

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия наук
Российская академия архитектуры и строительных наук
Администрация Белгородской области
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова
Международное общественное движение инноваторов
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»
Всероссийский фестиваль науки
Областной фестиваль науки



Сборник докладов

Часть 6

Эффективные конструкции, материалы и организационно-технологические решения для строительства и жилищно-коммунального хозяйства

Белгород

23-24 октября 2023 г.

УДК 005.745

ББК 72.5

М 43

М 43 **XV Международный молодежный форум**
«Образование. Наука. Производство»
[Электронный ресурс]: Белгород:
БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – Ч. 6. – 153 с.

ISBN 978-5-361-01214-5

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения XV Международного молодежного форума «Образование. Наука. Производство»

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами энергоснабжения и управления в производстве строительных материалов, архитектурных конструкций, электротехники, экономики и менеджмента, гуманитарных и социальных исследований, а также в учебном процессе университета.

УДК 005.745

ББК 72.5

ISBN 978-5-361-01214-5

©Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2023

Оглавление

Алтухов М.А., Тельпов А.С.

РОССИЙСКИЙ И МИРОВОЙ РЫНОК ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ
ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВ 7

Аноприенко Д.С., Рафаелян А.В.

ИННОВАЦИОННОЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ СТРОИТЕЛЬНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ 13

Анфалов А.М., Лукьянова Е.Ю.

УЗЛОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ СЛТ ПАНЕЛЕЙ ДЕРЕВЯННЫХ
СТРОЕНИЙ..... 18

Асланов А.В.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОСТОЙКОСТИ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ИЗ ОТХОДОВ ОЦИЛИНДРОВКИ БРЕВЕН..... 21

Атапина Н.А.

БЕТОННАЯ СТЕНА ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
ВОЗВЕДЕНИЯ..... 25

Богачев Д.А.

К ВОПРОСУ ПРЕИМУЩЕСТВ МЕТОДА ПОДЪЕМА
ПЕРЕКРЫТИЙ ПО СРАВНЕНИЮ С ТРАДИЦИОННЫМИ
МЕТОДАМИ ВОЗВЕДЕНИЯ ДЛЯ МОНОЛИТНЫХ КАРКАСНЫХ
МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ 28

Ватаман В.Ю.

СПОСОБЫ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ
УЛУЧШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ 33

Вахидов Г.Х., Братчиков И.С.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА
ОБЪЕКТОВ ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ДОМОКОМПЛЕКТОВ 36

Вициенко М. И.

БОКСИТЫ КАК ИСТОЧНИК ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОЙ
РУДЫ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ..... 42

Зайцев К.А.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОЙ
ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ПРОЖИВАНИЯ 47

Крутикова М.А.

СРАВНЕНИЕ ВЕЛИЧИН УСИЛИЙ В СТЕРЖНЯХ ФЕРМ С
РАЗЛИЧНЫМ ОЧЕРТАНИЕМ ПОЯСОВ 52

Кудинова Д.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ОБРАТНОЙ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ И
ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ. 57

Кушнир А.С., Белогубкин В.А.

ПРЕИМУЩЕСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ
МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КАРКАСА В МНОГОЭТАЖНОМ
ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ 61

Лавриков В.А., Титенков В.В.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ COMSOL
MULTIPHYSICS ДЛЯ РАСЧЕТОВ В ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ
..... 65

Лимощенко В.А., Пухов И.Е.

О ТЕХНОЛОГИЯХ, ПРИМЕНЁННЫХ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ
«ЛАХТА-ЦЕНТРА» В ГОРОДЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГ 69

Личаев А.Н.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕРЕВЯННЫХ ЗДАНИЙ ИЗ СЛТ-
ПАНЕЛЕЙ..... 74

Обайди А.А.Х., Аноприенко Д.С.

КОМПОЗИТНОЕ УСИЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ В РАСТЯНУТОЙ ЗОНЕ БЕТОНА..... 78

Паньков С.Е., Крикунова К.О.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ
СИСТЕМ КОНЦЕРТНЫХ ЗАЛОВ..... 82

Постовой А.А., Киреев Е.В.

ПАТЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОДАЧИ БЕТОННОЙ СМЕСИ	86
Руденко О.Л., Бачкала В.О.	
ПУТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ КАМЕРНОЙ СУШКЕ ДРЕВЕСИНЫ	90
Се Ди, Кутоманов Д.Е.	
ПРОЧНОСТЬ КАСАТЕЛЬНОГО СЦЕПЛЕНИЯ (СОПРОТИВЛЕНИЕ СДВИГУ) КЛАДКИ ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ НА РАЗЛИЧНЫХ КЛЕЕВЫХ СОСТАВАХ	94
Сенкевич А.Д., Рылов И.В.	
ФАКТОРЫ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРУЕМОЕ СОСТОЯНИЕ В СТАЛЬНЫХ СОСТАВНЫХ БАЛКАХ С ПОЯСОМ ИЗ ЗГСП	99
Сырых А.А., Обрезанов А.С.	
ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОГ	101
¹ Серых В.Д., ² Гребеник А.А.	
ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖИЛОГО ДОМА	106
Сиделин В.Э., Юрченко Э.В.	
ИЗОСТАТИЧЕСКИЕ И ИЗОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ В НАПРЯЖЕННОМ ТЕЛЕ	110
Ступин П.В.	
РАЗРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ СКОРОСТНОМ МОНОЛИТНОМ ДОМОСТРОЕНИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ	113
Титенков В.В.	
РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ ПОДОГРЕВ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ В ЯЭУ	117
Тищенко А.Е.	

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИБРОБЕТОНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	120
Тищенко А.Е.	
ТИПЫ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ	123
Ткач Л.В., Паньков С.Е., Крикунова К.О.	
ОШИБКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И МОНТАЖА СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ....	127
Фугаева А.М.	
ВЫБОР КОАГУЛЯНТА ДЛЯ ОСАЖДЕНИЯ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД	131
Черских Д.Ю., Жилин Д.А., Чуйко К.К.	
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ «ЗЕЛЕНОГО» СТРОИТЕЛЬСТВА	135
Чесноков И.А.	
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ: АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ	139
Шаповалова А.В., Аюбов Н.А., Клюев С.В.	
ДОБАВКИ ДЛЯ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА	144
Юрченко Э.В., Сиделин В.Э.	
ГРАФИКИ ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ В БАЛКЕ.....	150

УДК 691.175

Алтухов М.А., Тельнов А.С.

Научный руководитель: Сулейманова Л.А. д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет

им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

РОССИЙСКИЙ И МИРОВОЙ РЫНОК ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВ

В условиях высокой и прогнозируемой истощаемости промышленных и энергетических ресурсов, современное общество будет нуждаться в ускорении развитии темпов производства строительных теплоизоляционных материалов. Остро встанут вопросы эффективного использования сырья, экономии топлива и энергосбережения. В мире технологического прогресса данные факторы будут иметь первостепенное значение.

Главным приоритетом в развитии качества строительных материалов, а также их видов и технологии изготовления будут являться: всеобщее освоение энергоэффективных и энергосберегающих технологий, высокая экономия энергетических и технологических материалов, внедрение улучшения новых теплозащитных свойств для зданий гражданского и промышленного типа [1-3]. Данные мероприятия помогут спровоцировать рост отечественного и мирового рынка теплоизоляционных материалов.

Широкое распространение инновационных технологий и методов повышения качественных характеристик жестких наполненных пенополиуретанов в XXI в. является перспективным и важным направлением в строительстве, поскольку факторы надежности и экономичности могут иметь благоприятное влияние на теплоизоляционные характеристики материала. Отметить нужно и высокие характеристики эксплуатации, их положительное влияние на остальные факторы [4-7].

Пенополиуретан – это строительный материал, имеющий пористую структуру и низкий коэффициент теплопроводности, что выделяет его на строительном рынке теплоизоляционных материалов [7].

Использование теплоизоляционных пенополиуретанов увеличивает автономность и энергоемкость производства более чем в 3-4 раза, по сравнению с традиционным строительством [8].

Наполнители пенополиуретанов играют важную роль в его структуризации. Такие важные факторы, как степень наполнения композита, распределение наполнителя, изменение параметра вспенивания

и др. приводят к изменению структуры теплоизоляционного пенополиуретана [9].

В производстве вспененного пенополиуретана используются два жидких компонента: полиол и полиизоцианат. Поскольку застывшая пена содержит около 90 % газа, пенополиуретан обладает отличными теплоудерживающими свойствами. Однако структура и свойства материала варьируются в зависимости от производителя. Это связано с соотношением компонентов, а также с наличием или отсутствием добавок, замедляющих горение пенополиуретана. В результате пенополиуретан разных марок может отличаться по плотности и твердости. Наиболее востребованным в строительной отрасли принято выделять и пенополиуретановый клей, который улучшает теплоизоляционные характеристики из блоков газобетона [10]. Так как коэффициент диффузии достаточно низкий, теплопроводность не будет меняться в течении продолжительного времени [11].

Если сравнивать с прошлыми годами, то на текущий момент рост рынка полиолов ожидается в районе 4 % и выше. Такой скачок лишь ускорит темпы роста рынка, ведь по прогнозам с 2020 по 2025 год разница в производстве уже будет составлять 3,24 млрд тонн, что является перспективным для дальнейшего развития рынка. На Азиатско-Тихоокеанский регион приходится 38 % прироста рынка в течение прогнозируемого периода. Основными рынками полиолов в Азиатско-Тихоокеанском регионе являются Китай, Индия и Япония. Рост рынка в Азиатско-Тихоокеанском регионе, скорее всего, будет происходить быстрее, чем в других регионах. Будет происходить увеличение числа проектов строительства жилых и нежилых помещений, а также объектов общественной инфраструктуры, особенно в Китае, Индии, Малайзии и других странах, что также будет являться ключевым фактором для развития рынка в этом регионе в будущем [12] (рис. 1).

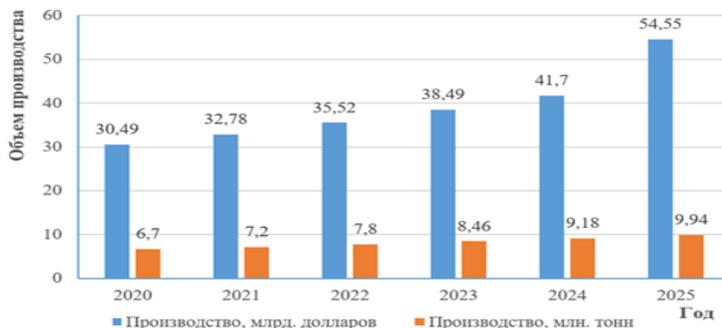


Рис. 1. Производство полиолов на мировом рынке в периоды с 2020 по 2025 гг.

Кроме того, рост спроса на пенополиуретаны в автомобильной промышленности также стимулирует рост рынка. Эластичный пенополиуретан, являющийся производным полиолов, используется при производстве автомобильных сидений, подголовников, подлокотников, а также сидений с подогревом и вентиляцией. Другие факторы, такие как разработка полиолов на биологической основе, будут преобладающим для того, чтобы оказывать большее влияние.

Имеет значение и второй компонент сырья для производства пенополиуретанов – изоцианат, который применяется во многих отраслях производства, а также имеет одно из преобладающих значений в строительной отрасли (рис. 2).

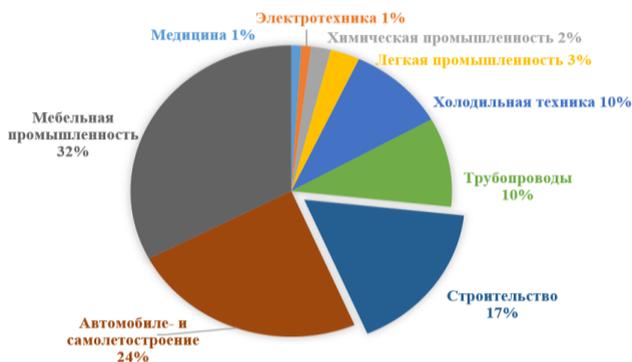


Рис. 2. Доля потребления изоцианатов в отдельных отраслях

Самым быстроразвивающимся в этом направлении является Китай, который стандартизировал производство полиолов и

изоцианатов, что позволило иметь лидирующую позицию на мировой арене. Если учитывать, что мировые мощности по производству сырья для пенополиуретана достигают около 10 млн. тонн, то уже 44-46 % мощностей для производства приходится на Китай [13].

Мировая мощность толуиленидиизоцианата в общем достигает около 3,355 млн тонн в год, из которых Китай имеет около 0,9 млн тонн или 27 % от мировых мощностей.

Второе место по производству сырья занимают Европейские страны, так как именно они занимают лидирующую позицию в производстве аппаратов для деления материалов – сепараторов.

Основными факторами, влияющими на рост рынка пенополиуретана, являются увеличение числа различных отраслей конечного использования и все более широкое применение пенополиуретана в строительной изоляции для энергосбережения. Кроме того, адаптивность и отличительные свойства, присущие пенополиуретану, высокий спрос со стороны строительной отрасли и растущая индустрия бытовых товаров ускорят темпы роста рынка пенополиуретана. В прогнозируемом периоде 2023-2028 гг. среднегодовой темп роста рынка пенополиуретана составит 7,58 % и к 2028 г. достигнет 71,24 млрд долл (рис. 3).

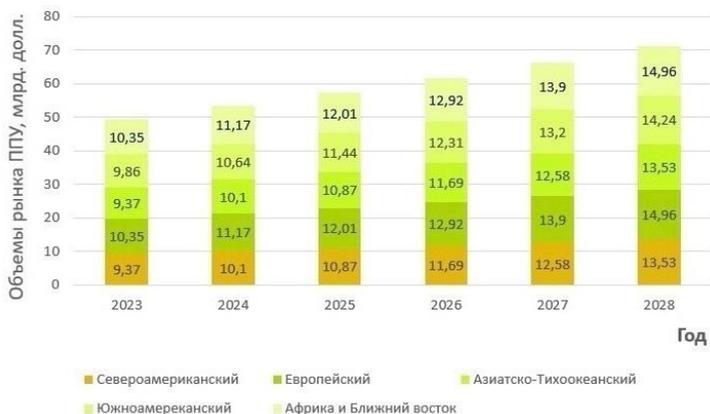


Рис. 3. Объем рынка пенополиуретана по прогнозам до 2028 г.

Увеличение объемов производства полиолов также создает благоприятные возможности для роста рынка пенополиуретанов.

Однако жесткие экологические нормы и требования к содержанию метилхлорида в производстве пенополиуретана будут сдерживать рынок теплоизоляционных материалов и его дальнейший рост. В этом

случае имеются много таких факторов по сдерживанию, но немаловажным будет являться ограничение на стоимость. Именно он будет сдерживать экономический рост рынка.

В России к 2030 г. потребление изоцианатов может возрасти до 250 тыс. тонн в год. Решить эту проблему может создание изоцианатного комплекса в Нижегородской области и планы по реструктуризации и процессов и технологий; СИБУР (ПАО «Сибур Холдинг») занимается данным проектом и планирует начать производство в 2028 г., а выйти на проектную мощность – в 2030 г. Ожидается, что это даст возможность насытить внутренний рынок важнейшими компонентами полиуретана. Все это будет возможным из-за дешевизны сырья, земельным ресурсам и строгому режиму регулирования, что позволит повысить долю ежегодного роста на отечественном рынке.

Перед отраслью открываются новые возможности, поскольку она смещает акцент с Европы на Азию и становится более зависимой от собственных ресурсов.

На этот счет сделано два основных прогноза [1, 14]:

1. Рост сегмента ориентированно-стружечных плит (+4,2 %) и производства теплоизоляции (+2 %) до 2030 г.

2. Рост потребления полиуретана, используемого в лакокрасочных покрытиях и при производстве сэндвич-панелей, на 5-10 % в год.

На основании мировых и отечественных данных можно сделать вывод о том, что спрос на пенополиуретан и его компоненты будут способствовать дальнейшему росту и развитию российского и мирового рынков. Следует изучить вопрос об экологической и экономической составляющей пенополиуретана, так же актуальным является изучение новых эксплуатационных характеристик материала, в частности огнестойкости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горшков А.С. Принципы энергосбережения в зданиях // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. №7 (186). С. 26-35.

2. Российский рынок пенополиуретанов: актуальные вызовы и перспективы роста [электронный ресурс]. URL: <https://epolymer.ru/article/rossiyskiy-rynok-poliuretanov-aktualnye-vyzovy-i-perspektivy-rosta?ysclid=lnlsxnzdio346144615>

3. Сулейманова Л.А., Кочерженко А.В. Исследование влияния природных наполнителей на кратность вспенивания утеплителей на основе пенополиуретана // В сборнике: Наука и инновации в

строительстве. (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сборник докладов Международной научно-практической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 185-189.

4. Кочерженко А.В. Получение наполненного пенополиуретана с улучшенными эксплуатационными свойствами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 4. С. 47-50.

5. Гравит М.В., Кулешин А.С., Беляева С.В. Национальные стандарты для жестких напыляемых PUR и PIR пен. // Строительные материалы. 2017. № 10. С. 58-60.

6. Мхитарян В.А. Потребление пенополиуретана и оборудование для его получения // Строительные материалы. 2005. №6. С. 22-23.

7. Кочерженко А.В., Марушко М.В., Рябчевский И.С. Пенополиуретановая теплоизоляция с улучшенными эксплуатационными свойствами // В сборнике: Научно-технологические инновации. Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 84-88.

8. Сулейманова Л.А., Кочерженко А.В., Рябчевский И.С. Теплоизоляционный пенополиуретан, наполненный техногенным сырьем: монография // Белгород: Изд-во БГТУ, 2023. С. 8-9.

9. Suleimanova, L.A., Pogorelova, I.A., Kocherzenko, A.V., Ryabchevsky, I.S. Effect of mineral fillers on the polyurethane foam performance properties // Materials Science Forum, 2020, 974 MSF, Pp. 267-272.

10. Suleimanova, L.A., Pogorelova, I.A., Ryabchevsky, I.S. Energy Efficient Stone Cellular Concrete Masonry on Polyurethane Adhesive // Lecture Notes in Civil Engineering, 2021, 151 LNCE, Pp. 50-55.

11. Suleimanova, L.A., Kocherzenko, A.V., Ryabchevsky, I.S. Filled Polyurethane Foam with Improved Quality Indicators // Lecture Notes in Civil Engineering, 2023, 307 LNCE, Pp. 399-406.

12. Polyurethane Foam Market to Grow at a CAGR of 7.40% & Surpass USD 70 Billion by 2028. BlueWeave Consulting [электронный ресурс]. URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2022/05/04/2435901/0/en/Polyurethane-Foam-Market-to-Grow-at-a-CAGR-of-7-40-Surpass-USD-70-Billion-by-2028-BlueWeave-Consulting.html>

13. Polyols Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2022-2027 [электронный ресурс]. URL: <https://www.imarcgroup.com/polyols-market>.

14. Производство изоцианатов в России [электронный ресурс]. URL: <https://ect-center.com/blog/izocyanaty-1>.

Аноприенко Д.С., Рафаелян А.В.

*Научный руководитель: Сулейманова Л.А. д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИННОВАЦИОННОЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ СТРОИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В связи с развитием программного обеспечения, аппаратных средств и вычислительных технологий в строительной отрасли растет и применение интеллектуального оборудования и роботов (IER). Существует ряд ключевых преимуществ, вариантов использования данных технологий и проблем, связанных с внедрением интеллектуального оборудования в строительную отрасль. Строительная отрасль составляет от 9 до 14 % ВВП большинства стран и играет решающую роль при предоставлении рабочих мест и стимулировании экономического роста. Однако из-за своей низкой адаптивности к окружающим технологиям строительство сталкивается с замедлением темпов роста по сравнению с другими отраслями экономики. И только цифровые и интеллектуальные технологии, автоматизация и роботизация помогают строительству на протяжении последних 25 лет [1].

Такие инновационные технологии помогают с рядом проблем: уровень несчастных случаев в строительстве самый высокий среди всех других отраслей, именно поэтому замена рабочих полуавтономными или полностью автономными роботами для выполнения тяжелых задач значительно сокращает количество инцидентов, которые происходят при выполнении работ в опасной производственной среде, например, подземных шахтах, мостах; повышают производительность, которая несколько упала по отношению к общему росту производительности в экономике, посредством автоматизации и роботизации повторяющихся и сложных процессов, а также автоматизации транспортировки строительных материалов и конструкций, например, использования роботизированного крана повышает производительность на 30%; убирают проблему нехватки квалифицированных специалистов, так как человека заменяет машина, запрограммированная делать задачу максимально эффективно [2, 3].

На сегодняшний день влияние IER еще мало, однако появляются все новые области их применения для повышения производительности, безопасности, качества.

Одним из главных направлений использования робототехники является применение строительных роботов-манипуляторов. Такие роботы устроены по двум схемам: в первом случае робот-рука – аналог башенного крана с выдвигающейся рабочей рукой (наиболее простые из роботов, имеющих 3 линейные оси свободы), а во втором случае это множество сгибающихся частей типа «рука» (шарнирной конструкции с двумя или более сгибающимися частями) [4].

Крупнейшим производителем шарнирных роботов, которые обладают интеллектуальными технологиями управления и высокоточными датчиками, является компания KUKA. Она предлагает роботов, которые могут быть быстро установлены в любом месте и для любой цели, соответствующей производственным задачам с нужной грузоподъемностью: 0-20 кг (KUKA KR AGILUS, KR CYBERTECH, LBR); 20-80 кг (KUKA KR 30, KR 40, KR 60); 80-300 кг (KUKA KR QUANTEC, KR 360 FORTEC, KR 300); 300-1000 кг (KUKA KR 600 FORTEC, KR 700); 1000-3000 кг (KUKA KR 1000 Titan). При подборе робота-манипулятора следует учитывать несколько факторов: повторяемость и точность – способность робота раз за разом одинаково исполнять одну и ту же команду, скорость – способность робота исполнять одну и ту же команду за определенное количество времени, масса – вес робота и важнейший фактор при перемещении роботом тяжестей. Самыми популярными моделями в строительной отрасли, которые производят кладку, монтаж конструкций, доставку материалов являются сверхмощные роботы, грузоподъемность которых варьируется от 300 до 3000 кг (табл. 1) [5].

Таблица 1 – Характеристики сверхмощных роботов

Характеристика	KR 360 FORTEC	KR 500 FORTEC	KR 600 FORTEC	KR 1000 titan
Полезная нагрузка, кг	240-360	340-500	420-600	750(L750), 950(L950), 1000(1000), 1300(1300)
Рабочая зона, мм	2826-3326	2485-3326	2826-3326	3601(L750, L950), 3202(1000, 1300)
Способы монтажа	Потолок, пол			

Обладая шестью осями и открытой кинематической системой, гигантские роботы KUKA с поразительной грузоподъемностью аккуратно и оперативно обрабатывают тяжелые грузы на расстоянии до 6,5 м. Для специализированных областей применения предлагается версия Foundry, обеспечивающая оптимальное сочетание рабочей

зоны и полезной нагрузки или версия для укладки тяжелых грузов до 3 тонн [4].

Примером активного использования IER при строительстве зданий из дерева является инновационный способ строительства деревянного павильона в кратчайшие сроки только силами роботов (рис. 1).



Рис. 1. Сборка роботами элементов павильона [5]

При строительстве используются испытанные роботы KUKA: двухкоординатный позиционер DKP-400 и два робота KUKA KR 500 FORTEC. Каждый из 376 элементов деревянного павильона абсолютно уникален. Роботы скрепляют их с помощью деревянных панелей и балок из клееного бруса. Пятиугольные, шестиугольные или семиугольные элементы имеют толщину 16 см и полую внутреннюю часть. Павильон простирается на 30 м – без балок или опор внутри [6, 7].

Конкурентом KUKA является компания Construction Robotic, которая выпускается робота с выдвигающейся башенной «рукой». Усталость на рабочем месте настолько реальна, что CR разработали продукты для снижения утомляемости, а также для определения того, когда работник испытывает переутомление. MULE 135 делает тяжелые предметы (весом до 100 кг), такие как бетонные блоки, практически невесомыми. По словам компании, снижение утомляемости из-за отсутствия необходимости поднимать тысячи килограмм материала в день может привести к экономии производительности от 30 до 50 %. Меньшая утомляемость также может привести к снижению риска травм и повышению качества. Максимальная высота, которую может достигать MULE (усилитель подъема материальных единиц),

составляет 8 м, при максимальной высоте мачты 12 метров и максимальном размахе рук 4 м (рис. 2).



Рис. 2. Рука-робот на платформе MULE

Сегодня промышленные роботы стали более умными и быстрыми, они легко приспосабливаются к различным задачам и могут работать вместе с людьми. Благодаря передовым технологиям машинного зрения и датчикам, эти роботы способны выполнять сложные задачи, которые еще несколько лет назад казались им недоступными. Широкому распространению мешает ряд довольно серьезных проблем: требование высоких затрат для внедрения в строительный процесс, что недоступно для большинства компаний малого и среднего размеров; опасность взаимодействия человека и робота из-за отсутствия каких-либо нормативных документов для их совместной работы; кибератаки и кибербезопасность также является серьезным препятствием при использовании роботов; слабый уровень цифровизации строительной отрасли ограничивает использование IER [8].

Однако новые возможности, такие как повышение эффективности производства, сокращение затрат и обеспечение безопасности сотрудников, открываемые IER, в долгосрочной перспективе окажут огромное влияние на всю строительную отрасль.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Гинькин Н.С., Зайцев М.В. Организация и производство работ с применением средств роботизации при устройстве инженерных коммуникаций // В сборнике: Наука и

инновации в строительстве. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Белгород, 2020. С. 277-281.

2. Сулейманова Л.А., Темурзиева Р.Н., Рябчевский И.С. Оптимизация технологических процессов в строительном производстве с помощью BIM-технологий // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Белгород, 2020. С. 121-127.

3. Шелкова Е.О., Козикова И.Н. Искусственный интеллект в строительстве // В книге: Новые технологии в учебном процессе и производстве. Материалы XVII Международной научно-технической конференции. Под редакцией А.А. Платонова, А.А. Бакулиной. 2019. С. 240-243.

4. Кравцова О.А., Левкович И.Ю. Внедрение робототехники в строительстве // Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства: Сборник научных статей. – Гродно: Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, 2021. С. 216-219.

5. Жарков Д.И. Перспективы развития BIM-технологий // Инженерные исследования. 2021. № 2 (2). С. 9-15.

6. Тимофеев А.Г. Экономические преимущества применения роботов и тенденции развития мировой экономики // Известия Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2012. 5. С. 144-159.

7. Brosque C., Galbally E., Khatib O., Fischer M. Human-robot collaboration in construction: Opportunities and challenges // 2nd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications. 2020. P. 338–345.

8. Ardiny H., Witwicki S., & Mondada F. Construction automation with autonomous mobile robots: A review // 2015 3rd Rsi International Conference on Robotics and Mechatronics. 2015. P. 418–424.

Анфалов А.М., Лукьянова Е.Ю.

*Научный руководитель: Овсянников С.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

УЗЛОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ CLT ПАНЕЛЕЙ ДЕРЕВЯННЫХ СТРОЕНИЙ

В настоящее время на российском рынке деревянного домостроительства увеличивается популярность применения CLT-панелей [1-3]. Они обеспечивают значительно увеличенную скорость строительства объекта и уменьшают затраты на дополнительные работы при возведении, так как большинство работ выполняется в заводских условиях. В связи с этим были разработаны типовые узлы соединения панелей для упрощения работ монтажа в ходе строительства.

Узлы соединений, которые применяются в ходе возведения каркаса, оказывают наибольшее влияние на сохранность структурной целостности конструкции под действием внешних нагрузок, эксплуатационные свойства объекта, пожарную безопасность, и уровень готовности и скорости монтажа объекта после доставки плит на строительную площадку. В связи с вышеперечисленными воздействиями выбор узлов соединений при проектировании конструкции является одним из важнейших.

Наиболее часто применяемым вариантом для конструирования деревянного строения является использование металлических уголков и самонарезных болтов большой длины для их крепления к панелям [4].

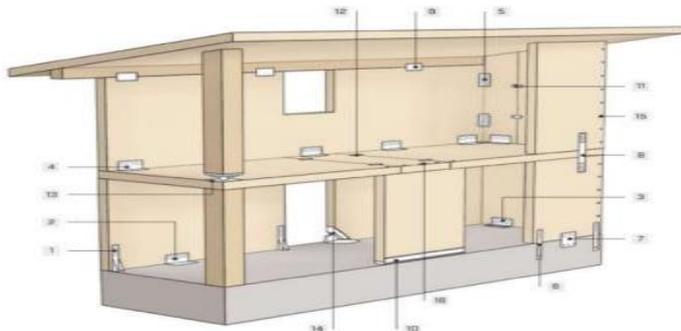


Рис. 1 – Схема применения крепежных элементов

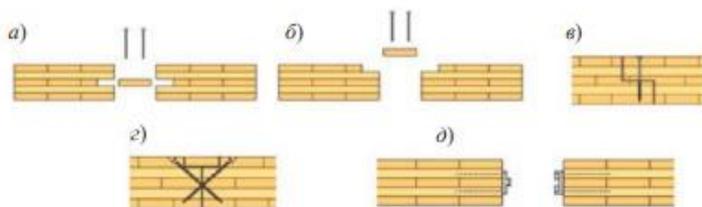


Рис. 2 – Виды продольного соединения плит [5, 6]

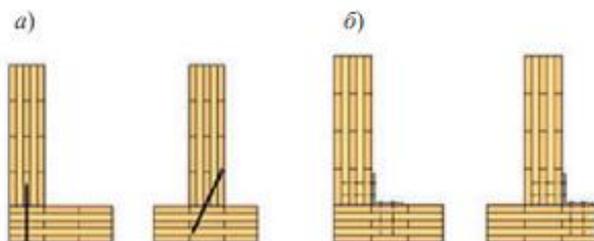


Рис. 3 – Виды угловых Г и Т-образных соединений плит [5, 6]

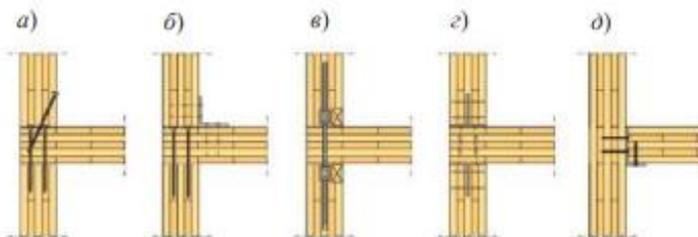


Рис. 4 – Комбинированные виды узлов соединений плит [5, 6]

Применение данных видов узлов обеспечивает простоту сборки, возможность реализации скрытых креплений, распространенность. Однако также присутствует ряд недостатков, например, большое количество крепежных элементов, низкая устойчивость конструкций в регионах с повышенной сейсмической активностью, снижение прочности соединений на деталях, контактирующих с окружающей средой.

На рынке появилась инновационная альтернатива выше указанному методу. Ей является крепежная система X-RAD (рис.5). Она

позволяет использовать деревянные плиты для более сложных условий строительства нежели стандартные крепежные элементы.

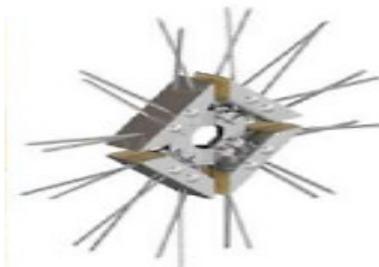


Рис. 5 – Коннектор X-RAD

Данный тип крепления панелей обеспечивает большую устойчивую способность соединения в условиях повышенных нагрузок, однако обладает большей стоимостью и необходимостью привлечения высококомпетентных работников для монтажа конструкций с данным типом соединений [7].

Учитывая тот факт, что деревянные дома из CLT-панелей выходят на уровень строительства многоэтажных домов серийного производства, требуется унификация систем крепления и соединения плит в различном сочетании с подготовкой мест под крепежные изделия в заводских условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. S. I. Ovsyannikov, A. A. Suska, V. M. Kashyna Features of expertise in wooden housing construction // Lecture Notes in Civil Engineering, vol 95. pp.198-205 2020, DOI:10.1007/978-3-030-54652-6_30
2. Овсянников С.И. Деревянное домостроение за рубежом и в России // Наука и инновации в строительстве (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): Сборник докладов международной научно-практической конференции. Белгород, 2017. С. 309-315.
3. S.I. Ovsyannikov, A.A. Suska, D.A. Levkin, O.L. Rudenko Strengthening of the Adhesive Joint in the Production of Glued Beams // Lecture Notes in Civil Engineering, vol 147 2021 pp.222-228. 2021 DOI:10.1007/978-3-030-68984-1_33
4. Rothoblaas. Solutions for Building technology. CLT and mass timber.
5. The CLT Handbook, Swedish Wood, 2019.

6. CLT Handbook USA Edition, FPInnovations, 2013.

7. Shen Yinlan, Johannes Schneider, Siegfried F. Stierner, Ren Xueyong. Failure Modes and Mechanical Properties of Bracket Anchor Connections for Cross-Laminated-Timber. MATEC Web of Conferences 275, 2019

8. Cristiano Lossa, Afrin Hossainb, Thomas Tannerta. Simple cross-laminated timber shear connections with spatially arranged screws. Engineering Structures 173. 2018.

9. . Г. Шикхофер, Т. Богеншпергер, Т. Моосбруггер. Clt handbook. Справочник по КМД. Технология строительства капитальных сооружений из КМД., Грац, Австрия: 2009, 391 с.

УДК 674.816.3

Асланов А.В.

Научный руководитель: Микрюкова Е.В., канд. техн. наук, доц.
*Поволжский государственный технологический университет,
г. Йошкар-Ола, Россия*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОСТОЙКОСТИ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ОЦИЛИНДРОВКИ БРЕВЕН

В деревообрабатывающей и лесохимической отрасли древесные отходы, содержащие кору, практически не используются, в лучшем случае, сжигаются, а зачастую остаются гнить на прилегающих территориях, загрязняя территории предприятий, увеличивая их пожароопасность. Разработка нового продукта, применение которого возможно, в частности, в строительной промышленности, позволило бы частично найти решение вопроса утилизации древесных отходов [1].

Предприятия производящие плитные материалы на сегодняшний день испытывают острый дефицит сырьевой базы. По этой причине увеличение ассортимента древесных отходов, применяемых для изготовления плитных материалов, представляется в настоящий период актуальным [2]. В первую очередь нужно стремиться к более комплексному использованию древесных отходов на всех стадиях деревообрабатывающих производств.

Производство древесно-стружечных плит из отходов оцилиндровки является наиболее перспективным направлением, так как в последнее время растет спрос на строительство домов из оцилиндрованных бревен. Но при оцилиндровке в отходы уходит до 40-50% древесины, а древесностружечные плиты изготовленные из отходов оцилиндровки не уступают по качеству стандартным [3].

Целью данной работы является определение водопоглощения и разбухания плитных материалов, изготовленных из отходов оцилиндровки бревен.

Изготовление плитных материалов из отходов оцилиндровки бревен начинается с подготовки стружки, сортировки и сушки.

Для изготовления плитных материалов брали отходы оцилиндровки сосновых бревен в виде стружки. Крупная стружка имела размеры частиц до 50 мм длиной, а мелкая – 2-12 мм. В соотношении 50% коры и стружка, 20% коры и стружка изготовили 3 типа образцов плитных материалов:

- I) 50% коры и крупная стружка;
- II) 20% коры и крупная стружка;
- III) 20% коры и мелкая стружка.

