтопЗвук DB», с заполнением звукопоглощающими плитами «СтопЗвук БП Стандарт» 50 мм. Глубина рельефа гипсовых декоративных панелей 10-20мм.

- Задняя стена создает вредные запаздывающие отражения, поэтому должна быть заглушена. Задняя стена выполняется из перфорированных панелей «Унипрок-Акустика», на каркасе из профилей «АкустикГипс», оклеенных вибродемпфирующей лентой «СтопЗвук DB», с заполнением звукопоглощающими плитами «СтопЗвук БП Стандарт» 100 мм. Применение в каркасных конструкциях вибродемпфирующей ленты «СтопЗвук DB» с заполнением плитами «СтопЗвук БП Стандарт» позволяет устранить паразитный дребезг и эффект барабана, характерные для пустотелых конструкций.

Основная задача акустической облицовки – обеспечить оптимальное время реверберации и одновременно оптимальную структуру ранних отражений звука

В концертных залах форма потолка (деки) является одним из важнейших критериев, определяющих качество акустики зала. Хорошая с точки зрения акустики форма обеспечивает равномерное и раннее звуковое отражение в зоне партера и на ярусах, что имеет наиважнейшее значение для равномерной передачи звука. Для определения структуры ранних отражений от потолка и стен зала проведено геометрическое построение лучевой картины распространения звука от источника, расположенного на эстраде (рис. 3, 4) [41].

Вывод: Форма стен и потолка способствует хорошему распределению отражённого от них звука, направляя большую часть на удалённые от источника зрительские места. Реализации вышеизложенного акустического решения в части применяемых отделочных материалов и формы ограждающих конструкций обеспечит хорошие условия для проведения выступлений.

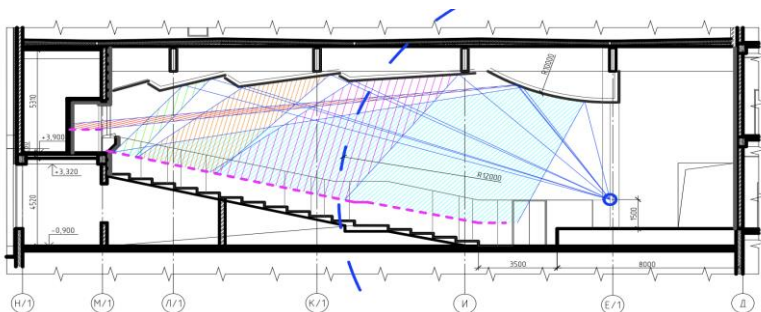


Рис. 3. Распределение первых интенсивных отражений от потолка

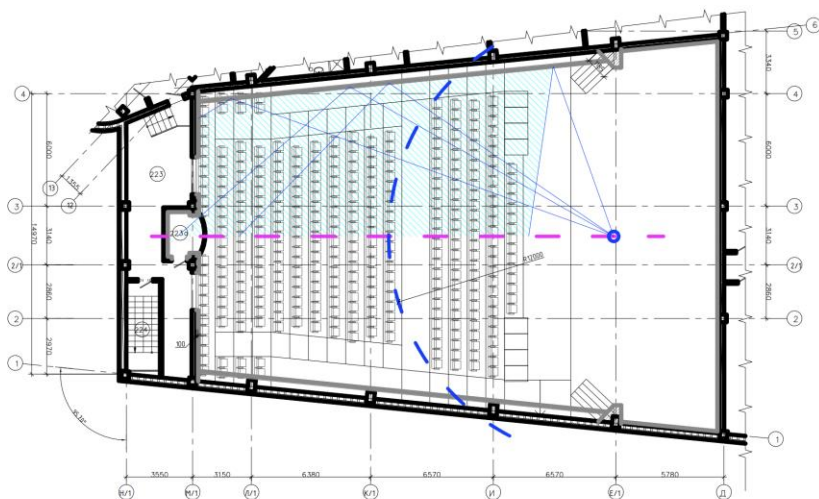


Рис. 4. Распределение первых интенсивных отражений от стен

Литература

1. Проектная документация ООО «Проект-Согласование». Раздел 3 «Архитектурные решения/ Новосибирск.: ООО «Проект-Согласование», 2020 – 38 с.
2. Свод правил СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003»
3. Руководство по проектированию систем звукового обеспечения на строящихся и реконструируемых объектах г. Москвы. Москомархитектура
4. Руководство по акустическому проектированию залов многоцелевого назначения средней вместимости (2-е издание, исправленное и дополненное)/ М.: Стройиздат, 1981.

КРЫМСКИЙ МОСТ КАК УНИКАЛЬНОЕ ИНЖЕНЕРНОЕ СООРУЖЕНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА

Возведение Крымского моста является одним из самых масштабных и значимых проектов в новейшей истории Крыма.

Цель исследования данной работы – выявление инновационных решений строительства на исследуемом объекте.

Крымский мост является одним из крупнейших мостов России. Он состоит из параллельно расположенных автомобильной и железнодорожной трасс. Его протяженность – 19 км. Трасса начинается на Таманском полуострове, проходит по существующей 5-километровой дамбе и острову Тузла. Затем пересекает Керченский пролив, огибая с севера мыс Ак-Бурун, и выходит на крымский берег.

Крымский мост соединяет Краснодарский край и Крымский полуостров, сооружен российскими фирмами, из российских материалов, по российскому проекту и на основе российских технологий.

Мысль построить сооружение через Керченский пролив множество раз всплывала в различные исторические периоды с конца 19 века по экономическим и военно-стратегическим причинам, добавив геополитическую мотивацию к прежней идее строительства моста в начале 21 века [1].

Проект обусловлен не столько экономическими, сколько политическими причинами. Строительство данного инфраструктурного сооружения относится к категории стратегически важных национальных проектов, поскольку оно направлено на решение проблемы сухопутной транспортной связности Крыма с другими регионами России и интеграции региона в транспортную систему страны. Крымский мост стал необходимым условием интеграции Республики Крым и города Севастополя в социально-экономическое и военно-стратегическое пространство России и элементом транспортной системы Юга России, трансформирующейся в связи со строительством трассы «Тавриды».

Наиболее существенным аспектом в развитии связи с полуостровом является снижение издержек на автомобильное и железнодорожное сообщение с полуостровом. Вследствие чего была поставлена задача строительства моста через Керченский пролив.

Так как мост может ежедневно пропускать около 40 тысяч автомобилей с максимальной скоростью 120 километров, его эксплуатация снизит издержки перевозки грузов через пролив, об этом свидетельствует сравнительная пропускная способность моста и паромов.

Помимо этого, возрастет спрос на строительство на полуострове, в том числе на строительство жилья экономического класса, за счет снижения из-

держек на поставку материалов. Квадратный метр жилья на первичном рынке в Крыму в 2017 году стоил в 49,9 тыс. рублей, а на вторичном – 53,4 тыс. рублей.

Расширение сектора экономики – строительство, также влияет на предложение объектов, в результате чего, цены на них снижены, а спрос возрастает при наиболее доступных ценах.

Строительство моста обсуждалось на протяжении нескольких лет. В конечном итоге в 2000-х годах украинскими и российскими специалистами начались предпроектные проработки строительства транспортного перехода.

В 2008 году, в рамках сотрудничества стран СНГ, был утверждён новый надводный проект моста, выполненный совместной российско-украинской компанией, составлена смета проекта, но до осуществления проекта дело так и не дошло из-за ухудшения отношений между государствами [2].

После воссоединения Крыма с Россией началась реализация проекта строительства моста через Керченский пролив. В январе 2015 года была детально проработана концепция транспортного перехода. К этому привлекали широкий круг экспертов. После чего российское правительство издало распоряжение об определении единственного подрядчика для проектирования и строительства моста.

В феврале 2015 года Росавтодор подписал договор на строительство с ООО «Стройгазмонтаж». Весной и летом 2015-го были проведены исследования по разминированию и очистке дна пролива, также были выполнены исследовательские работы на предмет обнаружения опасных природных условий (наиболее чувствительных сейсмических точек, подводных вулканов, донных течений и мест смыкания материковых плит пролива), а также изыскания, связанные с подводной археологией.

Февраль 2016 года был активной фазой строительства моста и подходов к нему с Крымской и Краснодарской сторон.

К 16 марта на острове Тузла было погружено уже 38 основных свай. Спустя год – к 16 марта 2017 года – было забито 3110 таких свай.

В конце лета 2017 года в судоходный пролёт над Керченским проливом уже была установлена железнодорожная арка.

Строительство автострады моста со стороны Керчи началось в феврале 2017 года. В июле этого же года начался процесс укладки асфальтобетона на мосту. Осенью 2017-го был уложен первый слой покрытия на подходах к мосту со стороны Тамани.

26 апреля 2018 автомобильная часть Крымского моста прошла приемочные испытания. Специалисты выполнили приемочные обследования, статические и динамические испытания автомобильной части Крымского моста. Это завершающий этап контроля качества строительно-монтажных работ перед итоговой приемочной комиссией.

Открытие Крымского моста произошло досрочно – 15 мая 2018 года.

Разработка и реализация проекта строительства Крымского моста рассматривалась с разных позиций: инновационных, экономических, транспортно-географических, геополитических, экологических, исторических, соци-

альных и культурологических. Эти события являются популярными информационными поводами и политизируются медийной сферой различных стран мира, что выделяет мост из ряда крупных инфраструктурных объектов страны.

Крымский мост построен по уникальной технологии, которая включает в себя: 595 опор, на которые с берега один за другим надвигали пролеты. Вес одного надвигаемого пролета достигает 580 тонн. Это в 1,4 раза больше веса МКС. Две самые мощные опоры стоят с двух сторон судоходного коридора. Под каждой из них 95 стальных трубчатых свай длиной более 60 метров с толщиной стенки до 40 мм. Приблизительно такая толщина брони у некоторых танков. В каркасе одной (не самой большой) сухопутной опоры около 53 т арматуры общей длиной 27 км. Это в 1,5 раза больше длины самого Крымского моста. Полотно проезжей части моста связано из арматуры. На четыре полосы движения длиной по 19 км ушло порядка 13 тыс. км арматуры [3].

При строительстве Крымского моста применялись новые технологии и производственные инновации в сфере строительства, управления и обеспечения безопасности.

Сам проект в целом (тип моста, его параметры и сжатые сроки строительства) необходимо рассматривать в качестве инновации, поскольку он является уникальным в российской практике мостостроения. Инновационная составляющая характерна каждому этапу проекта: от методик определения наиболее эффективного варианта строительства мостового перехода в сложных гидрометеорологических и геолого-инженерных условиях до технологий строительства ключевых конструкций (погружение многометровых свай, транспортировка и монтаж судоходной арки, бесшовная стыковка рельс) и контроля безопасности в виде автоматизированной системы управления дорожным движением (АСУДД). Применяемые на прежних строительных площадках технологии на каждом этапе адаптировались под местные условия, в результате продуцировались качественно новые знания. В связи с этим были разработаны и применены специальные технические условия (СТУ), которые позволяют уточнить действующую нормативную базу в сфере строительства и внести вклад в строительные инновации страны. Проект является источником организационных инноваций, в том числе связанных с использованием преимущественно отечественные ресурсы в процессе строительства крупных инфраструктурных объектов в условиях экономических санкций.

Археологические спасательные экспедиции в районе строительства Крымского моста и трассы «Таврида», которые выполняли ученые из разных научных центров России совместно с крымскими археологами, стали одними из самых масштабных в новейшей истории России. Они позволили сделать своеобразный археологический разрез через весь полуостров от Керчи до Севастополя.

Для регистрации локальной сейсмичности в районе предполагаемого строительства моста была развернута сейсмическая сеть из сухопутных

и донных морских сейсмических станций. С помощью специальных устройств удалось провести детальные исследования и уточнить положение глубинных разломов, как в земных недрах, так и в поверхностном слое.

Ещё одна сфера при строительстве моста – метеонаблюдения. Со стороны Керчи и Тамани, а также на острове Тузла в Керченском проливе установлены три метеостанции, которые обеспечивают строителей моста оперативными прогнозами погоды. Приборы и датчики измеряют силу и направление ветра, температуру и влажность воздуха, атмосферное давление, количество выпавших твердых и жидких осадков. Информация поступает в штабы строительства на обоих берегах пролива. Актуальные метеосводки позволяют мостостроителям планировать работу в акватории с учетом погодных условий.

Для обеспечения транспортной безопасности на Крымском мосту и подходах к нему применены уникальные запатентованные технологии программного обеспечения производства «Интегра–С» – Интеллектуальная интегрированная цифровая платформа «Интегра 4D-Планета Земля».

В рамках разрабатываемой концепции цифровизации, основанной на применении цифровых клонов и 4D–ГИС, интеграционная платформа «Интегра 4D-Планета Земля» как экосистема умных сервисов управления ресурсами, является геоинформационной системой (ГИС) высокого уровня, в которой все компоненты системы мониторинга (видеокамеры, датчики, приборы и др.) привязаны к географическим координатам Земли и времени, создавая наглядный виртуальный 4D–мир с объективной реальностью. На всем протяжении транспортного перехода через Керченский пролив и подходах к нему (~200 км) платформа создает мультифизическую, многомасштабную, динамическую цифровую копию инфраструктуры, включающей порядка 100 000 разнообразных датчиков и около 10 000 видеокамер, охраняющих пространство как над мостом, так и под ним.

В управлении транспортным переходом через Керченский пролив применены несколько различных систем непрерывного мониторинга и видеозаписи. Техническая система видеонаблюдения «Интегра-Видео» интеграционной платформы включает в себя установленные на трассе камеры, записи с которых непрерывно поступают в систему хранения данных под управлением ПО Raidix. Данные с видеокамер вместе с показаниями датчиков погодных условий поступают в центральный диспетчерский пункт, в котором ведется оперативное наблюдение за движением по мосту и его состоянием. Отдельные видеокамеры отслеживают движение автотранспортного потока на подходах к переходу. Двух-контроллерная система хранения данных обеспечивает непрерывную работу системы видеонаблюдения в многопоточном режиме без потери производительности, в том числе на пиковых нагрузках.

Платформа, посредством ТССОИ «Интегра-Планета», осуществляет сбор, обобщение и анализ информации о состоянии и событиях на мосту и его подходах в режиме реального времени. С ее помощью уполномоченные лица получают все необходимые данные, имеющиеся в базах данных системы и базах данных спецслужб, а также рекомендации по действиям в сло-

жившейся обстановке. Электронные паспорта объектов, полученные с помощью этой системы, позволяют всем заинтересованным службам дистанционно получать исчерпывающую информацию о состоянии объекта, наличии на нем людей, путях эвакуации и конфигурации внутренней системы безопасности.

Новизна технических систем и программных продуктов Консорциума «Интегра-С» заключается в применении, для целей обеспечения безопасности, мониторинга и управления, виртуальной модели всей системы целиком (взаимосвязанных датчиков, камер, сооружений, объектов, дорог и территорий) в трёхмерной ГИС, ретроспективной и перспективной во времени, получая в итоге мультифизическую, многомасштабную, динамическую цифровую копию, например, всей системы транспортного перехода и подходов Крымского моста.

Системы, установленные на объектах являются кроссплатформенными и работают на ОС Linux, а программные продукты внесены в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных (Минкомсвязь России), что является частью программы импортозамещения (Минкомсвязь России, приказ от 08.04.2016).

Другой стороной информационной функции Крымского моста стала его имиджевая роль. События, связанные с Крымским мостом, формируют резонансный информационный повод в российском и зарубежном медиапространствах, превращая его в новый центр информационного внимания и элемент имиджа Крыма и России в целом. Данный тезис подтверждается результатами web-аналитики в поисковых системах Google и Яндекс. Использование аналитических инструментов Google Trends позволило выявить степень популярности Крымского моста в русскоязычных и англоязычных запросах в поисковой системе Google среди жителей разных стран в 2014-2018 гг. В той или иной степени, информацией о мосте интересовались жители практически всех государств зарубежной Европы, Азии и Северной Америки. В русскоязычном поисковом сегменте наибольший интерес строящийся мост вызывал у жителей Украины и Белоруссии, в англоязычной – у жителей Сербии, Хорватии, Канады, Австралии, Великобритании и США [4].

В ходе работы было установлено, что строительство транспортного перехода через Керченский пролив является одним из звеньев в сети задач по трансформации транспортной системы Крыма и Краснодарского края.

Строительство такого объекта, как Крымский мост, было связано с огромным количеством проблем – от исследований движения грунта до проблем с миграцией льдов. Первую проблему удалось решить благодаря бетонным сваям: еще на техническом этапе проектирования строители смонтировали бетонные стержни на глубину более 50 метров, а сваи под основную конструкцию забили на глубину более 90 метров.

В целом анализ факторов и особенностей реализации проекта Крымский мост демонстрирует начальный этап становления инновационной инфраструктуры в Республике Крым.

Литература

1. Кабанова П. И. Крымский мост и его значимость для Российской Федерации / П. И. Кабанова // Соискатель – приложение к журналу «Мир транспорта». – 2023. – № 1(12). – С. 68-74.
2. Панухин П.В. К истории позиционирования транспортной инфраструктуры Крыма новейшего времени: Крымский мост и трасса «Таврида» / П.В. Панухин // Academia. Архитектура и строительство. – 2022. – № 4. – С. 62-69.
3. История возведения главного мостового переходов новейшей истории России: сайт. – URL: <https://vestnikstroy.ru/articles/infrastructure/shedevr-inzhenernoy-mysli/> (дата обращения: 21.05.2024). – Текст: электронный.
4. Крымский мост: сайт. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/krymskiy-most-kak-faktor-integratsii-regiona-v-ekonomicheskoe-prostranstvo-rossii> (дата обращения: 21.05.2024). – Текст: электронный.

Н.А. Гончарова

Научный руководитель к.т.н., доцент С.А. Белых

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ВОКЗАЛА АДЛЕР: ОТ КОНЦЕПЦИИ К РЕАЛИЗАЦИИ

Вопросы инновационных строительных технологий и материалов для инвестиционных проектов в настоящее время являются весьма актуальными. Строительство железнодорожного вокзала в Адлере является актуальным и значимым событием, поскольку обеспечивает развитие инфраструктуры и улучшает условия пассажирского обслуживания на южном направлении Российской железной дороги.

Объектом исследования является процесс проектирования, строительства и ввода в эксплуатацию железнодорожного вокзала в Адлере с использованием инновационных технологий.

Предметом исследования являются концепции, методы и технологии, применяемые в процессе строительства данного объекта с целью повышения эффективности, безопасности и комфорта пассажиров.

Целью исследования является изучение процесса строительства железнодорожного вокзала в Адлере с акцентом на инновационные технологии, их внедрение и влияние на качество инфраструктуры.

Задачи исследования включают анализ современных технологий, оценку их применимости в данном проекте, выявление преимуществ и недостатков инноваций.

Для многих из нас именно с Адлера начинается знакомство с черноморскими курортами Кавказа. А начинается город, как известно, с железнодорожного вокзала.

Участок от Туапсе до Адлера рождался долго: мешала сначала Первая мировая война, потом Гражданская. Железнодорожная станция Адлер приня-

ла первых пассажиров лишь в 1929-м. Построили его еще задолго до того момента, как этот район стал частью города Сочи.

Только в начале пятидесятых годов XX века возникло решение построить в Адлере солидный вокзал. Его достроили в 1954-м. Этот вокзал, к счастью, существует и в наши дни. Там находятся зал ожидания, музей и ресторан.

К Олимпиаде 2014 года было решено построить новый вокзал, который бы справился с огромным потоком туристов.

В 2009 году был утверждён проект нового вокзала. 17 сентября 2009 года памятную капсулу в основание будущего железнодорожного вокзала в г. Адлере заложил Владимир Путин, а спустя четыре года он уже приезжал на открытие вокзала (28 октября 2013 года).

Авторы эскиз-проекта и первоначального проекта вокзального комплекса были **архитекторы «Мосгипротранса» и Московского национального градостроительного института**. После того как «Мостовик» выиграл конкурс на реконструкцию вокзального комплекса «Адлер», корректировку проектных решений проводили специалисты **НПО «Мостовик»** в сотрудничестве со специалистами европейских компаний **GMP и BIG**.

Интересно, что изначально разработки архитектора вызвали массу вопросов и замечаний. Потому проект пришлось передать в сочинский филиал НПО «Мостовик», чтобы другие специалисты заново проанализировали его и исправили недостатки. Проектировать вокзал пришлось параллельно с его строительством, которое к тому времени уже началось. Это было сложно, поскольку приходилось уже возводящийся фундамент использоваться в качестве основы для новой планировки и образа всего здания.

Вокзал «Адлер» очень красивый. Однако этот дизайн мог так, и остаться невоплощенным в реальность, поскольку самые большие разногласия вызвал образ здания: немецкие проектировщики видели его другим, более «сухим» и прямоугольным. Но российский архитектор проекта категорически стоял на своей позиции: на фоне живописнейших Кавказских гор должно стоять здание с живописными формами. В нём должно находить отражение Чёрного моря. Именно эта идея повлияла на решение архитектора воплотить в здании тему морской волны. Хаотическое расположение декоративных панелей на закруглённом «лбу» кровли, превращающейся в ниспадающий к земле фасад, выполненный из светопрозрачных витражных конструкций, символизирует пену морского прибоя. Автор проекта настоял на своём, и результат мы можем видеть сегодня.

Краткие сведения об объекте строительства:

Заказчик: ОАО РЖД;

Генподрядчик: УК «Трансюзстрой»;

Субгенподрядчик: ООО НПО «Мостовик»;

Проектирование: проектная группа Департамента строительства и проектирования объектов РЖД (трансформирована в Проектный Центр Московского филиала ООО НПО «Мостовик»).

Руководитель авторского коллектива: Даниленко Алексей Петрович.

Общие капиталовложения на строительство ж/д вокзала Адлер составили около 1,2 миллиарда рублей, данные затраты неоспоримо можно считать обоснованными.

Сочи получил настоящие транспортные ворота. Этот комплекс объединяет в единую сеть все виды сообщения: и воздушное, и морское, и автомобильное, и собственно – железнодорожное.

Адлерский узел объединяет все направления олимпийских маршрутов. Сюда же прибывают пассажирские поезда дальнего следования.

Общая площадь застройки – более 50 000 м². Общая площадь комплекса – почти 30 тыс. м². Единовременно в вокзальном комплексе смогут разместиться около 2 тыс. пассажиров. Пропускная способность составляет 15 тыс. человек в час. В сутки новый терминал может обслуживать 56 пар поездов дальнего и пригородного сообщения, а также 4 поезда – аэроэкспресса в час.

Вокзал имеет две части: морскую и городскую.

Главный вестибюль вокзала, зал ожидания и распределительный зал для пассажиров расположены на высоте 10 метров над путями.

Одной из главных особенностей вокзала является пешеходный мост с выходом к Черному морю, по которому можно попасть на смотровую площадку и послушать шум прибоя.

На верхнем уровне вокзала расположилась рекреационная зона и атриум с зимним садом.

В 2011 году проект реконструкции вокзального комплекса станции Адлер признан победителем конкурса экологических инноваций в номинации «Лучший пример внедрения энергетически эффективного решения». В марте 2013 года проект вокзала Адлера победил в двух номинациях конкурса, который проводил «Организационный комитет Сочи 2014»: «Лучший комплексный проект года» и «Лучший пример внедрения инновационных строительных технологий».

Вот некоторые из них: Работы были проведены в условиях действующей железнодорожной станции Адлер, функционирующей в обычном режиме без остановки движения поездов.

Проведение строительных работ на железнодорожном вокзале Адлер без остановки движения поездов представляло собой сложную задачу, требующую тщательного планирования и координации.

Вот некоторые из основных сложностей, с которыми сталкивались при проведении таких работ:

1. Безопасность: главной сложностью являлось обеспечение безопасности, как рабочих, так и пассажиров во время проведения строительных работ.

2. Координация движения поездов: тщательно планировалось и координировалось движение поездов, чтобы обеспечить непрерывное движение и минимизировать задержки.

3. Ограниченное рабочее пространство: железнодорожные вокзалы обычно имеют ограниченное пространство, что усложняет проведение строительных работ. Учитывали доступность и проходимость рабочих зон, чтобы обеспечить эффективное выполнение работ.

4. Воздействие на пассажиров: строительные работы на железнодорожном вокзале создавали дискомфорт для пассажиров из-за шума, пыли и временных изменений в расписании.

5. Соблюдение строительных стандартов: при проведении строительных работ на железнодорожном вокзале соблюдались все строительные стандарты и требования безопасности.

Это лишь некоторые из сложностей, с которыми сталкивались при проведении строительных работ на железнодорожном вокзале Адлер без остановки движения поездов. Тщательное планирование, координация и соблюдение всех необходимых мер безопасности помогли успешно решить эти задачи.

Нельзя не отметить необыкновенный дизайн вокзала. Современное здание вокзала представляет собой многофункциональное огромное строение в виде паруса (морской волны) и больше напоминает аэропорт.

Также необходимо отметить систему автономного уличного освещения с использованием фонарей на солнечных панелях и со встроенными светодиодными лампами.

В рамках реконструкции вокзала «Адлер» были использованы автономные опоры производства компании THORN. Генерируемая мощность фотоэлектрических преобразователей составляет от 255 до 510 Вт в зависимости от времени года с возможностью отдачи избыточной электроэнергии в сеть. Каждая опора снабжена двумя аккумуляторными батареями AGM Battery 24 В/50 А·ч, что позволяет светильнику продолжать работать в течение четырех-пяти дней при отсутствии солнца. Фотоэлектрические преобразователи имеют срок эксплуатации 20 лет.

Светильники антивандальные, защищены ударопрочным поликарбонатом. Управление светильником осуществляется автоматически по сигналу от сенсорного датчика интенсивности внешнего освещения. Колонны опор выполнены из алюминия с возможностью последующей 100 %-й переработки.

Также здесь необходимо отметить энергосберегающие компоненты освещения, динамические системы датчиков включения и выключения света, расположенные в общественных и административных помещениях.

Следующим инновационным направлением является система солнечных коллекторов на кровле здания для производства до 70 % горячей воды на нужды вокзального комплекса; позволяет снизить на 30 % расходы на отопление и горячее водоснабжение, что эквивалентно сумме порядка 7 млн руб. в год.

Важным инновационным решением было использование энергосберегающих материалов, энергоэффективных ограждающих конструкций, обеспечивающих снижение расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания от нормативного значения на 7,5 %.

Солнечные коллекторы, размещенные на кровле железнодорожного вокзала Адлер», практически полностью обеспечивают потребность здания в горячей воде. Они поглощают и преобразуют солнечную энергию, переносят

мую видимым светом и ближним инфракрасным излучением, в тепловую. В отличие от солнечных батарей, производящих непосредственно электрический ток, внутри солнечного коллектора происходит нагрев теплоносителя, который затем применяется для подогрева воды на нужды горячего водоснабжения и отопления помещений.

В здании применяются плоские солнечные коллекторы. Система работает круглосуточно. Во время активной эксплуатации коллекторов в светлое время суток происходят нагрев холодной воды для нужд горячего водоснабжения с 10 до 60 °С и одновременно накопление энергии в 18 аккумулирующих баках емкостью 3 100 м³ каждый. Когда мощность солнечного излучения приближается к минимуму, нагрев воды осуществляется за счет накопленной энергии и газовой котельной. Аккумулирующие баки способны удерживать теплоту до нескольких суток без дополнительной подпитки тепловой энергией.

Необходимо обратить внимание на такое инновационное решение, как рекуперация теплоты.

Главное преимущество такой системы – это возможность управлять взаимодействием притока и отвода воздуха. За счёт этого значительно снизилась теплотопотери вентиляции, хотя насыщение помещения свежим воздухом не прекращается.

Электронные контроллеры и энергосберегающее оборудование во внутренних инженерных системах здания, можно отнести к параметрам «умного вокзала», которым управляет всего лишь один оператор.

