

5 **Трещев, А. А.** О механических испытаниях тонкостенных цилиндрических оболочек из композитных материалов / А. А. Трещев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 7. – С. 90–97. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-7-90-91. – EDN: ANDSZH.

6 **Петров, В. В.** Расчет неоднородных по толщине оболочек с учётом физической и геометрической нелинейностей / В. В. Петров // Academia. Архитектура и строительство. – 2016. – № 1. – С. 112–117. – EDN: VNRSEV.

7 **Каюмов, Р. А.** Большие прогибы, потеря устойчивости и закритическое поведение пологих панелей и арок переменной толщины на упругом основании / Р. А. Каюмов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2024. – № 2. – С. 33–41. – DOI: 10.15593/perm.mech/2024.2.04. – EDN: KFDQBX.

8 **Карпов, В. В.** Прочность и устойчивость подкреплённых оболочек вращения : в 2 ч. Ч. 1. Модели и алгоритмы исследования прочности и устойчивости подкреплённых оболочек вращения / В. В. Карпов. – М. : Физматлит, 2010. – 288 с. – EDN: UIRNWJ.

9 **Тумашик, Г. А.** Исследование статической и динамической прочности цилиндрической оболочки, контактирующей с круговой диафрагмой / Г. А. Тумашик, А. И. Фрумен // Вестник Московского авиационного института. – 2012. – Т. 19, № 5. – С. 192–196. – EDN: PIGEEH.

10 **Мишуренко, Н. А.** Вычислительный алгоритм расчета напряженно-деформированного состояния и устойчивости тонкостенных оболочек / Н. А. Мишуренко, А. А. Семенов // Вестник МГСУ. – 2025. – Т. 20, № 6. – С. 850–866. – DOI: 10.22227/1997-0935.2025.6.850-866. – EDN: JBQTRI.

11 **Самарский, А. А.** Численные методы / А. А. Самарский, А. В. Гулин. – М. : Наука, 1989. – 432 с.

УДК 69.059.4

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

М. М. ПЕНЯЗЬ, О. Е. ПАНТЮХОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Актуальность проблемы повышения долговечности строительных конструкций обусловлена возрастающими требованиями к качеству и надёжности зданий и сооружений в Республике Беларусь. Современные условия эксплуатации предполагают значительную нагрузку на конструкции, обусловленную суровыми климатическими условиями, высокой степенью антропогенного воздействия и высокими стандартами безопасной эксплуатации. Поэтому возникает необходимость комплексного подхода к решению вопросов долговечности, направленного на внедрение инновационных материалов и технологий, позволяющих существенно увеличить срок службы конструкций и снизить затраты на ремонт и восстановление.

Характеристика инновационных материалов для повышения долговечности. Развитие науки и техники открывает новые горизонты для разработки инновационных материалов, способных существенно увеличить срок службы строительных конструкций. Рассмотрим наиболее важные категории таких материалов, доказавшие свою эффективность в условиях Республики Беларусь.

Углеволоконные композитные материалы. Углеволоконные композиты представляют собой уникальный класс материалов, состоящих из сверхпрочного углеволокна и смолы, образующей прочный каркас. Например, во время реставрации моста через реку Нёман использовалась углеволоконная сетка, установленная поверх старого железобетона, что повысило прочность конструкции почти вдвое.

Цементные композиции с микроармированием. Особый интерес представляют цементные композиции, обогащённые мелкими фракциями стекловолокна, арамидных нитей или полипропиленового волокна. Микроармирование позволяет существенно повысить устойчивость к растягивающим усилиям, предотвратить образование микротрещин и защитить бетон от агрессивных воздействий окружающей среды. Например, при строительстве торгового центра в Гомеле была использована система микрофибры, введённая в бетонную смесь, что сократило количество необходимых инъекций раствора и восстановлений.

Полимерные композиты и плёнкообразователи. Эта группа материалов представлена различными полимерными композициями, наносимыми в жидком состоянии на поверхность конструкций. Широкий ассортимент полимерных композиций позволяет подобрать оптимальное решение для любых видов строительных конструкций, будь то сталь, алюминий, бетон или дерево. Например, покрытия из полиуретана и полиамида наносятся на стальные трубы трубопроводов, предназначенные для подачи питьевой воды, предотвращая возникновение коррозии и обеспечивая бесперебойную подачу чистой воды населению.