В качестве связующего материала использовали карбомидоформальдегидную смолу с отвердителем. Прессование плитных материалов производилось в горячем прессе Р-10 при температуре 160°C. Средняя плотность образцов каждого типа составила соответственно 856,91 кг/м³, 778,9 кг/м³, 774,49 кг/м³.

Из полученных плит были изготовлены образцы размером 50x50мм для проведения испытаний на водопоглощение и разбухание (рис.1) в соответствии с ГОСТ 10634-88 «Плиты древесностружечные. Методы определения физических свойств».

Определение разбухания и водопоглощения материалов производилось в течение 120 минут с перерывами на снятие размеров каждые 30 минут. Для сравнения так же было принято решение изготовить образцы стандартных плит древесностружечных плит (ДСтП) и ориентированно-стружечных плит (OSB).



Рис. 1 Плитные материалы из отходов оцилиндровки бревен до и после испытания

Водопоглощение образцов (Δ_w) в процентах вычисляли по формуле (1).

$$\Delta_w = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100\% , \quad (1)$$

где m_1 – масса образца до погружения в воду, г; m_2 – масса образца после погружения в воду, г.

Разбухание в воде по толщине образцов (t_w) в процентах вычисляли по формуле (2).

$$t_w = \frac{t_2 - t_1}{t_1} 100\% , \quad (2)$$

где t_1 – толщина образца до погружения в воду, мм; t_2 – толщина образца после извлечения из воды, мм.

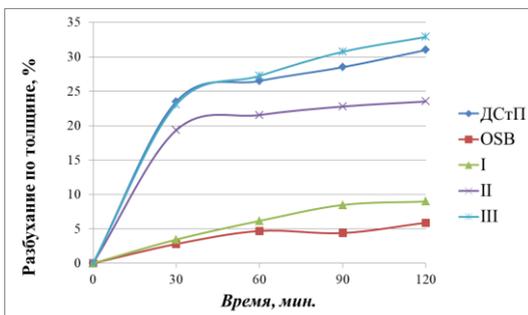


Рис. 2 Зависимость разбухания образцов от времени

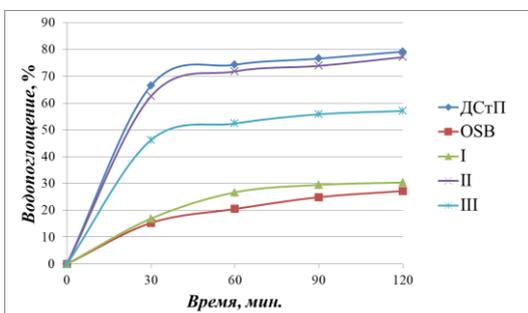


Рис. 3 Зависимость водопоглощения образцов от времени

По результатам испытаний построены графики (рис. 2 и 3). Лучший результат по показателям разбухания и водопоглощения показывают плиты OSB и плиты I типа, которые изготавливались из

крупной стружки с содержанием коры 50%. Наилучший результат образцов плит OSB объясняется их повышенной водостойкостью из-за применения фенолоформальдегидных смол. В нашем случае применялась менее токсичная карбомидоформальдегидная смола.

Наибольшая скорость поглощения воды и разбухание всех типов плитных материалов наблюдается в первые 30 минут после погружения их в воду. После нахождения в воде в течение часа и далее показатели водопоглощения и разбухания практически не изменяются. Таким образом, плитные материалы, изготовленные из отходов оцилиндровки бревен, по показателям водопоглощения и разбухания не отличаются от стандартных древесностружечных плит, а иногда и превосходят их.

Плитные материалы из отходов оцилиндровки бревен могут применяться в строительной и мебельной промышленности как конструкционные материалы наряду с привычными нам древесностружечными и ориентированно-стружечными плитами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Морозова В.Б. Древесно-композиционные материалы – технологии будущего/ Морозова В.Б. // Труды БрГУ. Серия: Естественные и инженерные науки. – 2014. — Т: 2. – С. 159-164
2. Плотникова Г.П., Денисов С.В. Оптимизация технологических параметров в производстве древесно-стружечных плит на основе маломольных смол с использованием стружки из отходов некондиционной древесины/ Плотникова Г.П., Денисов С.В. // Вестник КрасГАУ. – 2010. — № 8. – С.10-14.
3. Асланов А.В., Микрюкова Е.В. Изготовление древесностружечных плит из отходов оцилиндровки бревен/ Асланов А.В., Микрюкова Е.В. // Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы лесного хозяйства и деревообработки». – 2023. — С. 344-347.

Атапина Н.А.

Научный руководитель: Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

БЕТОННАЯ СТЕНА ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ

Вертикальное озеленение – один из востребованных элементов ландшафтного дизайна. По сравнению с традиционной ландшафтной стеной, бетонная ландшафтная стена с 3D-печатью не требует сборки и способна быстро формироваться с помощью аддитивной технологии. Она отличается невысокой стоимостью строительства, легкой и естественной структурой, выводимостью и способностью выполнять функцию капельного орошения растений [1-3].

Традиционные методы возведения ландшафтной стены во многом крайне сложны и требуют соблюдения множества правил и технологий, что приводит к удорожанию производства, сложной логистике и возрастанию влияния человеческого фактора. Все эти вопросы решает внедрение аддитивной технологии, которая сделает строительство стен вертикального озеленения более доступным.

Разработка бетонной стены для вертикального озеленения с использованием строительной 3D-печати позволит создать уникальный и функциональный элемент ландшафтного дизайна с высокой точностью и архитектурной выразительностью с обеспечением ее прочности и долговечности (рис. 1) [4-6].

Для 3D-печати бетонной стены необходимо применять специально разработанные бетоны, обладающие требуемыми эксплуатационными показателями. Также важно учитывать технологические особенности 3D-печати, чтобы избежать дефекты и несоответствия с рабочим проектом. Бетонная ландшафтная стена может быть разработана с учетом требований к вертикальному озеленению, например, с установкой системы полива. Применение 3D-печати в производстве ландшафтной стены позволяет снизить затраты на производство и уменьшить количество отходов, так как материал используется максимально эффективно [7].

При разработке бетонной ландшафтной стены для вертикального озеленения с использованием строительной 3D-печати необходимо учитывать следующие конструктивные требования:

1. Стена должна быть достаточно прочной и устойчивой, чтобы выдерживать нагрузки от растений и влаги. Для этого необходимо правильно выбрать не только материал и толщину стены, но учесть геометрию и расположение системы полива.

2. Система полива должна быть интегрирована в конструкцию бетонной стены, что позволит обеспечить растениям необходимое количество воды и питательных веществ. Также необходимо учитывать возможность слива излишней воды из системы полива, чтобы избежать ее скопления и повреждения конструкции.

3. Стена должна быть достаточно легкой и компактной, чтобы ее можно было установить на любой поверхности. Для этого необходимо правильно выбирать геометрию и размеры стены, а также учитывать возможность ее демонтажа и переноса.



Рис. 1. Бетонная ландшафтная стена, напечатанная на 3D – принтере фирмой WINSUN (Китай)

4. Стена может иметь различные элементы декора, такие как резьба или рельеф, чтобы она могла стать не только функциональным, но и эстетическим элементом ландшафтного дизайна [8-10].

Эффект от использования бетонной ландшафтной стены для вертикального озеленения с использованием строительной 3D-печати заключается в создании уникального и функционального элемента ландшафтного дизайна, с высокой прочностью и устойчивостью, который обеспечит зеленую зону на ограниченной площади. Кроме того, использование бетонной ландшафтной стены для вертикального озеленения с использованием строительной 3D-печати улучшит экологическую ситуацию на территории городов и промышленных предприятий, сократит расходы на уход за растениями и обеспечит их здоровый рост благодаря системе полива [11-12].

Таким образом, конструктивные требования бетонной ландшафтной стены для вертикального озеленения с использованием

строительной 3D-печати включают в себя прочность, систему полива, легкость и компактность, элементы декора и возможность монтажа и установки. Учитывая эти требования, можно создать уникальный и функциональный элемент ландшафтного дизайна, который будет отличаться прочностью и долговечностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ракитин С.Ю., Илькубаев А. А. Формирование послойных контуров 3D-моделей для аддитивного производства // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф. – Оренбург, 2016. С.225-250.

2. Сулейманова Л.А., Огнев Н.В. Оценка возведения стен здания с помощью 3D-принтера в сравнении с традиционным строительством из бетонных блоков // Университетская наука. 2017. № 2 (4). С. 13-15.

3. Аддитивные технологии в строительстве Сулейманова Л.А., Погорелова И.А. Белгород, 2018.

4. Сулейманова Л.А. Атапина Н.А. Особенности применения 3D-печати в строительстве // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Белгород, 2022. С. 48-53.

5. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Марушко М.В. Сущность аддитивных технологий в строительстве // Университетская наука. 2018. №2 (6). С. 70-74.

6. Mix design and fresh properties for high-performance printing concrete / S.A. Austin, S. Lim, R A. Buswell, A.G.F. Gibb, T. Thorpe // Materials and Structures. 2012. № 8-45. Pp. 1221-1232.

7. Лысыч М.Н., Шабанов М.Л., Воронцов Р.В. Материалы, доступные в рамках различных технологий 3D-печати // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 5. С. 20-25.

8. Wang Yo., Wu H.C., Li V.C. Concrete reinforcement with recycled fibers // Journal of Materials in Civil Engineering. 2000. № 4-12. С. 514-519.

9. Огнев Н.В. Применение 3D-печати при производстве сборных бетонных конструкций // В сборнике: Молодежь и научно-технический прогресс. Сборник докладов XI международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х томах. Составители В.Н. Рощупкина, В.М. Уваров. 2018. С. 118-121.

10. Крушельницкая Е.А., Огнев Н.В., Чжан Ц., Ди Се., Сулейманова Л.А. Материалы для строительных 3D-принтеров и

варианты конструктивного решения зданий // В сборнике: Международный студенческий строительный форум – 2018 (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова). Сборник докладов. В 2-х томах. 2018. С. 255-259.

11. Атапина Н.А. Развитие 3D-печати в строительной отрасли // В сборнике: Международный студенческий строительный форум – 2021. Сборник докладов. В 2-х томах. 2021. С. 140-143.

12. Мантров Н.А. Теоретические аспекты устройства озеленения городских территорий // В сборнике: Международный студенческий строительный форум – 2019. Сборник докладов (к 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова). 2019. С. 191-196.

УДК 69.057.45

Богачев Д.А.

***Научный руководитель: Кочерженко В.В., канд. техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия***

К ВОПРОСУ ПРЕИМУЩЕСТВ МЕТОДА ПОДЪЕМА ПЕРЕКРЫТИЙ ПО СРАВНЕНИЮ С ТРАДИЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ ВОЗВЕДЕНИЯ ДЛЯ МОНОЛИТНЫХ КАРКАСНЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

По сравнению с остальными крупнейшими городами Российской Федерации, в городе Белгород и на территории Белгородской области наблюдается превышение средних показателей объемов строительной деятельности. Этот факт объясняется необходимостью дальнейшего экономического развития как самого города, так и области, а также стратегическим планом позиционирования Белгорода как регионального центра и туристического кластера в средствах массовой информации [1].

С учетом вышеперечисленных факторов предполагается увеличение объемов строительства, включая строительство общественных зданий и жилых комплексов. Однако предложение на рынке строительных материалов и услуг, а также современные проектные решения зданий и сооружений, которые соответствовали бы растущему спросу, могут оставаться неактуальными и несоответствующими повышенным требованиям [2].

В связи с этим актуальным решением становится использование инновационных материалов, техники и технологий, некоторые из которых были разработаны и опробованы еще во второй половине XX

века. Одним из таких инновационных методов можно выделить метод подъема этажей и перекрытий, который был разработан в период с 1950 по 1951 год. Суть этого метода заключается в строительстве зданий в обратной последовательности по сравнению с традиционными методами строительства, см. рис.1,2.

Подход к строительству многоэтажных зданий, основанный на методе подъема готовых перекрытий, был предложен французским инженером Лафаргом, однако в тот период этот метод не мог быть воплощен на практике из-за отсутствия необходимого подъемного оборудования. Первое многоэтажное здание, построенное с использованием этого метода, появилось в Соединенных Штатах Америки в 1951 году. Впоследствии метод подъема перекрытий получил широкое распространение и стал применяться во многих странах Европы и Японии. В России, этот метод впервые был использован в Ленинграде в 1959 году, и он продолжил развиваться в строительной практике Москвы, а также активно применялся в городах Армении.

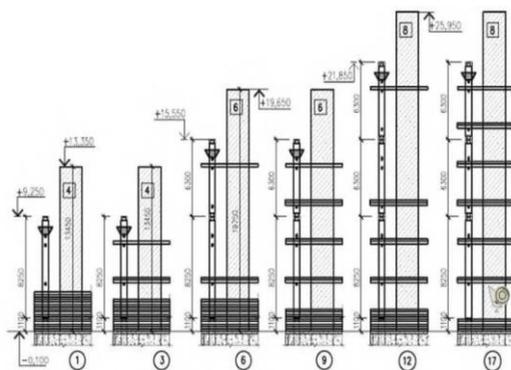


Рис. 1 Методика подъема перекрытий.

Суть метода подъема конструкций заключается в предварительном изготовлении или монтаже крупногабаритных строительных конструкций на земле, состоящих из отдельных сборных элементов. Затем эти конструкции поднимаются вверх по направляющим опорам и закрепляются на проектных отметках без горизонтального перемещения. При использовании данного метода все работы выполняются на проектных отметках [3].

Часто плиты перекрытий зданий изготавливаются последовательно одна на другой и формируют пакет. В некоторых случаях часть плит изготавливается на промежуточных отметках, а затем поднимается до проектной отметки.

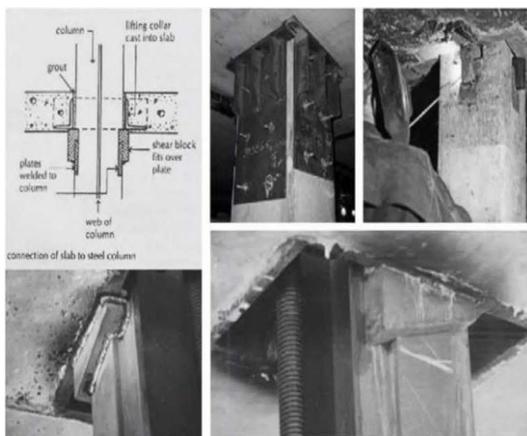


Рис. 2 Осуществление подъема перекрытий.

Этот метод имеет несколько преимуществ по сравнению с традиционным методом строительства:

1. Снижение сметной стоимости строительных работ;
2. Экономия материалов;
3. Сокращение сроков возведения;
4. Расчет ГСН;
5. Уменьшение трудозатрат.

Использование метода подъема готовых перекрытий совместно с "свободным" каркасом здания обеспечивает разнообразие планировочных решений за счет возможности создания конструкций различных форм и этажности. Этот метод позволяет формировать не только точечные, но и протяженные конструкции, включая конструкции разной этажности. Такие возможности способствуют созданию компактных жилых комплексов и, как следствие, увеличению плотности городской застройки. Кроме того, метод позволяет сосредотачивать максимально допустимую жилую площадь (300 м² на этаж с одной лестничной клеткой) на узле вертикальных коммуникаций, что достигается благодаря применению оптимальных архитектурно-планировочных решений, использующих метод подъема перекрытий и этажей [4].

Сокращение сроков строительства достигается благодаря максимальной совместимости смежных строительного-монтажных процессов. Применение цельных неразрезных плоских безбалочных безкапитальных плит перекрытий позволяет использовать различную

планировку этажей и уменьшить объемы строительства за счет отсутствия выступающих ригелей и других элементов.

Одним из отличительных особенностей данного метода от традиционного метода строительства монолитных зданий является отсутствие подкрановых путей вокруг здания. Это достигается благодаря использованию малогабаритного и транспортабельного оборудования, а также специальной технологии строительства, что позволяет сократить размеры строительной площадки.

Уменьшение сметной стоимости достигается путем оптимизации ресурсных и трудовых затрат. Применение легкого бетона и эффективного электромеханического оборудования снижает расход материалов. В отличие от классического метода строительства, который требует опалубки для возведения перекрытий на проектной отметке, метод подъема перекрытий позволяет изготавливать плиты перекрытия на уровне земли в одном комплекте. Это снижает трудозатраты и сметную стоимость строительства.

Кроме того, метод подъема перекрытий позволяет монтировать конструкции разной геометрической формы, включая выпуклые и вогнутые оболочки, а также конструкции сложной и нестандартной формы. Это особенно важно для объектов, разрабатываемых по индивидуальным проектам, учитывающим всю уникальность участка и градостроительного контекста, что способствует обогащению градостроительного ландшафта и повышению эстетической ценности городской среды [5].

Изложенные аргументы подтверждают, что метод подъема перекрытий не следует рассматривать исключительно как средство оптимизации строительства, но также как мощный инструмент архитектурно-пространственного формирования городской среды. Потенциальные возможности данного метода в формировании архитектурных пространств делают его не просто конкурентоспособным по сравнению с другими технологическими методами промышленного строительства многоэтажных жилых зданий, но и предпочтительным в определенных градостроительных условиях.

Внедрение метода подъема перекрытий способствует не только оптимизации строительных процессов и экономии ресурсов, но также позволяет архитекторам и градостроителям создавать инновационные архитектурные решения, формируя уникальные архитектурные и пространственные образы в городской среде. Этот метод открывает двери для широкого спектра архитектурных форм и стилей, что способствует разнообразию в архитектурной среде.

Таким образом, метод подъема перекрытий не только улучшает

эффективность строительства, но также вносит существенный вклад в формирование эстетически и функционально насыщенной городской среды. В определенных градостроительных условиях этот метод может быть наиболее предпочтительным выбором, позволяя создавать инновационные уникальные архитектурные ансамбли и пространства в городе [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочерженко В.В., Кочерженко А.В. Основы технологии возведения зданий и специальных сооружений: учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ. 2016. 235 с.

2. Кочерженко В.В., Сулейманова Л.А. Технология и организация возведения высотных зданий и сооружений: учеб, пособие для студентов направления подготовки 08.04.01 - Строительство, профиля «Технологии, организация и информационное моделирование строительства». Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. 147 с.

3. Рекомендации по возведению многоэтажных зданий методом подъема этажей и перекрытий / ЦНИИПЭИ организации, механизации и технической помощи строительству Госстроя СССР "ЦНИИО МТП". - Москва: Стройиздат, 1971. - 63 с.

4. Теличенко В.И. Технология возведения зданий и сооружений / В.И. Теличенко, О.М. Терентьев, А.А. Лапидус; издание второе переработанное и дополненное. - Москва: Высшая школа, 2004. - 103 с.

5. Гусаков А.А. Выбор проектных решений в строительстве / А. А. Гусаков, Э. П. Григорьев, О. С. Ткаченко [и др.]; под редакцией А. А. Гусакова. - Москва: Стройиздат, 1982. - 268 с.

6. Саакян А.О. Возведение зданий и сооружений методом подъема: (Исследования, проектирование, строительство) / А.О. Саакян, Р.О. Саакян, С.Х. Шахназарян; [предисловие М. Г. Чентемирова]. - Москва: Стройиздат, 1982. - 551 с.

Ватаман В.Ю.

*Научный руководитель: Наумова Л.Н., доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СПОСОБЫ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ

Первые опыты по модифицированию древесины полимерами проведены еще в начале XX века. В 30-е годы Германия и США широко использовали модифицированную древесину в авиастроении и электротехнике. В настоящее время модифицированная древесина производится в США, Канаде, Германии, Англии, Польше, Финляндии, Японии, России. Только в США работает 160 фирм, производящих изделия из модифицированной древесины.

Модифицированной называют цельную древесину с направленно измененными физическими или химическими методами и свойствами [1,2].

Для модифицирования [3] древесины используют разные виды полимерных материалов. Для создания полимер-модифицированной древесины пригодна любая порода дерева, но для каждой из них требуется особенный режим. Используются высушенные заготовки с остаточной влажностью до 10%. Низкая влажность необходима для успешной пропитки, жидкость, задержавшаяся в порах древесины, будет мешать полимеризации. При высоких температурах влага закипает, превращаясь в пар и выталкивая полимер наружу. Чтобы вывести излишки жидкости, заготовки подвергают гидротермическому воздействию. Пропитывающий полимер имеет плотность меньше, чем вода, поэтому обладает высокопроникающими свойствами. Этот же полимер необходим для производства каучука, триплекса. Некоторых видов органического стекла и других материалов. Поры древесины заполняются полимером, под воздействием внешних факторов происходит затвердевание, и в результате получается жесткая структура, где изначальная заготовка выступает в роли арматуры. Получившийся материал выглядит как обыкновенная древесина, но не подвержен гниению и не впитывает влагу, превосходя по этим параметрам даже натуральные сорта, такие как лиственница или сосна. Полимер-модифицированная древесина по своим свойствам практически ничем не отличается от пластика, при этом оставаясь натуральным и экологичным материалом. Оно не горит, обладает

высокой теплоизоляцией и диэлектрическими свойствами. При этом такая древесина по-прежнему легко поддается шлифовке и сохраняет природный рисунок. После механической обработки изделия из полимер-модифицированной древесины не нуждаются в дополнительной отделке – покрытии лаком или натирании воском, они уже полностью готовы к эксплуатации. Древесина, будучи мягким материалом, не отличается высокой прочностью, кроме того, она подвержена гниению под воздействием влажности, изделия из дерева могут заражаться грибом или другими микроорганизмами. В результате средний срок службы деревянного предмета не превышает нескольких десятков лет. Конечно, можно подвергнуть изделие специальной обработке и регулярно его подновлять. Всех этих недостатков полностью лишена полимер-модифицированная древесина. Она может быть получена из любых сортов дерева, как ценных, так и обычных, соответственно, будет меняться и стоимость конечного продукта. Изделия из полимер-модифицированной древесины [3] не деформируются в ходе использования, не поглощают влагу, выдерживают температурные перепады в 300 °С – от -150 до +150 °С. Это служит лишним подтверждением тому, что полимер-модифицированная древесина значительно превосходит обычную древесину как в качестве, так и в эстетических свойствах. Прочность, влагостойкость и другие особенности древесины повышаются после обработки минимум два раза, но чаще всего в три. Кроме того, полностью исчезают разнообразные недостатки данного материала, такие как подверженность гниению, способность к деформации, специфические болезни и водопоглощение, поэтому можно смело говорить о повышении эксплуатационных характеристик в пять раз. Актуальный вопрос – где может пригодиться новая разработка? Практически, где угодно. Из модифицированной древесины получается прочная и красивая мебель, которая прослужит не одно поколение. Материал идеально подходит для изготовления лестниц, оконных рам, паркетов – всего того, что подвергается наиболее сильному воздействию осадков. Кроме того, полимер-модифицированная древесина используется для оснастки морских судов, оборудования спортивных залов, декорирования яхт – одним словом, этот материал создан специально для применения в агрессивных средах [3].

Технология модифицирования состоит из двух стадий: первая стадия - пропитка; вторая стадия - отверждение.

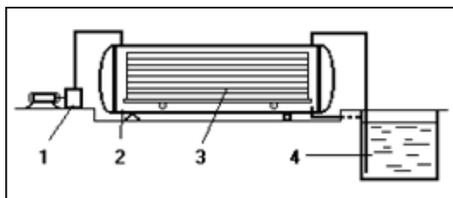


Рис. 1. Пропиточная установка: 1 - вакуум-насос; 2 - автоклав; 3 - пакет заготовок; 4 - расходная емкость

Пропитка заготовок проводится обычно в автоклавах. По способу «вакуум - атмосферное давление», «вакуум - избыточное давление» или «вакуум - давление - вакуум». Давление может создаваться посредством инертных газов (азота).

Отверждение модификатора: термохимическое или радиационно-химическое. Процесс образования полимера в капиллярах древесины происходит под действием нагрева (или -излучения) с использованием инициаторов твердения.

Достоинства термохимического способа: не требуется больших капиталовложений; не нужны специальные меры защиты; применимость при малых мощностях; более широкий ассортимент пропиточных веществ.

В России были проведены эксперименты, в ходе которых был достигнут новый результат – модификация древесины с одновременной прокрашкой [4,5]. Цвет тона зависит от породы дерева, например сосна дает «полосатый» эффект, прокрашиваясь светлыми и темными полосами. В основном получают темные цвета, начиная темно-желтым и заканчивая черным. Также возможны варианты медно-красного, орехового, охрового и других оттенков. Модифицированная древесина с окрашиванием значительно тяжелее и прочнее аналогов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 23944-80 “Древесина модифицированная. Термины и определения”
2. ГОСТ 24329-80 “Древесина модифицированная. Способы модифицирования”
3. Колесникова, А.А. Технология и применение полимеров в деревообработке [Электронный ресурс] / А.А. Колесникова, В.Ф. Краснова. — Электрон. дан.— Йошкар-Ола : ПГТУ, 2015. — 68 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/76393>.
4. Наумова Л.Н. Композиционный материал на основе бутадиен-

нитрильного каучука и древесных волокон / Л.Н. Наумова, С.Ю. Валяев // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Биология. Геология. Химия. Экология. 2021 №4(20) С.35-53

5. Наумова Л.Н. Разработка компонентного состава порошковой краски с антистатическими свойствами на основе полиэфирной смолы / Л.Н. Наумова, В.Ю. Ватаман, Н.А. Сущенко, С.Н. Гетманов // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Биология. Геология. Химия. Экология. 2021 №4(20) С.35-53

УДК 69.03

Вахидов Г.Х, Братчиков И.С.

***Научный руководитель: Василенко Ж.А. канд. экон. наук, доц.
Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия***

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОМОКОМПЛЕКТОВ

Производство домокомплектов в России активно развивается в 2023 году, однако текущие мощности производителей пока используются лишь на 33%. С распространением на сегмент частного домостроения механизмов проектного финансирования по аналогии с многоквартирным жильем предприятия смогут существенно нарастить выпуск продукции, индивидуальные жилые дома для российских семей станут доступнее.

По мнению Алексея Ниденса домокомплекты в России становятся всё более популярными, их производство набирает обороты. В 2022 году опрошенные компании выпустили более 5 тысяч таких быстровозводимых домов площадью 600 тыс. кв. метров. Ожидаем, что до конца года выпуск вырастет еще в 1,5 раза. Однако производственные мощности компаний остаются недозагруженными. Изменить ситуацию смогут меры, направленные на стимулирование платежеспособного спроса. Минстрой России и ДОМ.РФ уже работают над переводом сегмента ИЖС с использованием домокомплектов на проектное финансирование. Речь идет о строительстве частного дома по договору подряда и счетом эскроу. Пока готовится соответствующая законодательная база, в пилотном режиме такой кредитный продукт для подрядчиков уже запущен Банком ДОМ.РФ. Рассчитываем, что в ближайшее время аналогичные предложения появятся и у других

банков. В целом за счет этих шагов потенциал рынка будет постепенно раскрываться. [1]

Статья посвящена рассмотрению одной из современных технологий малоэтажного строительства панельно-каркасному домостроению с применением SIP-панелей. Автором проанализированы особенности конструкции домов, принципы выполнения монтажных работ, особенности применяемых технологических решений. Результатом исследования является выбор оптимальной технологической схемы монтажа и рекомендации по ее возможному совершенствованию. В настоящее время одной из приоритетных задач социально-экономического развития России обозначение населения доступным и комфортным жильем является.

На сегодняшний день все большую популярность приобретает малоэтажное жилье. Это подтверждается увеличением темпов роста за последнее десятилетием. Малоэтажное домостроение имеет существенных преимуществ по сравнению традиционной многоэтажной городской застройкой. Однако основной проблемой является стоимость строительства.

Сегодня эта проблема решается с помощью активного внедрения строительных технологий. Они позволяют возводить малоэтажные дома, отвечающие всем стандартам качества, экологичности. Все более востребованными становятся технологии строительства быстровозводимых домов. Это обусловлено современными требованиями к малоэтажному домостроению. Одной из таких технологий, широко применяемых в строительстве малоэтажных жилых домов, стала технология панельно-каркасного домостроения. По мнению Лапидуса А.А. применение технологии SIP при реализации жилищных программ на сегодняшний день является наиболее доступной для всех категорий граждан. [2] Он отметил, что в ходе реализации Федеральной программы «Переселение из ветхого и аварийного жилья» была возможность убедиться в соответствии данной технологии всем заявленным требованиям. В России данная технология применялась и послевоенные годы, а в настоящее время данная технология была модифицирована в Канаде. Первым объектом технологии SIP в России стал дом, построенный компанией «Город мастеров на «ВВЦ» Небольшой дом (проект «Альфа»), размерами 8-5 м был собран за несколько часов. В настоящее время технология продолжает активно развиваться: от коттеджного домостроения постепенно осуществляется переход к многоквартирным домам. Также необходимо отметить, что повышаются требования не только к

качеству используемых SIP панелей, но и к качеству монтажных работ.[3]

Технологический процесс монтажа домов из SIP-панелей состоит из нескольких этапов:

- возведение фундамента;
- закрепление конструкционного бруса под панели перекрытия;
- монтаж панелей перекрытия, создание опорного контура для дальнейшего крепления стеновой панели;
- монтаж стеновых SIP-панелей;
- обработка монтажной пеной мест соединений стеновых панелей;
- укрепление проемов окон и дверей конструкционной доской;

Данная технология завоевывает все большую популярность во многих странах, потому как: сборка дома на основе готового домокомплекта позволяет будущему владельцу существенно снизить цену на строительство; благодаря легкости комплектующих элементов здание не требует возведения мощного и дорогостоящего фундамента; работа строителей, занимающихся сборкой домокомплекта будет иметь невысокую цену, так как процесс строительства не растягивается на длительный срок, а также не понадобится привлекать сложную строительную технику, что позволит снизить затраты.

Собрать готовый домокомплект на участке можно в течение нескольких недель или пары месяцев – в зависимости от масштабов и сложности проекта. По скорости возведения у такой технологии практически нет конкурентов на строительном рынке.

Поскольку все компоненты комплекта произведены в заводских условиях со строгим соблюдением норм и технологий, заказчик получает гарантию высокого качества материалов и конечного результата. Конечно, многое зависит от репутации компании-производителя, но чаще всего конкуренция между самими производителями способствует усовершенствованию качества продукции. Используя в строительстве готовый домокомплект, можно избежать ошибок в выборе и монтаже конструктивных решений. Поставляемый комплект полностью соответствует заявленной проектной документации и техническим требованиям, и сложностей с его сборкой возникнуть не должно. Дома, собираемые на основе домокомплектов, удобны в последующем обслуживании и замене инженерных сетей. В деталях комплекта предусмотрены отсеки для проведения коммуникаций. Поэтому, чтобы достать или спрятать элементы сетей, не нужно долбить или вскрывать стену. Технология производства и сборки домокомплектов позволяет возводить по-настоящему прочные и долговечные здания. Срок эксплуатации может

варьироваться от 50 до 100 лет в зависимости от производителя, особенностей проекта и климатических условий. Кроме того, современный строительный рынок предлагает широкий выбор самых разнообразных проектов домов, которые могут создаваться на основе домокомплектов. Будущий домовладелец всегда может подобрать подходящий по дизайну и планировке типовой проект или заказать индивидуальное проектирование.

Недостатки домокомплектов незначительны. Сравнивая дома, созданные на основе готовых комплектов, с более основательными кирпичными или блочными конструкциями, то в прочности и долговечности домокомплекты могут уступать типовому домостроению. Еще одним недостатком можно считать отсутствие возможности вносить корректировки в проект в процессе строительства. При возведении здания по стандартной технологии заказчик может поменять конструктивные решения и технические характеристики. В готовый домокомплект, созданный строго в соответствии с проектной документацией, такие изменения внести не представляется возможным. [4]

Проведенный анализ позволил выявить следующие виды домокомплектов:

- 1) каркасно-щитовые или панельные;
- 2) технология СИП;
- 3) стоечно-балочные;
- 4) с нарезными стойками;
- 5) каркасно-рамочные или канадские;

Каркасно-щитовой (каркасно-панельный). базируется уже на готовых проектах, где на производстве щиты-панели собирают наперед. Готовые панели поставляются с утеплителем, обшивкой (внешняя и внутренняя), каркасом и прочими деталями, заранее оговоренными в проекте. На восстановление таких построек требуется чуть меньше времени, однако их конструкция исключает возможность индивидуального проектирования и разносторонней планировки, а в процессе возведения нужно использование строительных подъемных технологий тяжелого типа

СИП технология обеспечивает строительный материал, который в два раза прочнее дерева, из которого построен дом. Такие панели нужны особенно в тех местностях, где часто возникают ураганы и торнадо. Этот материал также считается энергоэффективным, что очень важно для нашего климата. Чтобы нагреть или охладить дом, затрачивается только половина той энергии, которая потратится в доме из другого

материала. Данные панели могут применяться для строительства внешних стен, пола, крыши, фундаментных систем.

Стойечно-балочная конструкция состоит из вертикальных и горизонтальных стержневых несущих элементов. Вертикальный элемент представляет собой стойку, колонну или столб, т.е. прямолинейный стержень, который воспринимает все вертикальные нагрузки от горизонтального элемента (балки), а горизонтальные нагрузки, приходящиеся на стойку, передают усилия от этих воздействий на фундамент. При этом сама стойка работает на сжатие и изгиб. Горизонтальный элемент стойечно-балочной системы представляет собой балку или брус – прямолинейный стержень, работающий на поперечный изгиб под действием вертикальных нагрузок.

Каркасно-рамочная технология сборки предусматривает что на подготовленный фундамент выставляют каркас всего здания, затем выполняют обшивку, делают утепление стен. Балки и стойки могут быть выполнены из различных строительных материалов.

Канадская технология является одной из разновидностей каркасно-рамочной конструкции домов. Такая технология домостроения предполагает сооружение из SIP-панелей. Можно утверждать, что она представляет собой сэндвич-панель из наружных слоёв ОСП-плит и утеплителя между ними. Слои скреплены полиуретановым клеем с прессованием. Между собой панели соединяют на шип-паз. В качестве утеплителя используют минераловатные плиты или пенополистиролы.[5]

Выбирая подходящий домокомплект, нужно обратить внимание на ряд факторов. Климатические особенности влияют на выбор материала, наличие или отсутствие утеплителя, толщину стен, свойства гидроизоляции. Для возведения фундаментов под строящиеся дома важно определить тип почвы на участке. Объект живой недвижимости, собранный из домокомплекта, обладает небольшим весом и не требует установки основательного фундамента, но особенности грунта могут говорить об обратном. Уровень залегания грунтовых вод влияет на возможность обустройства подвального помещения в доме. Кроме того, при выборе проекта важно учитывать эстетические предпочтения и пожелания по планировке дома.

Исходя из сложившихся требований к будущему проекту дома, необходимо выбрать наиболее оптимальную комплектацию. Домокомплекты также могут различаться по классу экономичности продукции. Выделяют малобюджетные типы домокомплектов, эконом-класс, стандарт и люкс. Существуют варианты, когда комплектации

можно комбинировать из элементов разных размеров и уровня стоимости.

На первом этапе необходимо определить тип фундамента для строящегося объекта недвижимости. Для облегчённых конструкций обычно выбирают ленточный, свайный или столбчатый фундамент. Когда домокомплект доставлен на строительную площадку, его необходимо правильно складировать: важно, чтобы условия хранения строго соблюдались, но при этом к деталям был открыт свободный доступ. Монтаж начинают с укладки венца и лаг чернового пола. Собирают нижнюю обвязку, от угла начинают сборку стеновых панелей или укладку бруса. После установки внешних стен, монтируют внутренние перегородки, межэтажные перекрытия. Затем устанавливают кровельные стропила. После сборки домокомплекта ставят дверные и оконные конструкции, подключают коммуникации. На финальном этапе проводят внутреннюю и внешнюю отделку здания. Объекты недвижимости, собранные из готовых домокомплектов, почти не дают усадку, следовательно, эксплуатировать их можно сразу после сборки конструкции.