Заключительным инновационным направлением можно выделить специальный инновационный монтаж кровли с применением метода Heavy Lifting. 22 марта 2012 года специалистами НПО «Мостовик» над строящимся вокзалом станции Адлер в один прием установлена единая кровельная конструкция массой 760 тонн. Уникальная операция по подъему металлокаркаса кровли на отметку 30 метров в общей сложности заняла 8 часов.

Использование светопрозрачных систем в железнодорожном вокзале Адлер позволило: создать комфортную и привлекательную атмосферу для пассажиров; повысило естественное освещение внутренних помещений; улучшило визуальное восприятие архитектурных решений и дизайна вокзала; создало ощущение открытости и просторности помещений; позволило через стекло задерживать ультрафиолет и инфракрасное излучение.

Вокзал Адлера стал лидером по количеству отправленных пассажиров за 11 месяцев 2023 года. Наибольшей нагрузкой при организации отправки пассажиров стали курортные объекты на Черноморском побережье. В 2023 году через Адлер проехало 6,4 миллионов человек.

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЭЙФЕЛЕВОЙ БАШНИ

В 1889 году в Париже проходила Всемирная выставка, посвященная к 100-летию Великой Французской революции – важнейшее событие, на котором демонстрировались последние достижения науки и техники. Франция ответственно готовилась к этому мероприятию, выделив и обустроив специальную площадку для выставки, и решила показать свой технический прорыв. Власти Парижа провели конкурс на лучший проект конструкции для украшения входной зоны. Безусловным победителем среди 107 кандидатов стал инновационный проект «300- метровая башня» от Гюстава Эйфеля. Инженер покорила жюри смелостью проекта и точной проработке деталей. Уникальная, не похожая ни на что ранее конструкция из металла. Проект соответствовал двум главным критериям конкурса: самокупаемость и возможность демонтажа. Эйфель представляет строительство башни, как строительство вертикального моста.

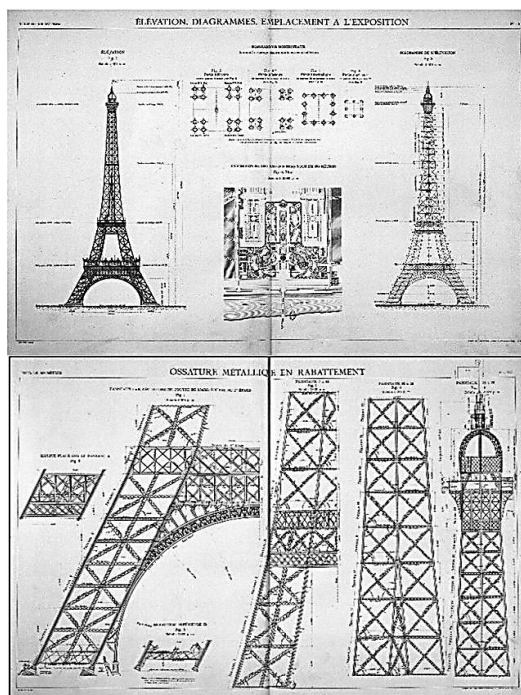


Рис. 1. Общий вид и разрез башни

На строительство башни были выделены кратчайшие сроки – 2 года, и выделенно было 1,5 млн. франков. Выделенной суммы на проект не хватило, и Эйфель создает акционерное общество с уставным фондом 5 млн. франков, куда Гюстав вносит половину личных средств. Общая стоимость строительства башни составила – 7,8 млн. франков. Благодаря инновационным решениям башня была успешно построена в нужный срок.

При устройстве котлованов для опор башни, из-за близости реки Сены, Эйфель прибегнул к методу, который он использовал при строительстве мостов. В каждом из 16 кессонов фундамента находилось рабочее пространство, в которое накачивался под давлением воздух. Это позволило ускорить монтаж фундаментов и обеспечить их качество [1]. Из-за повышенного давления туда не могла просочиться грунтовая вода, и рабочие могли осуществлять выемку и перемещение грунта без помех. Данный метод является новаторским для того времени.

Большой срок строительства ушел на первую платформу башни. Нужно было получить идеальный горизонтальный уровень балок. Здесь Эйфель использует «песочницу». Четыре наклонные опоры упирались на наполненные песком металлических цилиндрах. Песок постепенно выпускали и опоры встали под правильным наклоном. Дополнительные гидравлические подъёмники в фундаментах опор давали возможность заключительной регулировки положения четырёх наклонных опор, которые, таким образом, можно было точно подогнать к железной арматуре первой платформы [2].

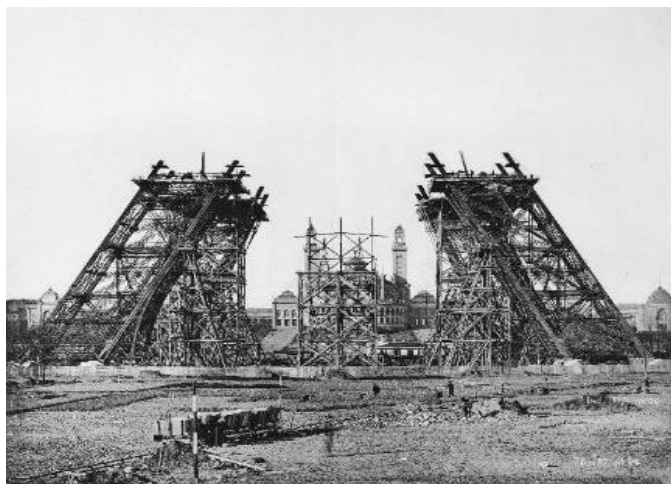


Рис. 2. Процесс возведения башни

Для того, чтобы успеть построить башню в срок детали собирались на земле в единые блоки, в них заранее сверлились гнезда для заклепок. Каждый из таких блоков весил не более 3тонн, что облегчало установку на высоте.

Вначале применялись высокие краны, а когда конструкция переросла их по высоте, работу подхватили специально сконструированные Эйфелем мобильные краны. Они двигались по рельсам, проложенным для будущих лифтов весил не более 3 т, что облегчало установку на высоте.



Рис. 3. Возведение первого яруса башни

Для того, чтобы успеть построить башню в срок детали собирались на земле в единые блоки, в них заранее сверлились гнезда для заклепок. Каждый из таких блоков весил не более 3тонн, что облегчало установку на высоте. Вначале применялись высокие краны, а когда конструкция переросла их по высоте, работу подхватили специально сконструированные Эйфелем мобильные краны. Они двигались по рельсам, проложенным для будущих лифтов. весил не более 3тонн, что облегчало установку на высоте.

Строительство Эйфелевой башни закончилось 31 марта 1889 года. Во время открытия всемирной выставки ее уже посетило два миллиона людей. Проект окупил себя в первый же год.

На сборку ушло 18038 металлических деталей и 2,5 миллиона заклепок. По высоте башня равна 80-этажному дому. Несмотря на огромные габариты, она получилась легкой и изящной, будто сотканной из кружев, хотя вся конструкция весит 10 тысяч тонн. Вес покрывающей краски 57 тонн.

К окончанию срока аренды стало понятно, что демонтажа башни удастся избежать – к тому времени она активно использовалась для телефонной и телеграфной связи, а также для размещения радиостанций.

Такую непростую и вдохновляющую историю имеет Эйфелева башня. Уже 135 лет башня является главным символом Франции, визитной карточкой страны. Она возвышалась над уровнем земли на 300,65 м.

Позже, после установки передающей антенны, высота башни возросла до 324 метров. 40 лет она оставалась самым высоким сооружением мира.

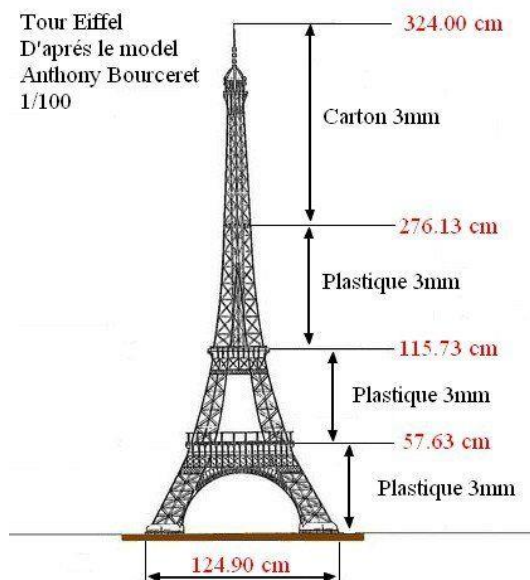


Рис. 4. Разрез башни

Благодаря правильной конструкции и материалу из которой построена башня, она радует посетителей такое большое количество лет. Был проведен опыт, где, физики рассчитали, что давление, оказываемое башней на землю, составляет всего четыре килограмма на квадратный сантиметр (такое же давление оказывает человек, сидящий на стуле). Сооружение не боится природных воздействий, они на нее оказывают незначительные воздействия. Колебание верхушки при самом сильном ветре – не более 12 см. Воздействия от нагрева солнца не являются губительными, так как, это было учтено: используются температурные компенсаторы, которые представляют собой конструкцию с зубьями. Под воздействием солнца верхушка башни отклоняется в сторону на 18 см.

Башня не собирается терять свой статус инновационности. Мэрия Парижа составила амбициозный план, призванный обеспечить достопримечательность инновационным статусом и в XXI веке. В рамках этого плана, на претворение которого в жизнь потратят 30 миллионов евро, башня переживет как косметическое, так и техническое обновление [3]. На башню уже установлены две небольшие ветровые турбины, которые будут генерировать электричество. Их энергии хватает на питание первого этажа.



Рис. 4. Металлоконструкции башни

На башню также будут установлены солнечные панели, энергия которых будет использоваться для подогрева воды. Еще планируется заменить все светильники на светодиодные, и собирать дождевую воду для технических нужд.

Унищительное сооружение, которое вызывало большое количество протестов, ее называли «уродством», в настоящее время является самым посещаемым памятником мира, символом Франции и включена в список Всемирного наследия ЮНЕСКО.

Эйфелева башня разрушила все традиционные правила архитектуры, показала новый взгляд на строительные технологии. Она сохраняла статус самого высокого архитектурного сооружения 40 лет и вдохновила мир на строительство высоких зданий, небоскребов, башен.

Литература

1. Пономарева, Л.И. Выдающийся французский инженер Гюстав Эйфель – создатель башни в Париже/ Л.И. Пономарева, Н.Я. Прокопьев // Знаменитые ученые. – 2016. С.157-160

2. Эйфелева башня сайт. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Эйфелева_башня#Выбор_и_подготовка_проекта](https://ru.wikipedia.org/wiki/Эйфелева_башня#Выбор_и_подготовка_проекта). (дата обращения 21.05.2024). – Текст: электронный.

3. Эйфелева башня стала ветрогенератором: сайт. – URL: <https://www.ntv.ru/novosti/1337936/>(дата обращения 21.05.2024). – Текст: электронный.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ ПО НОРМАМ ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН

Европейский комитет по железобетону – ЕКБ (СЕВ) – был основан в 1953 г. Его формирование обусловлено тем, что после Второй мировой войны в большинстве индустриальных стран появились новые идеи в проектировании железобетонных конструкций. Чтобы не распылять силы проектировщиков, необходимо было обобщить и дать в их распоряжение накопленный опыт и знания в этой области. Такова была цель создания ЕКБ, который объединил наиболее сильных конструкторов, расчетчиков и экспертов того периода. В настоящее время в него входят представители 36 стран, его членом является и Россия [1].

Первый нормативный документ, выпущенный ЕКБ, появился в 1964 г. В его основу был положен метод расчета по разрушающим усилиям. Кроме того, вводилось понятие о полувероятностной безопасности строений.

При дальнейшей разработке нормативного документа было решено создать единый Кодекс-образец международных технических норм для железобетонных конструкций, которые разрабатывались при сотрудничестве с другими техническими организациями: Международной федерацией преднапряженного железобетона, Европейским соглашением по металлическим конструкциям, Международной ассоциацией мостов и дорог, Международной ассоциацией по тонкостенным конструкциям, Международным объединением лабораторий по испытанию материалов.

Кодекс-образец ЕКБ/ФИП в новой редакции появился в 1978 г., а затем в 1984г. в отредактированном виде в НИИЖБе Госстроя СССР [2].

Задачей Кодекс-образца является обеспечение надежности, соответствующих условий эксплуатации и требуемой долговечности конструкций. В основу расчета железобетонных конструкций положен метод предельных состояний. Различают 2 группы предельных состояний:

- предельные состояния по несущей способности;
- предельные состояния по эксплуатационной пригодности конструкции, которое связано с критериями, определяющими нормальное использование и долговечность конструкции.

Рассмотрим предельные состояния железобетонных элементов по несущей способности.

Несущая способность конструкции в отношении возможного разрушения является надлежащей при сравнении расчетных действующих усилий с соответствующими значениями сопротивления сечения или конструкции:

$$Sd \leq Rd, \quad (1)$$

где Sd – внешнее усилие от действия расчетной нагрузки; Rd – расчетная несущая способность.

Расчет производится в соответствии с методом частных коэффициентов надежности. Численные значения частных коэффициентов были установлены с помощью вероятностных методов исследований, дополненных мотивированными инженерными суждениями с учетом приобретенного опыта в процессе изготовления и эксплуатации существующих конструкций.

В расчет конструкций вводятся расчетные величины воздействий, полученные путем умножения их показательных величин ψQ_k на соответствующие величины коэффициентов надежности γ_f . При этом следует учитывать, что ψ – коэффициент сочетаний, вводимый для временных нагрузок.

Поскольку расчет конструкций по рассматриваемым нормам ЕКБ/ФИП в данном случае необходим для сопоставления с расчетом по другим нормам, то нагрузки будем принимать по всем нормам одинаковые, соответствующие нашим отечественным нормативным документам [1, 3].

Расчетная несущая способность Rd определяется в функции расчетных диаграмм «напряжения – деформации», которые определяются из характеристических диаграмм:

$$\sigma_d = \sigma_k / \gamma_m, \quad (2)$$

В частности, расчетное сопротивление материала определяется из выражения:

$$f_d = f_k / \gamma_m, \quad (3)$$

где f_k – характеристическая прочность материала; γ_m – частные коэффициенты надежности, которые определяются по табл. 1.

Таблица 1

Частные коэффициенты надежности γ_m

Сочетания	Бетон, γ_c	Арматура, γ_s
Основные	1,5	1,15
Особые	1,3	1,0

При изгибе условие прочности (1) приводится к виду:

$$Msd \leq MRd, \quad (4)$$

где Msd – изгибающий момент в опасном сечении от внешних воздействий; MRd – момент, воспринимаемый сечением.

Гипотезы, используемые в расчете:

а) плоские сечения до деформации остаются плоскими после деформации;

б) арматура претерпевает те же изменения деформации, что и окружающий бетон;

в) не учитывается сопротивление бетона растяжению;

г) максимальное укорочение бетона при сжатии равно:

0,0035 – при изгибе или внецентренном сжатии;

0,002 – при центральном сжатии;

д) максимальное удлинение арматуры принимается равным 0,01;

е) общая деформация всей напрягаемой арматуры определяется с учетом предварительного удлинения, которое соответствует назначаемой в расчетах величине усилия натяжения; изменение удлинения $\Delta \epsilon_r$ ограничивают значением 0,01 [1,2].

Ширина сжатой полки элементов таврового сечения, вводимая в расчет, ограничивается. Эффективная ширина полки должна приниматься равной высоте ребра плюс 1/5-я расстояния между точками нулевых моментов, но не превышающей реальной ширины полки. Высоту сжатой зоны бетона «X» определяют из условия плоского поворота сечения, учитывая при этом развитие предельных деформаций в бетоне и арматуре (рис. 1).

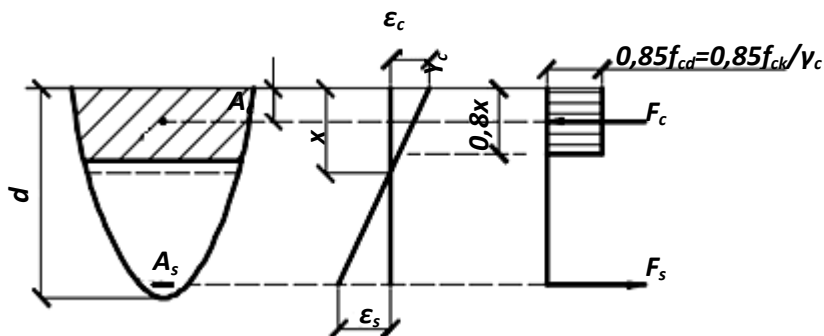


Рис. 1. Развитие деформаций и напряжений в предельном состоянии изгибаемого элемента

Так как сечение сжато не полностью, то в качестве расчетной можно принять прямоугольную эпюру напряжений, равномерную в пределах высоты элемента $0,8X$. Эту высоту и следует принимать в дальнейших расчетах как высоту сжатой зоны «X». Коэффициент 0,85 при определении максимальных напряжений вводится для сжатых зон постоянной ширины или для зон, ширина которых увеличивается по направлению к наиболее сжатым фибрам. На рис. 1 F_c – результирующее усилие бетона сжатой зоны, F_s – усилие в растянутой арматуре, d – рабочая высота сечения.

Момент, воспринимаемый сечением в предельном состоянии, MRd определяется из выражения:

$$MRd = R_s A_s (d - \gamma_c), \quad (5)$$

где γ_c – расстояние от верхней грани элемента до центра тяжести сжатой зоны бетона.

Предельная несущая способность при действии поперечных сил характеризуется образованием наклонных трещин, которые развиваются преимущественно из трещин от изгиба и вызывают разрушение. При расчете на поперечную силу производится расчет поперечной арматуры на приопорных

участках в зоне действия максимальной поперечной силы по аналогии с российскими нормами.

При расчете по предельным состояниям, рассматривающим эксплуатационную пригодность конструкций, выполняются расчеты по образованию трещин, по ширине их раскрытия и по деформациям. Расчет производится по нормативным нагрузкам, т.е. при коэффициенте надежности $\gamma_f = 1$. Расчетные характеристики материалов также определяются при $\gamma_m = 1$, т.е. равны характеристическим величинам согласно ЕКБ/ФИП [3].

Литература

1. Колмогоров А.Г., Плевков А.С. Расчет железобетонных конструкций по российским и зарубежным нормам / Учебное пособие. М.: Изд-во АСВ, 2014. 512 с.
2. Алмазов В.О. Проектирование железобетонных конструкций по евро нормам/ Научное издание. – М: АСВ, 2011. 216 с.
3. Коваленко Г.В., Дудина И.В. Особенности расчета изгибаемых железобетонных конструкций по нормам зарубежных стран (ЕКБ/ФИП) / Метод. указания. – Братск: БрГУ, 2018. – 28 с.

А.И. Дудин

Научный руководитель к.т.н., доцент Е.А.Видищева

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ НЕСУЩИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Важной задачей на стадии изготовления сборных железобетонных конструкций (ЖБК) является контроль за обеспечением основных параметров качества. Например, для наружных стеновых панелей основными критериями являются: прочность, жесткость и трещиностойкость, теплопроводность, морозостойкость, водонепроницаемость. К внутренним стенам в основном предъявляются требования по прочности.

Методы контроля при оценке эксплуатационной пригодности конструкций делятся на разрушающие и неразрушающие. С помощью разрушающих методов могут оцениваться прочностные и деформативные характеристики бетона, арматуры, а также прочность, жесткость и трещиностойкость конструкций при натурных испытаниях их нагружением согласно ГОСТ 8829–94.

Несущая способность наружных панелей промышленных зданий проверяется при одновременном действии вертикальной и горизонтальной составляющих нагрузки. Конструкции испытывают при этом на косоугольный изгиб (сложное напряженное состояние) и местное смятие площадок опирания. Наружные и внутренние стены крупнопанельных домов подвергаются внецентренному сжатию и также местному смятию площадок опирания. Согласно ГОСТ 8829-94 погонная расчетная нагрузка составляет 50 т/п.м (рис. 1). Внутренние

стенные панели подвергаются сжатию со случайным эксцентриситетом, равным $e = 1$ см.

Разрушающий метод предполагает проведение периодических испытаний определенной выборки изделий из некоторой партии до разрушения. Но этот метод не обеспечивает гарантии качества и надежности всех конструкций из контролируемой партии, и организация испытаний требует больших затрат. Более выгодны с экономической точки зрения неразрушающие испытания конструкций. В области неразрушающего контроля качества ЖБК в нашей стране развитие идет в двух направлениях [1, 2]: по пути совершенствования дискретных и интегральных методов. В первом случае оценивают значения отдельных параметров качества в результате пооперационного контроля технологических операций, а во втором – оценка параметров качества осуществляется по некоторым обобщенным характеристикам, чаще всего по динамическим (вибрационный метод) [1].

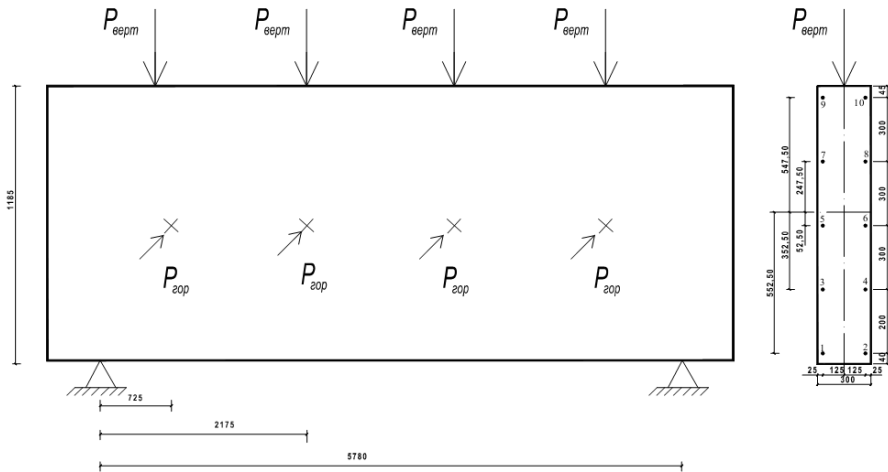


Рис. 1. Схема испытания однослойной стеновой панели ПС 600.12.30 на совместное действие вертикальной и горизонтальной нагрузок (армирование панели класса А400 10Ø6 мм)

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования показывают, что дифференцированный контроль отдельных показателей должен завершаться интегральной оценкой эксплуатационной пригодности конструкций заводского изготовления [3]. Для этого контрольные испытания нагружением можно заменить испытанием с помощью модифицированного вибрационного метода, предложенного в работе [1], или использовать автоматизированную систему контроля качества выпускаемой продукции [3, 4], которая осуществляется с помощью ЭВМ по разработанным программам на основе вероятностных алгоритмов.

Целью данной исследовательской работы является анализ и оценка эксплуатационной пригодности несущих ЖБК на основе вероятностных методов обеспечения их надежности при изготовлении. Для этого необходимо выбрать оптимальную расчетную модель для исследуемых конструкций и сформулировать критерии их эксплуатационной пригодности. На основе выбранного вероятностного метода и накопленной статистической информации по испытаниям принятых конструкций следует разработать программы по оценке их надежности, с помощью которых должен осуществляться автоматизированный контроль качества выпускаемых на заводах ЖБИ изделий.

Например, в качестве основных критериев эксплуатационной пригодности стеновых панелей согласно [3] приняты следующие:

- по прочности нормального сечения от внецентренного сжатия (косого изгиба):

$$H_1 = 0.5 + 0.5\Phi\left(\frac{M_u - N_0 e}{S_{Mu}}\right) \geq [H_1], \quad (1)$$

где N_0 – расчетная сжимающая сила; M_u , S_{Mu} – предельный момент, воспринимаемый сечением при исчерпани прочностных характеристик бетона и арматуры, и его среднеквадратическое отклонение.

$$M_u = R_B \cdot B \cdot x \cdot (h_0 - 0.5x) + R_{sc} \cdot A'_S \cdot (h_0 - a_1) \quad (2)$$

При построении вероятностного алгоритма учитывается совместное действие вертикальной и горизонтальной нагрузок;

- по жесткости в вертикальной и в горизонтальной плоскости:

$$H_2 = 0.5 + 0.5\Phi\left(\frac{f_k - f_p}{S_{fp}}\right) \geq [H_2], \quad (3)$$

где f_k , f_p – контрольный и расчетный прогибы; S_{fp} – среднеквадратическое отклонение расчетного прогиба;

- по трещиностойкости показатель надежности:

$$H_3 = 0.5 + 0.5\Phi\left(\frac{a_k - a_{crc}}{S_{acrc}}\right) \geq [H_3], \quad (4)$$

где a_k – предельно допустимая ширина раскрытия трещин; a_{crc} , S_{acrc} – расчетное значение ширины раскрытия трещин и ее среднеквадратическое отклонение;

- по смятию опорных граней показатель:

$$H_4 = 0.5 + 0.5\Phi\left(\frac{N_1 - N_0}{S_{N1}}\right) \geq [H_4], \quad (5)$$

где N_0 – расчетная сжимающая сила; N_1 , S_{N1} – соответственно предельная продольная сила, определяемая из условия смятия бетона и ее среднеквадратическое отклонение:

$$N_1 = \psi * R_{Bloc} * A_{loc}, \quad (6)$$

Требуемый уровень надежности по прочности для стеновых панелей рекомендуется принимать, как для конструкций с неэкономической ответственностью [3, 4], т. е. $[H_1] = 0,9986$, $[H_2] = [H_3] = 0,90$.

Автоматизированная система контроля качества на основе вероятностного метода расчета несущих стеновых панелей на стадии изготовления позволит сократить объем испытаний конструкций нагружением в 6...10 раз, даст возможность учитывать изменчивость технологического процесса и ежесменно давать интегральную оценку эксплуатационной пригодности выпускаемой продукции [3, 4]. Это создает предпосылки для автоматизированного управления всем технологическим процессом.

Литература

1. Коробко В.И., Слюсарев Г.В. Состояние и перспективы развития неразрушающего вибрационного метода интегральной оценки качества железобетонных конструкций // Изв. вузов. Строительство и архитектура. 1995. № 5-6. С. 3-12.
2. Судаков В.В. Контроль качества и надежность железобетонных конструкций. – Л.: Стройиздат. – 1988. – 168 с.
3. Коваленко Г.В., Жердева С.А., Дудина И.В. Контроль качества и оценка надежности сборных железобетонных конструкций со сложным напряженным состоянием // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 3(23). С. 161-167.
4. Коваленко Г.В., Дудина И.В., Нестер Е.В. Вероятностный подход к контролю качества и оценке начальной надежности сборных железобетонных конструкций. Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т.11. № 2. С.274-283. [Электронный ресурс]. URL: [https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-274-283\(07.05.2024\)](https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-274-283(07.05.2024)).

П.В. Кабин

Научный руководитель к.т.н., доцент Т.Ф. Шляхтина

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧЕБНОГО КОРПУСА ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА В Г. НОВОСИБИРСКЕ

В любой стране мира образование играет важную роль в развитии социума. Высшими учебными заведениями осуществляется подготовка будущих высококвалифицированных специалистов на основе теоритических знаний и практических навыков, обеспечивая способность эффективно трудиться в современных условиях.

В современном учебном заведении должны быть созданы все условия для становления и развития молодых кадров. Удобные корпуса для обучения и научно-исследовательской работы, комфортные условия проживания и работы студентов, а также для творческой, культурной и спортивной жизни молодых людей.