Геосинтетические материалы. Геосинтетика – особый класс инновационных материалов, предназначенных для укрепления грунтов, стабилизации земляных насыпей и организации дренажа. Эти материалы изготавливаются из полиэстера, полиэтилена и других синтетических волокон, выдерживающих долговременные нагрузки и агрессивные воздействия. Например, георешётки использовались при восстановлении автомобильной трассы в Минской области, предотвратив размывание насыпи и сохранив проезжую часть в хорошем состоянии на протяжении долгих лет.

Антикоррозионные покрытия. Предназначены для защиты металла от коррозии, вызванной контактом с воздухом, влагой и химическими веществами. Они содержат активные компоненты, способные нейтрализовать вредные окислители и формировать плотную пленку, предотвращающую доступ кислорода и влаги к металлу. Например, многоэтажные резервуары нефтехранилища в Новополоцке защищены комбинацией толстослойного и тонкого антикоррозионного покрытия, гарантирующего полную герметизацию и защиту металла на многие годы вперед.

Фотокаталитические материалы. Обладают уникальным свойством разлагать загрязняющие вещества под действием света. Этот механизм основан на каталитических реакциях, происходящих на поверхности фотокатализа. Такая реакция запускается при контакте с ультрафиолетом, кислородом и водяным паром, превращая грязь и токсины в безвредные соединения. Например, новый медицинский корпус поликлиники в Минске оборудован окнами с покрытием из титанового диоксида, которое автоматически очищает поверхность от пыли и болезнетворных микроорганизмов, обеспечивая стерильную среду.

Газопроницаемые мембраны. Служат для создания воздухообмена и удаления лишней влаги из внутренних пространств. Мембранные покрытия пропускают водяной пар наружу, оставляя сухой внутренний слой, одновременно предотвращая попадание воды извне. Например, в ходе строительства школы-интерната в Борисове применялась особая мембрана «Tuvек», обеспечивающая идеальный баланс притока свежего воздуха и удержания тепла, тем самым улучшив условия пребывания детей и педагогов.

Огнезащитные материалы. Особое внимание уделяется огнестойким материалам, способным защищать конструкции от огня, дыма и токсичных газов. Существуют два класса огнезащитных материалов: огнестойкие краски и лаки, а также огнеупорные штукатурки и пропитки. Например, театральный зал областного театра в Орше прошёл обработку специальными огнезащитными красками, что гарантировало пожарную безопасность зрителей и артистов на долгие годы вперед.

Представленные выше материалы и технологии формируют фундамент для эффективной борьбы с основными причинами сокращения долговечности строительных конструкций и позволяют создавать высококачественные и долговечные объекты, пригодные для длительного и продуктивного использования.

Проблемы и препятствия на пути внедрения инновационных материалов.

Несмотря на очевидные преимущества инновационных материалов, существует целый ряд препятствий, затрудняющих их массовое внедрение. Ниже приведены основные проблемы и предложены способы их преодоления.

1 Стоимость материалов. Высокая цена некоторых инновационных материалов является главным препятствием для их широкого распространения. Решение проблемы лежит в плоскости финансовой поддержки со стороны государства и льготного кредитования для покупателей и поставщиков.

2 Трудности в освоении новых технологий. Недостаточный уровень осведомленности о новых продуктах и технологиях усложняет принятие решений о внедрении инновационных материалов. Выходом из ситуации является организация образовательных курсов и конференций, посвящённых новым тенденциям в сфере строительства.

3 Законодательные ограничения. Отдельные нормы и правила мешают широкому распространению инновационных материалов. Требуется внесение поправок в законодательство, регламентирующих допуск новых материалов и упрощающих процедуру их регистрации и лицензирования.

Решение обозначенных проблем возможно только при активной поддержке правительства и общественности. Следует организовать координацию усилий между государственными органами власти, представителями науки и бизнесом, разработать стратегию совместного движения к достижению поставленных целей.

