

Вывод.

1 Проведен анализ технических решений на базе принципа декомпозиции напряженного состояния, который показал необходимость учета явления изгиба при конструировании сварных соединений.

2 Предложены более эффективные конструкции соединений, обеспечивающие снижение суммарных напряжений в ее элементах.

Список литературы

1 Орлов, П. И. Основы конструирования : справ.-метод. пособие : в 2 т. Т. 1 / П. И. Орлов. – М. : Машиностроение, 1988. – 560 с.

2 Декомпозиция напряженного состояния при оценке прочности неразъемных соединений / Т. С. Латун, Ю. А. Цумарев, В. К. Шелег [и др.] // Вестник машиностроения. – 2022. – № 8. – С. 56–59.

3 Влияние выпуклости на прочность односторонних стыковых швов с непроваром / Ю. А. Цумарев, Т. С. Латун, А. Н. Сеница, М. В. Латун // Вестник машиностроения. – 2024. – Т. 103, № 4. – С. 323–325.

4 СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 (с Изменениями № 1, 3). – Введ. 01.07.2013. – М. : Госстрой, 2013. – 197 с.

5 Цумарев, Ю. А. Влияние внецентренного растяжения на напряженное состояние стыкового сварного соединения / Ю. А. Цумарев // Сварочное производство. – 2010. – № 6. – С. 6–10.

6 Распределение напряжений в стыковых сварных соединениях деталей разной толщины / Ю. А. Цумарев, А. Н. Сеница, Н. И. Рогачевский [и др.] // Сварочное производство. – 2021. – № 5. – С. 8–13.

7 Майзель, В. С. Сварные конструкции / В. С. Майзель, Д. И. Навроцкий. – Л. : Машиностроение, 1973. – С. 103.

УДК 69.05

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ОТ ЗАЩИТЫ КОНСТРУКЦИЙ ДО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ

П. С. МАСЛО

Научный руководитель – А. А. Карамышев (ст. преп.)

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Строительная индустрия переживает глубокую трансформацию, вызванную развитием новых материалов и автоматизированных технологий. Если еще десять лет назад сектор полагался на традиционные методы, то сегодня инженеры имеют доступ к инновационным решениям, которые не только повышают долговечность зданий, но и ускоряют процесс строительства, снижают затраты и улучшают условия труда.

1 Гидроизоляция конструкций.

Жидкие полимерные покрытия: напыляемая резина. Одним из наиболее перспективных методов защиты строительных конструкций от влаги является применение полимерно-битумных эмульсий, которые распыляются холодным способом. Эта технология позволяет наносить защитный слой на конструкции сложной геометрии, создавая при этом непрерывное, бесшовное покрытие с характеристиками резины [1].

Основное преимущество данного подхода заключается в скорости обработки и долговечности. Слой затвердевает в течение нескольких секунд, что позволяет приступить к следующему этапу работ практически сразу. Материал демонстрирует отличную устойчивость к механическим воздействиям и химическим загрязнениям, а гарантийный период составляет более двух десятилетий. Применение возможно на разнообразных объектах: кровельных системах, подземных фундаментах, гидротехнических сооружениях и инженерных коммуникациях.

Полиуретановые композиции: универсальность применения. Полиуретановые материалы для защиты от влаги представляют собой смеси синтетических смол, которые полимеризуются после нанесения на поверхность. Простота нанесения – одна из главных причин широкого распространения этого метода. Мастер может использовать обычную щетку или валик, при этом материал не образует потеков даже при работе на вертикальных стенах.

Технические характеристики впечатляют: высокая прочность на разрыв (до 600 %), сохранение эластичности при температурных колебаниях, полная герметичность, хорошая адгезия к основным строительным материалам (бетон, сталь, кирпич, дерево). Жизненный цикл материала превышает 15 лет непрерывной эксплуатации.

Кристаллизующиеся составы: проникающая защита. Альтернативный подход предусматривает использование материалов, которые проникают в микроскопические полости и трещины бетонной структуры. Активные компоненты вступают в химическое взаимодействие с материалом основания, образуя нерастворимые кристаллические структуры, которые закупоривают поры.

Такие составы обладают уникальным свойством: они могут применяться на уже влажных поверхностях и сохраняют способность пропускать водяной пар, что предотвращает накопление конденсата. При появлении новых микротрещин материал повторно активизируется и восстанавливает целостность защитного слоя. Глубина проникновения в бетон достигает 40 см, что обеспечивает комплексную защиту. Гарантийный период составляет четверть века и более.

Инъекционные методы и полимерные барьеры. Когда речь идет об активных протечках, используется инъекционная технология с применением текучих полимерных гелей на акрилатной основе. Материал заполняет все полости и трещины, быстро набирает прочность. При контакте с водой он

расширяется, обеспечивая эффективное блокирование утечек. Для масштабных объектов (крыши, подземные конструкции) применяются полимерные мембраны. ПВХ-материалы свариваются термическим способом, образуя единый непроницаемый ковер с гарантийным сроком 20–25 лет. Каучуковые мембраны (на основе этилен-пропилен-диеновых и бутилкаучуковых соединений) способны переносить деформации до 10 мм и функционировать во всех климатических зонах, обеспечивая защиту на срок от 20 до 100 лет.