Участок под строительство учебного корпуса запроектирован в г. Новосибирске в центре города с категорией земель – «Земли поселений (земли

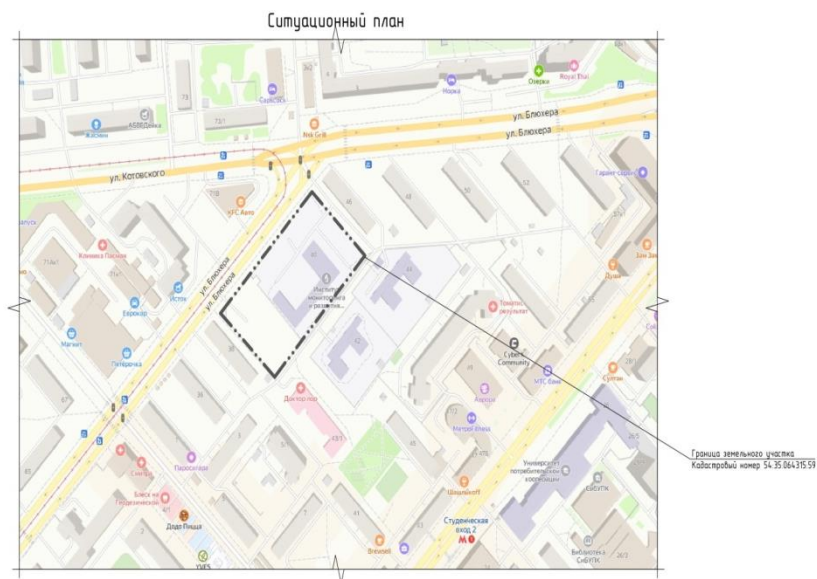


Рис. 1. Ситуационный план проектируемого здания

Участок для строительства расположен в западной части города Новосибирск, на улице Блюхера 40, общая площадь участка 12329,51 м².

Проектируемое здание размещено в зоне существующей застройки. С юго-западной, северо-восточной и южной стороны расположены 5-этажные панельные жилые дома, с юго-восточной стороны – 2 детских сада.

Территория университета огорожена декоративным металлическим забором, предусмотрены автомобильные проезды и тротуары, а также автомобильная стоянка и гараж на 4 автобуса для перевозки студентов. Покрытие проездов – асфальтобетонное, тротуаров – бетонная плитка.

Территория проектируемого здания благоустроена, предусмотрено озеленение деревьями, кустарниками и клумбами с малыми архитектурными формами. Озеленение территории выполняет функцию защиты от неблагоприятных воздействий от автотранспортных магистралей, тем самым создавая максимально комфортный микроклимат.

При формировании участка соблюдена непрерывность пешеходных и транспортных путей, обеспечивающих доступ инвалидов и маломобильных групп населения в здания и по территории с учетом требований градостроительных норм. Предусмотрено устройство пандусов с уклоном не более 1:20 на пересечении тротуаров к входу/выходу в здание.

Технико-экономические показатели по СПОЗУ отражены в табл. 1.

Технико-экономические показатели по СПОЗУ

Наименование	Ед. изм.	Количество
Площадь земельного участка	м ²	12329,51
Площадь застройки	м ²	3388,14
Площадь озеленения	м ²	25510,35
Площадь дорог и тротуаров	м ²	22254,62

Проектируемый объект представляет собой отдельно стоящее здание сложной формы на плане, с размерами в осях 79,64×60,0 м. Высота первого этажа составляет 4,2 м, а остальные 3 этажа – 3,6 м. Максимальная высота здания – 22,0 м. Шаг и пролет сетки колонн составляет 6,0×6,0 м. Обеспечены эвакуационные выходы количеством 5 штук.

Конструктивная схема здания – рамно-связевая. Жесткость и устойчивость здания обеспечивается за счет жесткого сопряжения вертикальных несущих конструкций (стен, колонн, лестничной клетки, диафрагм жесткости) с фундаментами, совместной работой вертикальных конструкций с горизонтальными связями (ж/б балки, и жесткие диски перекрытий).

Расположение помещений обеспечивает движение студентов вначале по коридору в гардероб, а далее по учебным аудиториям.

На первом этаже расположены гардеробная, кафедры, компьютерные и дисплейные классы, вспомогательные помещения, технические помещения, преподавательская, конференц-зал на 114 человек, библиотека, буфет, архив и санузлы.

На втором этаже размещаются преподавательские, архив курсовых работ, кабинет аспирантов и магистрантов, кладовые, конференц-зал на 114 человек, компьютерные классы, учебные аудитории, вспомогательные помещения, зам. проректора по учебной работе и санузлы.

На третьем этаже располагаются учебные аудитории, административные помещения, кабинет ректора, заместителя проректора, читальный зал, книгохранилище, профком, студенческий совет и санузлы.

На четвёртом этаже предусмотрен архив дипломных работ и проектов, компьютерные и дисплейные классы, кладовые, вспомогательные помещения и санузлы.

Фундаменты здания запроектированы для сборного железобетонного каркаса из фундаментов стаканного типа по серии 1.412.1-6 под сборную колонну по серии 1.020.1-3пв.

Наружные стены по проекту выполнены из пенобетонных блоков маркой D700 толщиной 150 мм с облицовкой силикатным кирпичом маркой M150 толщиной 120 мм и утеплением минераловатными плитами. Перегородки выполнены из силикатного кирпича марки M75 толщиной в ½ кирпича.

Перекрытие запроектировано из типовых сборных железобетонных пустотных плит без предварительного напряжения арматуры. Применение сборных плит перекрытия увеличивает скорость возведения зданий.

Лестницы сборные из железобетона двухмаршевые с опиранием на лестничные площадки.

Запроектированы сборные железобетонные ригели по серии 1.020.1-7 и перемычки по серии 1.038.1-1. Перемычки предназначены для перекрытия дверных и оконных проёмов в стенах.

В здании корпуса университета окна, витражи и входные двери предусмотрены пластиковые, а двери для аудитории и вспомогательных помещений – алюминиевые.

Покрытие полов в тамбурах, коридорах, гардеробе и буфете выполнено из керамогранита; в санузлах и технических помещениях предусмотрена керамическая плитка; в остальных помещениях – линолеум. Покрытия полов должны соответствовать требованиям прочности, сопротивляемости к истиранию, достаточной эластичностью (линолеум) и простотой уборки.

Внутренняя отделка (стен): в коридорах, тамбуре, лестничной клетке и конференц-зале предусмотрена декоративной штукатуркой «набрызгом». В санузлах предусмотрена облицовка стен керамической плиткой. В административных помещениях – поклейка обоев. Во вспомогательных, технических помещениях, дисплейных и компьютерных классах, учебных аудиториях, кафедрах и т.д. запроектирована водоэмульсионная покраска стен.

Для отделки потолков в тамбурах, коридорах, конференц-залах предусмотрены подвесные потолки «Armstrong». В административных помещениях, дисплейных и компьютерных классах, технических и вспомогательных помещениях и т. д. запроектирована водоэмульсионная покраска потолков.

Наружная отделка здания выполнена из алюминиевых композитных панелей от «SIBALUX» производитель г. Новосибирск. Достоинство вентилируемых фасадов это сокращение трудозатрат на отопление, малый объемный вес и простота монтажа.

Кровля скатная с покрытием металлочерепицей «Металлопрофиль» толщиной 0,5 мм, производитель г. Новосибирск. Уклон кровли $i = 30\%$. Наружный организованный водоотвод осуществляется с помощью пластиковой водосточной системы.

Строительство нового учебного корпуса технического университета в г. Новосибирске позволит расширить спектр технических специальностей, развить научные исследования и повысить комфортность учебного процесса.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРЕДНАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ФЕРМ

При производстве сборных железобетонных конструкций основной задачей является обеспечение эксплуатационной пригодности их при минимальных затратах. Оценка надежности серийного выпуска конструкций производится по результатам испытаний отдельных конструкций на контрольную нагрузку. Но принятая схема оценки эксплуатационной пригодности имеет ряд отрицательных сторон: высокая стоимость проведения натурных испытаний, отсутствие связи между значениями контрольного коэффициента, числом испытаний, риском заказчика и требуемым уровнем показателя надежности и т. д. В связи с этим появляется потребность в неразрушающих методах контроля качества конструкций, которые позволили бы оценить надежность и пригодность конструкций к нормальной эксплуатации, не разрушая конструкции, и учесть случайный характер технологических и конструктивных параметров.

В основу неразрушающих методов оценки эксплуатационной пригодности конструкций положены программные комплексы с применением вероятностных алгоритмов. Особенно актуальна эта задача для оценки надежности большепролетных предварительно напряженных конструкций (строительных балок и ферм). Их техническое состояние и работоспособность являются функциями работоспособности отдельных конструктивных элементов, испытывающих сжатие, чаще внецентренное, или растяжение.

Применительно к любой строительной конструкции различают два основных вида надежности: начальная и эксплуатационная. Начальная надежность закладывается в процессе проектирования и изготовления. Поэтому при оценке показателей начальной надежности конструкций необходимо учитывать влияние физико-механических, геометрических и конструктивных характеристик, степень изменчивости которых зависит от технологических, производственных и других факторов.

В процессе эксплуатации конструкций их техническое состояние изменяется, что выражается в ухудшении характеристик надежности. Это связано со снижением механических свойств бетона и арматуры в агрессивных условиях окружающей среды, изменением интенсивности действующих нагрузок, т. е. с негативным влиянием характеристик, обусловленных фактором времени.

В первую очередь это происходит в результате изменения физических свойств материалов, из которых изготовлены конструкции, а также от изменчивости их геометрических размеров. Другой важной причиной изменения технического состояния конструкции является разрушение или другие виды потери работоспособности элементов или конструкции в целом. Исходя из этого, основная задача расчета конструкций на надежность состоит в уста-

новлении вероятности того, что в течение заданной продолжительности эксплуатации здания или сооружения элементы и системы не окажутся в предельных состояниях.

В общем случае для оценки надежности необходимо: сформулировать критерии пригодности конструкций и выбрать оптимальную расчетную модель, наиболее точно описывающую фактическое напряженно-деформированное состояние конструкций. Относительно предварительно напряженных ферм задаются требованиями по прочности нормального сечения в предельном состоянии и по жесткости – для предварительно напряженных элементов нижнего пояса.

В работах [1, 2] на основе выбранной расчетной модели рассматривается вероятностный алгоритм оценки прочности, жесткости и трещиностойкости конструкций по СНиП 2.03.01-84* (в действующей редакции СП 63.13330.2018). Суть его состоит в том, что производится расчет конструкций по формулам СНиП, в которые подставляются значения расчетных характеристик материалов, геометрических размеров и др. случайных характеристик с учетом их изменчивости. Такой подход позволяет учесть реальные условия изготовления и последующей эксплуатации конструкций.

Согласно данному алгоритму, надежность элементов фермы на стадии изготовления определяется по формуле

$$H_0 = 0,5 + 0,5\Phi \left(\frac{N_u - N}{S_{N_u}} \right) \geq [N_0] \quad (1)$$

где Φ – интеграл Лапласа; N_u – предельное внутреннее усилие; N – внешняя нагрузка, конкретная (детерминированная) величина; S_{N_u} – среднеквадратическое отклонение N_u ; $[N_0]$ – требуемый уровень надежности, принимаемый по [2] равным 0,9986.

Анализ изменчивости характеристик материалов и др. случайных характеристик в ходе технологического процесса [1, 3] свидетельствует о том, что максимальных эффект дает автоматизация и управление процессами приготовления, уплотнения и термообработки бетона, а также разработка способов повышения надежности изготовленной продукции и уменьшения влияния негативных процессов на стадии изготовления на прочность конструкций. Согласно проведенным исследованиям можно выделить следующие технологические факторы, влияющие:

- на прочность бетона: активность цемента после ТВО; качество заполнителей; цементно-водное отношение; химические добавки; объем воздухововлечения; режим перемешивания бетонной смеси, ее уплотнение и тепловая обработка;
- на прочность в момент передачи напряжения с арматуры на бетон: уровень предварительного натяжения арматуры, передаточная прочность бетона и площадь напрягаемой арматуры;
- на несущую способность конструкции: прочностные свойства бетона и арматуры, положение арматуры и ее площадь сечения;
- на обеспечение жесткости и трещиностойкости – уровень предварительного натяжения, высота сечения, модули упругости бетона и арматуры.

Учитывая то, что при эксплуатации велико влияние изменчивости нагрузок формула (1) для надежности в стадии эксплуатации примет вид:

$$H_1 = 0,5 + 0,5\Phi\left(\frac{N_u - N}{\sqrt{S_{Nu}^2 + S_N^2}}\right) \quad (2)$$

где N – эксплуатационная нагрузка, принимается как случайная величина; S_N – среднеквадратическое отклонение N .

После изготовления надежность следует поддерживать на необходимом уровне путем правильной организации эксплуатации, т. е. предупреждать и обнаруживать причины возникновения отказов, повреждений и устранять их последствия путем проведения ремонтов (рис. 1).

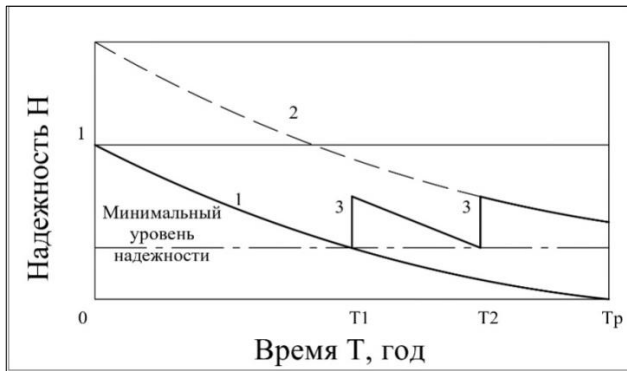


Рис. 1. Изменение надежности конструкций за период эксплуатации:

1 – теоретическая кривая снижения надежности; 2 – то же с учетом заложенной начальной надежности (резервы надежности); 3 – повышение надежности при проведении капитальных ремонтов

Из рис. 1 видно, что эксплуатационная надежность конструкций зависит от уровня заложенной начальной надежности, иными словами, в процессе проектирования и изготовления этот уровень формируется, а во время эксплуатации он реализуется. Причем эксплуатационная надежность должна быть не менее минимального заданного уровня надежности [3].

Литература

1. Тамразян А.Г. Обеспечение качества сборных железобетонных конструкций на стадии изготовления / А.Г. Тамразян, И.В. Дудина // Жилищное строительство. – 2001. – № 3. – С. 8–10.
2. Самарин Ю.А. Резервы надежности и долговечности железобетонных конструкций заводского изготовления / Ю.А. Самарин, Г.В. Коваленко, М.Т. Орлов. – М.: Информэнерго. – 1988. – 44 с.

3. Дудина И.В. Контроль качества сборных железобетонных конструкций на основе интегральной оценки их надежности: автореферат диссертации кандидата технических наук. – М., 2000. – 20 с.

Н.С. Капник

Научный руководитель к.т.н. А.М. Даминова

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМОГРАНИТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ НА ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Рост объемов и качества жилищного строительства в настоящее время влечет за собой качественное и интенсивное развитие отечественного рынка строительных материалов, в частности отделочных, особое место среди которых благодаря своим уникальным свойствам занимает керамогранит.

Керамогранит – это высококачественный строительный материал, который используется в отделке полов и стен. Строительная отрасль в России прирастает с каждым годом, что способствует дальнейшему развитию рынка керамогранита. В последние годы наблюдается тенденция к увеличению спроса на экологически чистые материалы, включая керамогранит, что также способствует дальнейшему развитию данной отрасли.

Целью данного исследования является разработка основ технологии производства технического неглазурованного (неполированного) керамогранита с использованием ресурсов на территории Иркутской области.

Основными сырьевыми ресурсами для производства керамогранита являются глина, каолин, кварц и другие природные минералы, которые широко представлены на территории региона.

Глинистое сырье придает сырьевой основе пластичность и связующие свойства, которые позволяют после прессования сохранять керамогранитной плитке свою форму. Неглинистые материалы уменьшают пористость изделия, что придает плитке прочность и стойкость. Инертные материалы образуют «остов» или каркас плитки.

В результате исследований были выявлены сырьевые источники огнеупорных каолиновых глин, запасы которых исчисляются сотнями миллионов тонн, в том числе на территории Трошковского месторождения с запасом около 2,6 млн. тонн.

Трошковское месторождение огнеупорных каолиновых глин расположено в 20 км от г. Черемхово Иркутской области в междуречье рек Ангара и Белая. Каолиновая глина данного месторождения состоит из каолинита, монтмориллонита, грубодисперсного кварца, галлуазита, слюды, полевого шпата. Глина способствует увеличению механической прочности полуфабриката. Каолиновая глина Трошковского месторождения имеет низкое содержание активных примесных оксидов Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , суммарное содержание которых не превышает 4,5 %.

Каолин представляет собой пылевидный порошок белого цвета с содержанием частиц менее 20 мкм порядка 90 %. Сырье образуется от разрушения горных пород, содержащих полевые шпаты (первичные каолины). Для каолина Хайтинского месторождения Усольского района характерно содержание основного породообразующего минерала – каолинита (89–92 %), кварца (5–7 %) и микроклина (до 4 %).

Каолин относится к высокоогнеупорным глинам – его температура плавления достигает 1750 °С и выше. Водопоглощение каолина при температуре обжига 1350 °С составляет 5–7 % с усадкой (уменьшением объема) 14–15 %. Прочность порошка в высушенном состоянии составляет 2,2–3,5 МПа, в обожженном состоянии при температуре 1350 °С составляет 100–120 МПа. Каолин имеет твердость по Моосу 1–1,5; удельный вес составляет 2,58–2,60 г/см³; объемный вес порошка составляет 0,25–0,3 г/см³. При нагреве каолина до температуры 1000–1150 °С удельный вес увеличивается до 2,6–2,7 г/см³, а твердость по Моосу составляет 6–7.

Кварцевый песок представляет собой кремнезем (около 99 %) с небольшим количеством примесей, который снижает пластичность и усадку глины при сушке и обжиге. Песок необходим для твердости и химической стойкости керамогранитных плиток, сохранению их формы. Кварцевый песок добывается открытым способом. Игирминское месторождение кварцевых песков расположено у железнодорожной станции Игирма в Нижнеилимском районе. На базе месторождения построены карьер и обогатительная фабрика производительностью 1,2 млн т кварцевых формовочных песков в год. Эксплуатирует месторождение АО «Янгельский горно-обогатительный комбинат». Балансовый запас месторождения составляет 220,6 млн т категории А + В + С1 и 1242 млн т категории С2.

Полевые шпаты Слюдянского месторождения представляют собой минеральные соединения кремнезема, глинозема и флюсов. При плавлении введенных полевых шпатов в состав образуется вязкий расплав, заполняющий поры до монолитного состояния, что позволяет снизить температуру спекания и улучшить связность компонентов керамогранитной массы. Данная характеристика вызвана наличием калия и натрия в химическом составе. Скорость плавления растет с увеличением температуры и тонкости помола сырьевых компонентов.

Слюдянское месторождение полевых шпатов расположено в Слюдянском районе Иркутской области, на южном берегу озера Байкал. В непосредственной близости на расстоянии 7 км от месторождения находится железнодорожная станция Слюдянка. Физико-химические характеристики полевого шпата: твердость по шкале Мооса составляет 5–6; плотность материала составляет 2,54–2,75 г/см³; показатель преломления составляет 1,554–1,662. Содержание щелочей в пегматитах составляет 7–9 %.

Вода для приготовления сырьевой смеси может использоваться водопроводная по ГОСТ Р 51232, не должна содержать вредных примесей в виде кислот, сульфатов, жиров, растительных масел, сахара. При изготовлении керамогранитных плит не используются болотные и сточные воды, загряз-

ненные вредными примесями, имеющие водородный показатель рН менее 4. В сомнительных случаях пригодность воды необходимо проверять путем сравнительных испытаний образцов, изготовленных на данной воде и на обычной водопроводной.

Производство керамогранита на местных ресурсах позволит существенно снизить затраты на доставку сырья и готовой продукции, что сделает продукцию более доступной для потребителей. Кроме того, использование местных ресурсов будет способствовать развитию экономики региона, созданию новых рабочих мест и повышению уровня жизни населения.

Керамогранитные плиты по технологии производства подразделяются на несколько видов: технический, глазурованный, матовый, полированный, лапатированный, сатинированный, структурированный, с двойной засыпкой, ректифицированный.

На предприятиях по изготовлению керамических материалов используют три основных способа формования (производства): полусухое прессование; литье из шликера (с использованием гипсовых форм); пластическое формование из масс.

В производстве керамогранитной неглазурованной (технической) плитки используется метод полусухого прессования, состоящий из четырех основных этапов: изготовление сырья; формование (прессование); обжиг; сортировка и складирование.

Процесс производства керамогранитных плиток начинается со складирования сырьевых материалов (каолиновая глина, каолин, полевой шпат и кварцевый песок) в специальные отсеки, в которых поддерживается постоянная температура и влажность.

Каолиновая глина транспортируется сначала на пост дробления, роспуска (для извлечения вредных примесей) и после – на пост дозирования и помола. Каолин, кварцевый песок и полевой шпат проходят пост дозирования и помола, после по ленточному транспортеру перемещаются в шаровую мельницу непрерывного действия вместе с суспензией глинистых материалов и водой.

Для достижения гранулометрической однородности в шаровой мельнице необходимо произвести мокрый помол материалов с использованием мельющих тел (шары различных размеров), которые при падении друг на друга измельчают частицы сырьевой смеси.

Результатом измельчения являются частицы водной суспензии (шликер) с достаточно мелкой и однородной величиной.

Далее шликер поступает на вибрационный сетчатый фильтр с целью удаления крупнозернистых частиц и получения готовой массы для дальнейшего производства керамогранита. Влажность шликера должна составлять 30-35 %, плотность в пределах 1,7-1,76 г/см², тонкость помола – не более 1 % остатка на вибрационном фильтре.

После фильтрации шликер транспортируется в подземные бассейны с пропеллерными мешалками непрерывного действия для предотвращения отстаивания (оседания) составных частей суспензии.

Следующей стадией производства керамогранитных плит является обезвоживание в башенном распылительном сушиле (атомизаторе) при температуре до 550 °С. Шликер подается в атомизатор насосом, проходит через форсунки под высоким давлением, распыляется внутрь сушила и попадает под поток горячего воздуха.

Полученная высушенная смесь (пресс-порошок) поступает по транспортной ленте в бункер хранения для охлаждения до температуры окружающей среды (выдержка пресс порошка составляет не менее 48 часов). Влажность пресс порошка должна составлять не более 7 %.

Из расходного бункера, расположенного над прессом, в пресс-форму подается порошок, который уплотняется под давлением в два этапа.

В закрытой пресс-форме на первом этапе прессования происходит формирование изделия под давлением 220-250 кг/см², а также происходит нейтрализация воздуха в плитке при открывании пресс формы. На втором этапе прессования происходит полное уплотнение изделия при высоком давлении в 550 кг/см², благодаря чему плитка набирает необходимую твердость по всему объему.

После прессования готовые формы отправляются по линии в горизонтальную сушилку для удаления лишней влаги.

Сушка изделия в течение 30-ти минут при температуре 80-100 °С повышает ее механическую прочность и уменьшает остаточную влажность, которая должна составлять менее 0,5 %. Поддерживая температуру, изделие транспортируется дальше по линии на стадию обжига в газовые роликовые печи, разделенные на секции с определенной температурой. Общая продолжительность обжига керамогранитных плит составляет 70 минут.

Изделие проходит четыре стадии обжига: предварительный обжиг (нагрев до 400 °С для обезвоживания материала и предотвращения образования трещин на плитках), предварительный прогрев (до 900°С, сгорают органические вещества и разлагаются карбонаты), основной обжиг (1250-1300°С, завершается процесс спекания, изделие приобретает прочность и стойкость), охлаждение (плавное снижение температуры для предотвращения раскалывания плит).

После выхода из туннельной печи, керамогранитные плиты укладываются на стальные рамы (контейнеры) для дальнейшего охлаждения изделий.

Далее керамогранитные плиты транспортируются на линию автоматического контроля для измерения геометрии и проверки на деформацию плит. Отбраковка изделий происходит на линии путем визуального осмотра поверхности на наличие дефектов.

Плиты, прошедшие визуальный контроль, транспортируются дальше, по линии, на стадию ректификации. На данном этапе происходит обработка торцов плит при помощи алмазных инструментов для придания идеальных размеров.

Следующим этапом является шлифовка керамогранитных плит более «грубым» абразивным материалом. После шлифовки готовые изделия транспортируются на склад хранения. Плиты должны отстояться не менее 24 часов

для заключительного «формования» геометрических размеров, прежде чем отправлять их на приемочный контроль. Отклонения по геометрическим размерам не должны превышать 0,5 мм.

На стадии сортировки и приемочного контроля качества керамогранитные плиты проверяются на правильность форм и качества поверхности по ГОСТ 27180. Некачественную плитку утилизируют.

Проверку качества плит также осуществляют механическим и электронным способами в лаборатории по приемочному контролю. Удары грузом для выявления скрытых дефектов плит относятся к механическому способу; компьютерное сканирование поверхности для выявления дефектов на поверхности, плоскостность и прямоугольность размером плит относится к электронному способу.

Завершающим этапом производства керамогранитных плит является упаковка готовой продукции на автоматизированной линии и транспортировка на склад готовой продукции.

Исследование показало, что рентабельность производства керамогранитной плитки в Черемхово на основе ресурсов, расположенных на территории Иркутской области, имеет высокий потенциал для развития. Регион обладает богатыми запасами природных ресурсов, необходимых для производства керамогранита, таких как каолин, глина, кварцевый песок и другие сырьевые компоненты. Это позволяет снизить затраты на поставку и обработку сырья, что в свою очередь способствует увеличению рентабельности производства. Важным аспектом является также близкое расположение ресурсов к производственной базе, что уменьшает временные и транспортные издержки. Таким образом, развитие производства керамогранитной плитки в Черемхово на основе ресурсов Иркутской области может стать эффективным инвестиционным проектом с высокой степенью доходности.

А.И. Королев

Научный руководитель к.т.н., доцент Т.Ф. Шляхтина

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск

СОВРЕМЕННЫЕ ОКОННЫЕ СИСТЕМЫ: ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА И УСТАНОВКИ

Оконные системы являются неотъемлемой частью современных жилых и коммерческих помещений. При выборе оконной системы необходимо учитывать ее функциональные возможности, а также требования к тепло-, звуко- и влагоизоляции. Каждая оконная система имеет свои преимущества и недостатки, поэтому при выборе необходимо обращать внимание на конкретные потребности и условия эксплуатации.

Оконные системы – это набор конструкций, включающий компоненты, которые необходимы для прохождения света и воздуха через оконные проемы, а также для сохранения тепла и защиты от внешних воздействий.

Современные окна являются сложной конструкцией, состоящей из следующих элементов:

- Оконный профиль (оконная коробка, створка, импост);
- Внутреннее заполнение (стеклопакет или ПВХ-плита);
- Система уплотнителей (уплотнение створки, коробки, стеклопакета);
- Фурнитура (элементы запираения, оконные ручки, декоративные накладки на петли);
- Откосы, отливы и подоконники.

Классификация

Оконные и балконные блоки классифицируют по следующим классификационным признакам [1]:

- функциональное назначение;
- материалы профильных элементов;
- тип конструкции;
- вид светопрозрачного заполнения;
- число и расположение контуров уплотнения в притворах;
- конструктивное решение притворов створок;
- эксплуатационные характеристики.

По материалам профильных элементов выделяют следующие оконные и балконные блоки:

- из древесины;
- поливинилхлорида (ПВХ);
- алюминиевых сплавов;
- стали;
- стеклопластиков;
- комбинации материалов.

Технические требования и характеристики

Основными эксплуатационными характеристиками оконных и балконных блоков являются:

- приведенное сопротивление теплопередаче,
- звукоизоляция;
- воздухопроницаемость;
- водопроницаемость;
- сопротивление ветровой нагрузке;
- безотказность.