Вопрос повышения долговечности строительных конструкций является актуальным и многоаспектным. Успехи в науке и технике предоставляют прекрасные возможности для воплощения новых идей и технологий в жизнь. Используя представленные в работе материалы и советы, специа-

листы смогут значительно повысить долговечность конструкций, уменьшить затраты на ремонт и восстановление, а также гарантировать безопасный и комфортный быт людям.

Список литературы

- 1 Андреев, С. Е. Экологичные строительные материалы будущего / С. Е. Андреев, Н. Ю. Иванова // Строительная наука и техника. – 2024. – № 2. – С. 15–22.
- 2 Морозова, Е. В. Строительные материалы будущего / Е. В. Морозова, А. Н. Петров // Журнал строительной индустрии. – 2022. – № 1. – С. 8–15.
- 3 Подлесная, Я. Ю. Обзор инновационных архитектурных решений и материалов / Я. Ю. Подлесная // Альманах архитектора. – 2022. – № 4. – С. 57–62.
- 4 Тихонова О. М. Новые технологии строительства и качество жилой застройки / О. М. Тихонова // Вестник Академии наук Беларуси. Серия «Архитектура и градостроительство». – 2023. – № 4. – С. 21–29.

УДК 625.8

КОЛЕБАНИЯ СВАИ ПРИ ВНЕЗАПНОЙ ОСАДКЕ ЧАСТИ ОСНОВАНИЯ

А. А. ПОДДУБНЫЙ, Е. Е. КИЛЬЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Сваи, являющиеся специализированными стержневыми элементами, играют критически важную роль в современном строительстве. Они служат для передачи нагрузки от зданий и сооружений через рыхлый и слабый слой почвы к более плотным и крепким глубоким слоям, тем самым обеспечивая устойчивость и надёжность различных конструкций. На сегодня сваи находят широкое применение практически повсеместно и в огромных количествах, что обусловлено их уникальными свойствами и способностью справляться с различными нагрузками в самых разных условиях.

Следует отметить, что свойства упругого основания, куда полностью или частично погружается свая, сильно влияют на динамику и стабильность конструкции. Это обусловлено тем, что сваи могут подвергаться значительным внешним воздействиям. Взаимодействие свай с основанием отражается в дифференциальных уравнениях изгиба свай. В этом уравнении добавляется реакция основания в качестве дополнительной нагрузки, что, в свою очередь, обуславливает необходимость детального исследования данного аспекта.

На текущий момент в научной литературе накоплено множество работ, глубоко исследующих проблемы взаимодействия свай и поддерживающих их оснований. В рамках этих научных работ проводятся обширные эксперименты и моделирования, направленные на изучение таких ключевых вопросов, как прочность, динамика и устойчивость элементов системы «свая – основание». Среди представленных в исследовательских трудах моделей оснований, модель Винклера [1] заслуживает особого внимания, так как она является наиболее простой с точки зрения вычислительных методик и достаточно эффективной в применении. Однако это не единственный подход, который активно рассматривается научным сообществом. Также существует ряд других моделей оснований, включающих многопараметрические, нелинейные и неоднородные, которые, безусловно, расширяют горизонты исследования.

Что касается самих свай, то их моделирование может осуществляться с использованием различных методов, включая модели стержней Эйлера – Бернулли, Тимошенко, ступенчатые конструкции и конструкции с переменной изгибной жёсткостью. В рамках научных работ также рассматриваются многочисленные силы, формирующие напряжённо-деформированное состояние свай, включая функциональные и тангенциальные силы, а также моменты. Кроме того, в ряде работ детально изучается влияние граничных условий и глубины погружения свай, принимается во внимание многослойность основания, что, безусловно, имеет большое значение для полноты понимания процессов.

Важно отметить, что, помимо аналитических методов, которые обычно используются для решения задач динамики и устойчивости, учёные также активно применяют методы конечных элементов, методы конечных разностей, итерационные подходы, а также методы начальных параметров. Вопросы оптимизации устойчивости стержней на упругих основаниях также находят своё место в рамках данного направления исследований, что подчеркивает его многогранность.

Основная масса теоретических и экспериментальных работ, сосредоточенных на данной теме, имеет своей целью установление прямых зависимостей предельных напряжений и деформаций, критических сил, частот и форм собственных и вынужденных колебаний свай от изменяющихся па-