На основании выше изложенного можно сделать вывод, что сборка домов из готовых домокомплектов – выгодная по многим параметрам технология строительства. Она позволяет быстро и просто возводить капитальные жилые дома с высоким уровнем комфорта и длительным сроком эксплуатации. Выбор подходящего проекта качественного домокомплекта, требует учета различных факторов, таких как климатические условия региона, особенности грунта на участке и предпочтения по дизайну. При использовании современной строительной технологии домокомплектов наиболее предпочтительно строительство «под ключ».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анализ рынка домокомплектов и ИЖС – 2023. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/media>
2. Ратомская В.С., Топчий Д.В., Лapidус А.А. Модернизация конструктивных систем каркасных малоэтажных многоквартирных жилых домов – 2023. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru>
3. Чотулов В. Анализ и совершенствование технологии монтажа домокомплектов из SIP в России. – 2017. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru>

4 Николаев С. Что такое домокомплект. – 2021. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://holz-house.ru>

5. Виды каркасных домов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://istba.ru>

УДК 553.492.1

Вициенко М. И.

*Научный руководитель: Оноприенко Н.Н., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

БОКСИТЫ КАК ИСТОЧНИК ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОЙ РУДЫ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Алюминиевая руда в настоящее время очень активно используется во многих отраслях практически всех мировых держав. Кроме того, территории богатые полезными ископаемыми, имеют привлекательное значение для инвесторов [1, 2]. Согласно имеющейся аналитической информации, можно выделить следующие области применения алюминия: строительство, транспорт, упаковочные материалы, энергетика, потребительские товары (бытовая техника, посуда и др.), химический катализ, ракетостроение и прочие [3]. Исходя из объёма потребления, расход данного сырья огромен, поэтому так важно исследовать свойства минералов-носителей алюминиевой руды, пригодных для производства данного металла, в том числе бокситов [4].

Боксит – алюминиевая руда, в состав которой входят гидроксиды алюминия, оксиды и гидроксиды железа, и глинистые минералы. Также можно встретить в составе окись магния, марганца и кальция, двуокись титана и прочие. Природный бокситный камень впервые был обнаружен во Франции. Бокситы имеют красный цвет различных оттенков (Рис. 1).



Рис. 1 Боксит

В природе их можно увидеть в виде плотных или пористых образований, а также в виде глиноподобных и рыхлых землистых масс [5, 6]. К основным характеристикам бокситов относят:

- плотность – от 2900 до 3500 кг/м³;
- прозрачность – непрозрачен;
- твердость по шкале Мооса – от 2 до 7;
- морфология излома: землистый (плотные каменные породы), ячеистый (пористые породы);
- электропроводность – диэлектрик.

Бокситную породу можно разделить на 3 группы по химическому составу, в зависимости от количества гидроксидных групп:

1. моногидроксидные (диаспоровые, бёмитовые [4, 7]);
2. тригидроксидные (гиббситовые);
3. смешанного состава (диаспор-бёмитовые, бёмит-гиббситовые, шамозит-бёмитовые, шамозит-гиббситовые, гиббсит-каолинитовые, гётит-шамозит-бёмитовые и пр.) [5, 6].

Бокситы образуются в основном в условиях тропического климата. Изначально породообразование происходило только в экваториальной области планеты, в дальнейшем минералы распространились к северу и югу. На данный момент бокситы можно обнаружить на Урале, в Европе и в Северной Америке.

По добыче бокситов можно выделить следующие страны, расположенные по убыванию: Австрия, Китай, Бразилия, Гвинея, Индонезия, Малайзия, Вьетнам, Суринам, Россия, Ямайка [6].

Запасы данного камня в нашей стране очень малы и их не хватает для полного удовлетворения потребителей внутри страны. В России содержится примерно 1 % от общемирового запаса. На карте ниже приведены данные о запасах бокситов на территории Российской

Федерации (Рис. 2). Лидерами являются Республика Коми и Свердловская область.

В связи с широким спектром применения и востребованностью алюминия и нехваткой алюминиевого сырья на территории России производится его импорт. Экономически благоприятным фактором является сотрудничество в данной сфере с Республикой Гвинея. В указанной Африканской стране существует сложность с трудоёмкой переработкой бокситных руд, однако к импорту данное сырьё достаточно дешево.

В связи с широким спектром применения и востребованностью алюминия и нехваткой алюминиевого сырья на территории России производится его импорт. Экономически благоприятным фактором является сотрудничество в данной сфере с Республикой Гвинея. В указанной Африканской стране существует сложность с трудоёмкой переработкой бокситных руд, однако к импорту данное сырьё достаточно дешево.

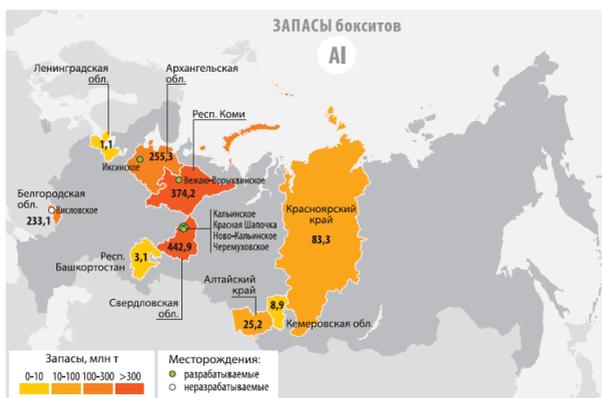


Рис. 2 Карта месторождений боксита на территории России

В связи с широким спектром применения и востребованностью алюминия и нехваткой алюминиевого сырья на территории России производится его импорт. Экономически благоприятным фактором является сотрудничество в данной сфере с Республикой Гвинея. В указанной Африканской стране существует сложность с трудоёмкой переработкой бокситных руд, однако к импорту данное сырьё достаточно дешево.

В Белгородской области сосредоточено примерно 16 % запасов бокситов России. Следует отметить, что на территории нашей области бокситы хрупкие, пористые, из-за содержания примеси железа имеют

красно-бурый цвет, но также встречались буровато-серые, серые и желтые минералы. Особенностью данного природного камня, добытого на территории Белгородской области, является высокое содержание примесей лития, бора, ванадия и галлия. Попутное извлечение их из сырья увеличивает рентабельность разработок [8].

Запасы белгородских бокситов сосредоточены в следующих месторождениях на территории области: Висловское, Мелихово-Шебекинское и Олимпийское, и составляют около 233 млн. тонн (Рис. 3). В настоящее время они являются неразработанными в связи со сложными геотехническими условиями.

Для производства глинозема добытые бокситы дробят, обрабатывают щелочным раствором и выделяют из них глинозем – оксид алюминия Al_2O_3 . В среднем глинозема в бокситах содержится 40–60 %. Далее полученное сырье выступает ключевым в процессе электролиза алюминия. Из одной тонны глинозема в среднем получают 0,5 тонны чистого алюминия [7–9].



Рис. 3 Карта месторождений боксита в Белгородской области

Первичный алюминий получается путем распада связи между оксидом алюминия и кислородом под воздействием электрического тока. Алюминий осаждается на дне специальной электризованной ванны, а кислород преобразуется в углерод. Далее методом переплавки удаляются остатки примесей, а из готового первичного алюминия отливают слитки.

Качество камней, от которого зависит способ обработки, определяют в лаборатории. Рассчитывают «кремниевый модуль».

Более качественные бокситы (с высоким результатом) обрабатывают по способу Байера. В итоге глинозем становится алюминатом натрия. Далее полученный раствор чистят от красного шлама. Глинозем осаждается и его выщелачивают. На выходе получают алюминий [7–9].

Для остальных применяют метод спекания. Обработку проводят при высокой температуре: + 1250 °С. Используют особые вращающиеся печи. Туда бросают измельченные бокситы, соду и известняк. Все это спекается, а затем выщелачивается. Гидроксид алюминия осаждается, затем фильтруется.

В основном бокситы используются для образования чистого алюминия, но также и в лакокрасочной промышленности, для изготовления флюса, для размалывания глинозема и применение при нефтяных разливах на производстве, для изготовления пигментов из выделяемых соединений металлов, для получения при обработке в печах глиноземистого электрокорунда, для нефтепереработки в роли сорбента. Свое применение бокситы нашли в самолетной и автомобильной сферах, кораблестроении. Растворы из них быстро затвердевают, хорошо скрепляются с арматурным металлом, а глиноземистый цемент имеют высокую плотность. Бетон, в составе которого есть последнее, является стойким к кислым жидким средам и повышенным температурам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оноприенко Н. Н. Учет инженерно-геологических факторов в формировании кадастровой стоимости земли / Н. Н. Оноприенко. Текст: непосредственный // Вектор ГеоНаук. - 2018. - Т. 1, № 3. - С. 73-79.

2. Оноприенко Н. Н. Перспективы развития инженерных изысканий для индивидуального жилищного строительства / Н. Н. Оноприенко, Т. Г. Калачук. Текст : непосредственный // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2016. - № 5. - С. 11-15.

3. Прокофьева Л.М. Современное состояние и особенности мирового рынка алюминия / Л. М. Прокофьева, Н.Ф. Кузовлева. - Текст : непосредственный // Актуальные проблемы экономики и управления: сбор. статей Десятой всероссийской науч.-практич. конф. с международ. участием. - Екатеринбург, 2022. - С. 99-105.

4. Большая российская энциклопедия: [сайт]. - 2004-2017. - URL: <https://old.bigenc.ru> (дата обращения 15.10.2023). - Текст : электронный.

5. Твой ювелир: [сайт]. - 2023. - URL: <https://tvoi-uvellir.ru> (дата

обращения: 15.10.2023). - Текст : электронный.

6. Жемчужина в оправе: [сайт]. - 2023. - URL: <https://jemchuzhinafood.ru> (дата обращения 15.10.2023). - Текст : электронный.

7. Логанина В. И. Структура и свойства синтезируемой добавки на основе аморфных алюмосиликатов / В. И. Логанина, А. Д. Рыжков. - Текст : непосредственный // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2015. - № 5. - С. 7-10.

8. Патент № 2711198 С1 Российская Федерация, МПК С01F 7/38, С01F 7/06. способ переработки бокситов на глинозем: № 2019105184: заявл. 25.02.2019; опубл. 15.01.2020 / И. В. Логинова, Ю. Н. Логинов, Л. И. Чайкин; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина".

9. Савко А. Д. Основные типы и минеральный состав бокситов Курской магнитной аномалии / А. Д. Савко, М. Ю. Овчинникова. - Текст : непосредственный // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. - 2020. - Т. 162, № 2. - С. 274-289.

10. Моргунов, В. В. Технология производства глинозема из бокситов / В. В. Моргунов. - Текст : непосредственный // Международный студенческий научный вестник. - 2019. - № 6. - С. 8.

УДК 711.4-112

Зайцев К.А.

*Научный руководитель: Косухин М.М., канд. техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ПРОЖИВАНИЯ

Комфортная городская среда – это условия жизни в городе, которые способствуют удобству, безопасности и благополучию жителей.

Создание комфортной городской среды важно, потому что она способствует улучшению качества жизни горожан. Комфортная городская среда предоставляет людям удобство и доступ к различным объектам инфраструктуры, таким как образовательные учреждения, медицинские учреждения, торговые центры и общественные пространства. Она способствует развитию социальной активности и

взаимодействию между людьми, а также создает условия для здорового образа жизни и отдыха. Кроме того, комфортная городская среда имеет положительное влияние на экономическое развитие города, привлекая инвестиции и туристов [1].

Для создания комфортной городской среды проживания необходимо учесть ряд определенных принципов, что позволят в полной мере учесть все необходимые факторы и потребности горожан.

Удобство и доступность городской среды являются важными факторами для жителей и посетителей городов. Они включают в себя ряд аспектов, которые делают городскую среду удобной и доступной для всех.

Одним из основных аспектов является транспортная доступность. Города должны иметь развитую систему общественного транспорта, которая позволяет легко и быстро перемещаться по городу. Это включает в себя метро, автобусы, трамваи, такси и другие виды общественного транспорта. Необходимо учитывать количество транспортных средств для подбора наиболее точного и оптимального варианта расположения, качества и геометрии дорожных сетей [2]. Кроме того, города должны иметь хорошо организованные дорожные сети для велосипедистов. Другим аспектом является доступность объектов инфраструктуры. Города должны иметь достаточное количество магазинов, ресторанов, кафе, банков, аптек и других объектов, которые необходимы для удовлетворения потребностей жителей. Они должны быть легко доступны пешком или на общественном транспорте. Также важно учесть потребности людей с ограниченными возможностями. Городская среда должна быть доступной для маломобильных групп населения, иметь специальные пандусы, лифты и другие удобства, которые облегчают их перемещение по городу [3]. Также серьезную роль играет наличие парков, скверов и других зеленых зон, где люди могут отдохнуть и насладиться природой. Это важно для создания комфортной и приятной атмосферы в городе.

Безопасность является еще одним важным фактором комфортной городской среды. Жители и посетители городов должны чувствовать себя защищенными и безопасными. Для этого необходимо иметь хорошо освещенные улицы и общественные места, видеонаблюдение, полицейскую защиту и другие меры безопасности [4]. Особенно важным является освещение не только общественных территорий и пространств, но и жилых массивов, частных секторов и пешеходных дорожек между ними. Важно отметить и экологическую безопасность, необходимо контролировать загрязнение окружающей среды,

обеспечивать чистоту воды и воздуха, а также предотвращать угрозы для здоровья горожан, связанные с экологическими проблемами.

В целом, обеспечение безопасности городской среды требует комплексного подхода и участия всех заинтересованных сторон – горожан, органов власти, правоохранительных органов, экспертов и т.д. Только совместными усилиями можно создать безопасную и комфортную городскую среду для всех ее жителей.

Сохранение исторического наследия в городской застройке также является важным аспектом обеспечения комфортной среды проживания. Исторические здания, памятники архитектуры и другие объекты культурного наследия придают городу уникальность и особый характер.

Сохранение исторического наследия может быть сложной задачей, особенно в условиях быстрого развития и роста города. Необходимо разработать и реализовать стратегии по сохранению и восстановлению исторических объектов, а также обеспечить их правильное использование и уход [5].

Органы власти играют важную роль в сохранении исторического наследия. Они должны разрабатывать соответствующие правовые нормы и механизмы контроля за сохранностью и использованием исторических объектов. Кроме того, важно установить сотрудничество с общественными организациями, экспертами и другими заинтересованными сторонами для разработки и реализации проектов по сохранению исторического наследия. Горожане также играют важную роль в сохранении исторического наследия. Они могут выступать в защиту исторических объектов, участвовать в общественных слушаниях и дискуссиях, а также принимать активное участие в проектах по сохранению исторического наследия.

Сохранение исторического наследия в городской застройке не только способствует сохранению культурной и исторической ценности города, но и может иметь позитивный экономический эффект, так как исторические объекты часто привлекают туристов и создают рабочие места в сфере туризма и культуры.

Следующим принципом выступает сохранение и развитие природной среды. Природные ресурсы, зеленые зоны и экосистемы города играют важную роль в создании комфортной и здоровой среды для проживания [6]. Однако, сохранение и развитие природной среды в городской застройке может быть сложной задачей, особенно в условиях ограниченного пространства и необходимости удовлетворения потребностей растущего населения. Необходимо разработать и реализовать стратегии по сохранению и развитию зеленых зон, охране природных ресурсов и экосистем города. Органы власти должны

разрабатывать соответствующие правовые нормы и механизмы контроля за сохранностью и использованием природных ресурсов, а также проводить мониторинг состояния экосистем города.

Кроме того, важно установить сотрудничество с экологическими организациями и другими заинтересованными сторонами для разработки и реализации проектов по сохранению и развитию природной среды. Как и для предыдущего принципа, горожане также могут принимать активное участие в сохранении и развитии природной среды. Они могут выступать в защиту зеленых зон, участвовать в экологических акциях и проектах, а также принимать меры по экономии ресурсов и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду. Сохранение и развитие природной среды в городской застройке имеет очень высокую экологическую, но и экономическую значимость. Зеленые зоны и парки привлекают туристов, создают рабочие места в сфере экотуризма и рекреации, а также способствуют улучшению физического и психологического здоровья горожан.

Перейдем к следующему принципу – принципу инноваций. Принцип инноваций заключается в поиске и внедрении новых подходов, технологий и решений для создания устойчивого и современного городского пространства. Этот принцип включает в себя следующие аспекты:

1. Использование новых материалов и технологий. Инновации в городской застройке могут включать использование экологически чистых и энергоэффективных материалов, таких как утеплители на основе натуральных компонентов или солнечные панели для генерации электроэнергии. Также важно применять новые строительные технологии, которые позволяют создавать более эффективные и функциональные здания [7].

2. Развитие умных городов. Инновации в городской застройке могут быть связаны с внедрением информационных и коммуникационных технологий для управления городской инфраструктурой. Например, использование систем управления освещением или умных транспортных систем может значительно повысить эффективность и безопасность городской среды.

3. Создание инновационных городских пространств. Инновации в городской застройке могут быть связаны с созданием новых типов городских пространств, таких как инновационные парки или коворкинги. Эти пространства могут стать центрами инноваций и сотрудничества, где предприниматели, исследователи и общественные деятели могут встречаться и разрабатывать новые идеи и проекты.

4. Учет экологических аспектов. Инновации в городской застройке должны учитывать экологические аспекты, такие как энергоэффективность [8], использование возобновляемых источников энергии, сохранение природных ресурсов и охрана экосистем. Например, можно разрабатывать проекты с использованием зеленых технологий, таких как зеленые крыши или вертикальные сады, которые способствуют улучшению качества воздуха и снижению уровня шума в городе.

Как и другие принципы, он позволяет улучшить качество жизни горожан, снизить негативное воздействие на окружающую среду и стимулировать экономическое развитие города.

Делая вывод из всего вышесказанного, можно сказать, что для обеспечения комфортной среды важно не только в полной мере применять данные принципы, но и обеспечить высокий уровень общественного и государственного взаимодействия. Это позволит достичь поставленных целей, и обеспечить как их качественное исполнение, так и всеобъемлющий учёт желаний и потребностей горожан. Всё это в итоге позволит создать эталонную комфортную городскую среду проживания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Роль состояния жилищно-коммунального комплекса в обеспечении устойчивого развития муниципальных образований Белгородской области / М. М. Косухин, К. Р. Скороходов, А. М. Косухин, М. А. Богачева // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 11. – С. 212-218.

2. Обеспечение долговечности, эксплуатационной надежности, комфортности и экологической безопасности улично-дорожной сети путем использования цементобетонных дорожных покрытий на модифицированном вяжущем / М. М. Косухин, А. М. Косухин, Ю. А. Шарапова, О. Н. Шарапов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 3. – С. 31-37.

3. Современные материалы для реализации государственной программы "Доступная среда" / М. М. Косухин, А. М. Косухин, А. В. Сватных, А. В. Кузнецов // Наука и инновации в строительстве : Сборник докладов III Международной научно-практической конференции к 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. – С. 156-161.

4. Бессонова, Д. Д. Безопасность, как элемент формирования благоприятной городской среды / Д. Д. Бессонова, Д. А. Протопопова // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 6(90). – С. 319-328.

5. Бальзанникова, Е. М. Сохранение городских объектов историко-архитектурного наследия / Е. М. Бальзанникова // Вестник МГСУ. – 2014. – № 1. – С. 15-24.

6. Коренева, Т. О. Зеленые зоны городской среды / Т. О. Коренева, Т. Б. Паничева // Молодой ученый. – 2022. – № 26(421). – С. 25-27.

7. Kosukhin, M. M. The Energy-Efficient Facade Systems for Civic Buildings / M. M. Kosukhin, A. M. Kosukhin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – Vol. 463, Part 4. – 2018. – P. 042037.

8. Kosukhin, M. M. Increasing of the energy efficiency in civilian buildings applying fixed type of facade systems / M. M. Kosukhin, A. M. Kosukhin, K. S. Komarova // IOP Conference Series: Journal of Physics. – Vol. 1066. – 2018. – С. 49-54.

УДК 624.3

Крутикова М.А.

Научный руководитель: Дураченко А.В., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

СРАВНЕНИЕ ВЕЛИЧИН УСИЛИЙ В СТЕРЖНЯХ ФЕРМ С РАЗЛИЧНЫМ ОЧЕРТАНИЕМ ПОЯСОВ

На сегодняшний день фермы как несущие конструкции с минимальным весом и высокой несущей способностью используются в строительстве и промышленности повсеместно. Это объясняется тем, что фермы – это один из основных элементов быстровозводимых сооружений. Их применяют при строительстве промышленных цехов и складов, выставочных и торговых помещений, в мостостроении и др.

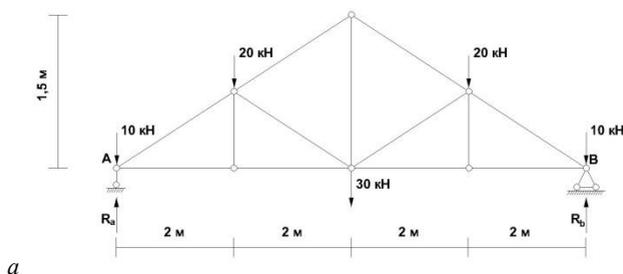
Самый наглядный пример использования металлической фермы – железнодорожный мост (Рис.1). Его боковые части, а также верхний пролет представляют собой решетчатые системы, основу которых задают стержни. Это и есть фермы.



Рис. 1. Ярославский железнодорожный мост

Ферма – это конструкция, которая состоит из большого количества металлических стержней, шарнирно соединенных между собой. Стержни образуют решетки разной геометрии. Места соединений стержней называют узлами. Именно на них приходится основная нагрузка, что обеспечивает высокую прочность конструкции в целом. Благодаря высокой несущей способности конструкции ферм, их используют при строительстве мостов больших пролетов [1-6].

На Рис. 2 приставлены две металлические фермы: с треугольным и полигональным очертанием поясов. Треугольная форма может иметь форму равнобедренного или прямоугольного треугольника, подходит для крыш с большим уклоном. В фермах полигональной формы верхний пояс представляет собой не плавно изогнутую линию, а ломаную. Зачастую такую ферму называют многоугольной, потому что верхний пояс имеет много углов.



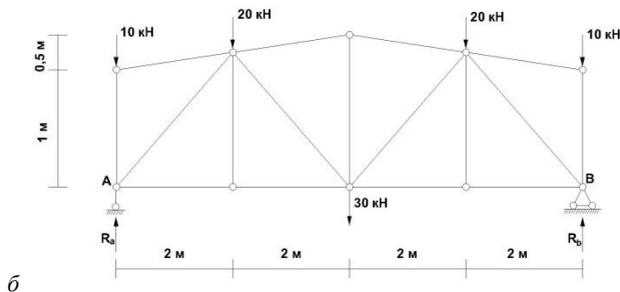


Рис. 2. Металлические фермы: а – треугольная, б – ферма с полигональными поясами

Определим реакции опор для обеих ферм, они будут одинаковы:

$$\sum M_A = 20 \cdot 2 + 20 \cdot 6 + 10 \cdot 8 + 30 \cdot 4 - R_B \cdot 8 = 0 \quad (1)$$

$$R_B = \frac{20 \cdot 2 + 20 \cdot 6 + 10 \cdot 8 + 30 \cdot 4}{8} = 45 \text{ кН} \quad (2)$$

$$\sum M_B = R_A \cdot 8 - 10 \cdot 8 - 20 \cdot 6 - 30 \cdot 4 - 20 \cdot 2 = 0$$

$$R_A = \frac{10 \cdot 8 + 20 \cdot 6 + 30 \cdot 4 + 20 \cdot 2}{8} = 45 \text{ кН}$$

Проверка: $\sum F_y = 45 + 45 - 10 - 20 - 30 - 20 - 10 = 0 \quad (3)$

Для определения усилий в заданных стержнях треугольной фермы проведем сечение I-I и составим уравнения статики для отсеченной правой части (Рис. 3):

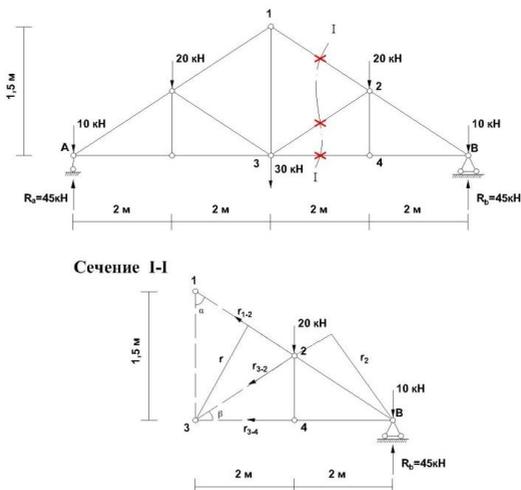


Рис. 3 Проведение сечения в треугольной ферме

$$\sum M_2 = 10 \cdot 2 - R_{\Delta} \cdot 2 + r_{34} \cdot 0,75 = 0$$

$$N_{34} = \frac{-10 \cdot 2 + 45 \cdot 2}{0,75} = 93,33 \text{ кН}$$

$$\sum M_3 = 10 \cdot 4 + 20 \cdot 2 - R_{\Delta} \cdot 4 - r_{12} \cdot r = 0$$

$$r = \sin \alpha \cdot 1,5; \tan \alpha = \frac{4}{1,5} = 2,66; \angle \alpha = 69,4^{\circ}$$

$$r = 0,93 \cdot 1,5 = 1,4 \text{ м}$$

$$N_{12} = \frac{10 \cdot 4 + 20 \cdot 2 - 45 \cdot 4}{1,4} = -71,4 \text{ кН}$$

$$\sum M_{13} = -r_{23} \cdot r_2 - 20 \cdot 2 = 0$$

$$r = \sin \beta \cdot 4; \tan \beta = \frac{0,75}{2} = 0,375; \angle \beta = 20,5^{\circ}$$

$$r_2 = 4 \cdot 0,35 = 1,4 \text{ м}$$

$$N_{23} = -\frac{20 \cdot 2}{1,4} = -28,6 \text{ кН}$$

Для определения усилий в заданных стержнях фермы с полигональным очертанием поясов проведем сечение I-I и рассмотрим отсеченную правую часть (Рис. 4):

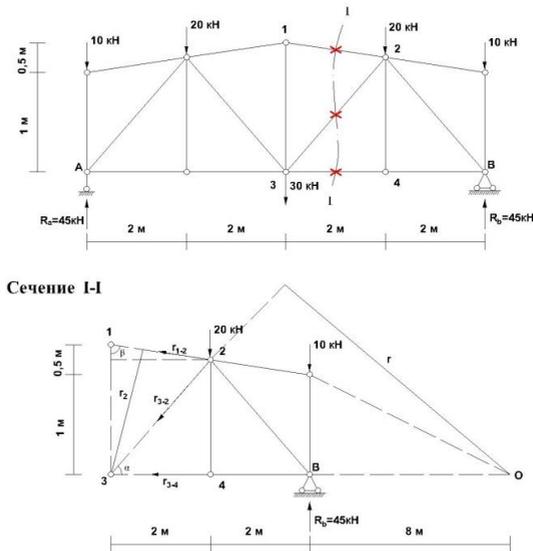


Рис. 4. Проведение сечения в ферме с полигональными поясами

$$\begin{aligned} \sum M_2 &= r_{34} \cdot 1 + 10 \cdot 2 - R_{\Delta} \cdot 2 = 0 \\ N_{34} &= \frac{45 \cdot 2 - 10 \cdot 2}{1} = 70 \text{ кН} \\ \sum M_6 &= R_{\Delta} \cdot 8 - 10 \cdot 8 - 20 \cdot 10 - r_{23} \cdot r = 0 \\ r &= \sin \alpha \cdot 12; \tan \alpha = \frac{1,25}{2} = 0,625; \angle \alpha = 32^{\circ} \\ r &= 12 \cdot 0,53 = 6,36 \text{ м} \\ N_{23} &= \frac{45 \cdot 8 - 10 \cdot 8 - 20 \cdot 10}{6,36} = 12,58 \text{ кН} \\ \sum M_3 &= 10 \cdot 4 - 45 \cdot 4 + 20 \cdot 2 - r_{12} \cdot r_2 = 0 \\ r &= \sin \beta \cdot 1,5; \tan \beta = \frac{2}{0,25} = 8; \angle \beta = 83^{\circ} \\ r_2 &= 1,5 \cdot 0,98 = 1,48 \text{ м} \\ N_{12} &= \frac{10 \cdot 4 - 45 \cdot 2 + 20 \cdot 2}{1,48} = -6,75 \text{ кН} \end{aligned}$$

Результаты расчетов двух ферм разных типов при одинаковом нагружении показали, что усилия в стержнях фермы с полигональным очертанием поясов меньше, что дает возможность использовать стержни меньшего поперечного сечения. Однако, очевидно, что изготовление треугольной фермы требует меньшего количества стали. Таким образом, применение той или иной фермы будет обусловлено не только несущей способностью, но и расходом материала при изготовлении, а также областью применения заданной конструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Строительная механика: учеб. пособие / А.Г. Юрьев, Н.А. Смоляго, В.А. Зинькова, А.С. Горшков. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 236 с.
2. Рабинович И.М. Основы строительной механики стержневых систем. М.: Госстройиздат, 1960. 520 с.
3. Юрьев А.Г., Смоляго Н.А., Серых И.Р., Яковлев О.А. Строительная механика: учеб. пособие. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. 188 с.
4. Чернышева Е.В., Серых И.Р. Основы научных исследований, проектирование и организация эксперимента: учеб. пособие. Белгород: изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2014. 103 с.
5. Юрьев А.Г., Серых И.Р. Основы научных исследований: учеб. пособие. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. 87 с.

6. Durachenko, A. V. Basic principles of fiber reinforced concrete reinforcement for road surfaces / A. V. Durachenko // Молодежь и научно-технический прогресс: Сборник докладов XV международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2-х томах, Губкин: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – с. 229-232.

УДК 69.057.45

Кудинова Д.И.

Научный руководитель: Панова А.А. ст. преп.

*Рязанский институт (филиал) московского политехнического университета,
г. Рязань, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ.

В настоящее время темпы роста городов набирают невиданную скорость. Это связано, во-первых, с ростом численности городского населения. Большинство сельского населения покидают свои дома в поисках больших перспектив. Во-вторых, продолжает расти население планеты. Основной прирост приходится на более крупные города.

Проблема роста численности города порождает проблему нехватки жилья. Многие оказываются в стесненных квартирах или в домах не надлежащего качества. Снижение сроков и стоимости возведения здания является основной задачей строительной индустрии, однако решается она зачастую использованием менее качественных материалов. Верным способом является поиск ускоренных технологий строительства.

Одна из непопулярных в наше время технологий могла бы частично помочь решить обостряющуюся проблему. Она была придумана в прошлом веке и заключается в строительстве зданий в обратной последовательности. Ход строительства выглядит следующим образом:

Сначала готовится строительная площадка, возводится фундамент и несущие конструкции – колонны (позже возводились также и лифтовые шахты). Подъем межэтажных перекрытий или целых этажей осуществляют гидродъемниками, каждый имеющий по две тяги, которые соединяют с воротником плиты этажа. Подъемники, устанавливаемые на оголовках колонн, могут выдержать перекрытия площадью до 2500 м² и весом до 1500 т.

В момент подъема последующих этажей, рабочие уже могли отделять верхние.

Монтажное крепление плит перекрытий, после установки в проектное положение, осуществляется стальными стержнями, вставляемыми в отверстия обойм колонн, а завершающее – сваркой обойм и воротников.

Пространственная жесткость и устойчивость такого здания обеспечивается сваркой воротников плит перекрытий и колонн каркаса, вертикальными связями и лестничными клетками. Все элементы каркаса выполняют из железобетона. Колонны могут быть также стальными.

Междуэтажные перекрытия применяют монолитные безбалочные (с обычной или предварительно напряженной арматурой). Предварительно напряженные плиты могут перекрывать пролеты до 12 м при полезных нагрузках до 1000 кг/м².

Для таких зданий фундаменты, устанавливаемые в котлованы, состоят из фундаментных плит и подколонников стаканного типа. Сопряжение подколонника с плитой должно обеспечивать восприятие горизонтальных усилий, возникающих в процессе подъема плиты перекрытия [2].

Технология применялась повсеместно. Наиболее яркий пример в отечественной строительной индустрии это жилой дом на улице Магнитогорской, построенный в 1959 году в городе Санкт-Петербурге архитектором Ярмолинским Э. И. Он располагался в районе, где стояли общежития завода ЖБИ "Баррикада", представлял из себя односекционный 4-х этажный дом, рассчитанный на 32 квартиры.

Первым этапом был монтаж колон с сечением 400 x 400 мм, в сетке осей с шагом 6,4 м продольно и 4,2 м поперек здания. Затем поднималась крыша весом в 150 тонн. Далее к поднимали сплошные ж/б плиты толщиной 160 мм, имеющие по внутреннему периметру консоли, которые составляли порядка 2,5 м. Под каждую колонну делалось отверстие, которое обрамлялось металлическим воротником. Одновременно поднимались стены из фибролито-бетонных панелей (Рис. 1). Для демонтажа подъемника был задействован вертолет [1].



Рис. 1 – Процесс возведения здания на Магнитогорской

Через 5 лет было проведено обследование дома. Общее состояние было удовлетворительным. На поверхности наружных стеновых панелей наблюдаются хаотически расположенные трещины усадочного характера шириной до 0,5 мм. И только в двух панелях первого этажа у входа в дом были вертикальные трещины шириной до 3 мм. Плиты перекрытий видимых трещин не имели [4].

Технология применялась не только в СССР. Пример строительства с использованием такой технологии можно встретить с в США. Там организовывалось строительство жилого комплекса, который планировалось использовать для представителей нашей страны, которые были сотрудниками Постоянного представительства РФ при ООН. Комплекс назывался "Ривердэйл". Технология его строительства не сильно отличалась от дома на Магнитогорской улице. Различие в том, что сначала было возведено два корпуса для лифтов, пожарных лестниц и коммуникаций, а не сетка колонн. Для подъема этажей также использовались домкраты. Готовые этажи собирались на строительной площадке (Рис. 2).

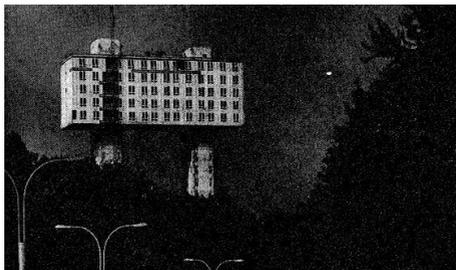


Рис. 2 – Комплекс Ривердэйл"

В здании 240 квартир для работников представительства, средняя общеобразовательная школа, библиотека, поликлиника, концертный зал, спортзал, офисные помещения и открытый плавательный бассейн на улице. Рядом гараж на 100 машин.

На сборку и подъем одного этажа уходило в среднем четыре-пять дней. Такая технология строительства позволила сократить затраты на 1 млн. долларов и срок строительства до 15 месяцев вместо 20-24. В итоге здание обошлось в 8 млн. долларов вместо девяти [1].