Технология установки оконных ПВХ систем

На данный момент на рынке окна ПВХ являются одним из самых востребованных и популярных видов окон. Это связано с тем, что окна ПВХ об-

ладают хорошей теплоизоляцией, экономичны и устойчивы к факторам внешней среды.

Основные этапы работ при установке оконных ПВХ систем [3]:

1. Подготовка оконного проема;
2. Установка и выравнивание окна в проеме;
3. Формирование трехслойного монтажного шва;
4. Отделочные работы (откосы, подоконники, отливы).

Подготовка оконного проема

Подготовка оконного проема включает в себя демонтаж старых окон, удаление всех видов уплотнителей и утеплителей, уборку строительного мусора и выравнивание стенок проема штукатурными смесями [4].

Установка и выравнивание окна в проеме

После правильной подготовки проема устанавливается рама. При этом необходимо учесть, что конструкция устанавливается по уровню, а не по краям проема. В большинстве старых многоквартирных домов советской постройки, да и нередко в частных домах, боковые стенки проема далеки от вертикали, а нижняя и верхняя – от горизонтали.

При установке пластиковых окон инструкция требует соблюдения определенных допусков – отклонение по вертикали не более 3мм/м (менее 4,5 мм на всю длину конструкции). Проверяется правильность установки рамы при помощи лазерного строительного уровня.

Крепление рамы к стене производится посредством анкеров (рис. 1) или специальных монтажных пластин, если они предусмотрены. Естественно, перед креплением рамы необходимо демонтировать стеклопакет и снять створки. Это намного упростит выравнивание рамы и ее монтаж.

Последовательность крепления – нижние анкера по обеим сторонам (не завинчиваются до конца), затем верхние и средние. На каждом этапе перепроверяется отвесность конструкции. При затягивании анкеров следует соблюдать умеренность – раму, особенно в средней части очень легко деформировать.

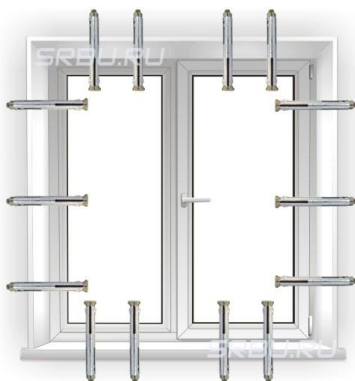


Рис. 1. Крепление рамы анкерным методом

Формирование трехслойного монтажного шва. Профессиональная установка пластиковых окон по ГОСТ 30971-2012 [2] предусматривает наличие трехслойного шва между стеной и срезом рамы, который должен обеспечить теплоизоляцию, шумозащиту, паропроницаемость, гидроизоляцию.

Для формирования шва используется несколько видов материалов – парогидроизоляционная лента ПСУЛ (или герметик типа СТИЗ-А), пенополиуретановая пена, пароизоляционная лента и диффузная лента (рис. 2).

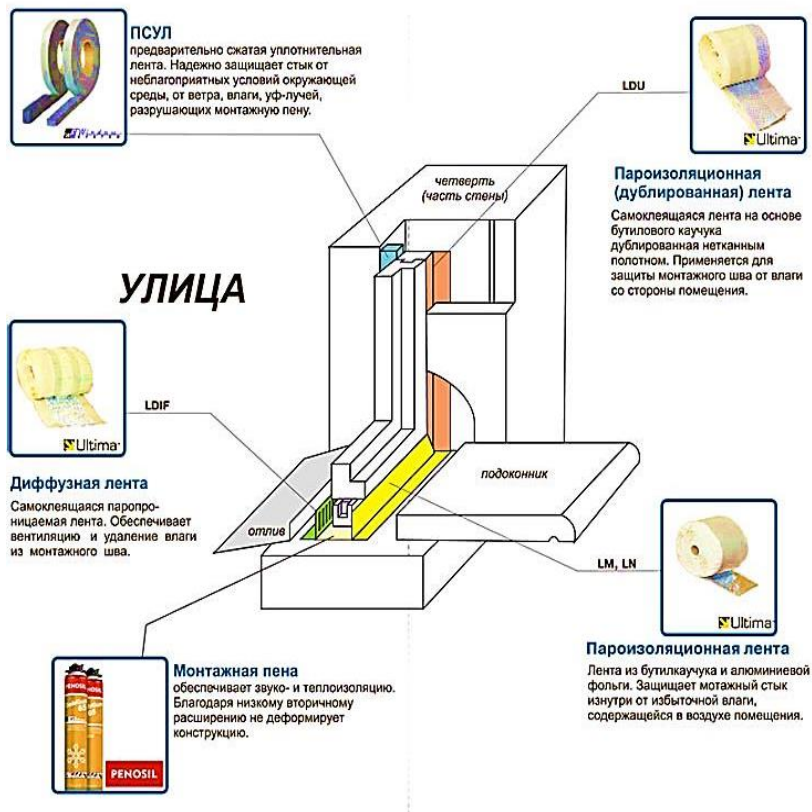


Рис. 2. Схема монтажа трехслойного шва

Отделочные работы (откосы, подоконники, отливы)

1. **Монтаж подоконника.** Подоконник заходит под раму не более чем на два сантиметра. Проем под ним запенивается или заделывается раствором, в зависимости от высоты подоконника над стеной. С внутренней стороны он закреплен к оконной раме или подставке под нее, с внешней – свободно лежит на герметизирующем слое. Если используется пенополиуретановый герметик, то он заделывается пароизоляционной лентой или СтизВ, как и трех-

слойный шов. По сторонам подоконник должен заходить под откос не менее чем на 2 см.

2. *Монтаж отлива.* С внешней стороны устанавливается отлив, обеспечивающий отведение дождевой воды, стекающей по окну, от стены. Установка пластиковых окон по ГОСТу требует и правильного монтажа отлива (рис. 3). Материалом отлива тоже служит ПВХ, но также могут использоваться алюминий, оцинковка, сталь с полимерным покрытием.

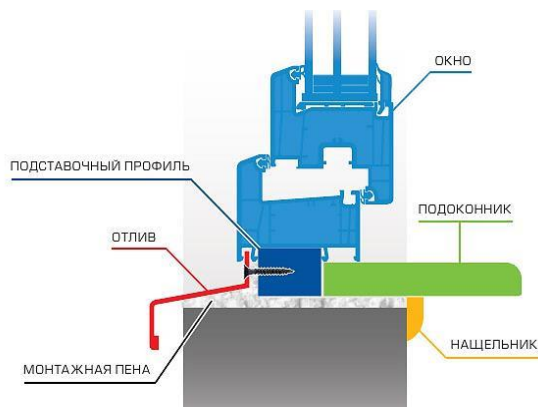


Рис. 3. Схема монтажа отлива

Отлив должен выступать за плоскость стены на 3–5 см, а то и более, в зависимости от ветровой нагрузки. Также необходимо обеспечить наклон плоскости отлива вниз от горизонтали на 5–8°. Крепится отлив к специальному профилю на нижней стороне окна, что обеспечивает защиту от проникновения влаги под раму. С обеих сторон отлив должен заходить под откосы, которые монтируются после установки отлива с внешней и подоконника с внутренней стороны.

3. *Монтаж откосов.* Откосы на окна ПВХ устанавливаются разнообразные – пластиковые, гипсокартонные, штукатурные. Выбор зависит от размеров стены, окна и вида отделки интерьера. Обустройство откосов можно заказать вместе с монтажом окна, или выполнить отдельно, в ходе общего ремонта квартиры. При правильно выполненном монтажном шве, установке отливов и подоконников откосы выполняют только декоративные функции и на герметичность и теплоизоляционные свойства конструкции влияют мало.

Литература

1. ГОСТ 23166-2021. Межгосударственный стандарт. Конструкции оконные и балконные светопрозрачные ограждающие. Общие технические условия – Введ. 01-11-2021. – М: Стандартинформ, 2021 – 7 с.

2. ГОСТ 30971-2012. Межгосударственный стандарт. Швы монтажные узлов примыкания оконных блоков к стеновым проемам. Общие технические условия – Введ. 01-01-2014. – М: Стандартиформ, 2014 – 5 с.

3. «Монтаж пластиковых окон по ГОСТ – подробная инструкция»: [Электронный ресурс]. URL: <https://srbu.ru/otdelochnye-materialy/409-ustanovka-plastikovykh-okon-po-gostu-instruktsiya.html>.

4. «Пособие по подготовке оконного проема для монтажа окна»: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wikipro.ru/wiki/posobie-po-podgotovke-okonnogo-proemadlya-montazha-okna/>.

Е.Н. Кравченко

Научный руководитель к.т.н., доцент О.Е Волкова

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ЦЕНТРА КУЛЬТУРНОГО РАЗВИТИЯ

Здание центра культурного развития в г. Нальчике запроектировано однопэтажным, в плане в виде четырехчастной фигуры, с максимальными размерами в крайних осях 54 × 49 м [1]. Здание разбито на пять независимых конструктивных (динамических) блоков (рис. 1). Конструктивная схема блоков в осях 1-3/А-В; 9-11/М-П; 12-15/Г-Е и 18-21/Ж-Л – рамный каркас в двух направлениях. Геометрическая неизменяемость каркаса блоков в плоскости рам обеспечивается жестким сопряжением ригелей с колоннами и вертикальными связями по колоннам. Необходимость постановки системы связей и увеличения, тем самым степени статической неопределимости каркаса вызвана требованиями 2-й группы предельных состояний, касающихся перемещений всего блока при горизонтальных воздействиях. Колонны, вертикальные связи по колоннам совместно с покрытием, в виде системы из балок покрытия, горизонтальных связей и прогонов, образуют единую пространственную систему, работающую на восприятие всех нагрузок, действующих на блоки.

Конструктивная схема блока в осях 4-8/16-22/У – связевой каркас во всех направлениях в виде равнобедренного пятиугольника в плане. Геометрическая неизменяемость каркаса блока обеспечивается вертикальными связями по колоннам. Колонны, вертикальные связи по колоннам, вместе с покрытием образуют единую пространственную систему, работающую на восприятие всех нагрузок, действующих на здание. Для обеспечения совместной работы горизонтальных частей здания (покрытия) с вертикальными, в конструктивной схеме блока предусмотрено соответствующее решение: к полкам ригелей рам и второстепенных балок приварены «усики», заходящие в тело плиты и соединенные с рабочей арматурой.

Стойки рам каркасов в осях 1-3/А-В; 9-11/М-П; 12-15/Г-Е и 18-21/Ж-Л – сплошнотенчатые прокатные колонные двутавры. Сопряжение колонн с

фундаментами в поперечном и продольном направлении блока – шарнирное. Привязка колонн к осям здания – центральная.

Стойки рам каркаса в осях 4-8/16-22/У – сплошностенчатые электро-сварные прямошовные круглые трубы. Сопряжение колонн с фундаментами в поперечном и продольном направлении блока – шарнирное. Привязка колонн к осям здания – центральная.

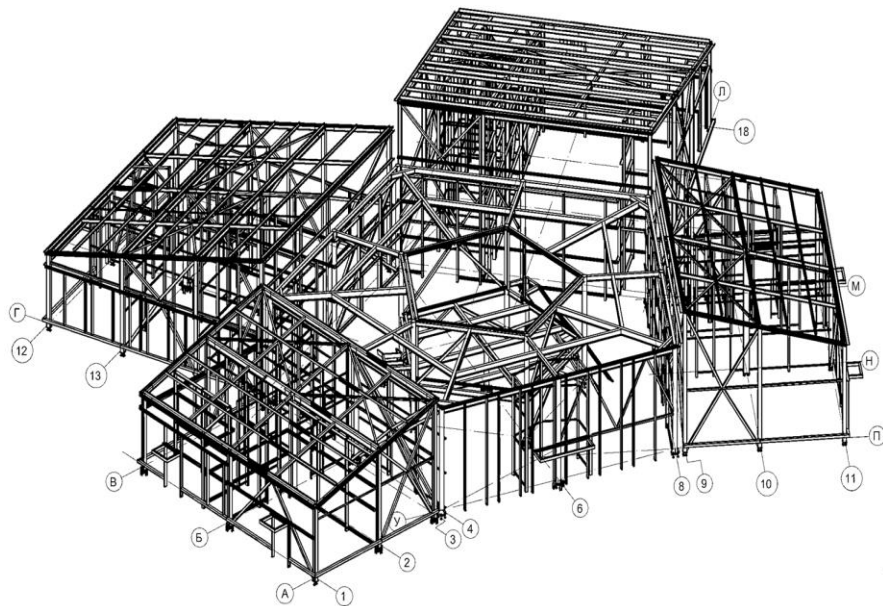


Рис. 1. 3D-визуализация проектируемого здания

Стеновое ограждение запроектировано из панелей типа «сэндвич» заводской сборки толщиной 120 мм. Крепление ригелей наружного стенового фахверка к колоннам каркаса осуществляется таким образом, чтобы обеспечить свободное смещение колонн вдоль стенового заполнения.

Покрытие в осях 1-3/А-В, 9-11/М-П, 12-15/Г-Е и 18-21/Ж-Л запроектирована из панелей типа «сэндвич» заводской сборки толщиной 150 мм по стальным прогонам из прокатного швеллера № 24 и № 20. Покрытие блока в осях 4-8/16-22/У – монолитная железобетонная плита толщиной 150 мм из бетона класса В25 с опиранием на ригели рам и второстепенные балки по четырем сторонам. Фоновое армирование монолитной плиты перекрытия выполнено двумя арматурными сетками по высоте: верхняя из стержней Ø 12 мм с шагом 200 мм в обоих направлениях; нижняя из стержней Ø 10 мм с шагом 200 мм в обоих направлениях. Верхняя дополнительная надпорная арматура – Ø 16 мм, дополнительная нижняя арматура – Ø 16 мм. Вся рабочая арматура класса А500С по ГОСТ 34028-16.

Кровля скатная, с покрытием из кровельных сэндвич панелей по металлическим прогонам и наружным водостоком.

Расчет выполнен с помощью вычислительного комплекса «SCAD++» в составе семейства программных продуктов «SCAD Office 21.1.9.7».

Расчет конструкций каркаса здания выполнен на нагрузки, воздействия и их сочетания, установленные в соответствии с [2, 3].

Расчет конструкций каркаса здания и основания выполнялся на основные и особые сочетания нагрузок с учетом расчетной сейсмической нагрузки. В расчете учтены следующие загрузки: собственный вес несущих элементов, постоянные нагрузки от ненесущих элементов (собственный вес конструкций пола, покрытия, стеновых ограждений и перегородок), полезные нагрузки (временные нагрузки от веса людей и оборудования), снеговые, ветровые и сейсмические нагрузки в различных вариантах сочетаний.

Расчет выполнен с учетом основных и особых сочетаний нагрузок:

- постоянная + временная вертикальная;
- постоянная + временная вертикальная + полная ветровая нагрузка (вариант 1);
- постоянная + временная вертикальная + полная ветровая нагрузка (вариант 2);
- постоянная + временная вертикальная + полная ветровая нагрузка (вариант 3);
- постоянная + временная вертикальная + сейсмическое воздействие по оси X (особое сочетание);
- постоянная + временная вертикальная + сейсмическое воздействие по оси Y (особое сочетание)
- постоянная + временная вертикальная + сейсмическое воздействие под углом 30° (особое сочетание);
- постоянная + временная вертикальная + сейсмическое воздействие под углом 60° (особое сочетание).

Пространственная модель и расчетная схема здания приведены на рис. 2, 3.

Расчетные сочетания перемещений (РСП) узлов расчетных схем вдоль ортогональных осей X и Y выведены в рисунки. В качестве критериев определения РСП приняты экстремальные значения перемещений узла по осям X, Y, Z. К ним добавлены критерии, обеспечивающие поиск экстремального суммарного перемещения и экстремального горизонтального смещения.

Расчетные сочетания усилий (PCY) в элементах расчетных схем представлены в виде огибающих эпюр. Основой выбора невыгодных расчетных сочетаний служит принцип суперпозиции, что предполагает выполнение расчетов, как для линейно работающей системы. Используя принцип суперпозиции, выбираются невыгодные сочетания усилий, которые создают максимальные упругие напряжения в характерных точках или на характерных площадках конечных элементов.

По остальным блокам расчеты выполнялись аналогично.

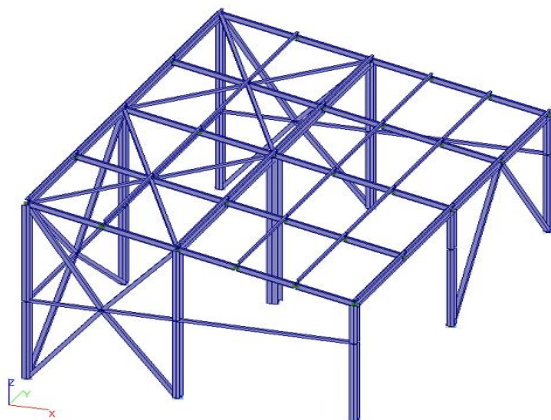


Рис. 2. Пространственная модель каркаса блоков в осях 1-3/А-В и 9-11/М-П

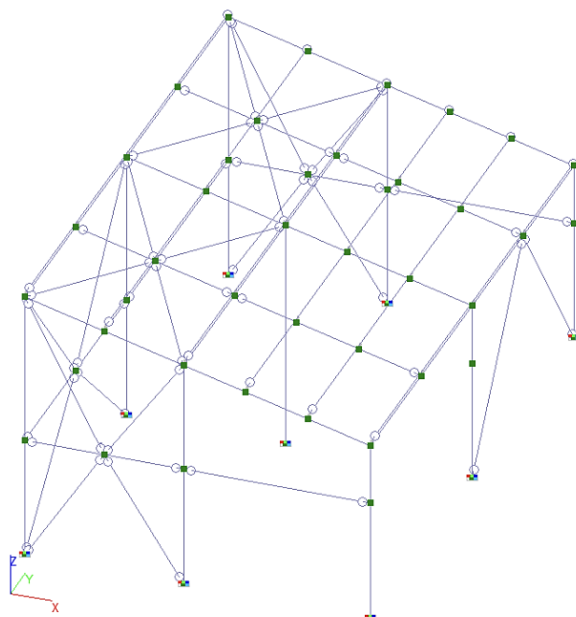


Рис. 3. Расчетная схема каркаса блоков в осях 1-3/А-В и 9-11/М-П

Нагрузка от собственного веса строительных материалов и изделий, ограждающих конструкций принималась на основании данных заводов-изготовителей, принятых проектных решений и фактического расположения. Коэффициент надежности по ответственности учитывается автоматически вычислительным комплексом «SCAD 21.1.9.7» и применяется к нагрузкам.

Схемы распределения и значения аэродинамических коэффициентов среднего давления ветровой нагрузки и коэффициентов μ , используемых для определения снеговых нагрузок принимались в соответствии с рекомендациями, разработанными ГУП «ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко». Пульсационная составляющая ветровой нагрузки определена с использованием вычислительного комплекса «SCAD 21.1.9.7».

При выполнении расчета с учетом сейсмических воздействий, нагрузки соответствовали уровню ПЗ (проектному землетрясению), расчет выполнялся линейно-спектральным методом по [3]. Коэффициент, учитывающий назначение сооружения при сейсмическом воздействии составляет $K_0 = 1,0$.

Коэффициент, учитывающий допустимые повреждения зданий и сооружений при сейсмическом воздействии составляет $K_1 = 0,22$, как для зданий и сооружений со стальным каркасом со связями. Сейсмические массы собраны и приложены в автоматическом режиме средствами вычислительного комплекса «SCAD 21.1.9.7» от собственного веса конструкций, постоянных, полезных, снеговых нагрузок.

По результатам расчетов с учетом неблагоприятных сочетаний нагрузок и воздействий приняты обеспечительные жесткости каркаса здания (рис. 4).

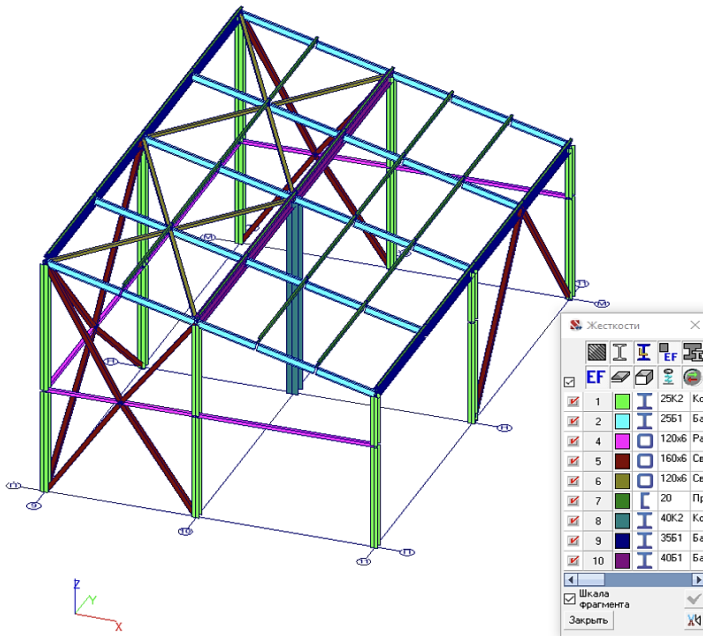


Рис. 4. Цветовая визуализация назначенных жесткостей (сечений) конструктивных элементов расчетной схемы каркаса блоков в осях 1-3/А-В и 9-11/М-П

По результатам совместного анализа всего комплекса данных (инженерно-геологических, инструментальных геофизических исследований) расчетная сейсмичность площадки строительства с периодом повторения $T = 500$ лет (карта А) составляет 8,1 балла. Категория грунтов по сейсмическим свойствам – II. Для перехода от 8-балльной интенсивности к расчетной использовался поправочный коэффициент к инерционным силам – $2 \cdot 8,1 = 2 \cdot 8,0 = 20,1 = 1,072$.

По результатам анализа полученных перемещений каркасов блоков здания можно сделать вывод, что расстановка вертикальных и горизонтальных связей в плане и по высоте здания выполнена оптимально. Данное решение позволило ограничить горизонтальные перемещения каркасов в рамках требований 2-й группы предельных состояний, касающихся перемещений всего каркаса.

Литература

1. Волкова О.Е., Кравченко Е.Н. Современный детский досуговый центр в г. Нальчике / Молодая мысль: наука, технологии, инновации: материалы XVI (XXII) Всероссийская научно-техническая конференция. – Братск: БрГУ, 2024. – 600 с.
2. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – М.: Стандартинформ, 2018. – 95 с.
3. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81.– М.: Стандартинформ, 2018. – 165 с.

А.С. Кривов, А.А. Рубанов

Научный руководитель к.т.н., доцент А.В. Рубанов

Томский государственный архитектурно-строительный ун-т, г. Томск

ОСОБЕННОСТЬ ВОЗВЕДЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЯ АЭРОПОРТА г. ТОМСКА

Здание строящегося аэровокзала ВВЛ аэропорта г. Томска представляет отдельно стоящее четырехэтажное здание с размерами в плане 61,0×60,4 м и является расширением действующего аэропорта.

Фундаменты – свайные. Сваи забивные квадратного сечения. Для устройства свайного поля применялись цельные железобетонные сваи марок С160.40-11 – 476 шт и С140.40-11 – 189 шт. Погружение свай производилось установкой для погружения свай в грунт статическим вдавливанием SUNWARD ZYJ 320 (усилие вдавливания-320тн).

Технологическая последовательность производства работ по погружению ж/б свай С160.40-11 следующая: установка на точку погружения сваи агрегата для погружения свай в грунт SUNWARD ZYJ 320; строповка сваи; подача сваи в зажимной механизм при помощи автокрана КС-55713 (60 тн); расстроповка сваи; установка в точку погружения и погружение сваи в грунт на 1,5 м выше от планировочной отметки; подача додавливающего устройства в зажимной механизм при помощи крановой установки SUNWARD ZYJ

320 для погружения свай до проектной отметки; перемещение агрегата к месту погружения следующей свай.

После погружения всех свай выполняется срубка оголовков механизированным способом. Производится разметка мест вырубки, вырубка бетона из арматурного каркаса гидравлическим инструментом без ручной доработки, перерезка арматуры под проектную отметку. В процессе погружения свай необходимо вести журнал погружения свай. Отклонения свай от проектного положения в плане не должны превышать отклонений, приведенных в [1].

Ростверки – отдельно стоящие, запроектированы из монолитного железобетона. Использовался бетон класса В30, марки по водонепроницаемости и морозостойкости W8 и F200 соответственно. Пример монолитного ростверка представлен на рис. 1.

Общая технологическая последовательность производства работ по устройству монолитных ростверков включала следующие строительные процессы: монтаж инвентарной щитовой опалубки в соответствии с конфигурацией монолитного элемента; армирование монолитной конструкции с использованием арматурных сеток и каркасов; бетонирование ростверка с использованием автобетононасоса; выдерживание бетона с обеспечением требуемой прочности; демонтаж опалубки.

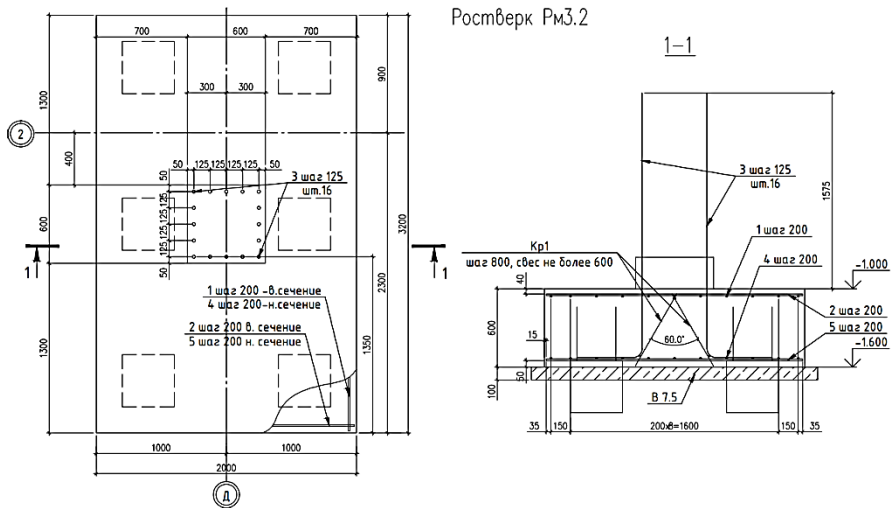


Рис. 1. Конструкция монолитного ростверка

Одной из основных задач в процессе выдерживания бетона монолитных конструкций является не допустить его замораживание и обеспечить требуемую величину прочности бетона (не менее 70% проектной прочности). Для её решения необходимо было выбрать метод зимнего бетонирования. Выбор метода выдерживания бетона монолитных ростверков и расчет его техноло-

гических параметров инженерным методом [2] был выполнен нами в работе [3].

В дальнейшей работе производилось компьютерное моделирование тепловой обработки монолитного ростверка с помощью программы Elcut Pro. В программном комплексе была построена плоская модель конструкции с соблюдением геометрических размеров и состоящая из конечных элементов – блоков. Затем отдельным блокам задавались требуемые свойства и происходило разбиение блоков на сетку конечных элементов (рис. 2).

Монолитный ростверк бетонировался при температуре наружного воздуха $t_{\text{нв}} = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и скорости ветра $v = 5\text{ м/с}$. Начальная температура бетона $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Применялся метод электротермообработки бетона с помощью нагревательных проводов. В результате моделирования в программном комплексе Elcut Pro были получены следующие температурные поля (рис. 3).

С использованием функционала надстройки WinConcret были определены величины прочности бетона в отдельных сегментах конструкции (рис. 4).