2 Усиление конструкций (новые методы).

Углеволокнистые композиты: легкость и эффективность. Развитие композитных материалов открыло новые возможности для конструкционного усиления. Полимеры, армированные углеродными волокнами (обозначаемые аббревиатурой FRP), представляют собой технологический прорыв в области реконструкции зданий. Тонкие слои этого материала приклеиваются к поверхности усиливаемого элемента с помощью эпоксидных клеев, создавая дополнительный «мышечный слой», который многократно повышает несущую способность без утолщения конструкции.

Графеновые наноструктуры: революция в составе бетона. Графен – это материал, представляющий собой одноатомный слой углерода, расположенные атомы которого образуют гексагональную решетку. Его прочностные характеристики более чем в две сотни раз превосходят параметры стали при несоизмеримо меньшей массе [2].

Введение графеновых добавок в бетонную смесь приводит к значительному повышению прочностных характеристик (30–50 %) и продлению межремонтного интервала на десятилетия. Специальные исследования демонстрируют, что добавление графена увеличивает сжимающую прочность на 146 % и теплоемкость на 88 %.

Наноструктурные элементы (частицы нанометрового размера, нановолокна, соединения на основе углерода) модифицируют цементную матрицу, улучшая скорость гидратационных процессов, повышая содержание связующего вещества, уменьшая пористость и проницаемость. Нанопластинки графена особенно эффективны для уменьшения пустотности и увеличения сжимающей прочности. Примечательно, что добавление 1 % графена увеличивает электрическую проводимость цементного теста в тысячу раз.

Саморегенерирующийся бетон: живой материал. Одной из наиболее амбициозных разработок является бетон, способный самостоятельно заживлять появляющиеся повреждения. В структуру материала интегрируются тончайшие волокна, покрытые гидрогелевым слоем, содержащим микроорганизмы в состоянии анабиоза.

Когда в материале развивается трещина, создаваемое напряжение разрушает защитную оболочку, высвобождая гидрогель. Микроорганизмы пробуждаются и начинают метаболическую деятельность, в результате ко-

торой образуется кальциевый карбонат – природный цемент, заполняющий дефекты структуры. Альтернативная методология предусматривает использование микроскопических капсул с полимерными веществами, суперабсорбентов и армирующих добавок.

Усиление железобетонных элементов: синергия материалов. При работе с железобетонными конструкциями применяется принцип разделения функций: полимерный ламинат берет на себя растягивающие нагрузки, бетон – сжимающие. Усиление осуществляется двумя методами: установкой угольной «ленты» с обхватом элемента (создающей эффект дополнительного стягивания и повышающей сжимающую способность) и наклеиванием углеволокнуистой ткани вдоль продольного армирования (для улучшения растягивающей прочности). Этот комплексный подход существенно увеличивает грузоподъемность, устраняет трещины и предотвращает коррозионные процессы [3].

Интеллектуальные материалы и встроенные системы мониторинга. Новое поколение строительных материалов может активно взаимодействовать с окружающей средой и сообщать информацию о своем состоянии. Технологичный бетон включает в себя встроенные датчики, регистрирующие величину деформаций, температурные изменения, влажность и прочие параметры. Это позволяет инженерам оперативно выявить зарождающиеся проблемы.

Функциональный кирпич может быть оснащен фотоэлектрическими элементами для выработки электроэнергии, встроенными системами звукоизоляции и влагозащиты, сенсорными приборами для фиксации параметров климата.

Строительная индустрия находится на пороге новой эры. Конвергенция нескольких технологических направлений – развитие наноматериалов, создание умных конструкционных решений и внедрение автоматизированных систем – открывает неограниченные возможности для повышения эффективности, безопасности и долговечности возводимых объектов.

Внедрение этих инноваций требует переподготовки специалистов, изменения регламентирующей документации и инвестиций, но отдача от такого перехода выражается в сокращении смет, снижении числа аварий, удлинении жизненного цикла строительных объектов и улучшении условий труда рабочих. Будущее строительства будет определяться не столько мастерством ремесленников, сколько глубиной внедрения этих передовых технологий.

Список литературы

- 1 **Кокорин, В. И.** Полимерные строительные материалы : справ. / В. И. Кокорин. – М. : Стройиздат, 2017.
- 2 **Ушаков, С. А.** Инновационные технологии в строительстве / С. А. Ушаков. – М. : ИНФРА-М, 2021.
- 3 **Коваленко, П. И.** Технологии усиления строительных конструкций / П. И. Коваленко. – Киев : КНУБА, 2019.