Конструкции зданий, возводимых методом подъема перекрытий или этажей, позволяют снизить высоту этажей (до 25%), уменьшить расход материалов и эксплуатационные затраты на 15%, сократить стоимость строительства (на 10—15%) и его сроки.

Сетку колонн в таких зданиях обычно выбирают квадратную со стороны от 6 до 12 м. Высота помещений может быть любой и различной по этажам. Здания имеют, как правило, рамно-связевую систему каркаса с шарнирными узлами.

Данный способ не получил повсеместное использование из-за неудачного второго опыта строительства дома в Санкт-Петербурге. Дом дал неравномерную усадку, что привело к значительным трещинам и необходимости его демонтировать. Провальная попытка была связана с недостаточной адаптацией способа возведения под особенности возведения в другом месте и неоправданно перестал использоваться [3].

Однако данный метод может быть полезен в условиях плотной застройки, потому что он не подразумевает использование кранов. Сейчас в крупных городах часто возникают стесненные обстоятельства на строительных площадках, а данный способ помог бы избежать дополнительных расходов. Также целесообразно применения данной технологии для предприятий легкой, пищевой, радиоэлектронной, приборостроительной и электротехнической промышленности.

Также необходима разработка нормативной базы и введение правил расчета конструкций для такого возведения зданий, чтобы избежать случаев, схожих со вторым домом в Санкт-Петербурге.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дом, который строили сверху вниз // Live journal URL: <https://Ouroboros.livejournal.com> (дата обращения: 20.10.2023).
2. Дятков С. В. Архитектура промышленных зданий : Учебное пособие для строительных вузов. - Москва: Высшая школа, 1976. - 464 с.

3. Как в Ленинграде строили дом сверху вниз, и почему эксперимент не получил распространение // Novate URL: <https://novate.ru> (дата обращения: 20.10.2023).

4. Магнитогорская улица, дом 95, литера А // Наш Санкт-Петербург URL: <https://0urob0ros.livejournal.com> (дата обращения: 20.10.2023).

УДК 666.94:621.926

Кушнир А.С., Белогубкин В.А.

Научный руководитель: Салтанова Е.В. ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРЕИМУЩЕСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КАРКАСА В МНОГОЭТАЖНОМ ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Тема строительства жилья для населения нашей страны остро стоит на повестке дня. Выбор технологии строительства во многом определяют не только конечная стоимость и сроки строительства, а также надежность конструкций перед всеми возможными разрушающими факторами.

В настоящее время стало активно внедряться технология строительства с применением стального каркаса. Такая технология используется при строительстве многофункциональных комплексов (ФОКи, паркинги), инфраструктурных объектов, объектов коммерческой недвижимости, социальных объектов (детские сады, медицинские центры, школы), а также жилых зданий (высотных, средней и низкой этажности).

В России «на металле» были построены Шуховская телебашня, гостиница «Украина», здание МИД, главный корпус МГУ, Дальневосточный федеральный университет, стадионы «Лужники», «Локомотив», «Арена Открытие», Центр международной торговли, башня «Евразия» (самое высокое здание из металлокаркаса в Европе), «Башня на Набережной» делового центра «Москва-Сити», «Лахта Центра» в Санкт-Петербурге и множество других объектов.

Доля многоэтажных зданий гражданского назначения на металлокаркасе — объектов социальной инфраструктуры, административных и офисных зданий, многоярусных гаражей-стоянок, объектов торговли и досуга — не превышает в России 15%. В некоторых зарубежных странах она достигает 65%. Главным образом,

такие масштабы достигаются именно за счет многоэтажного жилищного строительства [1].

В Китае на сегодняшний день почти все объекты гражданского, частного, государственного и промышленного значения строятся с применением металлоконструкций, так как металл гарантирует долгое и надежное использование здания.

Исторически сложилось, что в России преобладает кирпич и монолит, но в скором будущем металл станет более востребованным. За последний год цены на новостройки в России выросли на 20%. Среди многих причин – повышение себестоимости строительства. Одним из решений этой проблемы может стать применение металлоконструкций.

К преимуществам такого строительства относятся: скорость, конкурентная себестоимость, экологичность, разнообразие планировочных решений [3].

Монолитный десятиэтажный дом с семью подъездами возводится в среднем за 10-11 месяцев. Такое же здание из панелей — за 5-6 месяцев. Металлокаркасный аналогичный объект между тем можно построить всего за 4 месяца. Исключается «мокрый» этап работ, при возведении металлического каркаса здания. Климатические условия не влияют на процесс возведения.

Снижаются затраты на устройство фундамента, расходы на логистику, затраты на строительную технику, уменьшается потребность в рабочих на стройплощадке, снижается фонд оплаты труда, а соответственно строительный цикл [3].

Например, 4-6-этажные жилые секционные дома в г. Абакан строят не только на металлическом каркасе, но и с применением наружных и внутренних стен из сэндвич-панелей. Здание получается металлическим почти на 80%. Другие строительные материалы завозить в этот регион экономически нецелесообразно. Особенно хорошо подходит металл для строительства жилья в районах, куда трудно и дорого завозить бетон, цемент и щебень рис. 1

Жилой комплекс «Минутка» г. Грозный. Конструкции перекрытий (металлические балки), колонны двутавровые, ригели (двутавровые балки покрытия) рис. 2.

Жилой комплекс «Светлый» Республика Татарстан. Элементы каркаса выполнены их тонкостенных оцинкованных гнутых профилей. Все соединения тонкостенных элементов предусмотрены на самонарезающих шурупах рис. 3.

Жилой 4-этажный дом со встроенными помещениями общественного назначения г. Анадырь. Колонны (двутавр прокатной), ригели (неравнополочные сварные двутавры) рис.4.



Рис. 1. 4-6 –этажные секционные дома г. Абакан



Рис. 2. Жилой комплекс «Минутка» г. Грозный



Рис. 3. Жилой 4-этажный дом г. Анадырь



Рис.4 ЖК «Светлый» Республика Татарстан.

Эффективным и технологичным является крупномодульное строительство, которое может быть реализовано при помощи использования легких, тонкостенных стальных конструкций. В данном случае дом может собираться из готовых блоков буквально за считанные дни. Сами модули изготавливаются заранее на заводе. Современные подходы дают практически неограниченную свободу планировок и конструкций модульных блоков. Кроме того, металлоконструкции, в отличие от железобетона, можно разобрать и использовать повторно, что значительно снижает стоимость реновации в будущем.

Столкнувшись с санкциями российская металлургия переориентируется на внутренний рынок. Помочь с затратами может увеличение потребления металла. [5]

Благодаря профициту металла, в 2023 г. в Минстрое зашла речь о применении металлоконструкций в качестве основного конструктивного элемента в государственных и инвестиционных

проектах, также предполагается использовать металлические быстровозводимые конструкции при строительстве социальных объектов и разработке «пилотных» проектов многоэтажек с использованием стального каркаса и легких стальных тонкостенных конструкций, например, по этой технологии уже построены современные жилые комплексы "Фрегат-Нео" в Красноярске и "Союз" в Новокузнецке.[4]

Проект 17-этажного жилого дома разработала «Северсталь». Основу здания составляет металлокаркас из колонн, сварных балок и связей. Он дополняется монолитными перекрытиями из профилированного листа, внутренними стенами с огнезащитной обработкой и наружными каркасно-обшивными стенами из ЛСТК. Пилотные проекты планируется запустить в 2023-2024 г.г.

Минстрой совместно с Минпромторгом России в 2022 г. разработал дорожную карту по расширению применения металла в строительстве на 2022—2026 гг. [2]

Ее реализация должна дать 3-5 млн тонн в год дополнительного спроса на стальную продукцию.

В первоочередные задачи плана включены:

- подготовка предложений по корректировке требований к огнезащите и оценке огнестойкости стальных конструкций, а также актуализация требований к защите таких конструкций от коррозии;
- увеличение доли зданий промышленного и гражданского назначения, возводимых с применением металлоконструкций;
- внедрение современных и экономически более эффективных конструктивных решений в нормы и строительную практику с применением металлоконструкций;
- расширение области применения металла за счет реализации масштабных инфраструктурных проектов.

Применение металлических конструкций послужит для изменения подходов к проектированию, строительству и управлению жизненным циклом зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года. распоряжение Правительства РФ от 31 октября 2022 г. № 3268-р.

2. План мероприятий (Дорожная карта) по совершенствованию технического регулирования в строительстве объектов с применением стальных конструкций на 2023 - 2026 гг.

3. Солодов Н.В., Лодяный Д.А. Некоторые методические и практические аспекты экспертизы безопасности зданий и сооружений. В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Белгород, 2022. С. 214-222.

4. В Минстрое обсуждается возможность возведения типовых многоквартирных домов на стальном каркасе <https://geps.ru>.

5. Возведение жилья на металлокаркасе может стать драйвером для металлургии и строительной индустрии <https://rg.ru>.

УДК 531

Лавриков В.А., Титенков В.В.

Научный руководитель: Хакимуллина Л.Ш., канд. техн. наук, доц.

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ COMSOL MULTIPHYSICS ДЛЯ РАСЧЕТОВ В ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

Многие механические детали соединяются болтовыми соединениями. Такие связи могут быть смоделированы с различными уровнями аппроксимации в зависимости от цели анализа. На самом детальном уровне вы могли бы рассмотреть возможность моделирования внешней и внутренней резьбы болта. Однако такая модель будет чрезвычайно дорогостоящей с точки зрения компьютерных ресурсов. В большинстве случаев на самом деле достаточно смоделировать болт без резьбы и использовать специальные методы для расчета напряжения вокруг болтового соединения. В этой модели анализ напряжений выполняется для крышки основного подшипника. Болты, крепящие основную крышку к блоку цилиндров двигателя, смоделированы без резьбы. Для моделирования болта используются два различных соединения, и выполняется сравнение напряжений.

По соображениям производительности вычислений резьба болтов не представлена подробно, и вычисляется только усилие, передаваемое болтами на блок двигателя. Используя один из способов, болт крепится к блоку цилиндров двигателя. В этом случае передаются как

нормальная, так и тангенциальная составляющие силы. Во втором методе используется особое условие контакта между болтом и блоком цилиндров, которое учитывает конструкцию резьбы при расчете контактного давления.

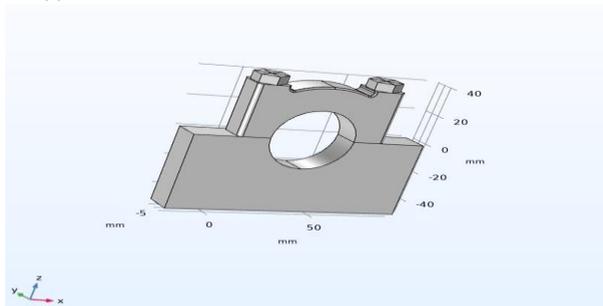


Рис. 1 Блок основного подшипникового узла

На рисунке 1 показана методика моделирования используется для болта в геометрии; первый метод (условие непрерывности) используется для болта с левой стороны, в то время как второй метод (условие контакта резьбы) используется с правой стороны.

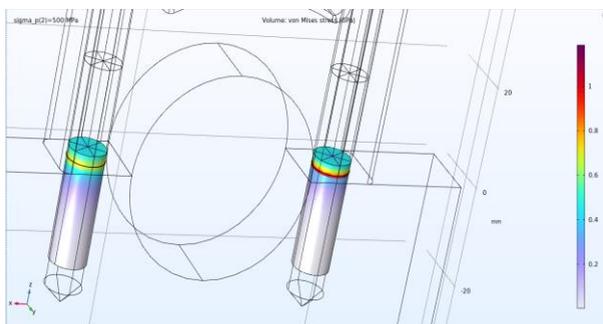


Рис. 2 Напряжение Фон Мизеса вдоль границ резьбы с помощью скрепленного болта (слева) и контакта с резьбовым болтом (справа)

На рисунке 2 показаны эквивалентные напряжения на границах болтов, соответствующие резьбе. Можно заметить разницу на переходе между блоком цилиндров и основной крышкой. Для болта, смоделированного с условием неразрывной пары (с левой стороны), существует особенность в ограничении смещения, которая объясняет высокое локальное напряжение. Для болта, смоделированного с условием контакта с резьбой болта, эквивалентное напряжение при этом переходе является более плавным.

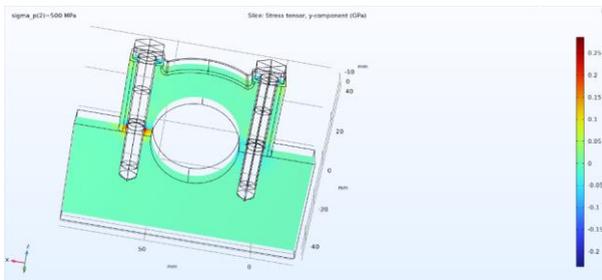


Рис. 3 Натяжение обруча с помощью скрепленного болта (слева) и контакта с резьбовым болтом (справа).

На рисунке 3 показано кольцевое напряжение в блоке цилиндров двигателя и основной крышке. Очевидно, что болт, смоделированный с условием контакта резьбы, создает значительные растягивающие кольцевые напряжения вокруг отверстия для болта. Это вызвано контактным давлением между резьбами, которые выталкивают стенки отверстия для болта наружу.

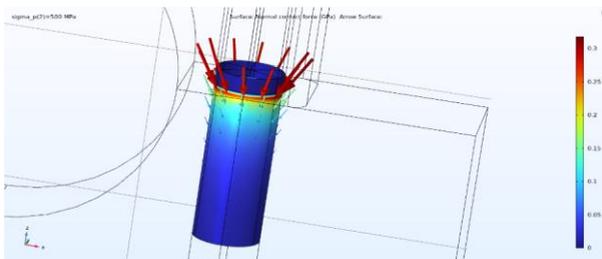


Рис. 4 Контактное давление между основной крышкой и блоком цилиндров.

На рисунке 4 показано контактное давление между основной крышкой и блоком цилиндров двигателя.

Когда вы используете контакт с резьбой болта, вы моделируете торцевую поверхность как болта, так и отверстия для болта в виде цилиндров. Фактическая геометрия резьбы определяется математической формулировкой условия контакта. Наиболее важным параметром является угол резьбы, поскольку он определяет направление контактных усилий.

Что касается граничного условия контакта, то болт, смоделированный с использованием условия контакта с резьбой болта, может быть неправильно ограничен. Чтобы повысить стабильность

вычислений, вы можете использовать временная слабая пружина в начале моделирования удерживает болт на месте.

В заключении можно отметить, что моделирование болтовых соединений является важной задачей в механике. В данном случае было произведено сравнение двух методов моделирования болта без резьбы и с учетом резьбы. Результаты показали, что использование условия контакта с резьбой более точно отображает действительность, но требует большего количества вычислительных ресурсов. Однако, при выборе метода моделирования необходимо учитывать конкретную задачу и цель анализа.

Все расчеты были произведены по следующим формулам 1-9:

$$0 = \nabla \cdot (F S)^T + F_V, F = l + \nabla_u \quad (1)$$

$$S = S_{inel} + S_{el}, \epsilon_{el} = \frac{1}{2}(F_{el}^T F_{el} - l), F_{el} = F F_{inel}^{-1} \quad (2)$$

$$S_{inel} = S_0 + S_{ext} + S_q \quad (3)$$

$$\epsilon = \frac{1}{2}[(\nabla_u)^T + \nabla_u + (\nabla_u)^T \nabla_u] \quad (4)$$

$$C = C(E, \vartheta) \quad (5)$$

$$T_{np,i} = if \left(g_n \leq 0, T_{n,i} - p_n g_n, T_{n,i} e^{\left(\frac{-p_n g_n}{T_{n,i}} \right)} \right) \quad (6)$$

$$T_{n,i+1} = T_{np,i} \quad (7)$$

$$p_n = 5 \frac{E_{char}}{h_{min}} \quad (8)$$

$$F_A = -K_A(u - u_0) \quad (9)$$

Где:

S - второй тензор напряжений Пиолы-Кирхгофа

F - градиент деформации

F_v - объемная сила

l – единичная матрица

∇_u – градиент вектора смещения

S_{inel} – сумма тензора неупругих напряжений

S_{el} – сумма тензора упругих напряжений

ε_{el} – тензор упругой деформации

F_{el} – транспонированный градиент упругой деформации

FF_{inel} – градиент неупругих деформации

S₀ – сумма тензора начальных напряжений

S_{ext} – сумма тензора внешних напряжений

S_q – сумма тензора квазистатический напряжений

ε - тензор полной деформации

C – удельная теплоемкость про постоянном давлении

T_{np,i} – температура на следующем временном шаге

T_{n,i} температура на текущем временном шаге

P_n – давление
 g_n – нормальная составляющая вектора проводимости теплового потока

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Structural Mechanics Module [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doc.comsol.com/5.5/doc/com>. (дата обращения 27.02.2023).
2. Denis Chemezov, Svetlana Tyurina, Irina Pavluhina, Oleg Gorbatenko, Irina Medvedeva. Calculation of von mises stress at plastic deformation of a steel bushing // Theoretical and Applied Science. 2018. Т. С. 201 – 202
3. Болтовое соединение. Расчёт [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studme.org> (дата обращения 17.06.2023).

УДК 69.07

Лимощенко В.А., Пухов И.Е.

*Научный руководитель: Хахалева Е.Н., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

О ТЕХНОЛОГИЯХ, ПРИМЕНЁННЫХ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ «ЛАХТА-ЦЕНТРА» В ГОРОДЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Высотное строительство является сложным, ответственным процессом, который оборачивается серьёзными затратами. Это обуславливается тем, что увеличение высоты здания более 75 метров приводит к тому, что стоимость проекта заметно повышается, поскольку здесь уже начинают действовать другие строительные нормы. Удорожание проекта в этом случае может составить от 40 до 50%. На это также влияет использование большого количества материалов для реализации уникальных конструктивных решений [1].

Наглядным примером уникального решения может послужить «Лакhta-центр» – общественно-деловой комплекс, построенный в Приморском районе города Санкт-Петербург по адресу: ул. Высотная, д.1. Башня имеет высоту 462 метра и является самым высоким зданием в Европе [2]. На примере этого здания можно рассмотреть современные инженерные решения, применяемые в строительстве высотных зданий и сооружений. В плане здание Башни представляет собой пятиконечную звезду с лучами, расходящимися от центрального ядра и

имеющими закрученную конусообразную форму. Плиты перекрытий выполнены в виде пяти квадратных лепестков, которые соединяются друг с другом круглым центральным ядром. С возрастанием высотной отметки квадратные «лепестки» вращаются вокруг своей оси против хода часовой стрелки с поворотом в пределах каждого этажа на угол, составляющий 0,82 градуса [3]. Большая высота, а также вес самого здания предполагают особые требования к фундаменту сооружения. Офисные помещения, занимающие площадь 130 000 м², центр медицины, большой спортивный комплекс, детский образовательный центр, огромный планетарий, ресторан, обзорная площадка, открытый амфитеатр – всё это отражает масштаб постройки, а также оказывает огромную нагрузку на фундамент [4].

Согласно результатам инженерно-геологический изысканий было решено создать свайное основание, оперев сваи на глинистый грунт.

Конструкция состоит из двух мощных плит: нижняя – 3,6 метров высотой (что превышает высоту стандартного этажа) и верхняя – высотой 2 метра, мощного ядра и диафрагмы жёсткости [5].

Тип фундамента был принят комбинированным – коробчатый и плитный. Работы нулевого цикла начались в 2012 году – работы по созданию котлована, установка буронабивных свай, возведение коробчатого фундамента. Коробчатый тип зачастую используется при строительстве небоскребов на глинистых грунтах, а взаимодействуя с дополнительным плитным основанием, фундаментная «коробка» покоится на сваях. Использовалось 264 железобетонных свай диаметром 2 метра и глубиной заложения в грунт – 72 и 82 метра. Длина свай и большой диаметр позволяет им достигать самых плотных слоёв грунта и обеспечивать гарантированный запас прочности. В 2018 году строительство котлована вместе с установкой всех свай было завершено. Общее число свай составило 2080.

В 2015 году был завершён нулевой цикл. Изготовлен коробчатый фундамент под башню комплекса. Произведены работы по заливке нижней плиты башни, армировании и бетонировании подземных этажей центрального ядра башни, промежуточной плиты (она же – перекрытие второго подземного этажа), верхней плиты коробчатого фундамента небоскрёба.

В этом же 2015 году «Лахта-центр» попал в книгу рекордов Гиннеса. За нижнюю фундаментную плиту площадью 5700 м² и толщиной 3600 мм – петербургский небоскреб «Лахта-центр» был держателем мирового рекорда на самую объёмную непрерывную заливку бетона – 19 624 кубометра за 49 часов. Для армирования этой плиты использовалась стальная арматура А500 и тяжелый бетон класса

В60, по морозостойкости F150. Рекордной скорости заливки удалось достичь благодаря суперпластификаторам – частицам поликарбоксилатов, которые способствуют самоуплотнению бетона без последующей вибрации. Но причинами использования самоуплотняющегося бетона стал не шанс установить мировой рекорд. Факторами, повлиявшими на выбор, стали:

1) Холодные швы - соединение двух участков стен без образования непрерывного слоя бетона. Они образуются при разделении бетонирования на несколько этапов. Холодные швы являются слабым местом конструкции. Для такого большого объёма бетона использование самоуплотняющегося бетона позволит минимизировать появление холодных швов и создать единую монолитную конструкцию.

2) Объёмы конструкции (рис. 1). Провибрировать такую огромную площадь, которая постепенно набирает высоту, невозможно. Тогда бы пришлось разделять заливку на несколько этапов и дожидаться набора прочности нижних слоёв бетона, что повлияло бы на монолитность конструкции.



Рис. 1 Нижняя плита основания «Лакhta-центра»

3) Армирование. Все конструкции «Лакhta-центра» густо армированы. В нижней плите – 15 соосно расположенных сеток. Применение вибрационной установки в таких условиях физически невозможно.

Надземная часть небоскрёба также сопровождается технологичными инженерными решениями. Площадь поперечного сечения башни значительно меньше площади фундамента для снижения удельной нагрузки на грунт основания. Всего на строительство надфундаментной части башни ушло 43 000 м³ бетона и 189 000 уникальных металлических деталей общей массой 30 000 т. Жесткость

и устойчивость небоскреба против гравитационных, ветровых, сейсмических и опрокидывающих нагрузок обеспечивает каркас здания, основой которого является монолитное железобетонное ядро в форме толстостенной трубы, поэтому оно возводилось в первую очередь.

С отставанием на два этажа по периметру будущего фасада здания с 1-го по 82-й этаж устанавливались или наращивались сегменты стальных сердечников несущих колонн длиной по 8,4 м. Сердечники в виде «мальтийского креста» изготавливались в заводских условиях из двух двутавров (рис. 2). На нижних этажах их было установлено 15, выше их осталось 10.

С опозданием на три этажа сердечники периметральных колонн соединялись системой стальных балок с ядром башни. На эти балки укладывали профилированные стальные листы и монолитный железобетон, создавая перекрытия между этажами. Эти решения позволили создать жёсткий каркас, выдерживающий все необходимые нагрузки, для этого уникального здания. Поспособствовали этому технологичные материалы, использованные в процессе возведения фундамента и надземной части здания.

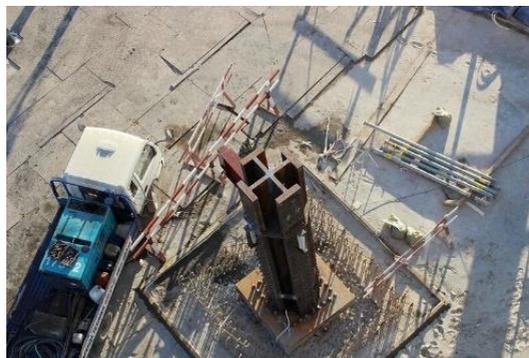


Рис. 2 Нижний сегмент стального сердечника периметральной колонны после его установки

«Лахта-центр» стал самым северным небоскрёбом в мире. Талантливое управление проектом с использованием современных компьютерных систем, всесторонний контроль его реализации и своевременная оптимизация проектных решений позволили точно уложиться в запланированные сроки строительства «Лахта-центра». Конечно, уникальное строительство требует больших затрат, но способствует созданию новых инженерных решений, которые

справляются с, казалось бы, невозможными задачами. Теперь «Лахта-центр» - передовой объект Санкт-Петербурга, который подчёркивает выразительность архитектурной среды и показывает, что наша страна не отстает в развитии строительной отрасли и тоже может похвастаться уникальными небоскрёбами.

В настоящее время к современным материалам предъявляются жесткие требования. Материалы должны быть недорогими, безопасными, экологически чистыми, иметь длительный срок эксплуатации, стойкость к возгоранию, удобство в процессе монтажа или укладки. Применение в строительстве высококачественных, ресурсосберегающих материалов, изделий и конструкций позволяет существенно снизить материалоемкость и энергоёмкость строительных объектов и значительно повысить эффективность строительной отрасли [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юмагулов В.В. Тенденции развития высотного строительства в Санкт-Петербурге // Наука, образование и культура. 2017. № 9 (24). С. 12-15.

2. Курныгина П.В., Зенченко Д.В. Особенности строительства высотного здания «Лахта-центр» в Санкт-Петербурге // В сборнике: Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе. Сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова. Курск, 2023. С. 234-237.

3. Илюхина Е.А., Лахман С.И., Миллер А.Б., Травуш В.И. Конструктивные решения высотного здания «Лахта-центр» в Санкт-Петербурге // Academia. Архитектура и строительство. 2019. № 3. С. 110-121.

4. Хохлов А.А. Анализ технологий, применяемых при сооружении оснований и фундаментов «Лахта-центра» в Санкт-Петербурге // В сборнике: Инвестиции, строительство, недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики. Материалы VIII Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Под редакцией Т.Ю. Овсянниковой, И.Р. Салагор. 2018. С. 832-835.

5. Гранкина Д.В., Иванов Н.В., Коняхин В.О. Современные конструктивные решения высотных зданий на примере строительства «Лахта-центра». // Инженерный вестник Дона. 2018. № 4 (51). С. 200.

6. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 9-16.

УДК 694.1:694.11

Личаев А.Н.

*Научный руководитель: Овсянников С. И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕРЕВЯННЫХ ЗДАНИЙ ИЗ CLT-ПАНЕЛЕЙ

В последнее время в мире отмечается тенденция строительства экологически чистого жилья. Наиболее подходящим материалом для этих целей является древесина. На сегодняшний день существует достаточно большое разнообразие различных типов деревянного домостроения [1 - 4]: каркасное и панельно-каркасное строительство, строительство из бревен и из массивного или клееного бруса, фахверковое строительство. Относительно недавно на европейском рынке появился новый вид стенового материала - CLT (Cross-Laminated Timber) панели [5]. Панелей изготавливают перекрестным склеиванием нескольких слоев деревянных ламелей, после удаления из пиломатериалов участков с недопустимыми пороками и сращивания на зубчатый минишип. По сути технологического процесса, CLT-панели сродни производству клееного бруса.

Строительство из CLT-панелей во многом напоминает строительство панельных железобетонных многоэтажных домов. В производственных условиях изготавливают детали и заготовки из пиломатериалов, склеивают щит с учетом проемов под окна и двери, подготавливают места для стыков и установки крепежных элементов. На месте строительства остается только готовые панели установить и закрепить на подготовленные места. Сроки возведения и ввода в эксплуатацию при таком строительстве минимальны. Так как не надо ждать схватывания бетона или усадки деревянного сруба.

Учитывая, что Россия обладает наибольшими запасами древесины хвойных пород в мире [1], после введения моратория на экспортную продажу круглых лесоматериалов, перед производителями стоит вопрос о новых направлениях использования древесины и древесных материалов. Поэтому использование древесины в серийном производстве многоэтажных домов является актуальным.

Россия издревле использовала древесину в строительстве жилья. До начала 20 века на Руси строили из бревен и бани, и дома, и хоромы, и церкви. В средние века очень развитым было деревянное зодчество [2]. И в настоящее время люди предпочитают жить в деревянном доме, в экологически чистых условиях проживания [3].

Появление технологии производства CLT-панелей произошло в конце 20 века. Первые исследования производились в 90-х годах прошлого века Австрийской ассоциацией деревянной промышленности. Учитывая, что основным направлением политики Евросоюза является экология и экологическое жилье, процесс строительства домов из CLT-панелей получил быстрое развитие. В нашей стране деревянное домостроение разрешалось только для индивидуальной застройки. И только в 2023 году после встречи промышленников лесной и деревообрабатывающей отрасли с президентом В.В. Путиным было получено согласие на многоэтажное строительство домов из CLT-панелей [7].

Процесс производства CLT-панелей во многом схож с производством клееного бруса [4]. После камерной сушки пиломатериалы оптимизируют и сращивают по длине на зубчатый микрошип, формируя ламели заданной длины. Ламели после калибровки и нанесения клея раскладываются послойно перекрестным способом и склеиваются в щит заданной толщины. Количество слоев может быть от 3 до 12, толщина ламелей – от 10 до 45 мм. Для склеивания применяются экологически чистые клеи на основе ЭПИ и ПУР. Толщина плит определяется по требованиям сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций и зависит от климатических условий строительства. По стоимости дома из CLT-панелей относятся к самой дорогой категории, в том числе и из клееного бруса. Связано это из-за высоких амортизационных отчислений дорогого оборудования, применяемого для изготовления широких панелей, где используются системы числового управления.

Часто возникает проблема как добиться требуемой энергоэффективности здания по климатическим условиям и минимизировать затраты на строительство. Поэтому в данной статье рассмотрены вопросы формирования стенового блока на основе CLT-панелей и фасадных утеплителей по условиям санитарно-гигиеническим норм по тепловой защите. Для расчетов использовался теплотехнический калькулятор ограждающих конструкций [6].

Для расчетов были приняты следующие данные: территория – Московская область, температура холодной пятидневки -26°C , продолжительность отопительного периода – 204 суток; помещение

жилое, наружные стены; порода древесины – ель для внутренних и наружных слоев панели, сосна для промежуточных слоев. Для дополнительной теплоизоляции предлагается использовать каменную (базальтовую) вату, защищенную облицованной декоративной шпаклевкой или вентилируемым фасадом из керамической плитки в сочетании с ветро-влагозащитной мембраной.

Параметры древесины для расчета: плотность $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$, удельная теплоемкость $c = 2,3 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{°C)}$, коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,18 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, $\lambda(\text{А}) = 0,29 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, $\lambda(\text{Б}) = 0,35 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, коэффициент паропроницаемости $\mu = 0,32 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$, коэффициент теплоусвоения $s(\text{А}) = 5,56 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°C)}$, $s(\text{Б}) = 6,33 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°C)}$, предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале $\Delta w_{\text{ср}} = 7,5 \%$. Стоимость CLT-панели принята 70 тыс. руб/м³.

Для сравнения были рассмотрены следующие схемы формирования пакета наружных стен:

- 1 - CLT-панели из хвойных пород;
- 2 - CLT-панели + каменная вата (50 мм) + декоративная штукатурка 3 мм;
- 3 - CLT-панели + каменная вата (100 мм) + декоративная штукатурка 3 мм;
- 4 - CLT-панели + каменная вата (100 мм) + ветро-влагозащитная мембрана + вентилируемый зазор 20 мм + декоративная плитка.

Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1 – результаты расчетов

Вариант формирования стены	Толщина CLT-панели, мм	Толщина утеплителя, мм	Стоимость 1 м ² , тыс. руб.	Сопrotивление теплопередаче, (м ² ·°C)/Вт
1	510	0	35	2,99
2	300	50	22	2,99
3	200	100	15,5	3,60
4	200	100	18	3,64

Таким образом можно сделать вывод, что для снижения стоимости возведения многоэтажных зданий с использованием CLT-панелей целесообразно применять панели толщиной 200 мм с последующим утеплением базальтовой ватой толщиной 100 мм и облицовыванием декоративной штукатуркой. Базальтовая вата не горючая, при использовании в наружных слоях – относится к экологически чистым материалам, вентилируемая и не образует точки росы. Декоративная

штукатурка достаточно прочно соединяется с ватой, легко колеруется, что дает возможность создавать различные цветовые окрасы зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Овсянников С.И. Деревянное домостроение за рубежом и в России // Наука и инновации в строительстве (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): Сборник докладов международной научно-практической конференции. Белгород, 2017. С. 309-315.

2. Овсянников С., Подгорный И. Новые подходы в фахверковом строительстве. Saarbuken: LAP LAMBERT, 2020. 109 с.

3. Овсянников С.И., Богданов И.И., Федоренко А.В. Экологические аспекты деревянного домостроения // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: Сб. докладов международной научно-технической конференции. Белгород, 2015. Ч. II. С. 236-242.

4. S.I. Ovsyannikov, A.A. Suska, D.A. Levkin, O.L. Rudenko Strengthening of the Adhesive Joint in the Production of Glued Beams // Proceedings of the International Conference Industrial and Civil Construction

5. Gerhard Schickhofer CLT – European experiences // Institute for timber engineering and wood technology. 2011.

6. Теплотехнический калькулятор ограждающих конструкций. URL : <https://www.smartcalc.ru> (дата обращения: 04.010.2023).

7. Экспертный клуб : сайт. Владимир Путин провел на территории Архангельской области всероссийское совещание по проблемам ЛПК / [сайт]. – URL : <https://expert-club.online/news/vladimir-putin> (дата обращения: 14.09.2023).

Обайди А.А.Х., Аноприенко Д.С.

*Научный руководитель: Сулейманова Л.А. д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

КОМПОЗИТНОЕ УСИЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В РАСТЯНУТОЙ ЗОНЕ БЕТОНА

На сегодняшний день композитное армирование и усиление железобетонных конструкций является наиболее актуальным направлением в строительной отрасли. Зачастую факторы действительной эксплуатации отличаются от заложенных в проект, либо происходят ошибки при производстве работ, поэтому зачастую применяют усиление железобетонных конструкций в растянутой зоне бетона. Усиленная железобетонная конструкция – сложная система, где упругий элемент тесно связан с железобетонной конструкцией клеевой субстанцией, обладающей неупругими свойствами. Основной фактор, который обеспечивает всю надежность конструкции – сцепление композитного материала с бетоном. Сегодня для работ по усилению и восстановлению железобетонных конструкций требуются новые методики расчета, которые будут учитывать физическую нелинейность материалов, историю нагружения, геометрическую нелинейность, ряд технологических воздействий при усилении или восстановлении конструкции [1, 2].

Наиболее эффективным существующим усилением железобетонной конструкции является усиление такими видами материала, как углеродные ленты. Данные ленты выполнены из композита, состоящего из композитных нитей, толщина у которых 5-15 мкм. Композитный холст представляет собой материал, состоящий из двух или более различных компонентов, которые вместе образуют единое целое. Он может быть изготовлен из различных материалов, таких как углерод, стекло, арамид, базальт или другие синтетические волокна. Композитные холсты обладают высокой прочностью, легкостью, стойкостью к коррозии и другим воздействиям окружающей среды. Существует три способа усиления данными лентами: применение сеток из композита, использования холстов из композита, применение лент из композита. Первый метод применяют при работе со всеми железобетонными конструкциями, второй только при укреплении ригелей, колонн и балок, третий метод же применяется

только при укреплении мостов и пролетных стоек. Ленту подбирают по ряду параметров, главным из которых является расчетная прочность на растяжение. Она зависит от коэффициента надежности условия работы, который у каждого композитного материала свой (табл. 1) [3].