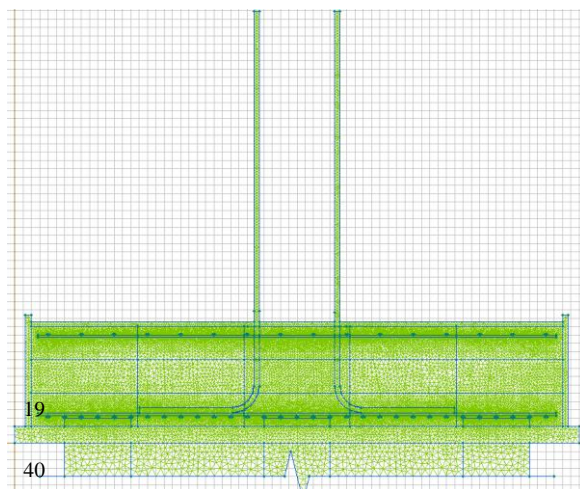


Рис. 2. Поперечное сечение ростверка с сеткой конечных элементов

На рис. 4 в качестве примера представлены расчетные величины изменения температуры и прочности бетона в процессе выдерживания (блок №40 на рис. 2). По результатам моделирования установлено, что после выдерживания в течение 72 ч, при остывании бетонной смеси до температуры $+17\text{ }^{\circ}\text{C}$, прочность бетона составляет $70\% R_{28}$, что является необходимым условием в процессе производства бетонных работ. В блоке №19 (рис. 2) прочность составила $80\% R_{28}$.

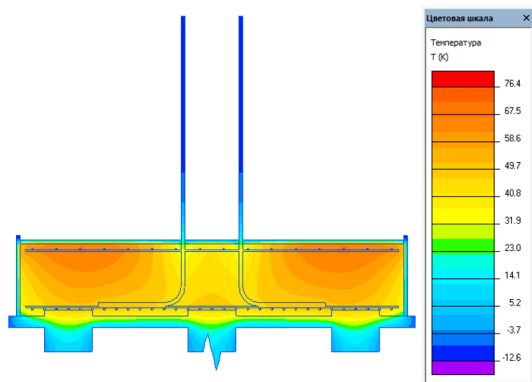


Рис. 3. Температурное поле после 42 ч при $t = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$

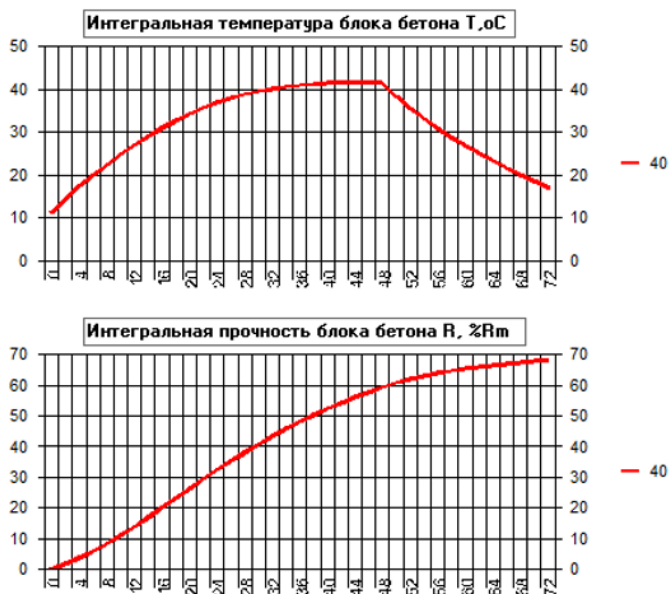


Рис. 4. Температурное поле после 42 ч при $t = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$

Таким образом, применение компьютерного моделирования метода электротермообработки бетона с помощью программного комплекса Elcut Pro позволило подобрать такие условия выдерживания, чтобы бетон набрал требуемую прочность, необходимую для дальнейшего производства работ. Это не приведет к снижению темпа возведения здания аэровокзального комплекса.

Литература

1. СП 45.13330.2017. Свод правил. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87.
2. Зимнее бетонирование с применением нагревательных проводов. МДС 12-48.2009. – М.: ОАО ЦПП, 2009. – 18 с.
3. Гагина Д.А., Рубанов А.А., Рубанов А.В. Бетонирование ростверков при строительстве аэровокзального комплекса ВВЛ международного аэропорта г. Томска // Избранные доклады 69-й Университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. – Томск, 2023. – С. 102-105.

А.С. Лаврухина

Научный руководитель к.т.н., доцент И.В. Дудина

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск

УМЕНЬШЕНИЕ ЗАТРАТ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

Объект строительства – «Магазин розничной торговли», расположенный по адресу: Иркутская обл., г. Братск, жилой район Гидростроитель, ул. Гайнулина, 1а.

Высота помещения магазина до низа несущих конструкций в проекте принята 4,0 м.

Здание магазина одноэтажное прямоугольное в плане с размерами в осях 72,00 м × 12,75 м.

Кровля – двускатная с неорганизованным наружным водостоком из стального оцинкованного листа С44-1000-0.7 с цветным полимерным покрытием RAL4005 по стальным прогонам и теплоизоляцией в 3 слоя.

Стеновое ограждение из стального оцинкованного листа С18-1000-0.5 с теплоизоляцией в 2 слоя по 50 мм.

Фундамент в осях 1-12 стоит на существующем подвальном перекрытии, состоит из монолитной плиты из бетона В20 F100, армированной сетками Ø 12 А400 в обоих направлениях. Фундамент здания по осям 13-17 железобетонная монолитная ребристой плита из бетона В20 F100, ребра армируются каркасами Ø 10 А400 и Ø 14 А400 скрепленные между собой стержнями Ø8 А400, плита армируется сетками Ø 10 А400 в обоих направлениях.

За отметку 0,000 принята отметка, соответствующая верху существующей плиты перекрытия подвала.

Окна из ПВХ профилей индивидуального заказа.

Внутренняя отделка стен помещения – покраска, обои под покраску и керамическая плитка.

Полы монолитные железобетонные с покрытием керамической плиткой и линолеумом. Полы выполнены согласно СП 29.13330.2011 «Полы».

Каркас здания:

Колонны – из прокатного двутавра и труб квадратного сечения.

Фермы покрытия – из прокатного двутавра и труб квадратного сечения.

Балки покрытия – из прокатного двутавра.

Прогоны кровельные – из гнутых швеллеров.

Для придания пространственной жесткости и устойчивости каркаса здания применены вертикальные связи.

Материал несущих конструкций – сталь С 345-1,3 ГОСТ 27772-88*.

Соединения конструкций выполнены на болтах и сварке. Сварка ведется электродами Э42А, Э46А (ГОСТ 9467-75*).

Расходы на подготовку первоначальной проектной документации составили 450 000 руб.

Проанализировав предоставленную проектную документацию, было принято решение по переработке первоначальной проектной документации по части КМ (конструкции металлические), с целью уменьшения металлоемкости здания. Стоимость разработки нового проекта КМ (конструкции металлические) составит 200 000 руб. Предполагаемые сроки подготовки нового пакета проектной документации – 20 календарных дней с поэтапной выдачей чертежей в печать. Для изготовления металлоконструкций необходимо также проектирование чертежей марки КМД (конструкции металлические деталеровочные).

Приобретение металлопроката и изготовление металлоконструкций будет производиться в г. Улан-Удэ, бетон и арматура будут приобретаться в городе строительства. Монтаж элементов здания будет выполняться местными строительными-монтажными организациями Братска.

Для определения стоимости строительства нужно учитывать все необходимые материалы и предусмотренные виды работ. Определим стоимость строительства одного и того же здания по исходному проекту и по документации с внесением изменений.

При выполнении проектных работ были выполнены все необходимые расчеты в нескольких вариантах, был изучен рынок металлопроката, определены изготовители, логистика и монтажная организация (в городе строительства).

По сравнению с первоначальным проектом была понижена высота здания по согласованию с «Заказчиком» и предоставлением компоновки с применением меньшей высотной отметки относительно исходных данных.

Сравнительный анализ массы конструкций здания до и после изменений показал, что разница составляет 26,26 т.

После выполнения проектных работ, было установлено, что нагрузки на фундаменты были уменьшены по сравнению с первоначальным проектом. Для экономии времени было принято решение скорректировать только крепления колонн здания к фундаментам. Конструктив фундаментов и их металлоемкость были оставлены без изменений.

Результаты расчёта приведены в таблице, которая показывает смету на «Магазин розничной торговли», как до внесения изменений в проектную документацию, так и после ее корректировки.

Стоимость строительства промышленного здания в целом представлена в табл. 1.

Таблица 1

Стоимость строительства объекта

Параметр	Объем		Ед. изм.	Общая стоимость, руб.	
	До корректировки	После корректировки		До корректировки	После корректировки
Инженерно-геологические изыскания	80	80	м	240 000	240 000
Стоимость проектных работ	-	-	-	450 000	650 000
Вертикальная планировка территории	2	2	смен	32 000	32 000
Устройство фундаментов	-	-	-	952 143,6	952 143,6
Стоимость материалов	-	-	-	670 621,3	670 621,3
Стоимость монтажных работ	55,21	55,21	м ³	281 522,3	281 522,3
Металлоконструкции	90,67	64,41	т	8 350 081	5 803 577
Стоимость металлопроката	90,67	64,41	т	4 119 045	2 796 749
Изготовление металлоконструкций	90,67	64,41	т	2 429 956	1 726 188
Транспортировка до площадки строительства	90,67	64,41	т	305 025	217 875
Монтаж металлоконструкций	90,67	64,41	т	1 496 055	1 062 765
Ограждающие конструкции	6225,5	6225,5	м ²	9 212 844,8	9 212 844,8
Стоимость сэндвич-панелей и комплектующих к ним	6225,5	6225,5	м ²	6 481 524,8	6 481 524,8
Транспортировка до площадки строительства	6225,5	6225,5	м ²	348 600	348 600
Монтаж ограждающих конструкций	6225,5	6225,5	м ²	2 382 720	2 382 720
Устройство полов	489,6	489,6	м ³	4 453 722	4 453 722
Стоимость материалов	489,6	489,6	м ³	3 499 002	3 499 002
Устройство пола	489,6	489,6	м ³	954 720	954 720
Итого:				23 690 791,4	21 344 287,4

Определим процентное соотношение стоимости отдельных этапов строительства к общей стоимости строительства объекта (табл. 2).

Таблица 2

Процентное соотношение стоимости отдельных этапов строительства
к общей стоимости строительства объекта

После корректировки проекта			До корректировки проекта		
Параметр	Стоимость, руб.	%	Параметр	Стоимость, руб.	%
Подготовительный этап	922 000	4,32	Подготовительный этап	722 000	3,05
Фундаменты	952 143,6	4,46	Фундаменты	952 143,6	4,02
Металлоконструкции	5 803 577	27,19	Металлоконструкции	8 350 081	35,25
Ограждающие конструкции	9 212 844,8	43,16	Ограждающие конструкции	9 212 844,8	38,88
Монолитные пол	4 453 722	20,87	Монолитный пол	4 453 722	18,8
Итого:	21 344 287,4	100	Итого:	23 690 791,4	100

При сравнительном анализе для одного и того же производственного здания, но по двум различным проектам (только по части КМ) с учетом всех операций по изготовлению, логистике и монтажу экономия составила 2 346 504 рубля, что составляет порядка 11% от всей стоимости строительства объекта производственного назначения.

Методика проектирования, приведенная в данном примере, подразумевает участие только квалифицированных специалистов на всех этапах проектирования. При грамотном внедрении алгоритмов определения стоимости строительства на стадии проектирования сокращение затрат может быть значительным.

Р.Н. Лыскова

Научный руководитель к.т.н., доцент Т.Ф. Шляхтина

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск

ТЕХНОЛОГИЯ УКЛАДКИ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ДОРОЖНОЕ ПОЛОТНО

Применение геосинтетических материалов становится все более распространённым в современном дорожном строительстве. Это инновационная технология, которая позволяет значительно повысить качество и долговечность дорожных покрытий. Однако, внедрение геосинтетических материалов в дорожное полотно требует специального подхода и выполнения определенной последовательности действий для наиболее эффективного внедрения данных материалов в дорожном строительстве.

Геосинтетические материалы представляют собой композитные структуры, состоящие из разнообразных слоев, таких как габардин, текстиль или полимерная пленка [1]. Они применяются для улучшения характеристик дорожного покрытия, включая прочность, устойчивость к разрушениям и водонепроницаемость.

Выявлены следующие преимущества внедрения геосинтетических материалов в отрасль дорожного строительства:

1. Повышение долговечности дорожного полотна: геосинтетики, такие как геотекстиль, георешетки и геомембраны, обеспечивают равномерное распределение нагрузки и предотвращают деформацию основания дороги, что существенно увеличивает срок службы дорог.

2. Предотвращение эрозии и увеличение устойчивости: геосинтетические материалы помогают контролировать эрозию почвы и способствуют укреплению откосов и берегов. Они стабилизируют грунт, предотвращая его размывание и обеспечивая надежность дорожного основания.

3. Экономическая эффективность: внедрение геосинтетиков позволяет существенно снизить расходы на строительство и обслуживание дорог. Например, использование георешеток может сократить объем требуемого грунта и других строительных материалов, а также уменьшить трудозатраты.

4. Ускорение строительных процессов: геосинтетические материалы облегчают и ускоряют монтажные работы. Их использование значительно сокращает время, необходимое для строительства объектов инфраструктуры.

5. Экологические преимущества: геосинтетики способствуют защите окружающей среды, снижая негативное воздействие строительных работ. Они уменьшают потребность в добыче природных материалов и помогают минимизировать разрушительное влияние на ландшафт.

6. Улучшение дренажа: геоматериалы, такие как геосетки и геокомпози́ты, способствуют эффективному водоотводу, предотвращая застойные явления и тем самым защищая дорожное полотно от разрушения.

7. Адаптивность и многофункциональность: существует широкий спектр геосинтетических материалов, которые можно адаптировать для различных условий и типов грунта. Это означает, что они могут быть применены в самых разных климатических и геологических условиях [5].

Для обеспечения долговечности и надежности дорожного покрытия необходимо учитывать характеристики дорожного полотна, климатические условия, нагрузки и интенсивность движения. Такие геосинтетические материалы, как геотекстиль, геосетка, геомембрана и геокомпозит, используются в дорожном полотне для усиления его прочностных свойств, стабилизации дорожного покрытия, а также для улучшения дренажных систем и разделения слоев.

Ключевую роль в успешной реализации проекта также играет выбор оптимальной толщины и правильного типа геосинтетического материала. Ниже представлены основные направления дорожного строительства и типы геосинтетических материалов, используемых в данных видах работ.

1. Укрепление земляного полотна и дорожного основания: применяются георешётки и геотекстиль, необходимые для усиления грунта и увеличения несущей способности дорожного основания, предотвращая его деформацию под нагрузкой.

2. Дренажные системы: используются геотексти́ли и геокомпозиты, необходимые для обеспечения эффективного водоотведения из дорожного ос-

нования, предотвращая скопление воды и защищая конструкцию от разрушения по причине вымораживания и размыва.

3. Стабилизация откосов и берегов: используются георешётки, геотекстиль и габионные сетки, необходимые для стабилизации склонов и откосов дорог, защищая их от эрозии и оползней.

4. Устройство слоев разделения и фильтрации: в качестве разделительного слоя между различными слоями дорожного полотна, для предотвращения перемешивания материалов и для фильтрации воды применяется геотекстиль.

5. Армирование асфальтобетонных покрытий: для увеличения прочности асфальтобетонного покрытия и предупреждения образования трещин применяются геосетки и геосинтетические армирующие сетки.

6. Защита дорожного полотна от проникновения в него воды и химикатов: используются гидроизоляционные мембраны, позволяющие также увеличить долговечность дорожных конструкций.

7. Шумоизоляционные барьеры: геосинтетические материалы могут быть частью систем шумозащиты, устанавливаемых вдоль дорог для уменьшения акустического воздействия на окружающую среду.

8. Экологические барьеры: геосинтетики также используются для создания экобарьерных систем, предотвращающих распространение загрязняющих веществ с поверхности дорог в грунт и водоемы [6].

Несмотря на то, что для повышения прочности, устойчивости и долговечности дорожного полотна использование геосинтетических материалов является инновационной и незаменимой технологией, для успешного внедрения данных материалов необходимо соблюдать правильную технику укладки.

Одной из важных технических особенностей укладки геосинтетических материалов является выбор оптимальных методов их крепления и закрепления на подготовленной поверхности. Такие методы, как шпунтование, клеевое соединение, термосварка и другие, помогают обеспечить надежное и долговечное соединение между геосинтетическим материалом и подложкой. Более того, для обеспечения надежного соединения геосинтетических материалов чаще используется сварка геоматериалов.

Другой, не менее важной особенностью, является правильная подготовка подложки перед укладкой геосинтетического материала, включающая в себя очистку поверхности, устранение препятствий и неровностей, а также учет характеристик грунта, на котором будет размещен материал. Кроме того, необходимо учитывать и такие дополнительные факторы, как наличие воды, интенсивность транспортного движения и другие, которые могут повлиять на укладку и эксплуатацию геосинтетического материала [7].

Также, при укладке геосинтетических материалов важно обратить внимание на их правильную ориентацию. Некоторые материалы имеют направление, в котором они обеспечивают наилучшие свойства, потому необходимо соблюдать указания производителя касательно ориентации и размещения материалов.

Таким образом, процесс укладки геосинтетических материалов в дорожное полотно включает в себя несколько основных этапов, позволяющих, при их соблюдении, обустроить наиболее качественное дорожное полотно, тем самым, продлив его срок службы и повысив безопасность на дорогах. Основные технологические слои дорожного полотна с применением геосинтетических материалов отображены на рис. 1.

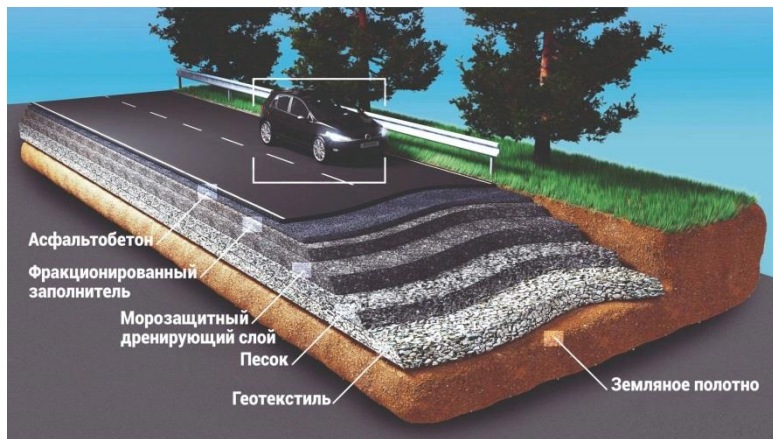


Рис. 1. Слои дорожного полотна с использованием геосинтетиков

Технология внедрения геосинтетических материалов в дорожное полотно является важным аспектом, требующим тщательного внимания. Именно от технологии внедрения геоматериалов, зависит эффективность использования дорожного полотна в целом.

Перед тем как приступить к укладке геополотна, проводятся подготовительные работы на всей площади, которая будет служить основанием. Удаляются имеющиеся пни и булыжники, засыпаются канавы и рытвины грунтом. Для фрезерования используется специальная техника – дорожные фрезы. Толщина срезанного слоя зависит от целей и характеристик грунта и может варьироваться от 20 до 80 мм. При необходимости ремонта дороги минимальный слой верхнего пласта синтетического полотна снимается, а при полной реконструкции – максимальный. При капитальном ремонте дорожная сетка-канва полностью оголяется и затем извлекается из асфальтобетонного слоя. После этого основание выравнивается, очищается от пыли и крошки, а пустоты и трещины заполняются битумной эмульсией для окончательной подготовки.

Непосредственно перед раскатыванием рулонов на подготовленных участках устанавливается опалубка. Далее на поверхность укладывают рулоны геотекстиля по всей ширине таким образом, чтобы его края выходили за пределы насыпи.

Укладка геосинтетических материалов включает в себя раскатывание рулонов на подготовленной поверхности и стыковку полотен с минимальным перекрытием в зависимости от типа материала и рекомендаций производителя. При этом необходимо строго соблюдать технологический процесс и рекомендации производителя. Геосинтетический материал должен быть растянут и размещен на подложке таким образом, чтобы исключить возможность образования складок, изгибов или повреждений.

Следующим этапом является соединение геосинтетических материалов. Крепление геоматериала осуществляется с помощью анкеров, гвоздей или других крепежных элементов для фиксации материала на месте и предотвращения его смещения. Во время укладки может потребоваться соединение нескольких листов геосинтетических материалов, в частности, при укладке более широких дорожных полотен. Для этого используются специальные методы соединения, такие как накладные швы или сварка

После укладки рулонов геотекстиля на них отсыпают песок. Слой песка должен составлять не менее 30 сантиметров. У краев насыпи формируется валик шириной и высотой по 50 сантиметров. Уплотняют песок до необходимой величины с помощью катка. После этого свободные края геотекстиля заворачивают через валики и закрепляют нагелями.

Перед укладкой асфальта необходимо задать уклон дорожному полотну в том направлении, где будет осуществляться сбор дождевой воды, и располагаться ливневая канализация. Оптимальная величина уклона составляет 5-10 мм на 1 метр. Для определения точного угла уклона используются нивелиры [4].

После выполнения вышеперечисленных этапов, необходимо осуществить контроль качества выполненных работ, включающий в себя проверку укладки и фиксации геосинтетического материала, а также удостоверение отсутствия повреждений и дефектов материала. Данный этап является завершающим и необходим для того, чтобы проверить соблюдение всех технологий и стандартов дорожного строительства, соответствующих специфике проекта и используемого геосинтетического материала [3].

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что использование геосинтетических материалов в дорожном строительстве является важным и перспективным направлением развития современного дорожного строительства, требующим соблюдения всех технологических процессов, необходимых для дальнейшего и эффективного использования дорожного полотна. Правильный выбор типа и характеристик геосинтетических материалов, а также тщательное соблюдение технологических требований, обеспечивают максимальную эффективность их применения.

Литература

1. ГОСТ Р 55028-2012. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Классификация, термины и определения: дата введения 01.04.2013. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 8 с.

2. Григорьев А.П. Эффективность применения геосинтетиков в дорожном строительстве // Журнал «Строительство и архитектура». – 2017. – №5. – С. 78-85.

3. Иванов И.И., Петров П.П. Особенности применения геосинтетических материалов для укрепления дорожных полотен // Сборник научных трудов «Инженерные коммуникации». – 2019. – С. 205-215.

4. Кондратьев В.В., Еленкин, Д.А. Применение геосинтетических материалов для устройства дорожных покрытий // Научно-технический журнал «Дороги и мосты». – 2015. – №3. – С. 45-54.

5. Костин В.И. Геосинтетические материалы в дорожном строительстве [Электронный ресурс]: учеб. – метод. пос./ В.И. Костин; Нижегород. гос. архитектур. – стрит. ун-т – Н. Новгород: ННГАСУ, 2022. – 145 с., ил. 85. 1 электрон. опт. диск (CD-RW) Костин, В.И. Геосинтетические материалы в дорожном строительстве: учебно-методическое пособие / В.И. Костин. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2022. – 145 с) (дата обращения: 18.05.2024 года).

6. Попов Н.Н., Сидоров А.В. Опыт применения геосинтетических материалов при строительстве дорожных покрытий // Конференция по дорожному строительству. – 2018 – С. 78-88.

7. Федоров А.А. Анализ влияния применения геосинтетических материалов на долговечность дорожных покрытий // Научно-практический журнал «Транспортные системы и технологии». – 2016. – №2. – С. 33-42.

И.К. Маслов

Научный руководитель к.т.н., доцент А.М. Курицына

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТСКОЙ ПОЛИКЛИНИКИ В Г. АРХАНГЕЛЬСКЕ

Проектируемая детская поликлиника на 500 посещений в смену с дневным стационаром на 15 мест расположена в жилой застройке района «Березник» г. Архангельска. Площадь отведённого участка – 9738,00 м².

Здание имеет сложную П-образную форму с размерами в осях 47,6 × 46,75 м и переменную этажность. Высота этажа 3,6 м, что обусловлено функциональным зонированием и взаимосвязью медицинских отделений.

В надземной части здания предусмотрена возможность пребывания маломобильных групп населения, в связи с чем, в здании запроектированы зоны безопасности, которые размещены в холлах лифтов для транспортирования пожарных подразделений.

Участок под строительство по физико-географическим характеристикам относится ко ПВ климатическому подрайону с умеренно-континентальным климатом, с холодной зимой и умеренно жарким летом, зона влажности – 3 (сухая), с параметрами:

- расчетная температура наружного воздуха – минус 27 °С;
- нормативное значение ветрового давления – 0,3 кПа;
- господствующее направление ветра – ЮЗ;
- снеговой район – III;

- нормативная глубина промерзания глинистых грунтов – 1,32 м.

Детская поликлиника представляет собой 4-х этажное здание с подвальным этажом. Главный фасад здания ориентирован на северо-запад. Здесь располагается главный вход в поликлинику, возле которого предусмотрены зоны для размещения детских колясок и санок зимой, защищённые навесом от осадков. Дети поступают на прием к врачу в поликлинику через помещение фильтра, который имеет отдельный вход с улицы.

Для создания благоприятных условий пребывания на территории детской поликлиники предусмотрено устройство площадок различного назначения, дорожек, тропинок, установка малых архитектурных форм.

В подвальном помещении поликлиники запроектировано размещение гардеробной верхней и рабочей одежды персонала отдельно для мужчин и женщин; душевые; санузлы; центральное стерилизационное отделение (ЦСО), помещение для хранения мед. отходов класса А, Б, Г; кладовая дезинфицирующих средств; прачечная, комната хранения вакцин, помещение IT-инженеров, серверная, инженерные помещения, состоящие из водомерного узла с насосом пожаротушения, насосной, теплового пункта, венткамеры и др.

На первом этаже размещены вестибюль, гардероб, регистратура, колл-центр, кабинет педиатра неотложной помощи, фильтрбокс, кабинет инфекциониста, комната для приема МГН, кабинет забора материала, помещение приема анализов, кабинет травматолога, процедурная рентгенодиагностики, фотолaborатория, санитарные узлы для пациентов и персонала.

На втором этаже предусмотрены дневной стационар на 15 коек; лечебно-профилактическое отделение, кабинет педиатров (7шт.), кабинет здорового ребенка, прививочный кабинет, процедурная для прививок, кабинет ЭКГ, кабинет УЗИ, сан.узлы для пациентов и персонала и сан. узел для МГН.

Третий этаж отведён для отделения физиотерапии, кабинета хирурга/ортопеда, кабинета невролога, кабинета охраны зрения, кабинета гинеколога, кабинета кардиолога, кабинета психолога, кабинета гастроэнтеролога, кабинета оториноларинголога, кабинета уролога, кабинета офтальмолога с темной комнатой, санитарные узлы для персонала и пациентов (мужской и женский).

На 4 этаже запроектировано эндоскопическое отделение, кабинеты: врача медико-социальной помощи, нефролога, врача по медицинской реабилитации, эндокринолога, логопеда, кабинет исследования внешнего дыхания, кабинет аллерголога-иммунолога, зал лечебной физкультуры, телемедицина, конференц-зал, кабинет заведующего, картотека, кабинет главной медицинской сестры, сан. узлы для персонала и пациентов (мужской и женский).

Конструктивное решение здания – монолитный железобетонный каркас по фундаментной плите, толщиной 500мм с переменным шагом колонн 3,0-3,3м. Подвальный этаж утепляется снаружи экструзионным пенополистиролом ТехноНИКОЛЬ Carbon eco fas t=100мм.

Внутренние стены и перегородки запроектированы из кирпича с последующей штукатуркой с двух сторон, гипсокартонных перегородок с Звуко-

Защитой ISOVER, а также комбинированных перегородок, образующих техническую нишу в местах прокладки коммуникаций. В местах прокладки инженерных коммуникаций перегородки двойные – из кирпича толщиной 120 мм и ГКЛ по металлическому каркасу, образующие техническую нишу.