Таблица 1 – Коэффициент надежности условия работы

Условия окружающей среды	Материал	Mbrace Laminate (ламинаты)	Mbrace Fib (холсты)
Внутренние помещения	Углерод	0,95	0,9
	Стекло	0,75	0,7
	Арамид	0,85	0,8
Конструкции на открытом воздухе	Углерод	0,85	0,8
	Стекло	0,65	0,6
	Арамид	0,75	0,7
Агрессивная среда	Углерод	0,85	0,8
	Стекло	0,5	0,5
	Арамид	0,7	,6

Физико-механические характеристики ленты также зависит от типа фибры, ее ориентацией и распределением в поперечном сечении холста. Физико-механические характеристики фибры приведены в таблице 2 [4].

Таблица 2 – Физико-механические свойства волокон, применяемых в ленте

Характеристики	Углерод	Арамид	Стекло
Модуль упругости, ГПа	200-500	90	50-70
Прочность при растяжении, МПа	2900-4000	3300	3400-4900
Предельное удлинение, %	1,5-2,5	1,5-4,5	4,2-5,4
Плотность, кг/м ³	1750-1950	1400	2500

Углеродный холст или ламинат – материал, полученный из непрерывных углеродных волокон. Он обладает наиболее высокой устойчивостью к атмосферным условиям и химическим воздействиям, а также отличной стойкостью к коррозии и механическим нагрузкам среди своих ближайших конкурентов – арамида и стекла. Срок его службы достаточно велик, а удобство использования позволяет применять его как для вертикальных, так и для горизонтальных поверхностей. В настоящее время углеродные холсты находят широкое применение в строительстве [5, 6].

Процесс усиления железобетонной конструкции с использованием композитных лент требует тщательной подготовки. Вот более подробное описание этого процесса:

Предварительное разгружение и подготовка поверхности. Прежде чем приступить к работе по усилению, необходимо предварительно разгрузить все элементы конструкции и заполнить все неровности и трещины специальными составами. Поверхность, которую планируется усилить, должна быть тщательно очищена и покрыта определенными составами.

Подгонка и пропитка лент. Сам процесс усиления начинается с подгонки углеродной ленты под необходимый размер с помощью разрезки ножницами. Затем лента пропитывается эпоксидным составом, который обеспечивает прочное сцепление между лентой и железобетонной конструкцией.

Приклеивание ленты. Пропитанную углепластиковую ленту приклеивают к железобетонной конструкции, которая предварительно была покрыта адгезивом. Этот этап требует точности и аккуратности, чтобы обеспечить правильное распределение ленты и ее прочное крепление к поверхности. Отверждение ленты: Отверждение углепластиковой ленты занимает примерно 24 сут. Однако важно отметить, что саму конструкцию нельзя нагружать в течение 10 сут после пристройки ленты, чтобы обеспечить полное отверждение и надежность соединения [7, 8].

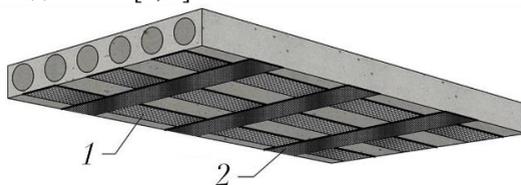


Рис. 1. Усиление железобетонной плиты лентами:

- 1 – продольные усиливающие элементы внешнего армирования;
- 2 – поперечные усиливающие элементы внешнего армирования

В целом, несмотря на успехи в области усиления, существуют актуальные проблемы, такие как вопросы, связанные с долговечностью и надежностью усиленных конструкций, включая работу конструкции как составного элемента с различными деформативными свойствами, возможное отслоение композитной арматуры от поверхности железобетонного элемента, а также возрастание контактного напряжения при образовании трещин в растянутой зоне бетона. Несмотря на эти вызовы, использование углеродных лент продолжает

обеспечивать повышенную прочность, долговечность и надежность усиленных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 164.1325800.2014 Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. М.: ЦНИИСК, 2014. 50 с
2. Меркулов С.И. Конструктивная безопасность эксплуатируемых железобетонных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2009. №4. С. 53-54
3. Римшин В.И., Меркулов С.И. Элементы теории развития бетонных конструкций с неметаллической композитной арматурой // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 5. С. 38-42.
4. Антаков А.Б. Анализ нормативных подходов к оценке прочности нормальных сечений изгибаемых элементов, армированных полимеркомпозитной арматурой / А.Б. Антаков, И.А. Антаков // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. №1. С. 75-80.
5. Есипов С.М. Исследование изменения прочности углеволоконного композита на растяжение при вариации количества слоев волокна / С.М. Есипов, Д.В. Гридякина // В сборнике: Наука и инновации в строительстве (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сборник докладов международной научно-практической конференции: в 2 т.. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 46-50.
6. Есипов, С.М. Критерии совместности работы композитного внешнего армирования и железобетонной конструкции при силовых воздействиях / С.М. Есипов, Д.В. Есипова // Международный студенческий строительный форум-2018 (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова): сборник статей. -Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. С. 64-69.
7. Меркулов, С.И. Экспериментальные исследования трещинообразования железобетонных балок, усиленных композитными материалами / С.И. Меркулов, С.М. Есипов, Д.В. Есипова // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. - 2019. № 3 (137). С. 102-107.
8. Чернявский, В.Л. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами /Чернявский В.Л., Аксельрод Е.З. // Жилищное строительство. 2003. №3. С.15-16.

Паньков С.Е., Крикунова К.О.

*Научный руководитель: Елистратова Ю.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ КОНЦЕРТНЫХ ЗАЛОВ

Согласно исследованиям, многие знаменитые театры, в том числе, главные театры страны - Большой театр, Малый театр и Кремлевский Дворец Съездов, не обеспечивают комфортные параметры микроклимата в концертных залах. Это говорит об актуальности проблемы проектирования систем вентиляции и кондиционирования помещений большой вместимости.

К местам, где продолжительно находится большое количество людей, предъявляется ряд повышенных требований, соблюдение которых предполагает грамотно продуманный технический проект. Конструктивные особенности подобных помещений требуют решения ряда стандартных задач вентиляционных систем в нестандартных условиях, которые заключаются в сложности архитектурного замысла и уникальности каждого создаваемого объекта. Под стандартными задачами в данном случае понимается определение необходимых параметров приточного и удаляемого воздуха: расхода, температуры и относительной влажности, скоростей воздушных потоков, необходимого уровня шума, предельно допустимой концентрации вредных веществ.

Однако для того, чтобы система эффективно действовала в течение всего эксплуатационного периода недостаточно создать и поддерживать рассчитанные параметры. Микроклимат рабочей зоны зависит и от многих других факторов, самым ответственным из которых является схема организации воздухообмена. Ее выбор – самая сложная задача. Это связано с тем, что система должна сочетаться с архитектурным замыслом, и кроме этого необходимо учитывать, что характер и скорость движения воздуха в залах нестабильны ввиду следующих факторов:

- степень заполнения зала посетителями;
- равномерность выделения вредностей в объеме зала;
- разность температур подаваемого воздуха и рабочей зоны зала;
- места расположения приточно-вытяжных решеток.

В строительной практике насчитывается несколько видов систем организации воздухообмена концертных залов. Каждая из применяемых схем имеет ряд преимуществ и недостатков. Самая часто применяемая в России – схема с подачей воздуха выше рабочей зоны (Рис.1).

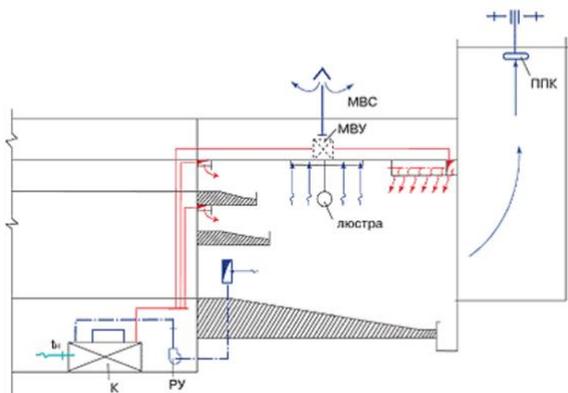


Рис.1 Схема организации воздухообмена с подачей воздуха сверху (выше рабочей зоны).

Примечание: К – кондиционер или приточное устройство, МВС – местная вытяжная система, МВУ – местная вытяжная установка, ППК – противопожарный клапан сцены, РУ – рециркуляционная установка.

Примером такой схемы является схема «сверху-вверх». Она предполагает приточные решетки, расположенные на большой высоте на потолке или стенах помещения. Воздух подается вертикально вниз с высокой скоростью. Доходя до рабочей зоны, он замедляется и нагревается за счет перемешивания с восходящими потоками «горячего» воздуха. Вытяжные решетки располагаются на потолке, под балконами и над сценой.

Основное достоинство системы заключается в расходе воздуха, который всегда соответствует нормам, что в свою очередь предполагает относительно меньшую стоимость проекта по сравнению с другими системами.

Приточный воздух, «падающий» с большой скоростью, смешивается с загрязненным, возвращая его обратно в рабочую зону. С одной стороны, это является возможностью экономить энергию на подогрев подаваемого воздуха, однако с другой стороны встает вопрос о том, что ассимиляция вредностей микроклимата зала будет недостаточной.

Самый ярковыраженный недостаток схемы заключается непосредственно в подаче приточного воздуха сверху. Для того, чтобы поддерживать расчётные параметры микроклимата кратность воздухообмена приходится увеличивать в несколько раз по сравнению с нормативными. Чтобы требуемое количество воздуха поступало потребителю, его нужно подавать с большой скоростью. Это приводит к образованию в одних местах турбулентных завихрений, а в других - застойных зон. Зрителям, сидящим выше будет доставлять дискомфорт высокая скорость воздушных потоков, а другим, находящимся ниже, подаваемый воздух не будет поступать в необходимом количестве.

Менее распространенной, но в последнее время чаще применяемой при строительстве новых объектов и даже при реконструкции старых, является схема с подачей приточного воздуха в рабочую зону. Принято считать, что ее преимущества бесспорны и значительны.

Пример такой схемы – схема воздухораспределения «снизу-вверх». Она относится к вытесняющей системе вентилирования и предполагает подачу воздуха снизу, например, через решетки, располагаемые под креслами зрителей, а удаление через вытяжные решетки, находящиеся под потолком. Конструкции системы воздухораспределения могут быть различными: специальные клапаны, расположенные в полу, решетки, вмонтированные в торцевых панелях каждого ряда ступеней или встроенные в спинки зрительных кресел (Рис.2).

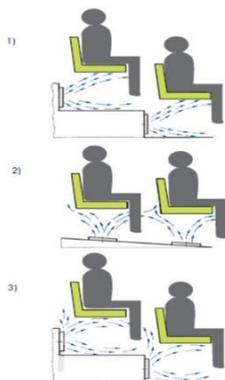


Рис.2 Схемы вытесняющей вентиляции: 1) Воздухораспределительные клапаны располагаются в полу; 2) Решётки монтируются в торцевых панелях каждого ряда ступеней; 3) Решётки встраиваются в спинки зрительных кресел.

В основе системы лежит наличие камеры статического давления. Расположение камеры подразумевает использование пространства под

полом, которое наполняется приточным воздухом. Через решетки воздух равномерно с небольшой скоростью подается в зал, за счет этого зрители не ощущают дискомфорта. Данная система позволяет ограничить рабочую зону на 3м от пола.

Самый очевидный плюс заключается в эффективности схемы: при меньшем расходе улучшается качество микроклимата рабочей зоны.

Воздух в помещение подается с температурой всего лишь на пару градусов ниже температуры рабочей зоны. Это увеличивает расход воздуха на кондиционирование. Установка статической камеры и множества приточных решеток делает конструкцию зала более сложной и дорогостоящей. Таким образом, все основные недостатки схемы воздухораспределения «снизу» связаны с её относительно высокой стоимостью.

Проектирование концертных залов предполагает решение большого количества инженерных проблем, в том числе и увязка с архитектурными, дизайнерскими и теплотехническими решениями. Выбор схемы организации воздухообмена является наиважнейшей задачей, от которой зависит эффективность всей системы в целом, и что самое важное комфорт и здоровье посетителей и работников зала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. m-e-g-a.ru [Электронный ресурс] – URL: <https://m-e-g-a.ru> (дата обращения 11.10.23).
2. ventilation.baltik-company.ru [Электронный ресурс] – URL: <https://ventilation.baltik-company.ru> (дата обращения 11.10.23).
3. abok.ru [Электронный ресурс] – URL: <https://www.abok.ru> (дата обращения 11.10.23).
4. Пусконаладка систем вентиляции и кондиционирования: учебное пособие / А.Б. Гольцов // Сантехника, отопление, кондиционирование. № 12 (204). – 2018. - с. 74-77.
5. ventgsv.ru [Электронный ресурс] – URL: <https://ventgsv.ru> (дата обращения 11.10.23).
6. Калашников Д.А. Актуальность повышения эффективности потребления энергоресурсов в системах вентиляции кондиционирования воздуха жилищных и общественных зданий за счет оптимизационных мероприятий// Калашников Д.А. Кузнецова А.Д. Белгород: Изд-во БГТУ, 2023. 58 с.

УДК 693.546

Постовой А.А., Киреев Е.В.

***Научный руководитель: Масленников С.А., канд. техн. наук, доц.
Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ,
г. Шахты, Россия***

ПАТЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОДАЧИ БЕТОННОЙ СМЕСИ

В современном мире строительство является одной из активно развивающихся и ключевых отраслей экономики, в которой качество используемых материалов и технологий имеет огромное значение для успешного завершения проектов. Бетон – один из основных строительных материалов, который используется в самых разнообразных конструкциях и сооружениях. Эффективность процесса подачи бетонной смеси определяет производительность и качество бетонных работ, а также влияет на общую стоимость проекта. В настоящее время в большинстве случаев для транспортировки смеси активно применяют следующие способы: из бетоновоза непосредственно в конструкцию, под собственным весом (желоб, хобот), конвейер (передвижной конвейер, бетоноукладчик), нагнетание (бетононасос), кран с бадьёй [1-4].

При этом с каждым годом разрабатываются новые способы подачи бетонной смеси, которые необходимы для обеспечения более эффективной и экономичной транспортировки смеси к месту укладки на строительных площадках. Новые способы могут повысить производительность труда, снизить затраты на транспортировку и улучшить качество смеси, а также помочь в решении проблем, связанных с доставкой бетонной смеси в труднодоступные места или на большие высоты.

В связи с этим, патентное исследование различных способов подачи бетонной смеси играет важную роль в развитии строительной отрасли и обеспечении ее конкурентоспособности. Целью данной работы является определение современного состояния способов и средств механизации для транспортировки бетонной смеси к месту укладки, а также определение современной тенденции их развития.

Глубина патентного поиска для отечественных источников принята с 1954 по 2023 г. и составила 69 лет. Информационная база представлена средствами глобальной информационной сети Интернет в базах данных ФИПС, Роспатент, Яндекс Патенты. Для поиска

информации выбран УДК 693.546.1; 693.546.2; 693.546.3, охвачены следующие классификационные рубрики МПК: E04G 21/04; E04G 21/02; B28B 13/02; B65G 53/32.

В результате поиска было обнаружено 63 патента, описывающих различные оборудования, устройства и методы подачи бетонной смеси. Динамика патентования представлена на рисунке 1.

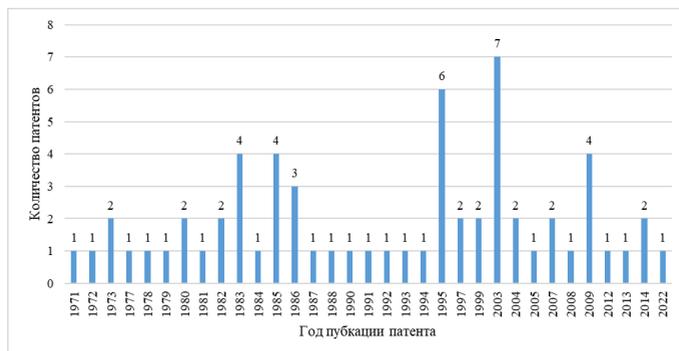


Рис. 1 Динамика патентования отечественных работ

Динамика патентования, представленная на рисунке 1, свидетельствует о низкой публикационной активности в области разработок новых способы и технологий для транспортировки бетонной смеси. Это может быть связано с тем, что многие технологии и методы подачи бетонной смеси уже существуют и широко используются, поэтому стимулов для инноваций и патентования может быть меньше. Также может влиять высокая конкуренция и изменение приоритетов специалистов в данной области, которые фокусируются на других вещах.

Был проведён анализ найденных патентов и выполнено их распределение по категориям в соответствии с различными технологиями транспортировки бетонной смеси. Результаты анализа представлены на рисунке 2.

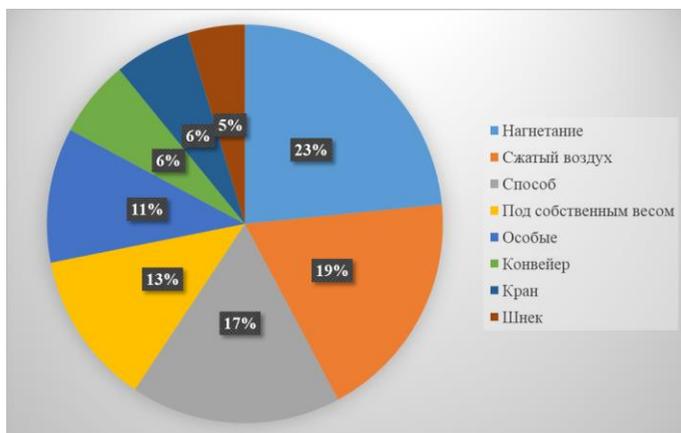


Рис. 2 Процентное соотношение по технологии бетонирования конструкций

Проведённое патентное исследование позволило установить, что наиболее широко представлены способы подачи бетонной смеси, подразумевающие применение оборудования или техники, перемещающие смесь путём нагнетания с применением трубопроводов (№ 2 027 833, № 1 652 246, № 85 913 и др.). Следующий по популярности способ подразумевает перемещение смеси сжатым воздухом (№ 761 394, № 1 065 568, № 1 004 578 и др.). Ряд патентов направлен на описание именно способа бетонирования каких-то конструкций без описания какого-либо изобретения или техники (№ 2 355 855, № 2 324 789, № 2 211 892 и др.). Способ подачи бетонной смеси под собственным весом заключается в использовании гравитации для перемещения смеси вниз по склону или по наклонным трубам (№ 1 738 976, 1 206 422 и др.). Некоторые изобретения сложно отнести к какому-то конкретному способу подачи бетонной смеси, в большинстве случаев их работа заключается в узкоспециализированном направлении: мобильная установка для послойной укладки бетонной смеси и стальной фибры (№ 2 782 444); бетонораздаточная мачта (№ 2 013 508) и др. Конвейеры (№ 916 717, № 353 889, № 2 026 457 и др.), крановая техника (№ 943 380, № 623 743 и др.), оборудование со шнеком (№ 1 133 362, № 838 069, № 1 052 637).

Глубина патентного поиска для иностранных источников принята с 2000 по 2023 г. и составила 24 года. Информационная база представлена в базе данных Espacenet. Для поиска информации выбраны аналогичные УДК и МПК, которые были перечислены при поиске отечественных работ. По результатам поиска было найдено 732 патента в которых представлено оборудование, устройства, способы и

техника для подачи бетонной смеси. Динамика патентования представлена на рисунке 3.

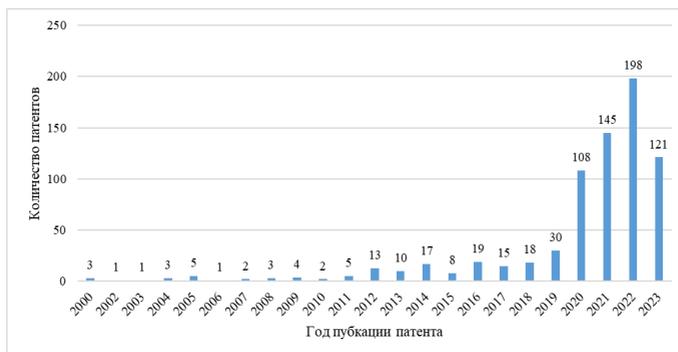


Рис. 3 Динамика патентования отечественных работ

В целом, увеличение динамики патентования иностранных работ по способам подачи бетонной смеси связано с растущим спросом на бетон, технологическими инновациями, конкуренцией и законодательными изменениями. Значительная часть работ направлена на совершенствование существующих технологий и на узкоспециализированную область применения: двойная труба для подачи смеси (KR20220135833 (A)), метрополитен (CN215889384 (U)); очистных сооружений (CN115450430 (A)) и др.

На основе проведенного анализа патентов, были сформулированы следующие выводы:

Снижение динамики патентования российских разработок по методам подачи бетонной смеси объясняется изменением приоритетов компаний, высокой эффективностью уже существующих методов и значительной конкуренцией разработок за рубежом.

Тенденция патентования иностранных разработок активно растет с каждым годом, что обусловлено усложнением современных строительных процессов, стимулирующих развитие новых технологий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постовой, А. А. Выбор рационального способа подачи бетонной смеси / А. А. Постовой // Молодой исследователь Дона. – 2020. – № 6(27). – С. 26-32.

2. Комаринский, М. В. Транспорт бетонной смеси при строительстве уникальных зданий и сооружений / М. В. Комаринский,

Н. А. Червова // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – № 1(28). – С. 6-31.

3. Головченко, И. В. Выбор рациональных схем подачи бетонной смеси при возведении каркаса 16-ти этажного жилого дома в городе Симферополе / И. В. Головченко // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2017. – Т. 3, № 3. – С. 42-48.

4. Головченко, И. В. Выбор рациональных схем механизации при возведении каркаса 30-ти этажного монолитного жилого дома / И. В. Головченко // Строительство и техногенная безопасность. – 2021. – № 21(73). – С. 59-67.

УДК 674.047

Руденко О.Л., Бачкала В.О.

Научный руководитель: Овсянников С.И., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПУТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ КАМЕРНОЙ СУШКЕ ДРЕВЕСИНЫ

Сушка древесины является обязательным технологическим процессом в технологии обработки древесины. Избыточную влагу растущего дерева необходимо удалить до требуемой, в зависимости от дальнейшего назначения и условиям эксплуатации. Свободную влагу удаляют методом естественной сушки на открытых площадках, а связанную – в специальных сушильных установках. Сушка в сушильных установках является наиболее дорогой операцией, а зачастую и самой длительной операцией, всего технологического процесса изготовления изделий.

Для удаления связанной влаги из древесины необходимо ее нагреть до температуры испарения влаги и удалении ее из внутренних слоев в окружающую среду. Для этого используют сушильный агент – нагретый воздух. Сушильный агент не только нагревает древесину, но и отводит излишки влаги, выделяемой из нее.

Расход тепла на сушку древесины зависит от многих факторов: типа теплоносителя, режима сушки, длительности процесса сушки, потерями тепла на нагрев свежего воздуха и удалении излишков влаги вместе с нагретым агентом, ограждающих конструкций камеры и привода вентилятора.

Для сушки древесины преимущественно применяют газопаровые способы сушки, называемые конвективными. Для этого применяются специальные камеры, конструкция которых представлена на рис. 1.

На практике применяют два типа сушки – низкотемпературную (до 100 °С) и высокотемпературные (более 100 °С). Наилучшее качество достигается при низкотемпературной сушке, но при этом увеличивается продолжительность процесса, а, следовательно, и не эффективные потери тепла.

Наибольшие потери тепла происходят при выбросе увлажненного горячего воздуха из камеры через выпускной клапан. Температура агента в данном случае имеет максимальное значение. Взамен удаляемого агента, из атмосферы подсасывается воздух, температурой окружающей среды. В зимний период разность температур поступающего воздуха и агента внутри камеры может превышать более 100 °С. Естественно для нагрева всасываемого воздуха требуется значительное количества тепла.

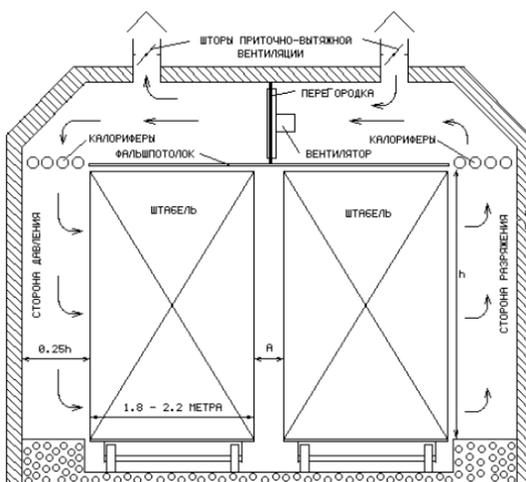


Рис. 1. Устройство сушильной камеры.

Сохранить часть тепла, удаляемого с агентом из камеры, возможно с применением теплообменников, позволяющих проводить рекуперацию энергии в виде тепла. Поэтому, в данной работе рассматриваются требования к конструкциям теплообменников, применяемых в сушильных камерах.

Основными требованиями к теплообменникам в данном случае являются:

- малое сопротивление движению газа;

- высокий коэффициент теплопереноса;
- коррозионная стойкость;
- допустимые габаритные размеры;
- низкая стоимость.

Наибольшее распространение среди газовых теплообменников получили круглотрубные кожухоподобные и прямоуглыотрубные (рис. 2).

В работах [1, 2] отмечается, что повышение интенсивности теплообмена газовых теплообменников достигается за счет использования ребер на внутренней стороне труб, причем ребра могут быть прямыми или винтовыми. В результате проведенных исследований установлено, при использовании прямого оребрения труб с внутренним диаметром 20 мм из нержавеющей стали в количестве 10 ребер теплообмен увеличивается до 15%, а 20 ребер – до 23%. Но в работах не отмечается влияние на теплообмен диаметра трубы и толщины ее стенки, материала корпуса трубы, скорости движения газа и др. факторов.

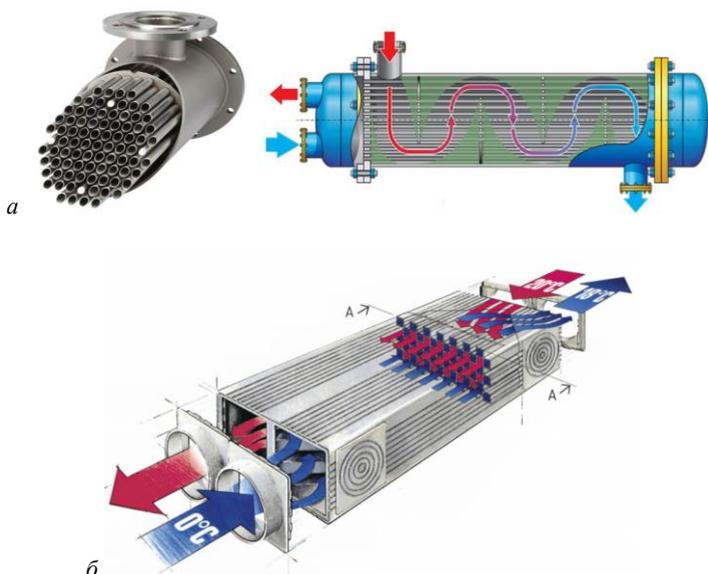


Рис. 2. Схемы трубных теплообменников типа газ-газ:
а – кожухоподобные, *б* – трубные.

Дополнительный эффект теплопереноса может добавить наружное оребрение труб, а также спиральная траектория движения нагреваемого газа в теплообменнике.

Для определения оптимальных параметров теплообменников для сушильных камер древесины целесообразно провести моделирование процессов с использованием прикладных программ, например Ansys.

В качестве материала теплообменника с учетом агрессивного состава теплового агента сушильных камер целесообразно использовать нержавеющую сталь или медь. Полимерные покрытия значительно снижают теплоперенос.

Габаритные размеры теплообменников не должны превышать размеры пространства на фальшпотолке.

Таким образом, можно сделать вывод, что для снижения потерь тепла и повышения эффективности работы сушильных камер древесины целесообразно рекуперировать тепло выбрасываемого наружу агента в нагрев приточного воздуха. Для этого предлагается камеры оснащать воздушными теплообменниками. Для определения типа теплообменника и оптимальных параметров целесообразно провести вычислительные и экспериментальные исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В.М. Янчук, И.В. Шишкин, П.А. Кузьбожев, А.В. Сальников Повышение эффективности теплообменников подогревателей газа газораспределительной станции за счет использования труб с внутренним оребрением // Актуальные вопросы комплексного изучения и освоения месторождений Европейского Севера России. Научно-технический сборник ВЕСТИ ГАЗОВОЙ НАУКИ. Спецвыпуск, 2020. – С. 87-92.

2. Жукова Ю.В. Численное моделирование теплообмена при течении теплоносителя в круглой трубе с внутренним оребрением / Ю.В. Жукова, А.Д. Чорный. – <https://www.researchgate.net>.

3. S. I. Ovsyannikov, A. A. Suska, V. M. Kashyna Features of expertise in wooden housing construction // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. T. 95. С. 198-205., DOI:10.1007/978-3-030-54652-6_30

4. Ovsyannikov S.I., Suska A.A., Shevchenko S.A. Formation of thermal-insulating building envelopes of dome constructions for the far north regions // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. С. 022006. doi:10.1088/1757-899X/698/2/022006

Се Ди, Кутومانов Д.Е.

Научный руководитель: Сулейманова Л. А., д-р. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПРОЧНОСТЬ КАСАТЕЛЬНОГО СЦЕПЛЕНИЯ (СОПРОТИВЛЕНИЕ СДВИГУ) КЛАДКИ ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ НА РАЗЛИЧНЫХ КЛЕЕВЫХ СОСТАВАХ

Кладка из ячеистобетонных блоков является одним из наиболее распространенных способов возведения стен в малоэтажном строительстве. Она обладает рядом преимуществ по сравнению с кладкой из кирпича, в том числе меньшей трудоемкостью, более высокой скоростью возведения и меньшим весом [1-3].

В последние годы в России активно ведутся исследования по повышению эффективности и надежности кладки из ячеистобетонных блоков. В рамках этих исследований [4-8] изучаются вопросы повышения прочностных характеристик кладки и снижения теплопотерь через кладку.

Важными характеристиками, определяющими прочностные свойства каменной кладки при сдвиге, являются ее начальное сопротивление сдвигу (касательное сцепление) и угол внутреннего трения в плоскости горизонтальных растворных швов. Данные характеристики в значительной степени влияют на предельное состояние при нагрузках зданий и сооружений [9].

В данной статье приведены результаты экспериментальных исследований прочности касательного сцепления клеевой смеси и полиуретанового клея с ячеистобетонными блоками в кладке с толщиной шва до 3 мм. Получены экспериментальные зависимости прочности модели ячеистобетонной кладки при действии сдвигающих усилий в плоскости стены от величины касательного сцепления.

Для оценки прочности сцепления ячеистобетонных блоков и связующего при действии на кладку сдвигающих усилий по неперевязанному шву (касательное сцепление) были проведены испытания двух серий образцов, состоящих из трех призм, соединенными между собой клеевой смесью или полиуретановым клеем. Геометрические размеры образцов, подготовленных для испытания на срез, показаны на рис. 1.

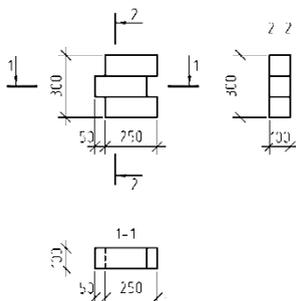


Рис. 1. Размеры образцов для испытания на срез

Общий вид образцов, изготовленных для экспериментальных исследований прочности сцепления блоков из ячеистого бетона показан на рис. 2, в. Толщина растворного шва в экспериментальных образцах составила 1,5-3 мм. Толщина клеевого шва формировалась местными неровностями на плотно стыкуемых склеиваемых поверхностях. Изготовленные образцы состоят из призм размером $100 \times 100 \times 250$ мм, выпиленных и скрепленных (склеенных) между собой (рис. 2).

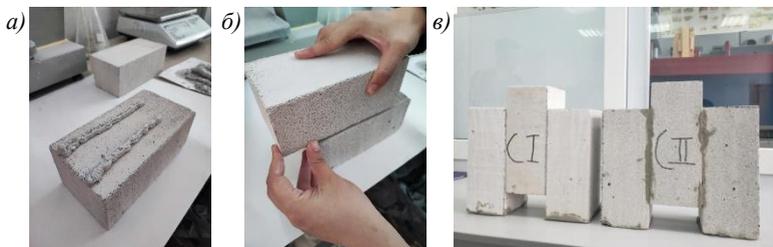


Рис. 2. Изготовление образцов: а – нанесение полиуретанового клея в соответствии с рекомендациями производителя; б – склеивание призм; в – общий вид образцов

Испытания образцов проводились по методике, разработанной и апробированной в Центре исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. [10, 11].

На рис. 3 показана схема испытания и общий вид опытного образца, установленного в прессовое оборудование.

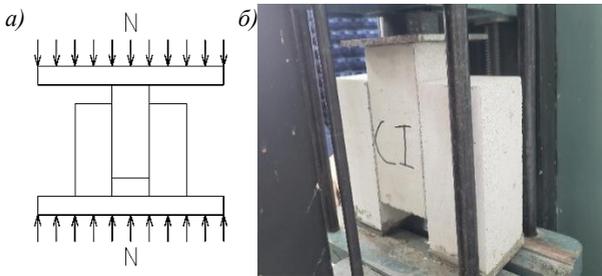


Рис. 3. Испытания опытных образцов на срез:
а – схема испытания; *б* – общий вид образца в прессе

При проведении испытаний в процессе приложения сдвигающей (вертикальной) нагрузки призм в горизонтальной плоскости не проводилось. Данная схема испытаний позволяла оценить усилие сдвига кладки по неперевязанному сечению при отсутствии (или минимальном) ее обжатии. То есть моделировалось поведение кладки верхних этажей зданий при действии сдвигающих усилий. Кроме этого, уровень касательного сцепления в кладке в сочетании с показателем величины ее нормального сцепления является характеристикой монолитности кладки. Характер разрушения образцов различных серий после испытаний на срез показан на рис. 4.



Рис. 4. Общий вид образцов после испытания на срез:
а – разрушение по «телу» призмы; *б* – разрушение по клеевому шву

Результаты испытаний образцов кладки из ячеистого бетона на действие сдвигающего усилия (касательное сцепление) представлены в таблице.

Анализ результатов испытаний кладки из ячеистобетонных блоков позволяет отметить следующее:

1. Величина касательного сцепления при сдвиге слоев кладки по неперевязанному шву при использовании в качестве связующего полиуретанового клея равна 0,662 МПа, что в 5,3 раза выше, чем в случае использования для кладки стен клеевой смеси.

Таблица 1 – Результаты исследования образцов из ячеистого бетона

№ п.п.	Тип связующего	Марка образца	Возраст образца, дн.	Размеры шва, см	$N_{разр}$, Н	$R_{сц}$, МПа	Относительная прочность, %
1	Полиуретановый клей	С1*	3	10×20	13250	0,662	530
2	Клеевая смесь	СП**	28		2500	0,124	100

Примечание. * - разрыв происходил по «телу призмы» (см. фото на рис. 4, а);

** - разрыв происходил по клеевому шву (см. фото на рис. 4, б)

2. При кладке стен из ячеистобетонных блоков на клеевой смеси разрушение образцов, как видно из рис. 4, б происходит по шву. При испытании кладки на полиуретановом клее из-за высокого сцепления блоков между собой разрушение образцов происходит по телу камня (рис. 4, а).

3. Эффективность применения полиуретанового клея для кладки стен из ячеистобетонных блоков подтверждается на основе сравнения, принятого в СП 15.13330.2020 [12] значения $R_{срез}$ по перевязанному сечению для кладки из сплошных камней на цементных растворах:

$$R_{срез}^{СП} = 2,25 \cdot 0,16 = 0,36 \text{ МПа} < R_{срез} = 0,66 \text{ МПа}$$

4. От величины касательного сцепления в стенах из ячеистобетонных блоков зависит прочность стен при действии сдвигающих усилий в плоскости стены.

Расчеты, выполненные в соответствии с действующими строительными нормами [13], подтверждают, что прочность кладки на полиуретановом клее соответствует требованиям, предъявляемым к несущим стенам.

Таким образом, полиуретановый клей обладает лучшей связующей способностью в кладке из ячеистобетонных блоков по сравнению с клеевым составом. В дальнейшем планируется исследование по изучению действия сдвигающих усилий при использовании разных клеевых составах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова, Л.А. Общая закономерность получения материалов с высокими качественными показателями / А.Г. Сулейманов, И.А. Ерохина // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2006. – №15. – С. 155.

2. Сулейманова, Л. А. Строительная система из газобетона для реконструкции зданий / М. В. Марушко, А. К. Лукьяненко //

Университетская наука. – 2018. – №1(5). – С.21-24.

3. Сулейманова, Л. А. Особенности применения полиуретанового клея в кладке из ячеистобетонных блоков / И. С. Рябчевский, Се Ди., Д.Е. Кутоманов // Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В. Г. Шухова. Белгород. 2023. С. 126-130.

4. Suleymanova, L. A. Energy efficiency improvement of aerated concrete block wall fences / I. A. Pogorelova, K. A Suleymanov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Buildintech bit 2020. Innovations and technologies in construction. – 2020. – No5. – P. 120.

5. Suleymanova, L. A. Energy efficient stone cellular concrete masonry on polyurethane adhesive / I. A. Pogorelova, I. S. Ryabchevskiy // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2021. – No 151. – P. 55–65.

6. Патент РФ на полезную модель № 2019141142, 11.12.2019. Энергоэффективная кладка стен из ячеистобетонных блоков // Патент России № 196502. 2019. Бюл. № 7. / Сулейманова Л. А., Рябчевский И. С., Коломацкий А. С., Погорелова И. А., Марушко М. В., Баженова О. О.

7. Патент РФ на полезную модель № 2020126438, 05.08.2020. Кладка стен из ячеистобетонных блоков с их фиксацией по шву // Патент России № 200968. 2020. Бюл. № 32. / Сулейманова Л. А., Рябчевский И. С., Погорелова И. А., Сулейманов К. А., Марушко М. В., Амелин П.А.

8. Патент РФ на полезную модель № 2020126437, 05.08.2020. Кладка стен из ячеистобетонных блоков с их фиксацией // Патент России № 200967. 2020. Бюл. № 32. / Сулейманова Л. А., Рябчевский И. С., Коломацкий А. С., Сулейманов К. А., Монко Д., Кулагов В. А.

9. Деркач, В. Н. Прочность касательного сцепления цементных растворов в каменной кладке // Magazine of Civil Engineering. – 2012. – №3. – 19–28.

10. Научно-технический отчет по теме: «Проведение исследований конструкций из ячеистобетонных блоков Ytong производства ЗАО «КселлаАэрблук-Центр» на клею марки Ytong для сейсмостойких стен зданий». Смирнов В. А., Грановский А. В., Джамуев Б. К. М. – 2009. – 90 с.

11. Научно-технический отчет по теме: «Проведение исследований конструкций из ячеистобетонных блоков производства ЗАО «Аэробел» на клею для сейсмостойких стен зданий». Смирнов В. А., Грановский А. В., Джамуев Б. К. М. – 2011. – 72 с.

12. СП 15.13330.2020. Каменные и армокаменные конструкции. Официальное издание. – М.: Стандартинформ, – 2021.

13. ГОСТ Р 70522–2022. Блоки из ячеистых бетонов стеновые мелкие. Официальное издание. – М.: ФГБУ "РСТ". – 2022.

Сенкевич А.Д., Рылов И.В.

Научный руководитель: Солодов Н.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ФАКТОРЫ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОЕ СОСТОЯНИЕ В СТАЛЬНЫХ СОСТАВНЫХ БАЛКАХ С ПОЯСОМ ИЗ ЗГСП

Изучением особенностей работы балок с поясами из замкнутых гнуто-сварных профилей (ЗГСП) и гофрированной стенкой занимались многие отечественные и зарубежные ученые. В работе [1] был проведен анализ предшествующих исследований в области балок с гофрированной стенкой.

В случае сварного двутавра с полкой из листовой стали сечение полки подбирают, исходя из условий обеспечения прочности и местной устойчивости при ее работе на восприятие σ от изгибного момента в нормальном сечении, т.е. одноосного однородного НДС.

Если пояс принять из ЗГСП, то характер работы и компоненты НДС такого пояса существенно изменяется. За счет развитого по высоте сечения ЗГСП растяжение (сжатие) становится явно выраженным неоднородным (рис. 1).

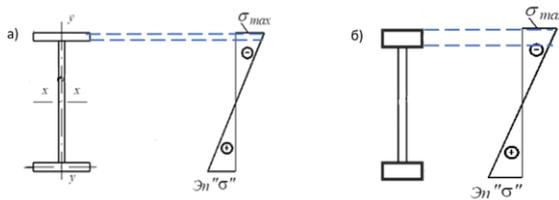


Рис. 1 Эпюры нормальных напряжений: а) пояс из листовой стали; б) пояс из ЗГСП

Из-за наличия вертикальных граней сечения ЗГСП пояс имеет значительный ресурс работы на Q . Тогда получается, что кроме σ действует еще и τ .

Пространственная форма контура ЗГСП и одностороннее примыкание стенки, а также локальное приложение внешней нагрузки (или распределенное) с противоположной от стенки стороны создают условия деформации контура поперечного сечения ЗГСП из плоскостей

его четырех граней, т.е. испытывать изгиб в направлении толщины пластинок ЗГСП ($\sigma_{\text{изгиба}}$).

Поскольку по длине стенка у нас гофрированная, то происходит смещение стенки с центра тяжести сечения пояса и возникает закручивание пояса ($\tau_{\text{закручивания}}$).

Таким образом, если в полке из листовой стали действуют только σ_x , то в полке из ЗГСП: σ_x , τ , $\sigma_{\text{изгиба}}$; а при локальной нагрузке еще и $\sigma_{\text{локальное}}$. Из-за кручения: $\tau_{\text{закручивания}}$ (рис. 2).

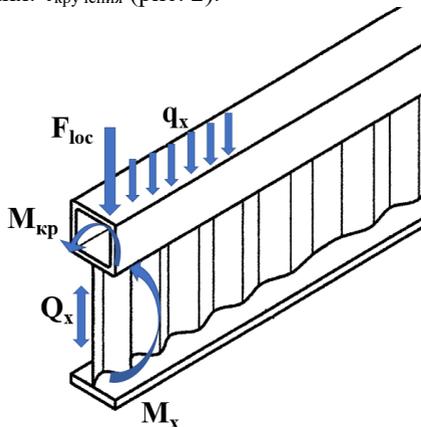


Рис. 2 Силовые факторы в балке с поясом из ЗГСП

Причем соотношение величин σ_x , $\sigma_{\text{изг}}$, $\sigma_{\text{лок}}$, τ_{xy} , $\tau_{\text{кр}}$ в разных точках сечения ЗГСП по длине его контура (и знаки!) разные.

Таким образом нужно проверять условие прочности с учетом объемного характера НДС и с учетом всех компонентов напряжений (рис. 3).

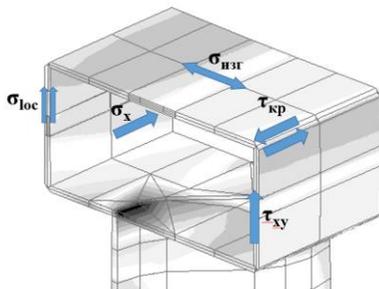


Рис. 3 Компоненты напряженно-деформированного состояния стальной балки с поясом из ЗГСП

Для выявления факторов напряженно-деформированного состояния в работе [2] выполнено обоснование программы экспериментальных исследований и приведены основные характеристики опытных образцов.

В исследованиях [3] выявлено, что применение гофрированной стенки положительно влияет на параметры общей устойчивости балок. В зависимости от толщины гофрированной стенки может произойти потеря местной устойчивости панели гофра.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сенкевич А.Д., Рябоконт И.Р. Исследование параметров работы балок с гофрированной стенкой /VII Международный студенческий строительный форум – 2022: сб. докл.: в 2 т. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2022. – Т.1 – С. 96 – 99

2. Сенкевич А.Д., Рябоконт И.Р. Обоснование программы экспериментальных исследований балок с гофрированной стенкой. Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова. – Сборник докладов. Белгород, 2023. – С. 296-301

3. Солодов Н. В. Двутавровая балка с поясами из ЗГСП и гофрированной стенкой / Н.В. Солодов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2022. - № 4. - С. 75–81

УДК 625.8:622

Сырых А.А., Обрезанов А.С.

Научный руководитель: Орехова Т.Н., доц.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОГ

На данный момент заметно, что предприятия, которые занимаются добычей полезных ископаемых, стремятся увеличить выгоду, сокращая при этом затраты. Важно отметить, что отходы добычи и переработки рассматриваемой деятельности чаще всего складываются и не имеют дальнейшей реализации. Однако применение вторичного вида сырья в крупнотоннажных отраслях индустрии, например, в дорожном

строительстве, в строительных материалах является перспективным решением проблемы экологической безопасности.[1].

Добыча, переработка и использование минерального сырья характеризуются наличием большого количества побочных продуктов — отходов производства, представляющих собой так называемые техногенные месторождения. В их число входят: вскрышные и вмещающие породы, доменные шлаки, золы и шлаки от сгорания твердого топлива. Масштабы потребления природного сырья в мире достаточно велики, поэтому мы должны максимально его использовать, в том числе вовлекать в производство вторичные и техногенные ресурсы. Это особенно важно при оценке экономической эффективности использования природных ресурсов в различных областях народного хозяйства. Поэтому проблема эксплуатации техногенных месторождений становится актуальной как в России, так и во всем мире.

Техногенное сырье представляет собой огромный резерв минерально-сырьевой базы. Современные тенденции перехода предприятий на безотходные и экологически чистые технологии должны способствовать максимально полному использованию сырья и отходов. В первую очередь такие технологии играют важную роль для предприятий угольной металлургической, строительной, химической отраслей промышленности [2].

По разным оценкам, к настоящему времени в России в отвалах накоплено от 40 до 100 млрд отходов. Ежегодно отечественными добывающими предприятиями производится около 5,4 млрд тонн отходов, большая часть которых (4,7 млрд т) приходится на вскрышные и отвальные породы при добыче полезных ископаемых. При этом утилизируется не более 60 % отходов. Основным образом вторичное использование представлено в виде закладки выработанного пространства и отсыпки дорог. Наиболее рациональные способы использования отходов предприятий в дорожном строительстве можно увидеть на рисунке 1.

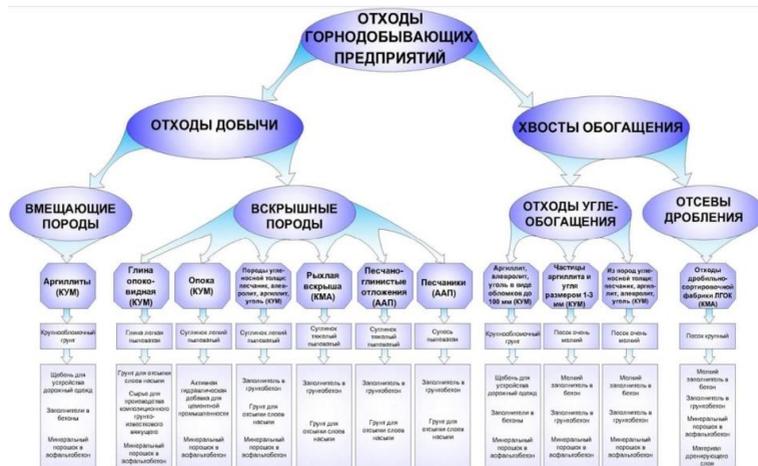


Рис. 1. Рациональные области использования отходов горнодобывающих предприятий в дорожном строительстве [1]

Отходы горнообогатительных, горноперерабатывающих и горнодобывающих предприятий представлены чаще всего осадочными или изверженными горными породами в виде щебня, гравия и песка. После дробления и сортировки отходов можно получить совершенно любой стандартный зерновой состав щебня, песка или их смесей. Щебень и песок из этих отходов нашел применение во всех видах дорожного строительства.

Другой вид отходов – металлургические шлаки – это эффективные заменители природных каменных материалов, используемых для строительства и ремонта, автомобильных дорог. Сравнивая по свойствам щебень из шлака и щебень, полученный из твердых горных пород, можно заметить, что их свойства почти одинаковы, а иногда – щебень из шлака проявляется лучшие свойства. Шлаковый щебень имеет интересное свойство – он содержит в себе некоторое количество мелких частичек, которое значительно возрастает при укатке покрытия во время сооружения дорожного полотна, что ведет к повышению прочности основания дороги. В случае применения шлаков стоимость строительства дорожных одежд снижается на 14 – 15% [3].

Золы и шлаки – продукты сжигания на тепловых электростанциях (ТЭС) твердого топлива: угля, торфа, сланцев и других горючих материалов – это вторичные ресурсы, которые можно использовать или в качестве непосредственно дорожно-строительного материала или как исходный продукт для его получения.

Гранулированную золу применяют в дорожном строительстве для основания парковок, площадок хранения ТБО, велосипедных дорожек, набережных. Зола уноса сухого улавливания используется для укрепления грунтов как самостоятельное вяжущее и быстро твердеющее вещество. Ее также можно применять для строительства дамб, плотин и других гидротехнических сооружений.

Использование сталеплавильных шлаков помогает не только экологии, но и строительным организациям, ведь становится возможным снижение стоимости конструкции автомобильной дороги. Этого можно достичь за счет свойств сталеплавильных шлаков – при эксплуатации модуль упругости слоев в основании медленно возрастает вследствие наращивания прочности. В случае применения шлаков с активизатором, в качестве него чаще всего выступает хлористый кальций, появляется возможность вести дорожные работы в зимнее время. Если измельчить сталеплавильные шлаки, то получится минеральный порошок, которые обладает следующими качествами: более развитая поверхность, а, следовательно, и более высокое набухание его в смеси с битумом. На долю минерального порошка приходится 90–95% суммарной поверхности минеральных зерен, входящих в состав асфальтобетона. Минеральный порошок из сталеплавильных шлаков и отвалы шлаки нашли свое применение при приготовлении асфальтобетона для верхних слоев [4].

Асфальтобетонные покрытия со шлаковым заполнителем имеет достаточное количество преимуществ:

- высокая прочность;
- устойчивость к истиранию;
- высокий коэффициент сцепления;
- отсутствием сдвиговых деформаций.

Однако у данного покрытия есть и недостатки – высокая средняя плотность. Она на 15–25% превышает плотность смесей из природных материалов [4 – 5].

Таким образом, анализ состава и свойств изученного техногенного сырья указывает на возможность его использования при производстве дорожностроительных материалов для устройства конструктивных слоев дорожных одежд в различных климатических зонах. Применение отходов горной добычи позволит расширить сырьевую базу дорожной отрасли, снизить себестоимость продукции, уменьшить негативное влияние на экологическую обстановку в районах разработки месторождений полезных ископаемых, а также получить дополнительную прибыль горнодобывающим предприятиям [6].

Работа выполняется при поддержке комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства «Создание высокотехнологичной системы подготовки оборотной воды обогатительной фабрики АО «Севералмаз» с переработкой отходов в товарную продукцию» (постановление Правительства РФ от 09.04.2010 П-218, 15 очередь).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лютенко А.О. Анализ отходов горной добычи как потенциального источника сырья для производства дорожно-строительных материалов / А.О. Лютенко, М.С. Лебедев, В.В. Строкова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. – 2013. – №. 31–2. – С. 445–449.
2. Будина Т.С. Использование золошлаковых отходов: российский опыт / Т.С. Будина, Н.Х. Курбанов, Л.М. Прокофьева // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2019. – № 1(164). – С. 61-64.
3. Кузьменко А.Ю. Использование различных отходов в дорожном строительстве / А.Ю. Кузьменко, В.В. Стальная // Образование, наука, производство: VIII Международный молодежный форум, Белгород, 15–16 октября 2016 года. – 2016. – С. 593-596.
4. Пугин К.Г. Строительство автомобильных дорог на основе вторичных материалов / К.Г. Пугин, В.С. Юшков // Приволжский научный вестник. – 2012. – №. 4 (8). – С. 25-30.
5. Слободчикова Н.А. Перспективы использования отходов производства и потребления при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог / Н.А. Слободчикова, К.В. Плюта, А.А. Дзогий // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – №. 8 (103). – С. 126 -131.
6. Ильина Т. Н. Анализ и способы утилизации вторичных энергоресурсов нефтеперерабатывающего предприятия / Т. Н. Ильина, Д. Н. Бельмаз // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – №. 3. – С. 189-193.

¹Серых В.Д., ²Гребеник А.А.

Научный руководитель: ²Серых И.Р., канд. техн. наук, доц.

¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия

²Белгородский государственный технологический университете им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖИЛОГО ДОМА

Со временем жилым домам свойственно изнашиваться и стареть. Связано это с тем, что строительные конструкции подвергаются воздействию климатических, механических, техногенных и других факторов, вызывающих повреждение и деформации. Любой дефект может стать причиной снижения прочности конструкции, что в свою очередь приводит к значительным разрушениям [1-5].

Для выявления дефектов и, в конечном итоге, определения технического состояния конструкций сооружения, проводится их полноценное обследование с использованием измерительных приборов, выполняется поверочный расчет, а затем делается заключение о возможности эксплуатации всего объекта.

В данной работе объектом обследования является жилой одноэтажный дом в г. Белгороде, общей площадью помещения 123,6 м². Цель обследования – оценка технического состояния и возможности дальнейшей эксплуатации по текущему функциональному назначению здания жилого дома, определение физического износа основных несущих и ограждающих конструкций здания.

Основное здание 1958 года постройки представляет собой одноэтажный жилой дом. Материал стен – дерево и кирпич, чердачное перекрытие – деревянное, кровля из волнистых асбоцементных листов с неорганизованным водоотводом. Жилые пристройки 1970 – 2005 года постройки. Материал стен – дерево, кирпич, шлакоблок. Перекрытие деревянное, кровля из волнистых асбоцементных листов с неорганизованным водоотводом. Вход в жилой дом находится выше уровня земли.

В рамках обследования был проведен неразрушающий контроль несущих конструкций дома (средняя прочность кирпичной кладки стены составила 11,26 МПа, что соответствует марке М 100; раствор соответствует марке М10), визуальное и инструментальное обследование технического состояния цоколя, кирпичных наружных и

внутренних стен, чердачного перекрытия и кровли из асбестоцементных листов и отмостки здания жилого дома.

В результате обследования несущих конструкций жилого дома были выявлены следующие дефекты и повреждения [6] (рис. 1):

– Наличие выраженных признаков запроектных напряжений, проявляющихся в виде массовых разрушений конструкций, сколов, множественных трещин, выкрашивания материала, влажностью, отслоения поверхностного слоя, видимых деформаций, свидетельствует о недопустимом техническом состоянии несущих и самонесущих конструкций здания, неудовлетворительном состоянии цоколя, наружных и внутренних стен, крыши и ее конструктивных элементов, фундаментов, окон, инженерных систем.

– Обследование фундамента показало наличие сквозных трещин в цокольной части и стене с шириной раскрытия более 5 мм, а также разрушение материала фундамента по толщине сечения более 15%. По результатам неразрушающего контроля средняя прочность бетона фундамента составляет 4,7 МПа, что соответствует классу В3,5. Глубина залегания фундамента составляет в среднем 65 см, что не соответствует II В климатической зоне, к которой относится район строительства с глубиной промерзания грунта 1,2 м. Отмеченные дефекты фундамента здания носят необратимый прогрессирующий характер. Техническое состояние конструкций является аварийным.

– В стенах здания выявлены ярко выраженные массовые признаки аварийного состояния наружных и внутренних стен. В частности, кирпичные стены: полное или частичное разрушение стен; вертикальные и наклонные трещины с раскрытием более 5 мм в местах сопряжения разнонагруженных стен, оконных и дверных коробок; сквозные трещины в узлах примыкания продольных и поперечных стен с раскрытием более 5 мм; выпучивание наружной обшивки и штукатурки. Стены из деревянного каркаса: физическое отсутствие части конструкций, потеря целостности, поражение гнилью деревянных конструкций стен. Отмеченные дефекты стен здания носят необратимый прогрессирующий характер. Техническое состояние конструкций является аварийным.

– Обследованием установлено полное отсутствие отмостки фундамента, а также наличие по всему периметру здания в непосредственной близости от фундамента деревьев, поросли кустарников, корни которых разрушают фундамент и проникают под основание дома. Это привело к множественному образованию дефектов конструкций, вызванных атмосферными воздействиями, образованию трещин, многочисленных разрушений кирпичной кладки и наружной

штукатурки цоколя. Повсеместно отмечаются признаки аварийного состояния: трещины, разрушения, выпадение кирпича, отслоение и отпадение отдельных элементов наружного штукатурного слоя. Отмеченные дефекты отмостки фундамента носят необратимый прогрессирующий характер. Техническое состояние конструкций является аварийным.

– Обследование кровли и кровельных элементов показало их полное разрушение в результате воздействия огня. Зафиксировано значительное повреждение либо полное разрушение асбестоцементных волнистых листов. Отмеченные дефекты кровли носят необратимый прогрессирующий характер. Техническое состояние конструкций является аварийным.

– Деревянные окна обследованного здания имеют заметные отслоения окрасочного слоя, коробления, расслоения или полного разрушения древесины оконных элементов; частично или полностью повреждено остекление; обнаружено массовое наличие щелей в притворах, в подоконных досках; наличие стертости и сколов на поверхности; створки не закрываются. Деревянные двери обследованного здания либо полностью уничтожены огнем, либо имеют заметные отслоения окрасочного слоя, коробления, рассыхания, расслоения древесины дверных коробок. Отмеченные дефекты носят необратимый прогрессирующий характер. Техническое состояние конструкций является аварийным.

– Инженерные сети в здании жилого дома находятся в аварийном техническом состоянии: проводка, поврежденная огнем, оголение проводов, ослабление крепления розеток, открытые проводки покрыты значительным слоем краски. Отмеченные дефекты носят необратимый прогрессирующий характер. Техническое состояние конструкций является аварийным.



Рис. 1. Внешние повреждения и дефекты жилого дома

Вывод: в целом техническое состояние жилого дома, расположенного в г. Белгороде, может быть отнесено к 5 категории, то есть аварийное состояние, согласно [7]. В ходе обследования установлено, что физический износ здания находится в пределах 92%, состояние несущих конструктивных элементов ветхое, конструктивные элементы находятся в разрушенном состоянии. Таким образом, дальнейшая эксплуатация жилого дома является невозможной. Рекомендуется полный снос здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Серых И.Р., Чернышева Е.В., Гольцов А.Б. Обследование несущих конструкций главного корпуса консервного комбината // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 2. С. 30-37.

2. Serykh I. R., Chernysheva E. V., Degtyar A. N. Inspection of sugar factory brick wall. Innovations and Technologies in Construction (BUILDINTECH BIT 2021). Journal of Physics: Conference Series. 1926(2021)012006. С. 012006.

3. Серых И.Р., Чернышева Е.В., Дегтярь А.Н. Определение технического состояния железнодорожного моста // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. Т. 5. №4. С. 32-39.

4. Серых И.Р., Чернышева Е.В., Дегтярь А.Н., Черноситова Е.С., Чернышева А.С. Экспертиза промышленной безопасности здания цеха ВЖС Шебекинского химического завода с целью оценки технического состояния конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 9. С. 55–61.

5. Дегтярь А.Н., Серых И.Р., Панченко Л.А., Чернышева Е.В. Остаточный ресурс конструкций зданий и сооружений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 94-97.

6. Отчет № 03-04/2022 от 25.04.2022 г. Заключение по результатам обследования основных несущих строительных конструкций жилого дома, 2022. 64 с.

7. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. М.: ЦНИИПромзданий, 2001.

Сиделин В.Э., Юрченко Э.В.

*Научный руководитель: Панченко Л.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИЗОСТАТИЧЕСКИЕ И ИЗОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ В НАПРЯЖЕННОМ ТЕЛЕ

Из множества наклонных площадок, которые можно мысленно провести через точку напряженного тела, есть и такие, на которых нормальные или касательные напряжения имеют стационарные значения (максимум, минимум или минимакс).

Площадка, на которой касательные напряжения равны нулю, называется главной. В различных точках тела в общем случае, как расположение главных площадок, так и величина главных напряжений различна.

В точках, расположенных на бесконечно близких расстояниях по отношению друг к другу, углы наклона соответствующих главных площадок бесконечно малы, в связи с чем различия главных напряжений на соответствующих площадках также бесконечно малы.

В напряженном теле можно мысленно провести поверхность, во всех своих точках касающуюся главных площадок с одинаковыми главными напряжениями (σ_1 , или σ_2 , или σ_3). Такая поверхность носит название изостатической. В силу ортогональности главных напряжений, через каждую точку тела проходят три ортогональные изостатические поверхности. Они представляют интерес при оценке напряженного состояния изотропного тела и связанной с ней возможной необходимостью армирования [1].

Три системы изостатических поверхностей разбивают тело на бесконечно малые шестигранники, касательные плоскости к граням которых совмещаются с главными площадками. Из сказанного следует, что формирование изостатических поверхностей зависит от расположения нагрузки.

В частном случае плоского напряженного состояния, когда напряжения зависят от двух координат точек тела, например от x и y (и не зависят от z), одна из изостатических поверхностей превращается в плоскость, составляющую с осью z угол $\pi/2$, а две другие представляют собой цилиндрические поверхности, ортогональные упомянутым плоскостям и ортогональные между собой.

Следы этих поверхностей на плоскостях, составляющих с осью z угол $\pi/2$, называются изостатами, или траекториями главных напряжений. Они используются, в частности, при проектировании железобетонных балок.

Если φ выражает угол наклона касательной к изостате относительно оси x , то можно записать:

$$\operatorname{tg} \varphi = y', \quad (1)$$

где $y = y(x)$ – функция, отражающая график изостаты в системе координат x y . Известно, что

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{2\operatorname{tg} \varphi}{1 - \operatorname{tg}^2 \varphi} = \frac{2y'}{1 - (y')^2}. \quad (2)$$

В то же время из теории плоского напряженного состояния следует:

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{2\tau}{\sigma_x - \sigma_y}, \quad (3)$$

где σ_x и σ_y – нормальные напряжения, τ – касательное напряжение. Из (2) и (3) вытекает:

$$\frac{2\tau}{\sigma_x - \sigma_y} = \frac{2y'}{1 - (y')^2}, \quad (4)$$

откуда

$$(y')^2 + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{\tau} y' - 1 = 0. \quad (5)$$

В результате решения дифференциального уравнения (5) находят функции, определяющие собой оба семейства изостат.

В случае определения конфигурации напряженного тела при заданном его объеме при пренебрежении объемными силами свободная от нагрузки граница S представляет собой изоэнергетическую поверхность [2]:

$$\bar{u}_s = \operatorname{const}, \quad (6)$$

где \bar{u}_s – удельная потенциальная энергия деформации.

Она выступает в качестве критерия рациональности конфигурации несущей конструкции, в частности, при использовании конечно-элементной модели.

Если наиболее напряженной областью тела является поверхностный слой, то рациональная конфигурация соответствует решению задачи структурного синтеза [3,4] при заданной величине $\bar{u}_s = \bar{u}_{adm}$, которая вычисляется при допустимых значениях $\sigma_{adm}(\tau_{adm})$.

При использовании гипотезы Бельтрами имеем:

$$\bar{u}_{adm} \leq \sigma_{adm}^2 / (2E), \quad (7)$$

где E – модуль продольной упругости.

При энергетической гипотезе прочности в правой части соответствующего выражения присутствует удельная энергия формоизменения при одноосном растяжении [5]:

$$\bar{u}_{adm} \leq [(1 + \nu)\sigma_{adm}^2]/(3E), \quad (8)$$

где ν – коэффициент поперечной деформации.

Немецкий ученый К. Маттек исследовал около десяти тысяч деревьев и пришел к выводу, что дерево стремится обеспечить равнонапряженность своей поверхности, то есть ее изоэнергетическое состояние. В местах повреждений вследствие потери массы напряжения возрастают. В ответ имеющийся в распоряжении дерева камбий образует новые клетки. В пределах повреждений дополнительная древесина растет до тех пор, пока пики напряжений не исчезнут и силовой поток в поверхностном слое вновь не станет равномерным. Предполагается, что в таких случаях сигналом служит изменение биоэлектрического потенциала клеток в местах отклонения напряжений от первоначальной нормы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панченко Л.А. Строительные конструкции с волокнистыми композитами. Белгород: Изд-во БГТУ. 2013. 184с.
2. Юрьев А.Г. Вариационные принципы строительной механики. Белгород: Изд-во БелГТАСМ. 2003. 90с.
3. Horák V. Inverse variational principles of continuum mechanics. Praha: Československe akademie VĚD. 1969. 88p.
4. Юрьев А.Г. Принцип аналогии в инженерной практике В.Г. Шухова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008. №3. С. 33-36.

5. Панченко Л.А. Расчёт фибробетонных конструкций с учетом физической нелинейности // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. №1. С. 44-50.

УДК 624.05

Ступин П.В.

*Научный руководитель: Руденко А.А. д-р экон. наук., проф.
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия*

РАЗРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ СКОРОСТНОМ МОНОЛИТНОМ ДОМОСТРОЕНИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

В массовом строительстве достаточно распространенным было изготовление из монолитного железобетона поясов жесткости в кирпичных, крупноблоковых и панельных жилых многоэтажных домах при их строительстве в сейсмических районах, на поддельных территориях и проседающих грунтах.

Первые 16-этажные жилые дома из монолитного железобетона были построены в 1967 году в Туле и использованием скользящей опалубки. В 70-е годы с использованием скользящей опалубки были возведены многоэтажные жилые дома во Фрязино, Тбилиси. Кишиневе, Минске, Сочи, Алма-Ате, Баку, Ялте, Ростов-на-Дону, Москве. Стены этих домов возводились в основном из керамзитобетона, а перекрытия – из тяжелого бетона в мелкощитовой опалубке методом «снизу – вверх»: после устройства перекрытий на одном этаже опалубку разбирали и вручную переносили на следующий этаж [2].

Многолетней практикой строительства установлено, что архитектурно - планировочные и конструктивные решения зданий, должны учитывать технологию их возведения с использованием того или иного вида инвентарной опалубки.

Вместе с тем разработанные архитектурно-планировочные решения для различных конструктивных систем зданий, как правило, предварительно определяют оптимальный метод их сооружения.

В отечественной практике сооружения сборно-монолитных и монолитных зданий использовались преимущественно два вида инвентарной опалубки: скользящая и разборно-переставная.

Скользящая инвентарная опалубка предполагает возведение монолитными только вертикальных конструкций, то есть наружных и внутренних капитальных стен жилых домов. При этом межэтажные

перекрытия могут устраиваться как сборными, так и монолитными. Таким образом, инвентарные скользящие опалубки используются для сооружения как сборно-монолитных, так и монолитных зданий.

Разборно-переставная инвентарная опалубка используется преимущественно для комплексного возведения в домах монолитных капитальных стен и перекрытий, хотя этот метод монолитного строительства также допускает устройство перекрытий из сборных конструкций. В практике монолитного строительства используется «Монолит-72», «Монолит-77» ЦНИИОМ-ТПа, «Тяжстрой-78», ОЭС-80» и другие [1].

Разборно-переставная инвентарная опалубка, как отмечалось выше, бывает трех видов: мелкощитовая, крупнощитовая и объемно-переставная. Мелкощитовая опалубка предполагает сбор опалубочных форм из отдельных щитов-относительно небольшого веса (до 50 кг). Сборка и разборка опалубки, укладка и уплотнение бетонной смеси в формах, завершающая отделка поверхностей монолитных конструкций. Все эти процессы выполняются вручную, что определяет высокую трудоемкость такого строительства. Поэтому, несмотря на положительные качества самой опалубки и возможность использования ее для различных архитектурно-планировочных решений, мелкощитовую опалубку целесообразно использовать преимущественно для строительства уникальных зданий и сооружений или отдельных их конструктивных элементов.

Крупнощитовую опалубку монтируют из отдельных щитов массой 1,5...2,0 т. затраты на механизированные монтажные работы гирь крупных щитах снижаются благодаря использованию башенных кранов. Кроме того, в конструкциях из бетона низких классов В12, 5...В15 и с большим запасом прочности возможно заполнение форм бетонной смесью на всю высоту, а не слоями, как при мелкощитовой опалубке, с последующим уплотнением поверхностными вибраторами, закрепленными на щитах опалубки [5].

Объемно-переставная опалубка состоит из П и Г - образных металлических секций, из которых образуют своеобразный тоннель. При бетонировании стен слоями толщиной 400...500 мм и межэтажных перекрытий бетонную смесь подают и уплотняют вручную. В современном строительстве используется несколько различных систем объемно-переставной опалубки. Для возведения монолитных домов с поперечными несущими стенами разработаны опалубочные системы ЦНИИОМТП, а также СУ-135 и Молддипростроя, для этого также используются и зарубежные системы: «Столица» (Польша). «Сектра»,

«Тракоба-ИУ» и «Батиметалл» (Франция), «Хюннебек» (Германия) и др. [4]

Для сооружения ядра жесткости высотного здания применяют самоходную опалубочную платформу, объединяющую опалубку, рабочие площадки и площадки для складирования.

Опалубочная система может использоваться для стен и перекрытий для достижения максимальной скорости строительства многоэтажных жилых домов. В монолитном домостроении наиболее сложной проблемой является поиск рациональных конструкций наружных стен. В отечественной практике монолитного домостроения в предыдущие годы использовались как монолитные, так и сборные панельные стены заводского изготовления.

Монолитные наружные стены возводились во всех домах преимущественно в скользящей опалубке (16...20-этажные жилые дома в Минске и Кишиневе), а в некоторых случаях использовались также другие виды опалубки, (например, переставная крупнощитовая опалубка при строительстве 16-этажного жилого дома в Вильнюсе).

К новому средству отделки монолитных фасадных стен следует отнести применение так называемого «архбетона» или рельефного бетона, в процессе изготовления которого используют разнообразные сменные матрицы, изготовленные из синтетических материалов, которые вкладывают в опалубку перед бетонированием. Сборные навесные или самонесущие панели наружных стен используются в домах, внутренние монолитные стены которых возводят с использованием разборной и объемно-переставной опалубки. Это существенно снижает трудоемкость работ, но ухудшает архитектурные качества монолитных домов, «стирая» их технологические особенности и делая их похожими на крупнопанельные дома. Отметим, что в разделе «архитектурно-планировочные решения» российских технических условий подчеркнуто, что квартиры в высотных домах необходимо проектировать только по уровню комфортности и категории. При этом в нижних 20-ти этажах, где открываются окна, может использоваться любая система вентиляции, а в верхних этажах, где окна не открываются, лишь приточно-вытяжная вентиляция с постоянным механическим возбуждением. Электроснабжение зданий высотой более 100 м необходимо осуществлять от трех независимых источников питания, один из которых резервное, устроенное от дизельной электростанции с составом топлива, расположенное вне здания. Системы автоматизации и диспетчеризации инженерного оборудования должны быть едиными для всего здания [1].