Сборные перегородки выполнены по системе «Гургос» – гипсокартонные системы по стоечным профилям ПС-Гургос-Ультра с обшивкой листами ГКЛ (в соответствии с альбомом технических решений SAINT-GOBAIN).

Наружные ограждающие конструкции – стены из силикатного кирпича толщиной 250 мм. Для фасада использовано два способа отделки:

а) Основной способ – фасадная система с теплоизоляцией и наружным штукатурным слоем. Теплоизоляционный слой из минераловатных плит, закрепляемых на стенах клеем и дюбелями и армированного стеклянкой сеткой базового штукатурного слоя и защитно-декоративного покрытия;

б) Вентилируемый фасад – способ отделки выступающих элементов здания выполнены по системе вентилируемых фасадов «Металл Профиль».

Подвал (выше уровня земли, приямки, выходы из подвалов) отделан фасадными кассетами по металлическому каркасу с утеплителем.

Все варианты отделки фасада имеют класс пожарной опасности К0-непожароопасные системы.

Кровля запроектирована плоская, с внутренним водостоком. Высота парапета кровли – 1,2 м.

Окна из ПВХ с 2-х камерным стеклопакетом с поворотно-откидным открыванием и микропроветриванием. Класс расчетного сопротивления теплопередаче – Г1.

Входные площадки перед наружными дверями, оборудованные пандусами и навесами, имеют размеры в плане не менее 2,2 × 2,2 м. Высота ограждающих конструкций на площадках составляет 0,9 м.

Высота ограждения внутренних лестниц составляет 1,2 м, лестницы имеют дополнительные поручни на высоте 0,9 и 0,5 м (по обеим сторонам лестниц), лестницы имеют ограждение вертикальными элементами с расстоянием не более 0,1 м между соседними элементами.

В цветовой гамме фасадов использовано сочетание ярких цветов на фоне спокойных белых и серых оттенков. Яркие акценты желтого и оранжевого цвета расположены таким образом, который позволяет сгруппировать хаотично расположенные проемы в общие цветовые фрагменты фасада.

Во всех помещениях для пола применяются покрытия, исключающие скольжения. Во всех лестничных клетках для отделки стен и потолков применена краска «Для путей эвакуации» КМ0, для полов – противоскользящая керамогранитная плитка

Для внутренней отделки стен применена краска «Для путей эвакуации» КМ0, для отделки потолков – подвесной потолок «DUNE NG Armstrong», для полов – противоскользящая керамогранитная плитка.

Естественная освещенность помещений с постоянным пребыванием людей обеспечивается ориентацией здания по генплану, расположением оконных конструкций по периметру здания, светлой окраской внутренних

поверхностей ограждающих конструкций помещений. Все помещения с длительным пребыванием людей имеют глубину помещений не более 6 метров, и имеют естественное освещение. Среднее значение соотношения оконных проемов к площади пола составляет 1/5.

Коэффициент естественной освещенности (КЕО) в кабинетах хирургов, травматологов, педиатров, инфекционистов, процедурных принят не менее 1,5 %, в кабинетах функциональной диагностики, эндоскопических кабинетах, палатах детских отделений, кабинетах взятия проб – не менее 1,0 %, в кабинетах рентгеновских снимков, комнатах кормления детей не менее 0,7 % с учетом коэффициента светового климата. Площадь световых проемов помещений принята по расчетам в соответствии с требованиями табл. 2 п.п. 103-180, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий». В течение рабочего дня естественное освещение дополняется искусственным освещением с использованием светодиодных светильников.

Оценка ожидаемого уровня шума и требуемая звукоизоляция воздушного и ударного шума ограждающими конструкциями здания приняты в соответствии с СП 51.13330.2011 «Защита от шума».

Помещения инженерно-технического назначения, являющиеся источниками повышенного шума и вибрации, расположены обособленно и не граничат с кабинетами и помещениями с пребыванием персонала и посетителей поликлиники.

Помещения индивидуального теплового пункта и насосной изолированы от воздействия шума дополнительной звукозащитой в ограждающих конструкциях. Для защиты смежных помещений от вибраций оборудования в полах применено устройство «плавающего» пола.

Вентиляционные каналы учреждения размещены в перегородках-нишах, обеспечивающих полную изоляцию каналов от помещений с пребыванием людей. В местах примыкания вентиляционных каналов к перегородкам изоляция выполнена листами ГКЛ (ГКЛВ в местах повышенной влажности) со звукоизолирующим заполнением, с уровнем звукоизоляции 51 дБ.

Направление открывания дверей приняты по направлению путей эвакуации, за исключением помещений с количеством находящихся в них людей менее 5 человек. Открывание дверей внутрь помещений выполнено для возможности беспрепятственного посещения процедурных и кабинетов маломобильными группами населения (МГН).

В поликлинике предусмотрена процедурная рентгенодиагностики. В данном помещении заложен телеуправляемый рентгеновский диагностический аппарат (далее «РИМ»). Согласно данным поставщика для «РИМ» максимально допустимая доза облучения в защищенной рабочей зоне не будет превышать 5 мЗв/год (0,5 Р/год). Для отделки стен проектом предусмотрена защита – барито-бетонная штукатурка. В окнах рентгенодиагностики предусмотрены защитные ставни на высоту 2 метра от отмостки здания. Двери, ведущие в процедурную предусмотрены с защитой – 1,2–1,5 мм Pb.

Для обеспечения соответствия здания установленным требованиям энергетической эффективности, выполнены следующие мероприятия:

- в наружных стенах здания, а также в покрытии поликлиники использованы материалы с высокими теплотехническими характеристиками;
- в качестве оконных конструкций использованы блоки из ПВХ-профилей с заполнением двухкамерными стеклопакетами;
- индивидуальный тепловой пункт объекта строительства оснащен приборами, позволяющими регулировать показатели теплоносителя в зависимости от климатических характеристик наружного воздуха;
- для теплоизоляции систем инженерных коммуникаций (теплоснабжения, горячего водоснабжения, вентиляций) использованы современные теплоизоляционные материалы;

При эксплуатации здания необходимо соблюдать следующие мероприятия по требованиям энергетической эффективности:

- контроль за целостностью и герметичностью наружных конструкций здания;
- контроль и обслуживание всех приборов инженерных коммуникаций в соответствии с требованиями технической документации производителей.

Принятые проектные решения, соответствующие современным нормативам, обеспечат безопасное и комфортное пребывание пациентов и сотрудников в поликлинике.

А.Н. Менухова

Научные руководители к.т.н., доцент О.Е. Волкова, доцент М.Д. Сорока

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МУЗЫКАЛЬНОЙ ШКОЛЫ В г. НОВОСИБИРСКЕ

Здание проектируемой музыкальной школы в г. Новосибирске имеет в плане сложную форму, что связано с конфигурацией участка, его ориентацией по сторонам света.

Проектируемое здание сложной конфигурации и переменной этажности (4-5 этажей) с подвалом и совмещенной плоской кровлей, с размерами сторон многоугольника по крайним осям $23,52 \times 32,345 \times 37,54 \times 41,95$ м. Высота здания разновысотных блоков здания от отметки чистого пола до парапета 10,60 м и 19,50 м соответственно. Высота надземных этажей – 3,9 м и 4,8 м, высота подвального этажа – 3,6 м. За нулевую отметку принят уровень пола первого этажа, соответствующий абсолютной отметке 168,40 [1].

Конструктивная схема здания музыкальной школы – полный монолитный железобетонный каркас на монолитной железобетонной фундаментной плите. Пространственная жесткость и устойчивость здания обеспечивается совместной работой монолитных колонн каркаса здания с жесткими дисками монолитно-ребристых перекрытий, имеющих жесткие узлы сопряжения,

а также жесткой заделкой колонн каркаса в монолитные конструкции фундаментной плиты. Для увеличения жесткости фундаментной части здания наружные стены подвала запроектированы монолитными с жестким сопряжением с монолитной железобетонной фундаментной плитой.

Класс сооружения КС-2. Уровень ответственности здания – нормальный. Коэффициент надежности по ответственности в расчетах принят 1,0.

Колонны каркаса – монолитные железобетонные сечением 400×400 мм из бетона класса В25 F75 W4 и арматуры класса А500С. Колонны под балки покрытия над актовым залом – монолитные железобетонные сечением 400×600 мм до низа металлических балок покрытия, и сечением 400×300 мм выше из бетона класса В25 F75 W4 и арматуры класса А500С. Перекрытия и покрытие – монолитно-ребристые, состоящие из плитной части толщиной 160 мм и выступающими вниз ребрами сечением 400×340 мм. Монолитные перекрытия и покрытия запроектированы из бетона класса В25 F75 W4 и арматуры класса А500С (рис. 1).

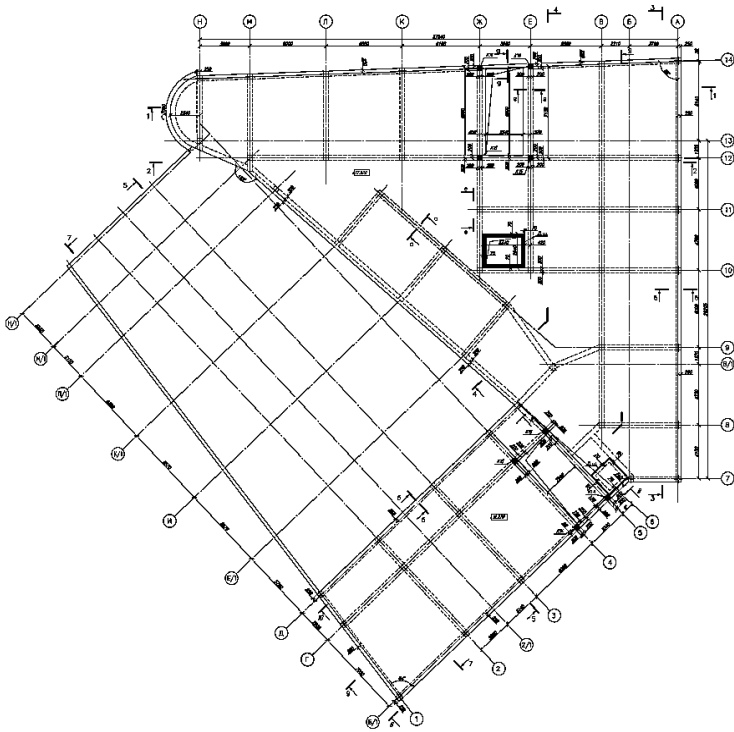


Рис. 1. Плита перекрытия на отм. 4.720

Покрытие актового зала, в осях 1-6/Д-М/1, запроектировано с применением четырех стропильных стальных балок, расположенных в направлении меньшего размера зала. Балки покрытия зала стальные двутавровые пролетами от 20120 мм до 16220 мм. Шаг балок нерегулярный от 5780 до 6570 мм. Сечение балок – 1200×550 мм. В осях К1-И предусмотрены горизонтальные связи по крестовой схеме. Прогонь покрытия поэтажно опираются на балки. Шаг прогонов покрытия 1500мм. Прогонь выполнены из спаренных швеллеров 24У по ГОСТ 8240-97. Под главными балками предусмотрена система прогонов для крепления акустического потолка. Шаг второстепенных прогонов 600мм, сечение гн.тр.60х2. Материал всех стальных конструкций – сталь С245. По несущим стальным конструкциям покрытия над актовым залом запроектирована монолитная железобетонная плита толщиной 160мм по несъемной опалубке из профилированного стального настила марки Н75-750-0,7. Монолитная плита в составе покрытия над актовым залом запроектирована из бетона класса В25 F75 W4 и арматуры класса А500С и А240Н.

Статический расчет плиты выполнили в расчетном комплексе SCAD. Расчётная модель плиты задаётся способом триангуляции с шагом 0,5 м [2–4].

Расчётный комплекс SCAD предусматривает конечно-элементное моделирование статических и динамических расчетных схем, проверку устойчивости, выбор невыгодных сочетаний усилий, проверку несущей способности стальных и железобетонных конструкций.

На рис. 2 приведена поэтажная расчётная схема плит перекрытия, а на рис. 3 визуализация перемещений.

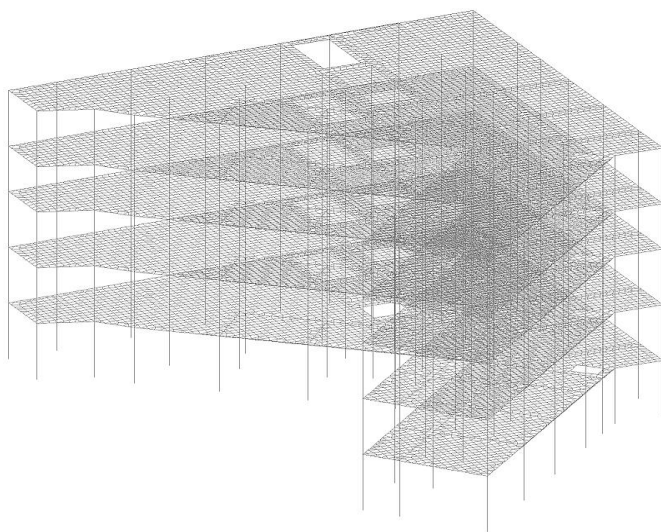


Рис. 2. Расчетная схема плит перекрытия

В результате расчетов установлено, что прочность и жесткость плиты обеспечены.

Прогиб плиты определяется в середине пролета свободной стороны. Величина показателя раскрытия трещин не превышает предельно допустимого значения.

Выполненные в ходе проектирования музыкальной школы расчёты, обеспечат надёжное функционирование востребованного в г. Новосибирске учреждения музыкального образования.

Литература

1. Волкова О.Е., Менухова А.Н. Проектирование и строительство детской музыкальной школы в г. Новосибирске / Молодая мысль: наука, технологии, инновации: материалы XVI (XXII) Всероссийская научно-техническая конференция. – Братск: БрГУ, 2024. – 600 с.
2. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: Минрегион РФ, 2012.
3. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – М.: Стандартинформ, 2018. – 95 с
4. Байков В.Н., Сигалов Е.С. Железобетонные конструкции: Общий курс; Учеб. для вузов.- 5-ое изд. перераб. и доп. – М.: Стройиздат,1991.- 767 с.

С.Ю. Панчук

Научный руководитель к.т.н., доцент С.А. Белых

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск

СТРОИТЕЛЬСТВО ОБЪЕКТА: «ПЛОТИНА ГУВЕРА, США»

Плотина Гувера – важное строительное сооружение в Соединенных Штатах Америки на реке Колорадо, обеспечивающее водой и электроэнергией сельское хозяйство и население. Её строительство стоило 49 млн долларов (в ценах 2012 года), при высоте 221,4 метра и длине 379,2 метра. Эксплуатация началась в 1936 году. В данной работе проведена оценка инвестиций в проект строительства плотины Гувера с учетом достигнутых результатов и обоснования важности данного объекта для региона и страны в целом.

Актуальность статьи заключается в применимости современных технико-экономических методов обоснования строительства плотины Гувера в современных условиях.

Объект исследования – проект строительства плотины Гувера в Соединенных Штатах Америки.

Предмет исследования – оценка инвестиций в строительство плотины Гувера в Соединенных Штатах Америки.

Целью статьи является выявление признаков инновационности примененных технологий, материалов и проектных решений.

Поставленная цель требует решения следующих задач:

– выявить окупаемость инвестиций в строительство плотины Гувера;

– раскрыть внедрение новых технологий и материалов для строительномонтажных работ;

– открыть уникальность объекта строительства «Плотина Гувера».

Методы исследования: анализ показателей, сравнительный анализ социально-экономического развития до и после строительства плотины.

Научная новизна заключается в проведении оценки инвестиций в строительство плотины Гувера с учетом современных методов и данных.

Оценка инвестиций в строительство плотины Гувера в Соединенных Штатах Америки является сложным и многогранным процессом. Строительство данной гидроэлектростанции требует значительных финансовых вложений и тщательного планирования. Плотина Гувера, расположенная на реке Колорадо в штате Невада, является одним из крупнейших в мире инженерных сооружений и играет ключевую роль в энергетической инфраструктуре США.

Инвестиции в строительство плотины Гувера окупаются за счет производства электроэнергии, которая обеспечивает значительную часть электроснабжения региона. Кроме того, плотина Гувера способствует развитию промышленности, сельского хозяйства и туризма в окрестностях, что также приносит экономическую выгоду.

Для реализации столь крупномасштабного проекта был выбран узкий участок в низовьях реки Колорадо под названием Черный каньон. Сама плотина первоначально была спроектирована в традиционном варианте промышленных объектов того времени. Но простое архитектурное решение не вписывалось в грандиозное предназначение всего сооружения, и первичный вариант был изменен. В итоге дамба Гувера приобрела подобающей ей архитектурный облик в стиле ар-деко.

Сама плотина имеет арочно-гравитационную конструкцию, обеспечивающую ей особую устойчивость по сравнению с другими вариантами. Арочная конструкция позволяет существенно перераспределить нагрузку, которую оказывают воды водохранилища. В этом случае часть нагрузки берут на себя несущие стены, в роли которых для дамбы Гувера выступают скалы каньона.

Перед началом строительства были произведены масштабные подготовительные работы. Воды реки Колорадо были перенаправлены в сторону при помощи четырех тоннелей, а для того, чтобы место строительства не контактировало с водой, его оградили специальными дамбами.

Начало строительства пришлось на 1931 год. Это была грандиозная стройка, особенно если учесть, что страна переживала период Великой депрессии. На строительстве плотины были одновременно заняты более 5 000 человек, а за время строительства при разных обстоятельствах погибли 96 рабочих.

Начало строительства пришлось на 1931 год. Это была грандиозная стройка, особенно, если учесть, что страна переживала период Великой депрессии. На строительстве плотины были одновременно заняты более 5 000

человек, а за время строительства при разных обстоятельствах погибли 96 рабочих.

Плотина Гувера стала революцией в технике строительства гидротехнических сооружений по всему миру. Она вдохновила инженеров на строительство нового поколения сверхплотин, которые выше, шире и производят больше энергии. Она стала эталоном для всех других плотин.

Технические требования, которые применялись на строительстве плотины Гувера, сегодня используются по всему миру. И это самое великое наследие.

Анализ последствий строительства плотины Гувера для местного населения позволил оценить социальные и экономические последствия проекта, а также выявить возможности для улучшения взаимодействия с местным сообществом и уменьшения негативного воздействия на окружающую среду. Таким образом, результаты исследования позволяют сделать вывод о том, что строительство плотины Гувера является не только инвестицией, но и важным стратегическим шагом в развитии энергетики и водохозяйства региона. При этом необходимо учитывать как экономические, так и экологические аспекты проекта, а также обеспечить участие всех заинтересованных сторон в процессе принятия решений для достижения наилучших результатов.

А.А. Рубанов

Научный руководитель к.т.н., доцент А.П. Малиновский

Томский государственный архитектурно-строительный ун-т, г. Томск

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ АЭРОВОКЗАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА АЭРОПОРТА г. ТОМСКА

Здание аэровокзала внутренних воздушных линий (ВВЛ) возводится в процессе реконструкции аэровокзального комплекса международного аэропорта города Томска.

Аэровокзал ВВЛ международного аэропорта в г. Томске представляет собой каркасное здание с размерами в плане 61,0×60,4 м. Фундаменты – свайные. Ростверки – отдельно стоящие, запроектированы из монолитного железобетона.

Каркас здания с пролетами 9 и 12 м (рис. 1) запроектирован из монолитных железобетонных (колонны сечением 600×600 мм) и металлических конструкций (стропильные фермы, входной козырек), с ограждающими конструкциями (стены) из панелей типа «Сэндвич», облицованными композитными панелями типа алюкобонд.

Частью металлических конструкций аэровокзального комплекса является конструкция козырька главного входа строящегося аэропорта. Размеры козырька в плане составляют 60,4×12,37 м при необычной треугольной форме.

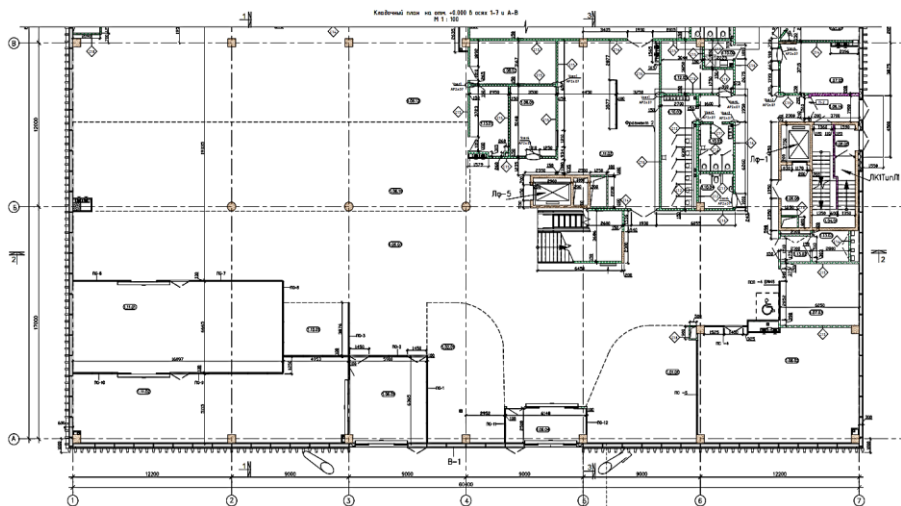


Рис. 1. Фрагмент плана здания

Покрытие входного козырька запроектировано в виде систем продольных и поперечных металлических ферм. Узел сопряжения ферм с металлическими надколонниками основного корпуса – жесткий. Соединение ферм принято шарнирным.

Проектирование конструкций выполнялось с применением расчетного комплекса SCAD OFFICE и в соответствии с СП [1].

Сбор нагрузок был проведен вручную в соответствии с СП [2], а также с использованием спутника «Вест».

В результате выполненного расчёта несущих металлических конструкций каркаса аэровокзального комплекса были получены следующие сечения, приведённые на цветограмме (рис. 2).

Полученные сечения конструкций были проверены по первой и второй группе предельных состояний. Коэффициент использования не превышает единицы (рис. 3). Зеленый цвет на цветограмме означает, что предельные параметры проверки сечений по нормативно-технической документации не превышают единицы, а, следовательно, несущая способность конструкций обеспечена.

В работе также были выполнены расчеты несущих металлоконструкций входного козырька. По найденным значениям нагрузок и сформированной расчетной схеме в программных комплексах был выполнен динамический расчет напряженно-деформируемого состояния конструкций козырька.

Были получены величины расчетных значений перемещений, продольных усилий N (т), поперечных усилий Q (т) и изгибающих моментов M (т/м) при наихудшей комбинации нагружения на конструкцию козырька. Определены сечения элементов козырька (рис. 4).

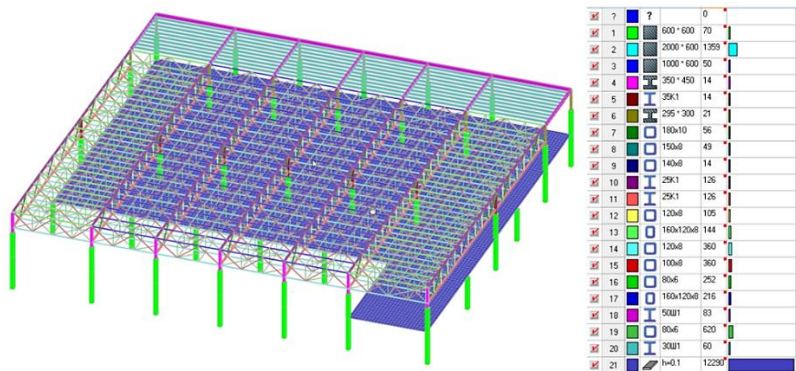


Рис. 2. Результаты расчета несущих конструкций здания аэровокзального комплекса

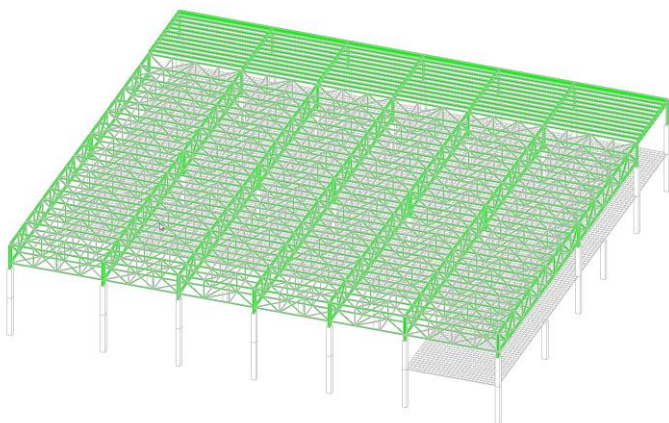


Рис. 3. Результаты проверки сечений конструкций

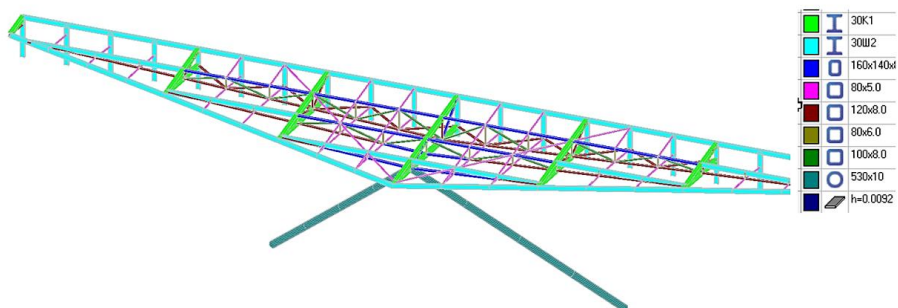


Рис. 4. Результаты расчета элементов конструкции входного козырька

По результатам анализа выполненных расчетов можно сделать заключение, что принятые сечения элементов несущих конструкций подобраны верно, и их коэффициент использования не превышает допустимых значений в соответствие с требованиями нормативных документов [1].

Литература

1. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. М.: Минстрой России, 2017. 142 с.
2. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия : актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – М.: 2018. – 95 с.

А.Г. Сидоренко

Научный руководитель к.т.н., доцент С.А. Белых

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПАЛЬМОВЫХ ОСТРОВОВ ОАЭ

Пальмовые острова в Дубае представляют собой один из самых впечатляющих примеров современной инженерии и инновационного подхода к градостроительству. Этот амбициозный проект, состоящий из трех искусственных архипелагов – Пальма Джумейра, Пальма Джебель Али острова Дейра и «Мир» – стал символом невероятных достижений в области строительства и примером того, как смелые идеи могут быть воплощены в жизнь при помощи передовых технологий и решений.

Строительство пальмовых островов, начатое в начале 2000-х годов, потребовало уникальных инженерных подходов для создания стабильных и устойчивых структур на воде, что было вызвано особыми условиями Персидского залива. В данном проекте были использованы самые современные методы и технологии, включая применение компьютерного моделирования, использование специализированных строительных материалов и разработка сложных гидротехнических сооружений.

Целью данной статьи является подробное рассмотрение инновационных решений, примененных при строительстве пальмовых островов, анализ их эффективности и влияния на развитие инфраструктуры и экономики Дубая. Также будет уделено внимание экологическим аспектам проекта и мерам, принятым для минимизации его воздействия на окружающую среду. Рассмотрение этих вопросов позволит лучше понять, как передовые инженерные идеи и технологии могут способствовать реализации масштабных проектов, изменяющих облик современных городов и их прибрежных зон.

Проект создания искусственных островов в Дубае изначально был разработан для расширения полезной территории города, поскольку длина береговой линии эмирата составляла всего 75 километров. Учитывая высокий спрос со стороны туристов и потенциальных покупателей недвижимости на проживание у моря, было принято решение о строительстве искусственных

островов, в результате чего, длина береговой линии эмирата должна была увеличиться с 75 до 1500 километров, обеспечивая новые возможности для развития Дубая.

Строительство началось в 2001 году с планируемым завершением в 2006 году. Проект предусматривал использование естественных материалов, таких как песок и камни, вместо железобетонных конструкций, что добавило сложности строительному процессу. Строителям ежедневно приходилось преодолевать природные препятствия, поскольку вода размывала насыпаемые материалы. Были проведены обширные исследования влияния приливов, волн, штормов и глобального потепления. Особую обеспокоенность вызывала буря Шамаль, характерная для данного региона.

Рассмотрим подробнее инновационные решения принятые при строительстве пальмовых островов.

Песок, взятый из пустынных районов Аравийского полуострова, не подходит для создания искусственных островов из-за своей мелкой фракции. Для заполнения песком используются специальные суда, называемые «штильфлоты». Эти суда оснащены гигантскими шлангами, с помощью которых они закачивают песок с отмелей залива в свои трюмы [1].

Процесс начинается с того, что штильфлоты доставляют песок к месту строительства и насыпают его на морское дно, создавая небольшие холмы. Эти холмы формируют нижний слой будущих островов, обеспечивая прочный фундамент. Далее песок из трюмов судна продолжают рассеивать по высокой дуге с помощью насосов, что позволяет равномерно распределить его по всей площади строительства.

Этот метод обеспечивает надежное основание для последующих строительных работ, включая укладку каменных валунов для защиты от эрозии и дальнейшее формирование структурной основы островов.

Для обеспечения защиты Пальмового острова от разрушительных воздействий волн необходимо строительство волноломов. Для создания этих структур на дне Персидского залива используются значительные объемы песка и камней, включая массивные глыбы массой до 6 тонн, не скрепленные железом или бетоном, удерживаются исключительно за счет своей массы и равномерно распределяются для формирования мощного барьера [1].

Каждый метр этой конструкции тщательно проверяется водолазами, чтобы гарантировать его целостность и устойчивость.

В процессе возведения волнолома строители столкнулись с бурей Шамаль в 2002 году, которая продолжалась три недели. В этот период было критически важно проверить способность незавершенного волнолома выдерживать нагрузку. Это обстоятельство потребовало принятия креативного решения – одновременного продолжения строительства волнолома и острова [2]. Задача усложнялась тем, что без завершенного волнолома остров оставался без защиты от разрушительных морских воздействий.

Вибрационное уплотнение является важным этапом в процессе утрамбовывания песка на пальмовых островах. Этот метод основан на использовании специализированной строительной техники, оборудованной вибрацион-

ными механизмами. При активации этих устройств они генерируют высокочастотные вибрации, которые передаются в песчаную поверхность [2].

Этот процесс приводит к местному сжатию и улучшению структуры песка, что повышает его плотность. Вибрации обеспечивают равномерное уплотнение на всей площади, что особенно важно для создания прочной и устойчивой основы на морском дне.

В процессе вибрационного уплотнения строительная техника проходит по участку несколько раз, чтобы достичь максимальной плотности. Этот метод является эффективным способом обеспечения устойчивости и прочности песчаной платформы, необходимой для дальнейшего строительства на пальмовых островах.

Строительство было дополнительно усложнено необходимостью точного соблюдения очертаний острова, что представляло некоторые трудности, учитывая изогнутую форму его пальмовых ветвей, которые легко могли выйти из формы. Однако здесь в помощь пришло наличие доступа к единственному в мире частному искусственному спутнику в Дубае. Этот спутник регулярно осуществлял съемку местности во время строительных работ, обеспечивая точные очертания острова и формы его пальмовых элементов [3]. Космическая съёмка обеспечивала высокую точность и надежность в процессе выполнения строительных работ, минимизируя возможные деформации и обеспечивая соответствие сооружений проектным параметрам.

Глобальный экономический кризис 2008-2009 годов оказал серьезное воздействие на амбициозные проекты искусственных архипелагов в Дубае. Интересно отметить, что даже после выхода из кризиса эти проекты остаются в стадии летаргии. Ниже представлены основные причины этого явления.

Первая причина – экологическая. Идея создания искусственных островов почти сразу же нашла своих противников в лице экологов, из-за опасений по поводу воздействия на природу Персидского залива. Волнорезы существенно нарушили естественную циркуляцию воды, поэтому проектировщики должны были искусственно её улучшить, чтобы созданные строителями заливы не начали цвести. Это удалось лишь отчасти. Туристы, посещающие единственную завершенную пальму Джумейра, до сих пор периодически жалуются на неприятный запах от воды.

Также, на островах был полностью продуман вопрос обеспечения жильцов современными коммунальными услугами, но реализовано это было только на пальме Джумейра. Владельцы немногочисленных застроенных островов в архипелаге «Мир» вынуждены пользоваться дизельными генераторами и самостоятельно решать вопросы, касающиеся септика.

Стоит также отметить, что по подсчетам европейского аналитического агентства Fugro NPA Ltd, искусственные острова Дубая опускаются со скоростью 5 мм в год и могут уйти под воду через несколько десятков лет по причине постепенного увеличения уровня мировых вод.

В итоге на сегодняшний день проект Пальмовых островов находится в таком состоянии:

- самая маленькая пальма, Джумейра, полностью завершена, но имеет проблемы с экологией, транспортной доступностью (пробки) и циркуляцией воды в заливах;

- архипелаг «Мир» из 300 островов полностью отсыпан, но количество застроенных островов можно пересчитать по пальцам;

- архипелаг «Вселенная» даже не начинали отсыпать. Проект отменили в апреле 2015 года;

- две куда более крупные пальмы (Джабаль-Али и Дейра) отсыпаны лишь частично.

Проект пальмы Джабаль-Али бессрочно заморожен с 2018 года, хотя, судя по спутниковым снимкам, он был близок к завершению. Что касается пальмы Дейра, то строители успели закончить всего несколько островов. Планов по возобновлению строительства нет, и теперь это место так и называют – острова Дейра. Большая часть из них освоена, сейчас на их территории располагаются отели и торговые центры.

Таким образом, инженерные недоработки и технические проблемы сыграли значительную роль в неполной реализации проекта пальмовых островов в Дубае. Несмотря на амбициозные планы и внушительные инвестиции, недостаточный учет инженерных аспектов привел к ряду трудностей, таких как эрозия берегов, проблемы с инфраструктурой и экологические последствия. Эти факторы оказались существенными препятствиями на пути к полной реализации проекта и стали причиной его неудачного завершения. Получится ли реанимация в условиях возросшего спроса на недвижимость в Дубае, покажут ближайшие годы. Однако, уже сейчас очевидно, что даже в случае благоприятного развития событий значительного увеличения прибыли для эмиратов искусственные архипелаги не принесут. Острова задумывались, как революционная по амбициозности инициатива, а, в конечном итоге, были заморожены значительные финансовые ресурсы, которые могли быть использованы более эффективно.

Теперь девелоперам предстоит выделить дополнительные средства для завершения проекта и надеяться на его окупаемость.

Литература

1. Документальный фильм. Дубай город в пустыне – фильм. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=JSFujBJ1tcg> (дата обращения: 17.01.2024)

2. Официальный сайт компании застройщика: The World. – Режим доступа: <http://www.nakheel.com/en/communities/the-world> (дата обращения: 17.01.2024)

3. Википедия. Пальмовые острова. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Пальмовые_острова (дата обращения: 18.05.2024).

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ И ИННОВАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ В ПРОЦЕССЕ ВОЗВЕДЕНИЯ ОСТАНКИНСКОЙ ТЕЛЕБАШНИ

Инновационные технологии в строительстве являются двигателем развития строительной отрасли, позволяющей вывести процесс и экономику строительства на более высокий уровень. Важными критериями инновационной технологии являются: упрощение и ускорение процесса строительства; снижение себестоимости строительства; увеличение жизненного цикла здания или сооружения; обеспечение энергосбережения и звукоизоляции, небольшого веса сооружения и комфортного микроклимата внутри. Главную роль во внедрении инноваций играют снижение затрат на строительство и экологическая безопасность, так как именно эти качества отличают технологии новейшего времени от прежних.

Цель исследования данной работы заключается в выявлении инновационных решений при возведении Останкинской телебашни.

Основным методом исследования является многофакторный анализ.

Останкинская телебашня – телевизионная и радиовещательная башня, главной особенностью которой является её высота, которая составляет 540 метров. Башня расположена в северной части Москвы, у телецентра Останкино. При этом вершина достопримечательности видна практически из любого уголка столицы.

Московская телевизионная Останкинская башня является уникальным сооружением многоцелевого назначения.

Профильное назначение Останкинской телебашни – эфирное телевизионное и радиовещание, но еще она служит и главным московским громоотводом. В нее попадает от 40 до 50 молний в год.

Останкинская телебашня для москвичей и гостей столицы, прежде всего, является современным культурно-экскурсионным комплексом. На разных уровнях высоты (147, 269, 350 м) находятся смотровые площадки. Они являются единственным местом, откуда можно рассмотреть все достопримечательности столицы, одновременно, это излюбленное место отдыха и одна из главных достопримечательностей Москвы [1].

В 2016 г. после 16-летней реконструкции открылся ресторан «Седьмое небо» – самое высотное заведение общественного питания в мире. Комплекс занимает три этажа башни, посетителям, чтобы попасть в ресторан, необходимо приобрести билет на смотровую площадку. Главной особенностью «Седьмого неба» является фантастическая барная стойка-панорама. Обедая, посетители смотрят на Москву с 334-метровой высоты. Ресторан размещен на вращающейся платформе, совершающей оборот в 360 градусов за 40 минут. [2].

Возведение Останкинской телебашни в Москве произошло по телекоммуникационной необходимости. В середине 50-х годов XX века было принято решение построить более высокую башню, которая своим сигналом покрывала бы всю Москву и Московскую область.

В 1960 году 27 сентября закладывают фундамент Останкинской телебашни. Руководителем процесса был назначен Николай Васильевич Никитин. На реализацию этого проекта у Николая Васильевича ушло 7 лет. Останкинская башня стала кульминацией архитектурной и инженерной мысли своего времени.

Глубина залегания фундамента Останкинской телебашни – 4,6 метра. В 1967 году 5 ноября сдают первую очередь строительства. Телебашне присваивают название: «Общесоюзная радиотелевизионная передающая станция имени 50-летия Октября».

Останкинская телебашня построена из железобетона. Для строительства его потребовалось огромное количество, поэтому было принято решение: рядом с башней построили железобетонный завод. Чтобы добавить башне устойчивость внутри ствола башни от конусной части до отметки 385 метров параллельно друг другу, в продольном направлении натянута 145 армирующих стальных канатов. Каждый канат натянут с усилением в 70 тонн. Благодаря этому башня может противостоять погодным аномалиям и даже выдерживать землетрясение в 8 баллов по шкале Рихтера. А металлический шпиль башни может отклоняться на 12 метров. Несмотря на то, что при строительстве высотных сооружений всегда использовались фундаменты глубокого заложения, для Останкинской телебашни был предусмотрен фундамент всего 4,6 метра. Конусообразная форма основания позволяет выдержать огромный вес конструкции, который превышает 55 тонн. На момент возведения было применено инновационное решение – использовать для строительства телебашни железобетонную полую трубу, которая была изготовлена из сжатого стальными тросами бетона [3].

Останкинская телебашня является самым высоким громоотводом столицы РФ и сама генерирует молниевые разряды. Из-за высоты Останкинской телебашни напряженность электрического поля в районе башни гораздо выше, чем в окружающей атмосфере. Эмпирическим путем определено, что более 85% молний исходят не из атмосферы в башню, а из башни в атмосферу. Источник молний в облака – антенная часть башни. Высота телебашни способствует иным процессам молниобразования, чем у наземных сооружений. С обычными жилыми домами такого не происходит. Напряжённость электрического поля в верхней части башни способствует более частому образованию молний и других электрических разрядов, таких как атмосферерики. Непосредственные удары молнии в башню возможны по всей её высоте. Для строительных конструкций башни удары молнии не представляют большой опасности, так как она имеет мощную систему молниезащиты.

Останкинская Телебашня признана частью исторического наследия страны. Интерактивный мультимедийный комплекс, оснащенный высокотехнологичным оборудованием и программным обеспечением, позволяет посе-

тителям познакомиться с одним из величайших сооружений советской эпохи, узнать о его особенностях и технических характеристиках. Экспозиция интерактивного мультимедийного комплекса включает аналитический центр и музей строительства, которые расположены в фойе телебашни на смотровой площадке (отметка 337 м).

На главном небоскребе страны установлена новейшая система архитектурного освещения, аналогов которой нет ни на одной башне мира. Новая подсветка стала самой высокой в Европе, а также самой высокой художественно-архитектурной подсветкой в мире, которая эксплуатируется в условиях низких температур. Новое оборудование подчеркивает уникальную форму самого высокого сооружения Европы и усиливает ее эстетический эффект.

В новой системе архитектурного освещения телебашни предусматриваются различные режимы работы, в том числе ночной, праздничный и свободный.

По всей высоте полукилометровой конструкции башни на кронштейнах, перилах и на полу балконов смонтировано светотехническое оборудование: светодиодные прожекторы с разноцветной динамической подсветкой – всего более 550 различных источников света. Осветительные приборы способны менять цвет, формировать луч призмами, проецировать изображения, создавать яркие вспышки и движение луча. Светильники предназначены для архитектурного освещения фасадов, поэтому обеспечивают высокую яркость наружного освещения [4].

Для увеличения надежности и жесткости башни используются железобетонные элементы, такие как стойки и перекрытия. Это позволяет равномерно распределить нагрузки и обеспечить стабильность конструкции.

Для противодействия ветровым нагрузкам применяются специальные анкерные системы, которые закрепляют башню к глубоким бетонным фундаментам. Это обеспечивает устойчивость сооружения при любых погодных условиях.

В процессе строительства Останкинской башни используются современные композитные материалы, обладающие высокой прочностью и легкостью, а также инновационные технологии и проектные решения, что позволило снизить вес конструкции и увеличить её долговечность. Так, для укладки бетонных колец инженер Л. Щипакин построил самоподъемный аппарат. Уникальный лазерный визир использовался для направления по точному лучу вертикали.

Одной из особенностей конструктивного решения башни является её необычная форма, которая создает оптимальное распределение нагрузок и обеспечивает эстетическое впечатление. Форма башни спроектирована с учетом ветровых и сейсмических нагрузок.

Останкинская телебашня оборудована современными инженерными системами, такими как системы отопления, вентиляции, кондиционирования и электроснабжения. Интеграция этих систем в конструкцию проведена с учетом высоких технологических стандартов и требований к энергоэффективности.

Для обеспечения безопасности комфорта посетителей башни внедрены передовые технологии, такие как системы контроля доступа, пожаротушения, видеонаблюдения и связи [6].

Системы управления лифтами предусматривают режим работы «Пожарная опасность», включающийся по сигналу от пожарной сигнализации объекта. При этом независимо от нагрузки и направления движения кабин они возвращаются на первый этаж и остаются открытыми.

Один из четырех лифтов предназначен для перевозки пожарных подразделений. В рабочий режим он переводится из кабины, откуда через аварийный люк можно выйти на крышу. Предусмотрены варианты эвакуации пассажиров из остановившейся кабины и в случае отсутствия напряжения сети [7].

Кроме технических особенностей, башня телецентра украшена оригинальными архитектурными деталями, которые делают ее узнаваемой и привлекательной.

При проектировании башни уделено внимание взаимодействию с окружающей средой. Системы энергоэффективности, возможности использования альтернативных источников энергии, озеленение территории – все это делает сооружение экологически чистым и устойчивым.

Количество лифтов в башне достаточно для обеспечения бесперебойной транспортировки групп людей на разные уровни.

Сейчас применяются немецкие лифты Thyssen Krupp для подъема туристов и посетителей ресторана «Седьмое небо», а для персонала применяется отечественная лифтовая кабина Щербинского лифтостроительного завода.

В ходе выполнения исследования были рассмотрены современные проектные решения и инновационные признаки в процессе возведения Останкинской телебашни.

Вступившая в строй Останкинская телебашня по тому времени являлась, кроме своей конструктивной уникальности, крупнейшим достижением отечественной науки и техники.

В ходе исследования определено, что возведение башни потребовало создания инновационных устройств и новейших приспособлений. За время строительства было запатентовано более 100 изобретений.

Использование энергосберегающих материалов, регенеративных приводов и систем управления потреблением энергии помогают снизить нагрузку на электроэнергетическую систему и уменьшить затраты на эксплуатацию.

Для повышения пожарной безопасности и обеспечения огнестойкости телевизионной башни при реконструкции внутреннего пространства были использованы негорючие материалы для изоляции фидеров и кабелей, аппаратуры и оборудования. Безопасность подъемников обеспечена на высшем уровне и регулируется, в том числе электронными системами. Любые колебания башни фиксируют датчики, показания которых влияют на скорость лифта.

Символ российского телевидения Останкинская телебашня уже 50 лет обеспечивает телетрансляцию по всей стране. Мощность сигнала и техниче-

ские возможности сооружения башни не имеют равных в мировом сегменте телекоммуникаций.

Литература

1. Останкинская башня, Москва: сайт. – <https://www.advantour.com/rus/russia/moscow/interesting-places/ostankino-tower.htm> (дата обращения: 28.03.2024). – Текст: электронный.
2. Достопримечательности Москвы. Останкинская телебашня: сайт. – <https://mos-holidays.ru/ostankinskaya-telebashnya/> (дата обращения: 28.03.2024). – Текст: электронный.
3. Как устроена Останкинская телебашня: сайт. – <https://xn---7sbabe3bnbyc fb3bfj1i5ef.xn--p1ai/kak-ustroena-ostankinskaya-bashnya/> (дата обращения: 04.04.2024). – Текст: электронный.
4. Интерактивный мультимедийный комплекс: сайт. – <https://tvtower.ru/services/multimedia/> (дата обращения: 04.04.2024). – Текст: электронный.
5. Культура РФ. Останкинская телебашня: сайт. – <https://www.culture.ru/institutes/11746/ostankinskaya-telebashnya> (дата обращения: 05.04.2024). – Текст: электронный.
6. Разработка противопожарных мероприятий на Останкинской телебашне после пожара в 2000 году / В.А. Пехотиков, И.А. Болодьян, А.И. Рябиков, О.И. Грузинова // Пожарная безопасность. – 2018. – № 2. – С. 58-63.

Д.Е. Угрюнов

Научные руководители к.т.н., доцент О.Е. Волкова, доцент М.Д. Сорока

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОНОЛИТНОЙ БЕЗБАЛОЧНОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ЗДАНИЯ СОЦИАЛЬНО РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ЦЕНТРА

Здание социально реабилитационного центра в г. Южно-Сахалинске за-проектировано трехэтажным, прямоугольной формы, с размерами в плане 15,1×45,6 м.

Конструктивная схема здания представлена железобетонным каркасом с ядрами жёсткости: лестничные клетки в осях А/В – 3/4 и 7/8, лифтовые шахты в осях Г'-Д'/3-4, Б'-В'/2 и диафрагмами жёсткости в осях Г/2- 3, Г/8-9, Д-Д'/3, Д-Д'/3, Г-Д/7, Г-Д/8.

В качестве несущих конструкций приняты монолитные железобетонные колонны сечением 400×400 мм и монолитные железобетонные перекрытия толщиной 200 мм. Шаг колонн 6,0×6,0; 6,0×3,1; 3,2×6,0; 4,6×6. Вершины колонн (на уровне чердака) обвязаны монолитными железобетонными балками сечением 400×400 мм [1].

Плиты перекрытия по наружному периметру здания усилены железобетонными балками сечением 400×400 мм. Перекрытия выполнены в виде жестких горизонтальных дисков, расположенных на одном уровне в пределах

каждого этажа, надежно соединенных с вертикальными конструкциями здания и обеспечивающих их совместную работу при сейсмических воздействиях.

В здании предусматривается больничный лифт грузоподъемностью 1000 кг для перемещения проживающих между 1-3 этажами. Лифт также обеспечивает перемещение персонала в подвальный этаж. Шахты и перекрытия лифтов монолитные железобетонные. Стены подвала монолитные железобетонные толщиной 300 мм, утеплены минераловатной плитой с последующей штукатуркой и облицовкой керамогранитом.

Лестничные клетки – монолитные железобетонные с естественным освещением через окна в наружных стенах на каждом этаже. Конструкции лестничных клеток и узлы крепления обеспечивают условия безопасного использования лестниц при эвакуации в режиме чрезвычайных ситуаций. Наружные эвакуационные лестницы – металлические.

Наружные стены толщиной 300 мм – ненесущие из ячеистых газобетонных блоков плотностью не менее 600 кг/м^3 , прочностью В2.5. Марка кладочного раствора – М100. Категория каменной кладки по сейсмическим свойствам – II.

Узлы сопряжения каменных стен и колонн, диафрагм и перекрытий (ригелей) исключают возможность передачи на них нагрузок, действующих в их плоскости. Связь стен с колоннами и диафрагмами по вертикали осуществляется не менее чем в трех точках, распределенных по высоте равномерно. Связь с перекрытиями осуществляется с шагом не более 3 м. Антисейсмические швы вдоль вертикальных торцевых и верхних горизонтальных граней стен и несущими конструкциями здания приняты – 30 мм. Швы заполняются упругим эластичным материалом с пределом огнестойкости не меньшим предела огнестойкости кладки перегородок.

Статический расчет монолитной плиты выполнен с использованием программно-вычислительного комплекса SCAD [2–4].

Расчетная схема плиты перекрытия представлена на рис. 1.

Результаты статического расчета плиты представлены в виде изополей на рис. 2, 3.

Схема деформации плиты перекрытия представлена на рис. 4.

Для конструктивного расчета перекрытия произведен анализ напряженно-деформированного состояния плиты. Плита относится к 3-ей категории трещиностойкости.

Допускаемая ширина раскрытия трещин составляет:

- при непродолжительном действии нагрузки $a_{cr1} = 0,4 \text{ мм}$;
- при длительном действии нагрузки $a_{cr2} = 0,3 \text{ мм}$.

Расчет производится на действие изгибающего момента. Учитывая пластические деформации бетона, производим перераспределение (выравнивание) моментов огибающей эпюры. В результате выравнивания изгибающих моментов максимальный опорный момент уменьшаем на 30% для приближения значений опорных и пролетных моментов, что обеспечивает экономичность армирования.

Результаты перераспределения усилий M_x приведены на рис. 5–7.

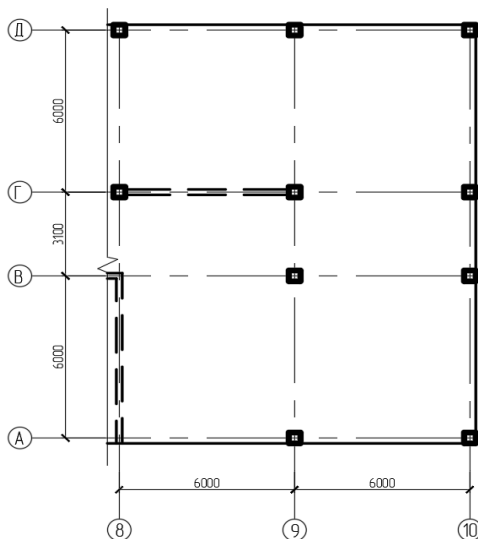


Рис. 1. Расчетная схема плиты перекрытия

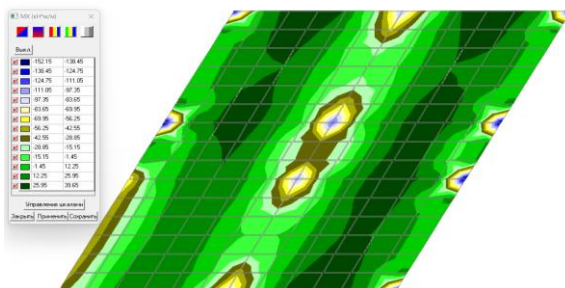


Рис. 2. Усилия МХ в плите перекрытия, кН·м/м

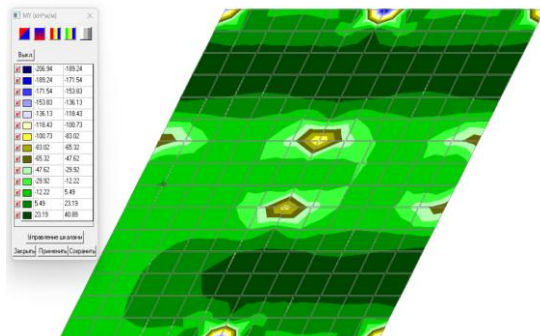


Рис. 3. Усилия МУ в плите перекрытия, кН·м/м

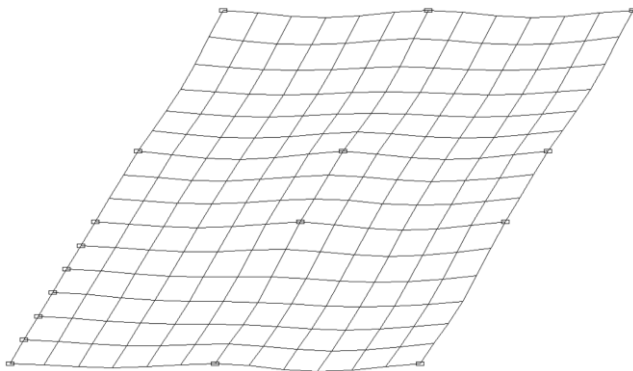


Рис. 4. Схема деформации плиты перекрытия

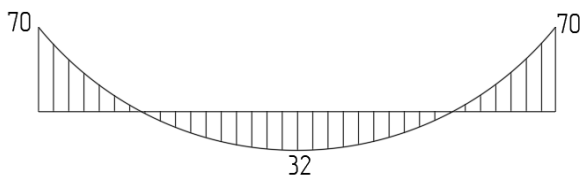


Рис. 5. Эпюра M_x , кН·м

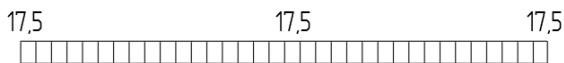


Рис. 6. Добавочная эпюра M_x для перераспределения, кН·м

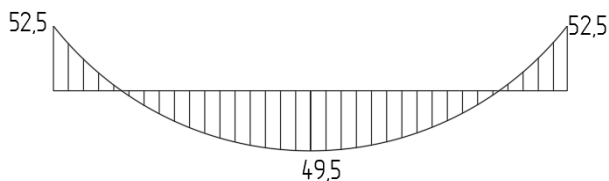


Рис. 7. Эпюра M_x после перераспределения, кН·м

Перераспределение по усилиям M_y выполнили аналогичным образом. Схема раскладки пролетных сеток плиты по результатам расчёта представлена на рис. 8.

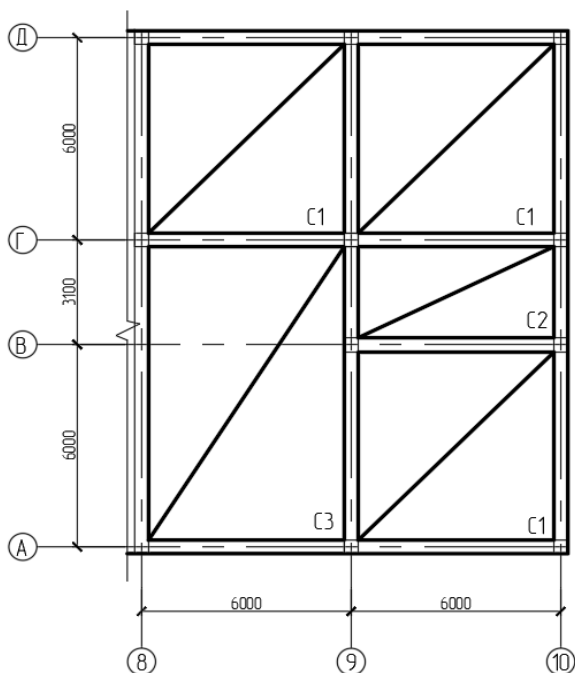


Рис. 8. Схема раскладки пролетных сеток плиты

Пространственная жесткость здания обеспечивается совместной работой вертикальных несущих конструкций, объединённых жёсткими дисками межэтажных перекрытий.