Анализируя опыт специалистов, занимавшихся организационно-технологическими решениями при скоростном монолитном домостроении многоэтажных жилых домов, можно определить и классифицировать ряд проблем: пожарные проблемы; проблемы внутренней организации здания; инженерные проблемы.

При скоростном монолитном домостроении многоэтажных жилых домов необходимо предусматривать решение и внедрение таких эффективных энергосберегающих мероприятий:

- внедрение систем приточно-вытяжной вентиляции с механической вытяжкой и естественным поступлением необходимого количества свежего воздуха через автоматически регулирующие воздухозаборные устройства в оконных рамах;

- утилизация тепла удаленного вентиляционного воздуха с помощью тепловых насосов, внедрение теплонасосных систем горячего водоснабжения, которые используют утилизированное тепло удаленного вентиляционного воздуха и грунтовых оснований;

- упорное внедрение в жилищное строительство новых конструктивных решений наружных стен, окон, покрытия и подвальных перекрытий повышенного теплосбережения.

Для оптимизации организационно-технологических решений при скоростном монолитном домостроении многоэтажных жилых домов, можно выделить основные факторы, которые необходимо учитывать:

- выбор технологии прокладки инженерных сетей;
- насыщенность зоны строительства действующим технологическим оборудованием и инженерными сетями;
- инженерно-геологические особенности.

Оптимизация организационно-технологических решений при скоростном монолитном домостроении многоэтажных жилых домов, также зависит от учета особенностей его расположения.

Активно разрабатывается организационно-техническая база для быстрого строительства зданий из монолитного железобетона. В области скоростного строительства наибольшее развитие получили технология соединения арматуры, производство бетонных смесей и технология организации строительного производства. Большое внимание было уделено технологии ранней загрузки всей конструкции, но решения, не принятые во время ранней загрузки или ранней разгрузки всей конструкции, являются технически и юридически обоснованными и фактически применяются в производстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гайко Ю.И. Проблемы и перспективы развития жилой застройки в условиях комплексной реконструкции города : монография / Ю. И. Гайко, Т. В. Жидкова, Т. Н. Апатенко. М. – 2019. - 247 с.
2. Несветаев Г.В., Корянова Ю.И., Чепурненко А.С. и др. О влиянии некоторых технологических факторов на качество бетона монолитных железобетонных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2021. № 11. – С. 1-17.
3. Сабенина, С. В. Разработка организационно-технологических решений при возведении многоэтажных зданий в условиях неполной информации / С. В. Сабенина, С. А. Синенко, Н. В. Огнев // Вестник Евразийской науки. — 2020. — Т 12. — №3. – С. 1-10.
4. Стародубцев В.Г., Делова М.И. Оценка морозостойкости бетона заводского изготовления сборных и монолитных железобетонных конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2017. №2. – С. 49-52.
5. Цыбакин, С.В. Сравнение опалубочных систем при устройстве монолитных конструкций / С.В. Цыбакин, Н.Н. Буякова // Труды костромской государственной сельскохозяйственной академии 2017. – 2017, с. 53-57.

УДК 621.1

Титенков В.В

*Научный руководитель: Закиров Р.Н., канд. техн. наук, доц.
Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Россия*

РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ ПОДОГРЕВ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ В ЯЭУ

Регенеративный подогрев питательной воды (РППВ) на атомных электростанциях представляет собой инновационный процесс, способствующий увеличению эффективности работы электростанций, одновременно сокращая затраты энергии и увеличивая производство электроэнергии. Эта технология заключается в использовании отработавшего пара, который ранее уходил в атмосферу после приведения в движение турбин, для того чтобы подогреть питательную воду перед её возвращением в реактор.

Основной целью РППВ является оптимизация использования выделяемого тепла от ядерного реактора. Вместо того, чтобы просто

избавляться от тепла, отработавший пар проходит через систему конденсации, где он возвращается в жидкое состояние. Затем этот конденсированный пар используется для нагрева свежей питательной воды. В результате питательная вода нагревается и превращается в пар, который затем используется для дополнительной генерации электроэнергии.

Применение РППВ на атомных электростанциях приводит к экономии топлива и увеличению общей эффективности электростанций. Это также способствует снижению выбросов парниковых газов и вредных веществ, так как для генерации электроэнергии требуется меньше топлива.

РППВ широко применяется на современных атомных электростанциях для оптимизации и повышения эффективности процесса производства электроэнергии.

Система РППВ включает в себя конденсатный тракт, который простирается от конденсатора до деаэратора, где все устройства и трубопроводы работают при относительно низком давлении воды, зависящем от давления в деаэраторе и гидравлического сопротивления конденсатного тракта.

В конденсатном тракте устанавливаются подогреватели низкого давления (ПНД), а путь от деаэратора до парогенератора называется питательным трактом, где применяется теплоаккумулирующий подогреватель высокого давления (ПВД).

Подогреватели могут быть как гибридными, где отбираемый пар смешивается с нагретой водой, так и поверхностного типа, где тепло передается через поверхность теплообменника.

Поверхностные теплообменники обладают преимуществом в том, что давление нагретого пара и нагретой воды независимы друг от друга, что позволяет использовать один насос для подачи воды во все подогреватели. В гибридных подогревателях давление соответствует давлению отбираемого пара, что требует установки насоса после каждого подогревателя для отбора воды.

В поверхностных подогревателях пар конденсируется, и конденсат возвращается в основной поток с помощью дренажного насоса.

Значение dt , разницы в температуре между отбираемым паром и нагретой водой, влияет на давление отбора пара и выработку электроэнергии. Увеличение dt снижает стоимость подогревателей за счет уменьшения поверхности теплообмена, но при этом увеличивается дефицит генерации электроэнергии.

Нагретый пар может быть отведен и возвращен в основной поток конденсата различными способами. Схема с поэтапным сбросом

конденсата в конденсатор еще более снижает тепловую эффективность, так как конденсация пара происходит за счет охлаждающей воды. В схемах с гибридными подогревателями, все тепло отбираемого пара используется для нагрева воды, что позволяет максимально повысить тепловой КПД.

Гибридные схемы, несмотря на свою простоту, часто не применяются на практике из-за увеличения потребляемой мощности, нестабильности работы насосов и системы в целом. Обычно, после конденсатора используется один или два смешивающих ПНД, что является стандартной практикой для турбин К-1000-60/3000, применяемых в АЭС с реактором ВВЭР-1000. Поверхностные ПНД используют поверхностные подогреватели с каскадным сливом дренажей греющих паров в деаэрактор. Каскадный слив обычно устанавливают попарно с установкой дренажного насоса для двух поверхностных ПНД.

В заключение, регенеративный подогрев питательной воды (РППВ) на атомных электростанциях представляет важный технологический процесс, существенно повышающий эффективность работы энергетических установок. Этот процесс позволяет использовать отработавший пар, который ранее просто выбрасывался в атмосферу, для подогрева питательной воды перед её возвращением в реактор. Главная цель РППВ заключается в оптимизации использования тепла, выделяемого ядерным реактором, что в конечном итоге приводит к экономии топлива и повышению эффективности атомных электростанций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИМ СПИСОК

1. Лескин, С. Т. Физические особенности и конструкция реактора ввэр-1000 : учебное пособие / С. Т. Лескин, А. С. Шелегов, В. И. Слободчук. — москва : нияу мифи, 2011. — 116 с. — isbn 978-5-7262-1492-4.— текст: электронный// лань : электронно-библиотечная система. — url: <https://e.lanbook.com/book/75760> (дата обращения: 8.11.2022). — режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Шелегов, А. С. Физические особенности и конструкция реактора рбмк-1000 : учебное пособие / А. С. Шелегов, С. Т. Лескин, В. И. Слободчук. — москва : нияу мифи, 2011. — 64 с. — isbn 978-5-7262-1488-7.— текст : электронный // лань : электронно-библиотечная система. — url: <https://e.lanbook.com/book/75767> (дата обращения: 7.11.2022). — режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Солонин, В. И. Ядерные реакторные установки : учебное пособие / В. И. Солонин. — москва : мгу им. Н.Э. Баумана, 2010. — 87 с.— текст: электронный // лань : электронно-библиотечная система. — url: <https://e.lanbook.com/book/222971> (дата обращения: 5.11.2022). — режим доступа: для авториз. пользователей.

УДК: 691.3

Тищенко А.Е.

Научный руководитель: Богачева М.А., асс.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИБРОБЕТОНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Бетон остается основным конструкционным материалом в различных эксплуатационных условиях, так как высок показатель архитектурно – строительной выразительности, малой энергоемкости и эксплуатационной надежности [1].

Главная проблема построенных из бетона объектов – постепенное разрушение монолита под воздействием внешних и внутренних факторов. Поиски методов укрепления конструкций привели к изобретению методики армирования бетонной смеси с помощью волокнистого наполнителя. Материал получил название фибробетон. Сейчас он становится всё более популярным в частном и промышленном строительстве [2].

Фибробетон классифицируют в зависимости от материала фиброволокна. В настоящее время бетоны армируют фиброволокнами следующего вида:

1. Стальная фибра – отрезки стальных волокон.



2. Стекловолоконная фибра – стеклянная мононить.



3. Базальтовая фибра – материал натурального происхождения, представляющий собой короткие отрезки.



4. Синтетические полипропиленовые волокна – тонкие волокна белого или желтого цвета, длиной 6–12 мм.



Распространенными видами дисперсных волокон являются: металлическая, полипропиленовая, базальтовая, стеклянная, углеродная и целлюлозная фибра. При изготовлении фибробетона большое влияние оказывает выбор волокна, тип вяжущего и оптимально подобранный химический состав нитей.

Также используют в качестве наполнителя фиброволокна следующих видов: полиэтиленовые волокна; нейлоновые волокна; вискозные сверхпрочные; полиэфирные; хлопковые; карбоновые; углеродные, которые являются наиболее эффективными с позиции прочности и долговечности при экстремальном химическом и пожарном воздействиях; асбестовые; смешанная фибра.

Распространенными видами дисперсных волокон являются: металлическая, полипропиленовая, базальтовая, стеклянная, углеродная и целлюлозная фибра. При изготовлении фибробетона

большое влияние оказывает выбор волокна, тип вяжущего и оптимально подобранный химический состав нитей [3].

Фибробетон обладает рядом весомых преимуществ:

- Сокращает расходы на строительные работы (армирующая сетка и каркас, заменяют фиброй для стального армирования);

- Снижает расход материала, обеспечивает экономию на бетонных смесях – за счет высокой надежности стройматериала фундамент или стену можно соорудить не такую толстую, не утратив устойчивости конструкции;

- Добавка, используемая при изготовлении фибробетона, гарантирует прочность готового строения – производственная технология стройматериала подразумевает, что бетон не усаживается, не трескается, несущественно истирается, не откалывается [4]. Свойства изделия сохраняются даже после истечения срока эксплуатации;

- Отличная адгезия;

- Устойчивость к скачкам температуры, влажным условиям, охлаждению, оттаиванию;

- Невозгораемость. Изделие, имеющее в составе композит, исключает риск нарушения структурных составляющих монолитного сооружения, растрескиваний поверхности при влиянии высокой температуры;

- Небольшая масса блоков из фибробетона. Фактор снижает расходы на перевозку и установку;

- Продолжительный срок эксплуатации. Волокна фибры помогают добиться продлить срок службы материала и конструкции (если соблюдать предписанные эксплуатационные рекомендации) [5].

К недостаткам фибробетонов относят:

- Сложности изготовления. Раствор нужно тщательно перемешивать, чтобы фибра равномерно распределилась по всему объему.

- Высокая цена. Этот недостаток нивелируется сокращением трудозатрат и расхода бетона [6].

- Низкая доступность. Не во всех регионах можно приобрести фибробетон. Также не всегда в продаже есть фибра определенного вида и качества.

Исходя из всего вышеизложенного можно сделать вывод о том, что применение фибры в бетоне обеспечивает бетону более высокие показатели по таким характеристикам как прочность на растяжение, изгиб, срез, ударную и усталостную прочность, трещиностойкость, морозостойкость, водонепроницаемость, жаропрочность и

пожаростойкость, что доказывает целесообразность применения фибробетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №6. С. 9-17.
2. Волков И.В. Фибробетон. Особенности и перспективы применения в строительных конструкциях / И.В. Волков, Э.М. Газин // Стройпрофиль. 2003. № 2. С. 62-63.
3. Прокофьева, Ю.А. Самоуплотняющиеся фибробетоны для монолитных конструкций / Ю.А. Прокофьева, В.Н. Шишканова // Наука и образование: новое время. 2019. № 2 (31). С. 99 – 106.
4. Соловьёв, В. Г. Эффективность применения различных видов фибры в бетонах / В. Г. Соловьёв, Е. А. Шувалова // Международный научно-исследовательский журнал. — 2017. — № 09 (63) Часть 3. – С. 78 – 81.
5. Фибробетон. Преимущества и недостатки [Электронный ресурс] - URL: <https://ava-grup.ru> (Дата обращения 14.10.2023)
6. Богачева М.А. Применение дисперсно-армированных бетонов в строительстве // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции: сб. докл.: в 2 т. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2023. – Т.2. С. 131-134.

УДК: 699.812

Тищенко А.Е.

*Научный руководитель: Чернявский О.С., ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ТИПЫ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

В металлических изделиях при производстве, монтаже и эксплуатации могут возникнуть дефекты, которые являются концентраторами напряжений в металлах, ослабляют сечение и повышают вероятность разрушения [1], однако на это также влияют и другие факторы, возникающие в процессе эксплуатации, например воздействие чрезвычайно высоких температур на конструкции.

Считается, что металл не горит, и поэтому не все строители уделяют внимание защите металлической конструкции от огня. Упускается из виду тот факт, что прочностные характеристики материала зависят от температуры: даже небольшой пожар способен привести к потере несущей способности и как следствие обрушению металлоконструкции и причинить значительно больший ущерб, чем при возгорании зданий из древесины.

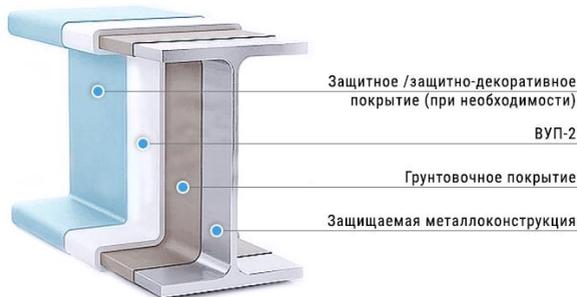
При нагревании стали до 400°C начинается резкое снижение её прочностных свойств – так, при температуре 500°C механическое сопротивление уменьшается в два раза. У алюминия снижение предела прочности начинается при температурах от 80°C, а цинк при достижении 30°C.

Металлическая основа здания находится под нагрузкой и снижение механических свойств при её нагревании часто имеет плачевные последствия. Деформация и снижение прочности приводят к физическому разрушению всей конструкции. Именно поэтому необходимо проводить комплекс мероприятий, направленных на увеличение предела огнестойкости несущих конструкций [2].

Приведенная толщина металла имеет решающее значение при расчете материалов для огнезащитной обработки металлоконструкций. От этой величины зависит так называемый собственный предел огнестойкости конструкции. Металлические конструктивные элементы здания не подвержены горению, однако при пожаре они могут утратить свои несущие и защитные функции, а это может привести к обрушению всего сооружения. Предел огнестойкости — это то максимальное время, в течение которого металлоконструкции выдерживают действие открытого огня и высокой температуры, не подвергаясь деформации.

Для повышения предела огнестойкости используют защитное огнеупорное покрытие. Покрывают металлические конструкции обычно краской, содержащей специальные вещества — антипирены, которые дают огнеупорный эффект. Краска наносится на металлоконструкции тонким слоем, важно, чтобы он был достаточным для обеспечения нужного эффекта, но не утяжелял конструкцию. Это так называемый адгезионный слой. Толщина этого слоя влияет на расход лакокрасочного материала, а значит, и определяет затраты на огнеупорное покрытие.

Данный показатель рассчитывается, чтобы найти достаточную толщину огнеупорного покрытия для металлоконструкций.



Толщина огнезащитного покрытия металлоконструкций влияет на их способность противостоять температурным нагрузкам.

Краски используют для защиты несущих стальных конструкций любой формы на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ), атомных электростанциях (АЭС), ангарах, путепроводах, стадионах, парковках, торговых центрах, объектах военного и гражданского строительства. Здесь металл служит основой всего строения, постоянно испытывает нагрузку и вибрации. При пожарах и возгораниях несущие балки нагреваются и теряют свою прочность, что может привести к обрушению здания. Критическая температура металла +500°C. Огнезащитное покрытие металла — требование безопасности [3].

Расчет толщины слоя краски зависит от толщины металла и требуемого эффекта — степени огнестойкости (времени, в течение которого металл сохраняет свою прочность при воздействии огня).

Допустим, толщина металла составляет 3,4 мм, требуемый предел огнестойкости — 60 минут. Значит, толщина сухого слоя должна быть 1,25 мм (определяется по таблице 1). Если толщина металла и степень огнестойкости другие, следовательно, толщина сухого слоя покрытия будет иной.

Приведенная толщина металла, мм	Толщина сухого слоя огнезащитной краски для достижения нужного предела огнестойкости образца							
	Не менее 45 минут		Не менее 60 минут		Не менее 90 минут		Не менее 120 минут	
	Толщина, мм	Расход, кг/м ²	Толщина, мм	Расход, кг/м ²	Толщина, мм	Расход, кг/м ²	Толщина, мм	Расход, кг/м ²
2,4	1,03	1,77	1,52	2,61	-	-	-	-
3	0,98	1,68	1,38	2,37	-	-	-	-
3,4	0,9	1,5	1,25	2,14	2,06	3,53	-	-
4,1	0,8	1,37	1,08	1,85	1,96	3,36	-	-
4,8	0,73	1,25	0,96	1,65	1,71	2,93	-	-
4,9	0,72	1,23	0,95	1,63	1,68	2,88	-	-
5	0,71	1,22	0,93	1,59	1,65	2,83	-	-
5,5	0,68	1,17	0,87	1,49	1,52	2,61	-	-
5,6	0,67	1,15	0,86	1,47	1,5	2,57	-	-
5,7	0,66	1,13	0,85	1,46	1,48	2,54	-	-
5,8	0,65	1,11	0,83	1,42	1,45	2,5	2,85	4,89
6,4	0,61	1,05	0,77	1,32	1,34	2,3	2,66	4,56
7,2	0,58	0,99	0,71	1,22	1,21	2,07	2,45	4,2
7,8	0,55	0,94	0,67	1,15	1,13	1,94	2,31	3,96
8	0,54	0,93	0,66	1,13	1,1	1,89	2,28	3,91
8,5	0,53	0,91	0,63	1,08	1,05	1,8	2,18	3,74
9	0,51	0,87	0,6	1,03	1	1,71	2,1	3,6
9,5	0,5	0,86	0,58	0,99	0,95	1,63	2,03	3,48
10	0,49	0,84	0,56	0,96	0,91	1,56	1,96	3,36
10,5	0,48	0,82	0,54	0,93	0,87	1,49	1,9	3,26
11	0,47	0,81	0,52	0,89	0,84	1,44	1,84	3,15

Еще один значимый параметр — расход краски. Чтобы его рассчитать, нужно знать, каков сухой остаток краски — то есть, как она усаживается после высыхания, а также ее плотность. Здесь действует правило: чем больше плотность, тем больше расход. А также: чем больше сухой остаток, тем меньше расход [4].

Расход краски определяется следующим образом:

$$P = \delta / O_{\text{сух}} * \rho;$$

P – Расход, кг/м²;

δ – требуемый слой покрытия, 1,25 мм;

$O_{\text{сух}}$ – сухой остаток, 0,7;

ρ – плотность краски, 1,2 кг/м³;

$$P = 1,25 / 0,7 * 1,2 = 2,14 \text{ кг/м}^2.$$

В Таблице №1 приведены значения толщины и расхода краски, которые нужны для защиты металла определенной толщины.

На металлическую конструкцию краска наносится с помощью аппаратов безвоздушного напыления или валиков и кистей. В первом случае — напыление происходит быстро и позволяет охватить большие площади. Второй вариант подходит для небольших по площади участков [5].

Исходя из изложенного мною ранее можно сделать вывод о том, что огнезащита металлоконструкций [6] – комплекс мероприятий, которые предпринимаются для предотвращения разрушительного воздействия огня на конструктивные элементы. Эти меры направлены на сохранение достаточного уровня огнестойкости металла при пожаре в течение заданного времени [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стативко К.А. Испытания металлоконструкций на ударную вязкость / Образование. Наука. Производство. Часть 6: сб. материалов конф. XIV Международный научный форум // БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2022. С. 119-122

2. Нужна ли огнезащита металлоконструкций и для чего? [Электронный ресурс] – URL: <https://ferumlab.ru>

3. Расчет толщины огнезащитного покрытия металла [Электронный ресурс] – URL: <https://himtrust.ru> (Дата обращения 11.09.2023)

4. Расчет толщины огнезащитного покрытия металла [Электронный ресурс] – URL: <https://stal-kom.ru> (Дата обращения 11.09.2023)

5. Определение толщины огнезащитного покрытия [Электронный ресурс] – URL: <https://strojexpert.com> (Дата обращения 21.09.2023)

6. Чернявский О.С. Снижение трудоемкости при разработке чертежей стадии КМД // В сборнике: Наука и инновации в строительстве (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сборник докладов международной научно-практической конференции: в 2 т. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова.2017.Т.1.С.166-171.

7. Огнезащита металлоконструкций — что это? [Электронный ресурс] – URL: <https://www.informcad.ru> (Дата обращения 27.08.2023)

УДК 697

Ткач Л.В., Паньков С.Е., Крикунова К.О.

Научный руководитель: Гольцов А.Б., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ОШИБКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И МОНТАЖА СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

К системам создания микроклимата относятся такие инженерные системы, как: отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Обеспечение оптимальных параметров микроклимата – это основная задача при эксплуатации указанных систем. Следовательно, условия эксплуатации, а также требования к параметрам микроклимата в соответствии с назначением предприятия, должны учитываться на этапе проектирования.

Отопление. При проектировании систем отопления часто не закладываются балансировочные устройства, либо предусматриваются только на отдельных ветках. На данный момент для систем отопления производители предлагают конвекторы со встроенными термостатами. Если проектом предусмотрено использование именно таких отопительных приборов, то шансы на то, что предусмотренные проектом термостаты не будут установлены, существенно уменьшаются.

Также имеют место случаи, когда для экономии отказываются от балансировки систем. Некоторые проектировщики считают, что балансировки на отдельной ветке, на гребенке достаточно, и не предусматривают балансировки на стояках. Но балансировка на стояках необходима, более того, при использовании термостатов на отопительных приборах балансировка стояков должна быть автоматической.

Немаловажной ошибкой при проектировании систем отопления является неправильный подбор балансировочных пар. Проектировщики пользуются рекомендациями фирмы-производителя для подбора балансировочных пар, осуществляя подбор по диаметру стояка или на калибр меньше диаметра стояка, дальнейший подбор балансировочных пар и их наладка зачастую не осуществляется. В результате такого упрощенного подбора оборудования и отсутствия его дальнейшей наладки система отопления может не функционировать должным образом.

Кондиционирование воздуха. Основной вопрос в конструировании систем кондиционирования определяется вопросом размещения наружных блоков на фасадах здания. Известно, что наружные блоки нарушают архитектурный облик фасадов, а неграмотная установка и вовсе может создать проблемы как для жильцов, так и для самого здания. К таким проблемам относят капель конденсата на отливы окон нижележащих этажей, вызывающая раздражающий шум, увлажнение фасадов тем же конденсатом.

Монтаж систем ОВиК. Некачественный монтаж может быть виден сразу по ряду признаков: невозможно наладить систему, вывести на рабочий режим, она неработоспособна, имеет ужасный вид и вызывает эстетический дискомфорт.

Отопление. Некачественный монтаж отопления означает неработоспособность или просто плохую работоспособность системы и гарантирует недовольство заказчика. Рассмотрим типичные ошибки, возникающие при монтаже системы отопления.

Самая распространённая ошибка — неправильный выбор мощности котла. Чаще всего происходит именно завышение этой мощности, при которой система отопления не в состоянии принять переизбыток тепла, и котёл начинает тактовать. Он, быстро нагревая теплоноситель, отключается, а после падения температуры на установленное значение перепада температур, снова включается — процесс становится цикличным на минимальных отклонениях от перепада температуры.

Постоянное включение/отключение прибора сказывается на его ресурсе, а кроме того, приводит к перерасходу энергоносителей. В результате из заявленного, например, десятилетнего срока эксплуатации, он в лучшем случае проработает семь лет.

Другой не менее важной ошибкой при монтаже является неправильный выбор труб. Если в системе отопления будут использоваться трубы различного диаметра, это неизбежно приведёт к разности давления на стыке, ведущей, в свою очередь, к увеличению

гидравлических потерь. Кроме этого, в процессе выбора полимерных труб отопления всегда следует уточнять, присутствует ли в конструкции армирующий слой. В случае его отсутствия магистраль не будет иметь достаточной жёсткости при воздействии горячей воды.

Вентиляция. Качественный монтаж — залог успешной и долговечной работы вентиляционного оборудования, но плохое качество крепежных элементов, экономия на материалах, нарушение герметичности, неправильная установка воздухопроводов и вентиляторов, негативно скажется на работе вентиляционной системы с появлением конденсата, потерями воздуха, загрязнением в воздухопроводах и лишним шумом.

Одной из ключевых причин нарушения герметичности является использование некачественного уплотнителя при прокладке, либо полное его отсутствие. Такого рода халатность приводит к ухудшению интенсивности воздухообмена, уменьшению проектной скорости подачи и потери объёмов воздуха в целом.

Неправильный выбор места установки воздуховода, малое количество переходов и отводов может привести к неравномерному распределению воздуха в помещении. Эту ошибку нелегко заметить сразу, возможно, только спустя нескольких месяцев эксплуатации.

При неправильной установке вентилятора, может произойти нарушение соосности, что приводит к дополнительному шуму, который доставит дискомфорт при нахождении в данном помещении. В таком случае придется устанавливать шумоглушители, вибрационные опоры, а также другие элементы для снижения уровня шума — это займет дополнительное время и приведет к увеличению стоимости объекта.

Кондиционирование воздуха. Эффективность работы климатического оборудования, а также срок его эксплуатации во многом зависят от качества монтажа. Ошибки, допущенные при монтаже кондиционера, мешают создать благоприятный климат в помещении и приведут к поломкам.

Еще одной очень важной проблемой является не выполнение работ по вакуумированию трассы, что может привести к конденсации и замерзанию воды в самом узком канале, например, в капиллярном узле во внешнем блоке кондиционера, это приведет к заужению проходного сечения в конкретном месте холодильного контура. Как следствие в процессе работы кондиционера может появиться шум, похожий на шипение выкипающей воды, свист в трубопроводе, нестабильное давление в системе и значительное снижение эффективности, а в некоторых случаях может привести даже к поломке компрессора.

Проведя анализ по разработке проектной документации и монтаже систем ОВиК, можно с уверенностью сказать о важности каждого из этапов.

При проектировании систем естественной вентиляции необходимо на стадии проектирования включать в проект различные варианты приточных клапанов, встраиваемых в конструкции стен и окон, автоматически регулируемых в зависимости от уровня влажности в помещении, рассматривать варианты щелевого проветривания.

На этапе проектирования систем отопления необходимо внесение данных по установке конвекторов, предусматривать балансировку системы, а также учитывать правильный подбор балансировочных пар.

При проектировании зданий, для дальнейшей установки на фасадах наружных блоков сплит-систем, необходимо выделение специальных мест под них, что позволяет без каких-либо дополнительных затрат существенно уменьшить вероятность возникновения проблем, связанных с увлажнением фасада, не говоря уже об улучшении облика здания.

При монтаже систем отопления необходимо особое внимание уделять подбору котельного оборудования, а также подбору труб, обеспечению герметичности системы.

Для систем вентиляции при монтаже важно обеспечить правильную установку воздуховодов, вентиляторов, а также обеспечить герметичность системы.

При монтаже систем кондиционирования важно качественное вальцевание и вакуумирование трассы.

Энергоэффективность систем отопления, вентиляции и кондиционирования зависит не только от применяемого оборудования и схем обработки воздуха, но и от правильного проектирования и монтажа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Consultant.ru [Электронный ресурс] – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_75048/ (дата обращения 05.07.23).

2. Калашников Д.А. Актуальность повышения эффективности потребления энергоресурсов в системах вентиляции кондиционирования воздуха жилищных и общественных зданий за счет оптимизационных мероприятий// Калашников Д.А. Кузнецова А.Д. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. 58 с.

3. abok.ru [Электронный ресурс] – URL: <https://www.abok.ru> (дата обращения 07.08.23).

4. kvproekt.ru [Электронный ресурс] – URL: <https://kvproekt.ru> (дата обращения 07.08.23).

5. Пусконаладка систем вентиляции и кондиционирования: учебное пособие / А.Б. Гольцов // С.О.К. – № 12 (204). – 2018. - с. 74-77.

УДК 628.3

Фугаева А.М.

*Научный руководитель: Вялова Е.И., канд. техн. наук, доц.
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия*

ВЫБОР КОАГУЛЯНТА ДЛЯ ОСАЖДЕНИЯ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

В данной статье приведено описание экспериментального подбора коагулянта для технологии физико-химической очистки бытовых сточных вод малых населенных пунктов, расположенных в Арктической зоне Российской Федерации.

Российская Арктика охватывает 9 регионов: четыре относятся к ней полностью, пять – частично [1]. В частности, к ней относится Ямало-Ненецкий автономный округ – административная единица Тюменской области, в которой загрязнение рек и других поверхностных водоемов имеет достаточно высокий уровень из-за сброса неочищенных (либо не полностью очищенных) бытовых и промышленных сточных вод. Ухудшение экологической обстановки также обусловлено суровым климатом, болотистой местностью, низкой плотностью населения и отсутствием высококвалифицированных кадров на местах. Традиционная биологическая очистка воды проблематична из-за низких температур [2], большой неравномерности поступления стоков и высокой концентрации загрязнений [3], поэтому вопрос обработки фекальных вод является актуальным и требует эффективного и надежного решения.

В лаборатории кафедры Инженерных систем и сооружений (ТИУ) проведен эксперимент по физико-химической очистке хозяйственно-бытовых сточных вод. Целью данного исследования было разработать технологическую схему канализационной очистной станции с реагентной обработкой бытовых сточных вод арктических поселков. В рамках эксперимента на первом этапе очистки производится подбор коагулянта и определение его оптимальной дозы. Исследование

проводилось на хозяйственно-бытовой сточной воде, взятой из септика в частном секторе г. Тюмени, состав которой схож со стоками малых северных населенных пунктов: взвешенные вещества – 300-500 мг/дм³; ХПК – 450-600 мг/дм³; азот аммонийный – 25-50 мг/дм³; мутность – 80-150 мг/дм³; цветность – 300-400 град.

Технология очистки представлена следующими процессами: Предварительная аэрация – коагуляция плюс флокуляция – отстаивание взвешенных веществ – химическое окисление органических веществ – фильтрация через слой кварцевого песка – химическое осаждение ионов аммония – фильтрация через слой гранулированного активированного угля – УФО. В качестве контрольных показателей выбраны мутность и цветность, определяемые по стандартным методикам.

Исследование проводилось для двух температурных режимов: 1) оптимальные условия с температурой 16±1°C (теплая вода); 2) экстремальные условия с температурой 6±1°C (холодная вода).

Перед проведением эксперимента были подобраны оптимальные дозы коагулянта. В качестве коагулянта рассмотрены сернокислый алюминий (СКА) и Аква-Аурат (АА) в дозах 40, 50, 60, 70 мг/дм³; флокуляция проводилась раствором полиакриламида с постоянной дозой 1 мг/дм³ (ПАА). Результаты представлены в таблице, при этом погрешность измерений не превышает 10%.

Таблица 1 – Подбор оптимальной дозы коагулянта

	Доза мг/ дм ³	Температура воды Т=16°C		Температура воды Т=6°C	
		Мутность, мг/дм ³	Цветность, град	Мутность, мг/дм ³	Цветность, град
Коагулянт АА	0	89,76	360,78	89,76	360,78
	20	82,66	267,21	71,04	252,11
	40	48,66	203,77	44,53	217,66
	50	28,83	185,15	32,60	204,86
	60	32,25	203,58	39,29	209,12
	70	40,82	196,57	42,39	206,24
Коагулянт СКА	0	89,76	360,78	89,76	360,78
	20	75,08	248,9	89,28	354,07
	40	16,70	121,66	88,92	344,74
	50	21,40	150,56	88,41	341,12
	60	24,13	148,10	88,02	338,80
	70	26,22	159,81	87,58	332,07

Для сравнения эффективности коагулянтов созданы графики зависимостей мутности или цветности от дозы коагулянта, которые представлены на рис. 1-4.

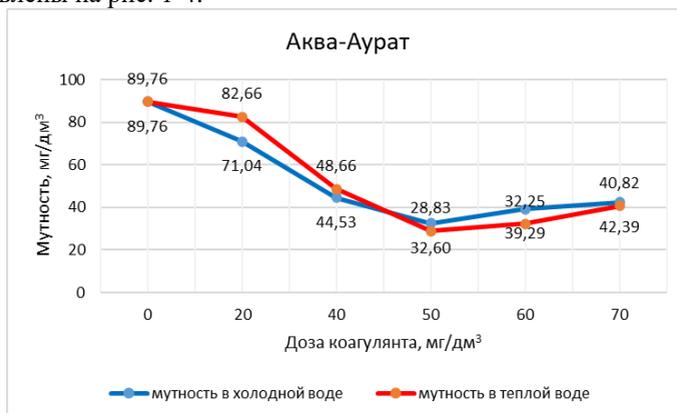


Рис. 1 – Эффективность Аква-Аурата по мутности для теплой (Т=16°C) и холодной (Т=6°C) воды

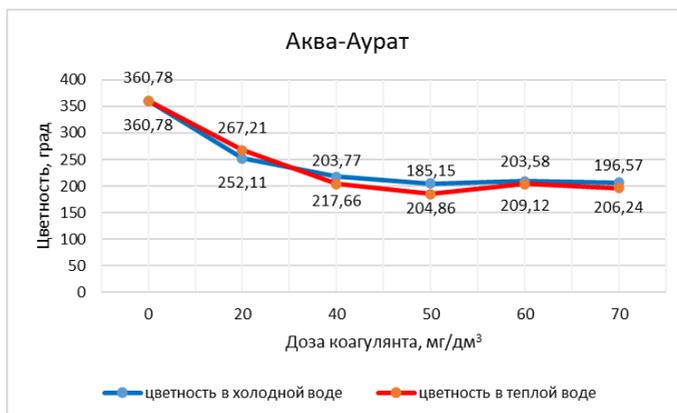


Рис. 2 – Эффективность Аква-Аурата по цветности для теплой (Т=16°C) и холодной (Т=6°C) воды

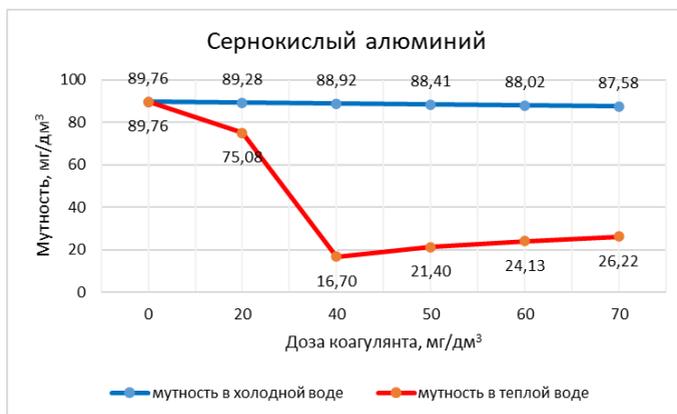


Рис. 3– Эффективность Сернокислого алюминия по мутности для теплой (Т=16°С) и холодной (Т=6°С) воды

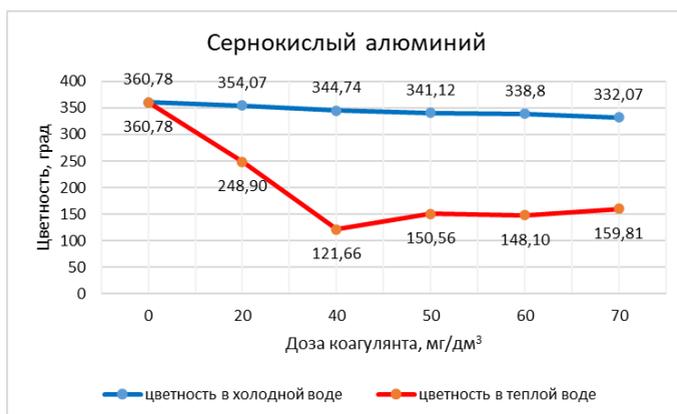


Рис. 4– Эффективность Сернокислого алюминия по цветности для теплой (Т=16°С) и холодной (Т=6°С) воды

Вывод: Результат эксперимента показал, что в целом исследуемые коагулянты (сернокислый алюминий и Аква-Аурат) пригодны для осаждения концентрированных бытовых сточных вод при температуре $16 \pm 1^\circ\text{C}$ с достаточно высокой эффективностью (77-89%), которая была достигнута при дозе 40-50 мг/дм³ в сочетании с ПАА. Однако, раствор сернокислого алюминия не сработал как коагулянт в холодной воде ($T=6 \pm 1^\circ\text{C}$). Возможно, для этого потребуется доза реагента выше 70 мг/дм³, что значительно увеличивает расход коагулянта и себестоимость очистки воды. Поэтому, для продолжения эксперимента

со сточными водами нецентрализованных поселений Арктики выбран раствор Аква-Аурата в дозе 50 мг/дм³.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арктические регионы России : [сайт]. - URL : <https://arctic-council-russia.ru/useful/?ysclid=lg4r3edy6s26890718> (дата обращения: 10.09.2023). - Текст : электронный.
2. Glushchenko E. Physical-chemical wastewater treatment in Arctic conditions / E. Glushchenko, E. Vialkova, O. Sidorenko, A. Fugaeva. - Text : direct // E3S Web of Conferences. - 2020. - № 157. - P. 02014.
3. Мочалов И.П. Очистка и обеззараживание сточных вод малых населенных мест (в условиях Крайнего Севера) : монография / И. П. Мочалов. - Москва : ДАР/ВОДГЕО, 2016. - 466 с. - Текст : непосредственный.

УДК 69.001.5

Черских Д.Ю., Жилин Д.А., Чуйко К.К.

Научный руководитель: Обернихин Д.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ «ЗЕЛЕНОГО» СТРОИТЕЛЬСТВА

В настоящее время наблюдаются аномально высокие температуры по всей планете. Так, в 2023 году была зафиксирована самая высокая средняя температура поверхности Земли +17,18 С. Такое явление вызывает особую обеспокоенность ученых и экологов за будущую жизнь на планете. Ведь аномальная жара негативно влияет не только на человека, но и в целом на природу и живые организмы. Согласно экспертной оценке ученых [1] существует пять глобальных рисков, которые могут оказать наибольшее влияние на мир.(Рис. 1)



Рис.1 Пять глобальных рисков

Основной причиной высоких температур является деятельность человека. С каждым годом совершенствуются различные технологии, возводятся все больше и больше уникальных сооружений, многоквартирные дома становятся только выше. Все это приводит к большому выделению парниковых газов в атмосферу за счет растущего энергопотребления. Именно по этой причине все чаще звучит тема «зеленого» строительства.

«Зеленое» строительство – направление строительства зданий и сооружений, целью которого является возведение объектов недвижимости с минимальным энергопотреблением. Такой вид строительства обеспечивает комфортные условия внутренней среды в течение всего жизненного цикла объекта, начиная с его проектирования и заканчивая сносом. «Зеленое» строительство снижает уровень влияния застройки на окружающую среду.

Одним из основных направлений «зеленого» строительства является возведение зданий и сооружений с нулевым энергопотреблением. Такие объекты способны вырабатывать энергию с помощью возобновляемых источников и потреблять ее в равном количестве в течение времени эксплуатации. Существуют здания, у которых количество потребляемой электроэнергии чуть больше, чем вырабатываемой. Такие объекты называются зданиями с почти нулевым энергопотреблением. [2]

Примером дома с нулевым энергопотреблением является коттедж в городе Хенгело, Нидерланды. (Рис. 2)



Рис.2 Коттедж с нулевым энергопотреблением в г. Хенгело

Двухэтажным дом был построен всего за 7 недель и имеет полностью автономное энергопотребление. Солнце для такого коттеджа служит пассивным источником тепла, которое проходит через окна на восточном и западном фасадах дома. Экономия энергоресурсов и поддержка оптимального микроклимата в помещениях обеспечивается за счет высокой герметичности ограждающих конструкций и системы вентиляции с рекуперацией тепла.

Отопление и обогрев воды происходит за счет теплового насоса. Также он даёт возможность пассивного охлаждения здания летом.

На территории коттеджа возведены хозяйственные постройки. На их кровле расположены фотоэлектрические панели, которые генерируют около 5 кВт·ч электроэнергии. (Рис. 3) Благодаря им обеспечивается профицит электроэнергии, равный 1288 кВт·ч. Избыток поступает в специальные накопители для последующего использования.



Рис.3 Фотоэлектрические панели на кровле хозяйственных построек

В городе, где построен коттедж, очень жесткая вода. Именно поэтому жители используют специальную систему смягчения. Она представляет собой резервуар для фильтрации дождевой воды, поступающей с крыш дома и хозяйственных построек. К этой системе

подключено все необходимые водопотребители: душ, унитаз, стиральная машина. (Рис. 4)

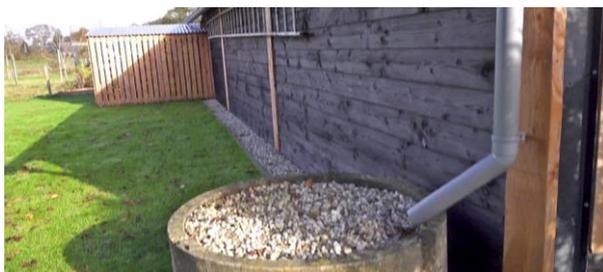


Рис.4 Система смягчения дождевой воды

Благодаря показателям высокой степени теплоизоляции и воздухо непроницаемости ограждающих конструкций и нулевому энергопотреблению коттедж Lofthouse получил звание самого экологичного дома в Нидерландах в 2020 году в категории домов площадью более 175 м².

Ещё одним из актуальных направлений «зеленого» строительства является озеленение крыш и фасадов зданий. Это позволяет сократить уровень шума и защитить ограждающие конструкции от атмосферных воздействий. [3-4]

«Зеленая» крыша представляет собой многослойную ограждающую конструкцию. В ее состав как правило входят:

- Железобетонная плита покрытия;
- Основной слой водоизоляционного ковра;
- Теплоизоляция из экструдированных пенополистирольных плит;
- Разделительный слой из геотекстиля;
- Дренажный и фильтрующий слой;
- Почвенный слой;
- Дренажный слой.

Различают интенсивное и экстенсивное озеленение крыш. Под интенсивным озеленением понимается использование высоких растений с развитой корневой системой. Для таких крыш необходим постоянный уход садовников, а также массивный почвенный слой. При экстенсивном методе крыши не требуют уход на постоянной основе, и для их устройства необходим минимальный слой грунта.

Благодаря многослойному составу «зеленых» крыш уменьшается эффект «тепловых островов», сокращаются затраты на отопление в

холодное время года, воздух обогащается кислородом, уменьшается количество влаги и повышается акустический комфорт в помещениях. [5-6]

Таким образом, применение технологий и решений «зеленого строительства» может значительно улучшить условия жизни человека.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корниенко, С.В. «Зеленое» строительство в России и за рубежом / С.В. Корниенко, Е.Д. Попова // Строительство уникальных зданий и сооружений. — 2017. — № 4. — С.67-93

2. Табунщиков, Ю.А. Критерии энергоэффективности в «зеленом» строительстве / Ю.А. Табунщиков, А.Л. Наумов, Ю.В. Миллер // Энергосбережение. — 2012. — № 1. — С.4

3. Наумов, А.Л. Энергоэффективность, стоимость жизненного цикла и зеленые стандарты / А.Л. Наумов, Д.В. Капко, О.С. Судына // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. — 2015. — № 5. — С. 5

4. Астафьева, О.Е. Снижение негативного воздействия строительства на экосистемы за счет сертификации по «зеленым» стандартам // Архитектура и строительство России. — 2015. — № 2. — С. 15

5. Ремизов, А.Н. Архитектура и экоустойчивость: сложность взаимоотношений // Жилищное строительство. — 2015. — № 1. — С. 45

6. Алимова, Д.Н. Сравнительный анализ международных экологических стандартов, регулирующих процессы «зеленого» строительства / Д.Н. Алимова, Перькова М.В. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2023. — № 8. — С. 53

УДК 69.059

Чесноков И.А.

Научный руководитель: Погорелова И.А., канд. техн. наук, доц.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ: АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ

Энергетическая эффективность стала одним из важнейших аспектов современной городской инфраструктуры и жилищно-коммунального хозяйства. С ростом городского населения и

увеличением потребления энергии существует необходимость в разработке и внедрении энергоэффективных систем, способные обеспечивать устойчивость и снижение негативного воздействия на окружающую среду [1-3]. В данном контексте анализ и оптимизация энергоэффективных систем в жилищно-коммунальном хозяйстве становятся важными задачами, требующими внимания и исследований.

Актуальность оптимизации энергоэффективных систем подчеркивается не только стремительным увеличением энергопотребления в мегаполисах, но и необходимостью улучшения качества жизни городского населения, снижения экологической нагрузки и достижения целей по уменьшению выбросов парниковых газов.

С ростом городского населения, города становятся крупными потребителями энергии. Это вызывает не только экономические и социальные, но и экологические проблемы, так как более высокое потребление энергии связано с увеличением выбросов парниковых газов и загрязнением окружающей среды.

Внедрение энергоэффективных систем приносит выгоду как в экономическом, так и экологическом плане. Основные плюсы включают в себя снижение энергозатрат, сокращение эксплуатационных расходов и ограничение негативного воздействия на окружающую среду.

Следует рассмотреть современные технологии и инновации, которые играют ключевую роль в повышении энергоэффективности в жилищно-коммунальном хозяйстве.

1. Использование инновационных строительных материалов и конструкций. Современные строительные материалы и конструкции предоставляют возможности для улучшения теплоизоляции и снижения энергопотребления в зданиях. Это включает в себя теплоизоляцию стен и крыш, использование эффективных остекленных систем и инновационных материалов, таких как утеплители с низким теплопроводностью.

2. Системы энергосбережения в зданиях. Множество современных зданий включают в себя системы энергосбережения, такие как интеллектуальное управление освещением и климатическими условиями, а также системы рекуперации тепла. Данные системы позволяют оптимизировать энергопотребление в реальном времени и снижать расходы на электроэнергию [2].

3. Возобновляемые источники энергии в жилищно-коммунальном секторе. Внедрение возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели и ветрогенераторы, становится все более

популярным в жилищно-коммунальном секторе. Они предоставляют возможность производить чистую энергию на местах, снижая зависимость от ископаемых топлив и сокращая выбросы углекислого газа.

Эффективное управление энергопотреблением играет ключевую роль в повышении энергоэффективности в жилищно-коммунальном хозяйстве (рис.1).



Рис. 1. Методы эффективного управления энергопотреблением в ЖКХ

1. Современные автоматизированные системы управления (АСУ) позволяют централизованно управлять и производить мониторинг энергопотребления в зданиях и инфраструктуре. Эти системы автоматически регулируют освещение, отопление, кондиционирование воздуха и другие процессы для снижения энергозатрат.

2. Установка средств сбора данных и систем мониторинга позволяет наблюдать за энергопотреблением в реальном времени. Это дает возможность оперативно реагировать на изменения и оптимизировать энергопотребление [3].

3. Интеллектуальные здания оборудованы системами, которые учитывают привычки и потребности пользователей, оптимизируют условия в здании и управляют энергопотреблением с учетом времени суток и времени года.

Технологии и системы управления совместно обеспечивают более высокую эффективность в управлении энергопотреблением и способствуют достижению устойчивости в жилищно-коммунальном хозяйстве.

Эффективная оптимизация энергоэффективных систем включает в себя ряд методов, которые позволяют повысить эффективность и снизить негативное воздействие на окружающую среду [4].

1. Моделирование и анализ данных. Моделирование и анализ данных играют важную роль в оптимизации энергоэффективных систем. С их помощью можно прогнозировать энергопотребление, выявлять неэффективные процессы и определять оптимальные

стратегии управления. Моделирование позволяет создавать виртуальные эксперименты для оценки потенциальных улучшений, прежде чем они будут внедрены на практике [5].

2. Оценка экономической эффективности. Важным аспектом оптимизации является оценка экономической целесообразности. Это включает в себя расчет сроков окупаемости, оценку затрат на оборудование и внедрение, а также определение потенциальных экономических выгод от улучшения энергоэффективности. Оценка экономической эффективности помогает принимать обоснованные решения и обеспечивать поддержку инвестиций в энергоэффективные системы [6].

С помощью обзора конкретных случаев оптимизации, можно увидеть, как эффективное управление энергопотреблением приводит к конкретным результатам:

1. Применение технологий «умных» сетей. Сети smart-городов и smart-зданий обеспечивают возможность мониторинга и управления энергопотреблением в режиме реального времени. Это позволяет согласовывать потребление с производством энергии и предоставлять более гибкий и эффективный подход к управлению.

2. Оптимизация теплоснабжения и вентиляции. Одним из ключевых аспектов оптимизации является эффективное управление системами отопления и вентиляции. Системы регулирования, которые учитывают потребности и предпочтения пользователей, позволяют сократить энергопотребление без ущерба для комфорта.

3. Эффективное управление энергопотреблением на уровне городской инфраструктуры. В некоторых городах внедряются интегрированные системы управления энергопотреблением на уровне всей городской инфраструктуры. Это включает в себя оптимизацию работы общественного транспорта, освещения улиц, управление трафиком и другие аспекты. Эти городские системы обеспечивают согласованное и эффективное использование энергии в городе, снижая нагрузку на сети и сокращая выбросы парниковых газов [7].

Методы оптимизации и успешные примеры оптимизаций показывают, что эффективное управление и оптимизация энергоэффективных систем возможны и приводят к конкретным пользам, включая снижение затрат, повышение устойчивости и улучшение качества жизни городского населения.

С ростом городского населения и увеличением энергопотребления, внедрение энергоэффективных систем становится критическим фактором для обеспечения устойчивого развития и снижения негативного воздействия на окружающую среду. Эти

системы имеют потенциал снизить расходы на энергию, улучшить качество жизни жителей, и вместе с тем, способствовать достижению целей по уменьшению выбросов парниковых газов.

Инновации в строительстве, использование инновационных материалов и конструкций, а также системы энергосбережения в зданиях, представляют собой ключевые факторы, способствующие росту эффективности. Системы управления энергопотреблением, такие как автоматизированные системы управления, мониторинг и контроль энергопотребления, играют существенную роль в оптимизации энергетических процессов [8].

Методы оптимизации, включая моделирование и анализ данных, а также оценку экономической эффективности, предоставляют инструменты для более эффективного управления ресурсами. Примеры успешных оптимизаций, такие как применение технологий "умных" сетей и оптимизация теплоснабжения, подтверждают, что эффективное управление энергопотреблением возможно и приносит существенные выгоды.

Создание устойчивого и энергоэффективного жилищно-коммунального хозяйства остается одним из главных вызовов для современного общества. Путем сотрудничества между государственными органами, инженерами, учеными и промышленными предприятиями, мы можем достичь значительного снижения нагрузки на окружающую среду и улучшить качество жизни городского населения.

В заключении, следует подчеркнуть, что развитие и внедрение энергоэффективных систем в жилищно-коммунальном хозяйстве играют важную роль в обеспечении устойчивого будущего для городов. Это требует усилий и инноваций, но перспективы более устойчивых и эффективных городов делают эти усилия несомненно ценными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Жилищное строительство в России // Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2017. № 4. С. 61-67.

2. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Эффективное воспроизводство жилищного фонда России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 98-104.

3. Кочерженко, В. В. Технология строительных процессов: учеб. пособие для студентов строит. специальностей / В. В. Кочерженко, В. М. Лебедев; В.В. Кочерженко, В.М. Лебедев; Федеральное агентство по

образованию, Белгородский гос. технологический ун-т им. В.Г. Шухова. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. – EDN QNMHVP.

4. Сулейманова Л.А., Ерохина И.А., Сулейманов А.Г. Ресурсосберегающие материалы в строительстве // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 7 (583). С. 113-116.

5. Кущев, Л.А. Пути снижения энергозатрат в жилищно-коммунальном хозяйстве / Л.А. Кущев, Г.Л. Дронова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2008. – № 2. – С. 24-25. – EDN OMSRVR.

6. Горбунов, С. М., Михайлова, Е. В. Современные технологии и материалы в жилищно-коммунальном хозяйстве: анализ и перспективы // Вестник инженерных наук, 2018. 5(2), С. 34-47.

7. Чернов, Д. В. Совершенствование системы управления жилищно-коммунальным хозяйством в современных условиях / Д. В. Чернов // Синергия Наук. – 2021. – № 63. – С. 213-222. – EDN BQNWHS.

8. Румянцева Е. Е. Жилищно-коммунальный комплекс России: проблемы теории и практики управления: монография / Е. Е. Румянцева. – М. : РАГС, 2006. – 160 с.

УДК 669.263

Шаповалова А.В., Аюбов Н.А., Ключев С.В.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова г. Белгород*

ДОБАВКИ ДЛЯ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

С 20-го века и по сей наблюдает активное развитие строительной индустрии. В результате, которого возникает проблема в разработке экологически чистых строительных материалов, а также их внедрении в строительстве без изменения основных характеристик [1 – 4]. С каждым годом растет строительная деятельность с использованием бетона. Согласно исследованиям, бетон является вторым, наиболее используемым веществом в мире, сразу после воды. А еще он является наиболее используемым строительным материалом во всем мире. Согласно подсчетам ежегодное потребление цемента составляет около 4,6 миллиарда тонн в год.

Так по оценкам, к 2050 году уровень потребления цемента может достичь цифры в 6 миллиардов тонн в год, тем самым, производство цемента будет только увеличиваться.

Из-за развивающейся инфраструктуры, строительство требует

цемента, заполнителей и их транспортировки. Это приводит к выбросу огромного количества CO₂ [5]. Примерно 7% антропогенных выбросов углекислого газа связаны с процессом производства цемента. Это привело к растущей обеспокоенности, связанной с сокращением природных ресурсов и истощением окружающей среды. Из-за увеличения парникового эффекта в 2019-2021 годах, Европа пересмотрела многие регламенты производства, связанные с выбросом углекислого газа. Так, согласно исследованиям примерно 850 × 106 тонн твердых отходов, образующихся в Европе, связано с работами в строительной сфере, что составляет примерно 31% от общего количества образующихся отходов, из которых только 3% используются вторично. Утилизация этих отходов вызывает растущую озабоченность среди экологов, становится очевидным, что природные ресурсы истощаются быстрыми темпами [6]. Значит, спрос на заполнители во всем мире в строительной отрасли будет расти ежегодно примерно на 5,2%.

Основная часть Намеченный план на следующее десятилетие включает в себя аспект «глобальной устойчивости». Были изучены различные подходы по снижению выбросов углекислого газа, такие как энергоэффективность во время производства, альтернативные и устойчивые виды топлива, а также замена цемента другими экологически чистыми материалами, в современное время данные исследования набирают актуальность [7]. Многими странами ведутся исследования в данном направлении [8]. Но по сей день недостаточно исследований, основанных на использовании цемента и «зеленых ресурсов» (отходы агропромышленного сектора, бактерий, сорбентов природного происхождения, побочных продуктов растениеводства и животноводства и т.п.).

Чаще всего такими добавками в бетоны служат, стекло, зола-унос, известняк, шлак. Перспективным направлением является использование отходов сельскохозяйственных культур в качестве добавок в цементные системы. Данными разработками занимаются многие страны среди них: Индия, Бразилия, США, Китай [7 – 15]. К примеру, Alaa M Mahmoud и Gharieb Rashad предложили геополимерный цемент на основе золы-уноса и добавки отхода сахарной промышленности, было доказано, что введение добавки отхода сахарной промышленности в диапазоне от 2.5% до 10% от массы. Это позволило уменьшить сроки схватывания цементного теста от массы, прочность на сжатие. А так же было установлено, что имеющаяся в отходе известь (CaO) в процессе реакции полимеризации способна высвобождать тепло, тем самым повышая щелочность состава

и уменьшая поры [13]. В Испании учеными M. Suffo, M. de la Mata и S.I. Molina были проведены исследования, направленные на использование агрокомпозита на основе отходов сахарной свеклы в строительной, химической промышленности [14]. В Индии проведены исследования на основе обожженных отходов агрокультур для получения новых теплоизоляционных материалов в строительстве [15]. Другим примером применения может служить исследования Китая по производству кирпича на основе рисовой шелухи [16]. В Южной Корее проведены исследования по применению агрокомпозита на основе рисовой шелухи, данные исследования показали, что рисовая шелуха обладает хорошими изоляционными свойствами и может применяться в качестве изгибных изоляционных материалов для изогнутых стен [17]. В качестве примера еще одного интересного исследования служит исследование ученых S.N. Minnu, A. Bahurudeen и G. Athira (Индия). Исследование строилось на сравнении золы жома сахарного тростника и золы-уноса и шлака в качестве добавки в цемент [18], они приведены на рис. 1



Рис. 1 Сравнение показателей

Замена бетона на исследуемые добавки составляла 20%, 30% и 40% по массе соответственно, причем замена 40% приводила к снижению прочностных характеристик, в остальных случаях, прочностные

характеристики были стабильны. Бетоны на основе добавок показали большую долговечность по сравнению с контрольными образцами. Установлено снижение проницаемости бетонов смешанных с золой жома сахарного тростника по отношению к контрольному бетону. Карбонизация цемента с добавкой на основе золы сахарного тростника оказалась значительно ниже, чем в контрольных образцах [18, 19].

Использование мелассы [20, 21], бактерий в цементном тесте [22, 23], отходов других аграрных культур в настоящее время находит еще большее применение в строительстве.

Ежегодно количество отходов растительного происхождения растет и на данный момент примерно составляет 15 млрд. т.

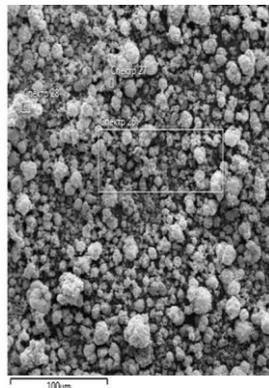
Таблица 1 Объемы отходов сельскохозяйственного производства и переработки продукции растениеводства [24]

№ п.п.	Наименование	Масса (млрд. т.)
1	Суммарное образование отходов за 1 год.	15
2	Отходы сельскохозяйственного производства	7
3	Отходы растениеводства	8
4	Вторично используемые отходы	3

Судя по данным в настоящий момент из 15 млрд. т. из них используется только 3 млрд. т. остальные 12 млрд.т. остаются не востребованными. В последние годы этот вид отходов используется в качестве энергоресурсов на тех же предприятиях, как биотопливо, в качестве биофильтров и компостов. Но остается еще огромный неиспользованный ресурс. Один из возможных вариантов его использования был предложен в данной статье. В качестве примера, на рисунке 2 (а) представлен исходный дефекаат, а так же его микроструктура (б).



а) исходный дефекаат



б) микроструктура дефекаата

Рис. 2 Исходный дефекаат (а) и его микроструктура (б)

Таким образом, можно сделать вывод, что за последнее десятилетие произошла более тесная интеграция всех видов производств, которые на первый взгляд кажутся абсолютно не совместимыми. Толчком послужило обострение экологической ситуации, ужесточение многих правил производства, рост цен на энергоносители и материалы, необходимые в строительной сфере. Все это послужило стимулом к поиску новых доступных материалов. Мы видим, как многие страны рассмотрели потенциал в использовании биологических отходов в качестве строительных материалов, которые, согласно исследованиям, по эффективности не уступают строительным материалам. Следовательно, можно судить о перспективности данного вида исследований.

Исследования проведены с использованием оборудования центра высоких технологий БГТУ им. В.Г.Шухова

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клюев С.В. Фибробетон для каркасного строительства // В сборнике: Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее. Материалы областной научно-практической конференции в 3-х частях. – 2011. – С. 37-38.
2. Клюев С.В. Сталефибробетон на основе композиционного ВЯЖУЩЕГО // В сборнике: Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее. Материалы областной научно-практической конференции в 3-х частях. – 2011. – С. 32-36.

3. Клюев С.В. Мелкозернистый сталефибробетон на основе отсева кварцитопесчаника // В сборнике: Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее. Материалы областной научно-практической конференции в 3-х частях. – 2011. – С. 27-31.

4. Клюев С.В. Высокопрочный мелкозернистый фибробетон на техногенном сырье и композиционных вяжущих // Бетон и железобетон. – 2014. – № 4. – С. 14-16.

5. Miller S. A. et al. Carbon dioxide reduction potential in the global cement industry by 2050 //Cement and Concrete Research. – 2018. – Т. 114. – С. 115-124.

6. Coffetti D. et al. Pathways towards sustainable concrete //Cement and Concrete Research. – 2022. – Т. 154. – С. 106718.

7. Coffetti D. et al. Pathways towards sustainable concrete //Cement and Concrete Research. – 2022. – Т. 154. – С. 106718

8. Singh M. et al. Recycling of waste bagasse ash in concrete for sustainable construction //Asian Journal of Civil Engineering. – 2021. – Т. 22. – С. 831-842.

9. Fathi H., Fathi A. Sugar beet fiber and Tragacanth gum effects on concrete //Journal of Cleaner Production. – 2016. – Т. 112. – С. 808-815.

10. Gopinath A. et al. A circular framework for the valorisation of sugar industry wastes: Review on the industrial symbiosis between sugar, construction and energy industries //Journal of Cleaner Production. – 2018. – Т. 203. – С. 89-108

11. Rashad A. M., Gharieb M. Solving the perpetual problem of imperative use heat curing for fly ash geopolymer cement by using sugar beet waste //Construction and Building Materials. – 2021. – Т. 307. – С. 124902.

12. Suffo M., De La Mata M., Molina S. I. A sugar-beet waste based thermoplastic agro-composite as substitute for raw materials //Journal of Cleaner Production. – 2020. – Т. 257. – С. 120382.

13. Yadav M., Sinha S. Waste to wealth: Overview of waste and recycled materials in construction industry //Materials Today: Proceedings. – 2022.

14. Hwang C. L., Huynh T. P. Investigation into the use of unground rice husk ash to produce eco-friendly construction bricks //Construction and Building Materials. – 2015. – Т. 93. – С. 335-341.

15. Yang H. S. et al. Possibility of using waste tire composites reinforced with rice straw as construction materials //Bioresource technology. – 2004. – Т. 95. – №. 1. – С. 61-65.

16. Minnu S. N., Bahurudeen A., Athira G. Comparison of sugarcane bagasse ash with fly ash and slag: An approach towards industrial acceptance of sugar industry waste in cleaner production of cement //Journal of Cleaner

Production. – 2021. – Т. 285. – С. 124836.

17. Abbas S. et al. Prospective of sugarcane bagasse ash for controlling the alkali-silica reaction in concrete incorporating reactive aggregates //Structural Concrete. – 2020. – Т. 21. – №. 2. – С. 781-793.

18. Acharya D. P., Gyawali T. R. Investigation of the performance of natural molasses on physical and mechanical properties of cement mortar //Ain Shams Engineering Journal. – 2023. – С. 102355.

19. Xiang J. et al. Characterization and role analysis of bacteria types in self-healing behaviour of cemented paste backfill //Journal of Building Engineering. – 2023. – С. 106964.

20. Gao X., Yang Y., Deng H. Utilization of beet molasses as a grinding aid in blended cements //Construction and Building Materials. – 2011. – Т. 25. – №. 9. – С. 3782-3789.

21. Kumar S. P. R., Mini K. M. Assessment of micro-crack self-healing performance of encapsulated bacteria in cement mortar //Materials Today: Proceedings. – 2023

22. Чибилёв А.А., Соколов А.А., Руднева О.С. Эффективность использования природного агропотенциала в степных регионах европейской России. Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2019;(4):24-30.

УДК 69.04

Юрченко Э.В., Сиделин В.Э.

Научный руководитель: Панченко Л.А., канд. техн. наук, доц.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ГРАФИКИ ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ В БАЛКЕ

Рассмотрим балку, нагруженную сосредоточенной силой F в сечении с абсциссой, равной a .

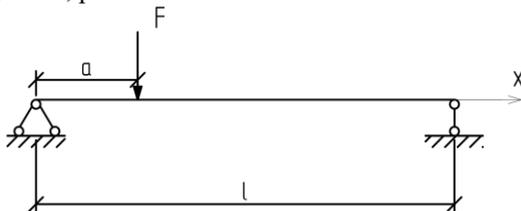


Рис.1. Балка, нагруженная силой F

Представим выражение для изгибающего момента в любом сечении в виде:

$$M_z = F(l - a) \frac{x}{b} - \mathbb{I}_a F(x - a), \quad (1)$$

где символ \mathbb{I}_a означает участок $x \geq a$ [1].

Функцию (1) можно представить как функцию двух независимых переменных: абсциссы a точки приложения силы и абсциссы x точки сечения, в которой определяется момент M .

Если принять $a = \text{const}$, а x переменной величиной, то график значений M_z по длине балки представляет собой эпюру изгибающего момента M_z (№1 на рис.2.)

Если принять $x = \text{const}$, а a переменной величиной, то график значений M представляет собой линию влияния изгибающего момента в одном фиксированном сечении с абсциссой x (№2 на рис.2.) Задавая различные значения a в первом случае, и изменяя x во втором случае, можно получить семейство эпюр и линий влияния.

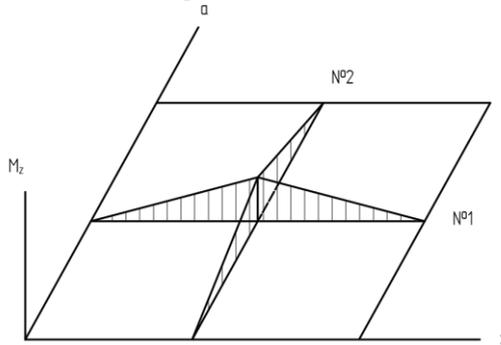


Рис.2. Графики внутренних усилий в балке: №1- эпюра момента; №2- линия влияния момента в точке $x = \text{const}$

С помощью матрицы можно выразить зависимость исследуемой величины сразу в нескольких сечениях балки от системы единичных сил, приложенных в выбранных точках. Такого рода линейный оператор называется матрицей влияния.

Рассмотрим в балке четыре сечения: 1,2,3,4. Представляя m_{ik} как момент в сечении i от единичной силы, приложенной в сечении k , запишем матрицу влияния изгибающих моментов:

$$L_m = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} \\ m_{41} & m_{42} & m_{43} & m_{44} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Значения m_{ik} можно получить с помощью линий влияния или эпюр моментов от единичных сил, прикладываемых поочередно в точках 1,2,3,4.

Если в точках 1÷4 заданы силы F_1, F_2, F_3, F_4 , то вектор моментов в рассматриваемых сечениях определяется по формуле:

$$\vec{M} = L_m \vec{F}, \quad (3)$$

где \vec{F} – вектор заданных сил.

Если балка разбита на равные n -частей ($l = nd$), то элементы L_m можно определить как:

$$m_{ik} = \frac{d}{n} i(n - k), i \leq k \quad (4)$$

$$m_{ik} = \frac{d}{n} k(n - i), i \geq k \quad (5)$$

Если балка поочередно нагружена несколькими совокупностями нагрузок, то в формуле (3) вместо \vec{F} вводится матрица влияния нагрузок:

$$F = \begin{vmatrix} F_{1(1)} & F_{1(2)} & F_{1(3)} & * & * \\ F_{2(1)} & F_{2(2)} & F_{2(3)} & * & * \\ F_{3(1)} & F_{3(2)} & F_{3(3)} & * & * \\ F_{4(1)} & F_{4(2)} & F_{4(3)} & * & * \end{vmatrix} \quad (6)$$

Представленные зависимости можно использовать при расчете трансформируемых систем, изменяющихся во время эксплуатации. Примером может служить система двух взаимосвязанных балок: стационарной и подвижной [2,3]. Стационарная балка, чаще всего, представляется как неразрезная, статически неопределимая. Нагруженная подвижная балка может перемещаться по всей длине стационарной балки. Для представленной на рис.3 системы подвижная балка может занимать четыре возможных положения: 1) обе опоры в правом пролете стационарной балки; 2) одна опора в правом, другая в левом пролете; 3) обе опоры в левом пролете; 4) одна опора в левом пролете, другая выходит влево за его пределы.

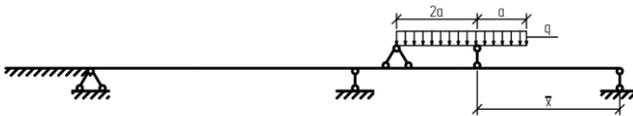


Рис.3. Трансформируемая балочная система

Диаграмма функции изгибающего момента M в стационарной балке, подобная графику на рис.2, находится в зависимости от двух переменных – абсциссы сечения x и координаты возможного положения нагрузки от подвижной балки \bar{x} (вместо a на рис.2). В данном случае диаграмма содержит эпюры момента при фиксированных значениях \bar{x} и обобщенные линии влияния M при фиксированных значениях x .

Под обобщенными линиями влияния имеются в виду графики от системы внешних сил, занимающих меняющееся положение.

Диаграмма изгибающих моментов может быть использована в расчетах на прочность, проводимых на стадии трансформирования системы с целью выявления возможного ее усиления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Филин А.П. Прикладная механика твердого деформируемого тела. Т.1.М.: Изд-во Наука, 1975. 832 с.
2. Юрьев А.Г. Концепция образования трансформируемых систем // Вестник БелГТАСМ. 2003. №3. С.103-107.
3. Юрьев А.Г. Оптимизация топологии и геометрии конструкций. Белгород: Изд-во БГТУ. 2018. 96 с.
4. Сапрыкина Н.А. Архитектурная форма: Статика и динамика. М.: Стройиздат, 1995. 467с.
5. Панченко Л.А. Строительные конструкции с волокнистыми композитами. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 184с.