Литература

1. Волкова О.Е., Угренинов Д.Е. Строительство социально-реабилитационного центра для несовершеннолетних в городе Южно-Сахалинск Сахалинской области / Молодая мысль: наука, технологии, инновации: материалы XVI (XXII) Всероссийская научно-техническая конференция. – Братск : БрГУ, 2024. – 600 с.
2. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. –М.: Минрегион РФ, 2012.
3. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.– М.: Стандартинформ, 2018. – 95 с
4. Байков В.Н., Сигалов Е.С. Железобетонные конструкции: Общий курс; Учеб. для вузов.- 5-ое изд. перераб. и доп. – М.: Стройиздат,1991.-767 с.:ил.

ИННОВАЦИОННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВИАДУКА

Современная наука не просто движется вперёд, а летит семимильными шагами. Во многих странах начали столь масштабные проекты, реальность которых ещё несколько лет назад подвергалась сомнению. Каждый из проектов уникален в своём роде, но будь он самым высоким мостом, мощнейшим компьютером или сверхсложной системой каналов, главное, что их объединяет – человеческая гениальность, изменяющая привычный мир до неузнаваемости.

Цель работы заключалась в изучении виадука Мийо, выявлении признаков инновационности применённых технологий, материалов и проектных решений при строительстве объекта.

Виадук Мийо во Франции является одним из главных чудес индустриального мира и обладателем сразу нескольких рекордов. Благодаря этому гигантскому мосту, протянувшемуся над огромной долиной реки под названием Тар, обеспечивается бесперебойное и скоростное передвижение из столицы Франции Парижа к небольшому городку Безье. Многие туристы, которые приезжают посмотреть на этот самый высокий мост в мире, довольно часто задаются вопросом: «Зачем было строить такой дорогой и сложный в техническом плане мост, который ведет из Парижа к совсем маленькому городу Безье?». Дело в том, что именно в Безье расположено огромное количество учебных заведений, элитных частных школ и центр переподготовки для высококвалифицированных специалистов. В эти школы и колледжи поступает учиться огромное количество парижан, а также жителей из других крупных городов Франции, которых привлекает элитарность образования в Безье. Кроме этого, городок Безье раскинулся всего в 12 километрах от живописного побережья теплого Средиземного моря, что, конечно же, в свою очередь, также не может не привлекать ежегодно в него десятки тысяч туристов со всего земного шара [1].

Строительство виадука Мийо осуществляли специалисты, известные своими талантами и наработками. Так, руководство строительством осуществлялось тремя людьми – руководителем проекта Жан-Пьер Мартин, руководителем компании «Eiffel» Марком Бономо и главным инженером Жан-Мария Кремер. Автором идеи многопролетного подвесного моста с одним рядом тросов являлся Мишель Вирложо – инженер, специалист по проектированию мостов и виадуков. Лорд Норман Фостер – архитектор и дизайнер внес изменения в проект Мишеля Вирложо, придав мосту более изящный внешний вид.

Руководители строительства также были авторами инновационных решений примененных в процессе возведения виадука. Самой важной и главной инновацией при возведении виадука Мийо, были разработанные под конкретные параметры моста специальные гидравлические домкраты с тefлоновым покрытием. Только с их помощью удалось надвинуть на опоры виадука стальное дорожное полотно длиной 2450 м. Домкраты имели клиновидную форму и управлялись синхронно с помощью компьютера, получавшего сигналы от спутниковой системы позиционирования [2].

Некоторые опоры конечного звена A75 находятся на дне ущелья, которое разделяет «красное плато» и плато Лазарка. Чтобы сделать мост полностью безопасным, французским инженерам пришлось по отдельности разрабатывать каждую опору: практически все они разного диаметра и четко рассчитаны на определенную нагрузку. В том месте, где опора соединяется с дорожным полотном, ее диаметр заметно сужается. Каждая опора моста стоит в четырёх колодцах глубиной 15 м и диаметром 5 м, а также все они снабжены большим количеством измерительных приборов – анемометрами, акселерометрами, уклономерами, температурными датчиками, которые собирают детальную информацию о «поведении» виадука и передают её в центр обслуживания, расположенный вместе с пунктом уплаты дорожной пошлины. Рабочим и архитекторам, которые разрабатывали проект, во время строительных работ пришлось столкнуться с массой трудностей. В первых, требовалось укрепить места в ущелье, где размещались опоры, а во вторых, приходилось затрачивать довольно много времени на транспортировку отдельных частей полотна, его опор и пилонов. Так, главная опора моста состоит из 16 секций, вес каждой из них составляет 2300 тонн. По этой причине, части опор доставлялись по частям. Каждая часть весила около 60 тонн. Трудно вообразить, сколько времени у строителей ушло только на доставку 7 опор к месту возведения моста, и это еще не считая того, что каждая опора имеет пилон высотой чуть более 87 метров, к которому крепится 11 пар высокопрочных вант. Это один из рекордов, который принадлежит Мийо [3].

Опоры виадука имели переменное поперечное сечение, форма которого была разработана таким образом, чтобы обеспечить простоту строительства, несмотря на его вариации. Четыре панели имеют фиксированные размеры, а остальные четыре немного изменяются в каждом сегменте, включая их ориентацию. Это позволило возвести здание с внешними самоподъемными формами и классическими внутренними ставнями, перемещаемыми башенным краном. Такая форма колонн позволила уменьшить количество бетонной смеси и придала сооружению эстетичный внешний вид.

Каркас дорожного полотна изготовлен из стальных коробчатых балок жёсткости с прямоугольным профилем сечения. Составное поперечное сечение полотна имело форму перевернутого крыла самолета. Форма сечения отрабатывалась на стадии проекта в процессе испытаний модели моста в аэродинамической трубе. В результате при сильном ветре воздушный поток не поднимает, а, наоборот, прижимает дорожное полотно к опорам. Такая форма дорожного профиля позволила проложить технические коридоры, об-

легчающие удобный доступ к элементам конструкций и техническое обслуживание, и контроль параметров сооружения.

Дорожное полотно моста Мийо, как и сам его проект является уникальным. Для того чтобы избежать деформации дорогостоящих металлических полотен, которые довольно трудно будет в будущем отремонтировать, ученым пришлось изобретать ультрасовременную формулу асфальтобетона. Металлические полотна довольно прочные, но вот их вес относительно всей гигантской конструкции, можно назвать незначительным (всего 36000 т). Покрытие защищает полотно от деформации и в то же время должно отвечать требованиям европейских стандартов, противостоять деформации, использоваться в течение продолжительного периода времени без ремонта и препятствовать сдвигам. Асфальтобетон моста Мийо признан уникальным в своем роде [4].

Дорожное полотно шириной 32 метра является четырёхполосным (две полосы в каждом направлении), и имеет две резервных полосы. Чтобы противостоять деформации металлического полотна из-за движения автотранспорта, исследовательская группа Арриа разработала специальный асфальтобетон на основе минеральной смолы. Относительно упругий, чтобы приспособиться к деформациям стали без трещинообразования, асфальтобетон должен был иметь достаточную стабильность, чтобы отвечать автодорожным критериям (износ, плотность, структура, сцепление, устойчивость к деформации – образованию колеи, наплывов, сдвигов и т. д.). Потребовалось два года исследований, чтобы найти «идеальную формулу».

После завершения строительства на сооружении были смонтированы датчики и системы слежения за состоянием моста. Контрольная аппаратура предназначена для отслеживания колебаний и сдвигов всей конструкции целиком, а также отдельных участков. Приборы измеряют температуру, изменения уклонов, скорость и направление ветра, а также массу других параметров. На самой высокой опоре деформации измеряют 12 датчиков-тензометров, проводится до 100 измерений в секунду. Все данные о состоянии виадука стекаются в центр контроля и управления, расположенный в районе пункта оплаты проезда [5].

Изучение характеристик виадука Мийо, позволило рассмотреть ряд достоинств, отличающих данный объект от других объектов.

В районе виадука есть семь смотровых площадок. Нижняя площадка называется *Cap de Coste-Brunas*, с неё открывается вид со дна долины, причем опоры моста выглядят настоящими гигантами, особенно по сравнению с букашками-машинами, снующими внизу. Всего на мосту семь опор, вторую из которых любят сравнивать с Эйфелевой башней, не в пользу последней. Мост находится на высоте 270 метров над землей, а его самая высокая башня – на высоте 340 м. Эйфелева башня имеет высоту 324 м, включая антенны, что делает виадук Мийо самым высоким сооружением во Франции [1].

В виадуке Мийо самые высокие опоры в мире: опоры P2 и P3, имеющие соответственно высоту 244,96 и 221,05 м, значительно превосходили предыдущий рекорд Франции – виадук Тюлля и Веррьера (141 м) и недавно установ-

ленный мировой рекорд виадука Кохерталь (Германия, высота которого 181 м). К каждому из пилонов крепятся 11 пар вант, поддерживающих дорогу. Мировой рекорд высоты опоры моста с пилоном: высота пилона, возвышающегося над опорой P2 достигает 343 м.

По большому счету, на нашей планете есть еще два моста, которые расположены выше Мийо над поверхностью земли: Royal Gorge Bridge в США в штате Колорадо (321 м над землей) и китайский мост, соединяющий два берега реки Сыдхуэ. Правда, в первом случае речь идет о мосте, который могут пересекать только пешеходы, а во втором, о виадуке, опоры которого расположены на плато и их высота не в состоянии сравниться с опорами и пилонами Мийо. Именно по этим причинам французский мост Мийо считается наиболее сложным в конструктивном решении и самым высоким автомобильным мостом в мире. Высота дорожного полотна виадука Мийо составляет 270 м над землей в самой высокой точке.

Но самые впечатляющие виды открываются с высоты холма возле смотровой площадки L'aire du Viaduc de Millau. Оттуда хорошо видно, что виадук кривой! Радиус кривизны в 20 км позволяет машинам двигаться по более точной траектории, чем, если бы это была прямая линия. Это придает виадуку иллюзию нескончаемости.

Еще одна трудность, с которой столкнулись инженеры. Дело в том, что долина реки Тар всегда отличалась суровым климатом: тепло, быстро сменяющееся пронизывающим холодом, резкие порывы ветра. Крутые обрывы – лишь маленькая толика того, что предстояло преодолеть. Несмотря на свой кроткий вид, река Тар известна также катастрофическими наводнениями.

Виадук Мийо можно по праву считать вершиной мастерства инженеров и архитекторов. С одной стороны, с него открывается роскошный вид на долину реки Тар, с другой стороны, он является одним из самых удивительных чудес индустриального мира.

Легендарный виадук Мийо, о котором знает каждый уважающий себя специалист по постройке мостов и, который считается образцом технологического процесса всего человечества, позволяет рассмотреть уникальные решения и вдохновить на возведение нового объекта.

Литература

1. Топ 10 инженерных чудес: сайт. – URL: <https://felbert.livejournal.com/> (дата обращения: 15.05.2024). – Текст: электронный.
2. Тайны планеты Земля – Виадук Мийо: сайт. – URL: <https://taunuplanet.mirtesen.ru/> (дата обращения: 15.05.2024). – Текст: электронный.
3. Виадук Мийо – самый высокий мост в мире: сайт. – URL: <https://pressa.tv/3> (дата обращения: 28.04.2024). – Текст: электронный.
4. Виадук Мийо – отзывы о мосте: сайт. – URL: <https://www.tourister.ru/> (дата обращения: 27.04.2024). – Текст: электронный.
5. Как строился Виадук Мийо – самый высокий мост в мире: сайт. – URL: <https://kak-eto-sdelano.ru/> (дата обращения: 28.04.2024). – Текст: электронный.

БАШНЯ «ФЕДЕРАЦИЯ» – НЕБОСКРЁБ БЕЗ КОМПРОМИССОВ

В 2017 году московский деловой центр «Москва-Сити» пополнился уникальным тандемом сооружений – башнями «Восток» и «Запад», в совокупности составляющими целостный, не имеющий аналогов в Европе проект – «Башня «Федерация». Это сложный объект многоцелевого назначения, представляющий собой запоминающийся силуэт в виде двух стеклянных парусов, обращенных друг к другу. Нестандартное высотное сооружение высотой 374 метра, оснащенное всем необходимым для полноценной жизни, работы и отдыха, стало первым и единственным в России «вертикальным городом».

Еще в процессе строительства «Башня «Федерация» попала в «Книгу рекордов Гиннесса» в нескольких номинациях, среди которых, например, учтен тот факт, что при строительстве башни «Восток» в фундамент закачали 14 тысяч кубометров бетона (на тот момент беспрецедентный в мире случай) а также то, что на момент возведения это было самое высокое здание в Европе, к тому же оборудованное бассейном на 61-м этаже (самым высотным в мире). Отдельно в «Книге рекордов Гиннесса» отмечается конструктивная надежность башни.

Деловой центр Москва-Сити – квинтэссенция деловой активности, уже долгое время стоит в одном ряду с Кремлем и Останкинской телебашней в туристических локациях столицы. Выразительные силуэты небоскребов легко узнаваемы на фоне городской панорамы и поражают своим величием и современными архитектурными решениями. Первоначальная концепция, берущая свое начало в «Моспроекте-2» под руководством заслуженного советского и российского архитектора Бориса Тхора, была согласована в марте 1991 года. Предполагалось в бывшей промышленной зоне в районе Камушек воздвигнуть крупнейший деловой центр из небоскребов с видом на Москву-реку. Планировалось благоустроить зеленую общественную зону, обрамленную по периметру комплексом небоскребов в виде подковы. Однако, позже немецкий архитектор Майнхард фон Геркан предложил заменить парковую зону 9-этажным комплексом-ядром со стеклянно-бетонным куполом и выделяющимися очертаниями материков, внутри которого будут располагаться рестораны, музеи и кинозалы. Сегодня некое подобие проекта Геркана прослеживается в строящемся в Москва-Сити киноконцертном зале. Также в проекте Б. Тхора была предусмотрена башня «Россия» высотой 612 м (744 м со шпилем), которая должна была стать самым высоким зданием во всей Европе, однако после долгих дискуссий было решено отказаться от ее строительства, а на предназначавшемся для её строительства участке приступили к возведению «Башни «Федерация». Согласно первоначальной концепции, предполагалось, что «Федерация» будет состоять из двух разновысотных

башен со стеклянным шпилем между ними. Шпиль было решено оснастить высокоскоростными лифтами и увенчать обзорной площадкой. В ходе выполнения работ от шпиля отказались, а смотровую площадку перенесли в башню «Восток».

В современном исполнении архитекторов Сергея Чобана и Петера Шwegера «Башня «Федерация» является комплексом из двух небоскребов, формирующих силуэт в виде двух стеклянных парусов, обращенных друг к другу и расположенных на едином многофункциональном стилобате. Башня «Восток» состоит из 97 этажей, ее высота составляет 373,7 м; башня «Запад» – из 63 этажей, высота – 242,4 м. Общая площадь помещений комплекса насчитывает 442 915,2 кв. м. Общая площадь земельного участка – 10 730 кв. м. В основе проекта лежит концепция вертикального города, аналогов которой в современной России нет. В башнях переплетены офисные и жилые этажи, спортивные и развлекательные помещения, а стилобат – 6-этажный атриум – занимают офисы и торговая галерея. Строительство комплекса осуществлялось в период с 2004 по 2017 год (с периодическими «замораживаниями» ввиду разных обстоятельств) силами разнонациональных команд: принимали участие специалисты из США, Китая, Австралии, Германии, Швейцарии, Чехии и других стран.

Башня «Федерация» – пример успешного применения передовых технологий: почти все энергоэффективные технологии, известные на момент строительства, были здесь применены. В основе инженерно-технологического оснащения небоскрёба лежит принцип резервирования, аналогичный подходу, применяемому при конструировании самолетов и строительстве подводных лодок. Все системы продублированы, двойные вводы тепло-, водо- и электроснабжения независимы. Инженерное оборудование западного производства, размещенное на технических этажах, поддерживает жизнедеятельность здания в режиме 24/7/365.

При возведении небоскреба было интегрировано флагманское решение, благодаря которому башня по праву признана самым прочным небоскребом в мире: бетон класса В90, который в два раза прочнее обычного. Кроме того, устойчивость обеих башен обеспечивается за счет мощного бетонного ядра, имеющего в основании стены 1,4 метра, а также 25 периметральных колонн, пронизывающих обе башни от фундамента до самого верхнего этажа. Каждая колонна в основании составляет 2 x 1,4 метра. Основной несущей конструкцией в «Башне «Федерация» сделана центральная часть сооружения, где расположены лифтовые шахты. За счет этого конструкторам удалось снизить нагрузку по периметру, а также избавиться от большого количества несущих элементов. Ярусы здания не опираются друг на друга, и даже если вдруг конструкция здания будет нарушена на каком-то конкретном этаже, то здание не разрушится. Но, кроме того, это увеличивает жилое пространство и дает больше возможностей для планировочных решений. И, как результат этого, несущих колонн в «Башне «Федерация» не много, и они сравнительно небольшие, а ширина между рамами остекления составляет 1,65 м.

Через каждые 25-30 этажей в башне расположены аутригерные этажи – металлические конструкции, служащие для перераспределения нагрузки с верхних этажей на нижние, которые не только придают зданиям дополнительную устойчивость, но и выполняют технические функции (на аутригерных этажах установлено вентиляционное и другое инженерное оборудование). Аутригеры – мощная система распорок, опоясывающих сооружение, благодаря которым нагрузка при воздействии ветра равномерно рассеивается между ядром и колоннами каркаса, а также другими несущими конструкциями и здание не опрокидывается. Система аутригеров служит для уменьшения опрокидывающего момента в ядре и для передачи уменьшенного момента колоннам вне ядра, вызывая в них напряжения растяжения.

Кроме того, здесь использованы последние разработки в области энергосберегающих технологий, которые впервые применены для высотных зданий. Например, установлено 67 швейцарских скоростных лифтов (скорость движения кабины – до 8 м/с, или 93 этажа за 55 секунд), которые работают по системе «Твин», т.е. в одной шахте одновременно двигаются две независимые друг от друга кабины. В стилобате функционируют стеклянные лифты, движущиеся под углом в 10 градусов. Функционирование пожарных лифтов в зданиях предусмотрено даже в случае отключения обычных.

Взрывоустойчивый фасад предохраняет все здание сверху донизу. Ламинированные компоненты – стеклянные элементы здания сконструированы так, чтобы поглощать удары больших или малых ракет, которые не должны выбивать их из металлического каркаса. В качестве ветрозащитного решения применена система PERI: рельсы RCS соединены жесткой вставкой, установлены трубы и продуваемая защитная сетка.

В башне применяется система рекуперации тепла – энергосберегающая технология, основанная на принципе повторного использования тепла удаляемого отработанного воздуха здания для подогрева свежего приточного воздуха, что позволяет сэкономить значительное количество энергии. Перед тем, как попасть в апартаменты, наружный воздух подвергается двухэтапной очистке в системах фильтрации. Чистота фильтров контролируется инструментально каждые 24 часа. Падающие на фасады солнечные лучи нагревают воздух в помещениях. Чтобы компенсировать этот перегрев, в башне «Федерация» работает самый большой хладоцентр в Европе мощностью 35 МВт. В зависимости от температуры воздуха на улице, центральные установки кондиционирования охлаждают или подогревают его до постоянной температуры +22 С. Поступающий в систему воздух, увлажняется до 50-60% летом и 40-50% зимой. Помимо этого, во всем комплексе стоят специальные датчики, которые фиксируют изменение температуры, освещенности, присутствия людей и реагируют на эти изменения. Дополнительно каждый апартамент может быть оборудован технологией «Умный дом».

К инновационным технологическим новинкам также относятся панорамные энергоэффективные стеклопакеты, обладающие такими преимуществами, как: поддержание оптимальной температуры при уменьшении оттока тепла наружу, высокая прочность, повышенная шумоизоляция, защита от

воздействия ультрафиолета. Это первый фасад здания в России, выполненный по технологии структурного остекления стеклопакетами с заполнением аргоном. Наружный пласт стеклопакета изготовлен из триплекса толщиной 12 мм. Материал объединяет обычное стекло и низкоэмиссионное (с покрытием, уменьшающим теплоотдачу) по 6 мм толщиной, обеспечивает низкую теплопроводность, надежно противостоит ударам и давлению, делает невозможным выпадение каких-либо предметов из здания даже при разбивании окна. Внутри блока – закаленное стекло 8 мм, способное выдержать удар тела массой 75 кг, движущегося со скоростью 18 км/ч.

С учетом этажности небоскребов, интегрирована, заменяющая промышленных альпинистов, инновационная скрытая система очистки фасадов. Стационарная система обслуживания фасадов смонтирована под сдвижной стеклянной крышей башни Восток на 97-м этаже, непосредственно под стеклянным куполом башни. Во время работ из крыши здания выдвигается уникальный кран с длиной стрелы 33 м.

В башне «Федерация» предусмотрены сверхэффективные системы пожарной безопасности. Ядро башни состоит из огнеупорного бетона толщиной до 2 метров и имеет класс огнестойкости REI 240, то есть в случае возгорания перекрытия будут выдерживать температуру огня 800°, сохраняя конструктивную целостность в течение 240 минут. Именно в ядре расположены системы жизнеобеспечения здания, лифты и эвакуационные лестницы. Попадая на лестницу, человек оказывается в полной безопасности: здесь нет горючих материалов, и в эту зону обеспечивается приток свежего воздуха. Башня «Федерация» делится по вертикали на пожарные отсеки, разделенные техническими этажами. Все помещения «Башни Федерация» оснащены автоматической системой водяного спринклерного пожаротушения. Совокупный объем системы пожаротушения в башне – более 2 млн литров воды. Спуск по лестнице с последнего этажа занимает от 20 до 40 минут: пожаростойкость ядра небоскреба в 8 раз превышает время эвакуации.

Инновации внедрены и в обеспечение приватной жизни жильцов: в именных смарт-картах прописываются уровни допуска, благодаря чему сотрудники офисов или гости башни не пройдут по своим картам в лобби апартаментов, а жители других этажей не смогут выйти из лифта не на своем. При входе система безопасности выполняет четырехступенчатый процесс проверки прав доступа, прописанных на смарт-карте. Кроме этого, интегрированная система безопасности Lenel включает в себя турникетные группы, считыватели на дверях и видеонаблюдение. Это система закрытого типа, она не имеет внешних подключений и полностью защищена от утечек информации и цифрового взлома.

Совершенно очевидно, что при строительстве башни «Федерация» грамотно внедрены все существовавшие на тот момент инновации в области материалов и технологий: ресурсосберегающие и энергосберегающие технологии (такие как система теплорекуперации, скоростные лифты Twin), технологии защиты объекта от опасных естественных и техногенных выбросов и воздействий (система ветрозащиты, максимально прочная конструкция за

счет мощного бетонного ядра и аутригерных этажей), новые технологии СМР (самоподъемная и рельсовая подъемная системы, подъем опалубки в 2 этапа). Помимо прочего, важно отметить уникальность небоскреба: на момент строительства башня «Федерация» признана самым высоким небоскребом в Европе. Позже ее опередил «Лахта-центр» в Санкт-Петербурге, введенный в эксплуатацию в 2017 году, высота которого составляет 462 м, однако по этажности «Федерация» по-прежнему на первом месте (в «Лахте» 87 этажей).

Интеграция инновационных решений, материалов, технологий однозначно оказывает позитивное влияние на объект строительства, как в части вклада в строительную сферу в целом, так и в части улучшения его характеристик. Тот факт, что на момент ввода объекта в эксплуатацию в мае 2017 года были распроданы все помещения, свидетельствует о целесообразности и окупаемости вложенных инвестиций.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Азёмов А.В.</i> Анализ способов и характеристик различных соединений панелей из перекрёстноклеёной древесины	3
<i>Белых Л.В.</i> Обоснование выбора оборудования стекла для производства вспененного на территории г. Братска	7
<i>Белых М.В.</i> Обоснование выбора оборудования для производства стекловаты на территории города Братска Иркутской области.....	12
<i>Большедворская А.С.</i> BIM-технологии при проектировании в строительстве	16
<i>Волкова А.Ю., Менухова А.Н.</i> Акустическое оформление зрительного зала музыкальной школы	21
<i>Гончаренко Д.А.</i> Крымский мост как уникальное инженерное сооружение с применением инновационных решений при реализации проекта.....	26
<i>Гончарова Н.А.</i> Инновационные технологии в строительстве железнодорожного вокзала адлер: от концепции к реализации	31
<i>Дадашова Э.Х.</i> Инновационные решения при строительстве Эйфелевой башни	36
<i>Дмитриева Е.С.</i> Особенности расчета изгибаемых железобетонных конструкций по предельным состояниям по нормам зарубежных стран	41
<i>Дудин А.И.</i> Особенности оценки эксплуатационной пригодности несущих железобетонных конструкций	44
<i>Кабин П.В.</i> Проектирование учебного корпуса технического университета в г. Новосибирске.....	47
<i>Калинин А.В.</i> Обеспечение эксплуатационной надежности преднапряженных железобетонных ферм.....	51
<i>Капник Н.С.</i> Основы технологии производства керамогранита при использовании сырьевой базы на территории Иркутской области	54
<i>Королев А.И.</i> Современные оконные системы: особенности устройства и установки.....	58
<i>Кравченко Е.Н.</i> Проектирование металлических конструкций центра культурного развития	63
<i>Кривов А.С., Рубанов А.А.</i> Особенность возведения конструкций подземной части здания аэропорта г. Томска.....	68
<i>Лаврухина А.С.</i> Уменьшение затрат в строительстве на стадии проектирования на примере строительства производственного здания	72
<i>Лыскова Р.Н.</i> Технология укладки геосинтетических материалов в дорожное полотно.....	75
<i>Маслов И.К.</i> Проектирование детской поликлиники в г. Архангельске.....	80

Менухова А.Н. Проектирование монолитных конструкций музыкальной школы в г. Новосибирске.....	84
Панчук С.Ю. Строительство объекта: «Плотина Гувера, США».....	88
Рубанов А.А. Проектирование конструкций здания аэровокзального комплекса аэропорта г. Томска.....	90
Сидоренко А.Г. Инновационные решения при строительстве пальмовых островов ОАЭ	93
Толмачева Д.Д. Современные проектные решения и инновационные признаки в процессе возведения останкинской телебашни	97
Угренинов Д.Е. Проектирование монолитной безбалочной плиты перекрытия здания социально реабилитационного центра.....	101
Хилько А.В. Инновационные строительные технологии и материалы, используемые при строительстве виадука	106
Хомченко Е.Н. Башня «Федерация» – небоскрёб без компромиссов	110

Научное издание

Энергия молодых – строительному комплексу

*Материалы XVIII Межрегиональной
научно-технической конференции
студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых*

22–24 мая 2024 г.

Опубликовано в авторской редакции

Подписано в печать 01.07.2024
Формат 60×84 ¹/₁₆
Печать трафаретная.
Уч.-изд. л. 7,25. Усл. печ. л. 7,25.
Заказ 45

*Электронная версия издания размещена
в локальной сети ФГБОУ ВО «БрГУ» в разделе «Библиотека»*

Отпечатано в издательстве ФГБОУ ВО «БрГУ»
665709, Братск, ул. Макаренко, 40