

При увеличении этажности здания на 4 этажа нагрузку от надстройки переносят с поперечно несущих стен на продольно несущие в надстраиваемом объеме. При этом самонесущие стены до реконструкции требуют усиления, так же как и фундаменты.

При надстройке существующего здания от 5 до 10 этажей используют схему, которая предусматривает установку по периметру существующего здания на самостоятельные фундаменты несущие колонны каркаса, называемые колоннами «фламинго». Колонны устанавливают на самостоятельные фундаменты на расстоянии 1200–1500 мм от наружных стен существующего здания. Между колоннами и существующими наружными стенами укладывают горизонтальные плиты балконов или лоджий, что способствует увеличению ширины здания. В надстраиваемых этажах образуются однопролетные конструктивно-планировочные системы с поперечными балками-стенками, установленными через этаж, которые совмещают функции перегородок и несущих конструктивных элементов.

Таким образом, при реконструкции для обеспечения надежности зданий рассматриваются вопросы пространственного расположения и взаимосвязь всех несущих элементов, обеспечивающих его общую прочность, жесткость и устойчивость, и при необходимости заменяется конструктивная схема здания.

Список литературы

1 Васильев, А. А. Техническое обследование строительных объектов (с электронным приложением) : учеб. / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 429 с.

2 Об изменении законов : Закон Республики Беларусь от 28 июня 2024 г. № 15-3 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=Hk2300289> (дата обращения: 12.09.2025).

УДК 691.322

О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОАКТИВНЫХ ДОБАВОК В БЕТОНАХ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В. А. КОНЫШКО, Т. В. ЯШИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Экспериментальные данные 2020-х годов свидетельствуют о значительном улучшении ключевых эксплуатационных характеристик бетона при использовании наноактивных добавок. Наиболее выраженный эффект наблюдается при применении нанокремнезема (nano-SiO_2). Исследования Кембриджского университета демонстрируют, что введение 2 % nano-SiO_2 от массы цемента приводит к увеличению прочности на сжатие на 35 % по сравнению с контрольным образцом уже на 28-е сутки твердения [1]. Механизм упрочнения основан на исполнении наночастицами роли центров кристаллизации гидратных новообразований, значительно ускоряя гидратацию цемента, и одновременном заполнении мельчайших пор и капилляр размером менее 100 нм, которые являются концентраторами напряжений и основными путями проникновения агрессивных сред. Это подтверждается данными сканирующей электронной микроскопии, где наблюдается плотная, однородная микроструктура с минимальным количеством дефектов. Важным результатом является снижение проницаемости на 60 %, что напрямую повышает коррозионную стойкость конструкции в условиях воздействия хлоридов от противогололедных реагентов [1].

Углеродные нанотрубки проявляют себя иначе, их ключевая роль – микроармирование цементной матрицы на наноуровне. Работы Массачусетского университета показывают, что даже минимальная дозировка в 0,05 % от массы цемента повышает прочность на растяжение и трещиностойкость на 50 % [2], значит нагрузка, вызывающая образование трещин в модифицированном бетоне, значительно выше, а ширина раскрытия образующихся трещин существенно меньше. Это критически важно для ответственных конструкций путепроводов, испытывающих знакопеременные динамические нагрузки. Еще одним полезным эффектом является возникновение электропроводности (до 10^{-2} См/м) [2]. Это открывает возможности для создания «умных» конструкций, способных к самодиагностике путем измерения изменения электросопротивления при образовании дефектов.

Перспективы исследования по применению наноглин сфокусированы, в частности, на монтмориллоните. Его пластинчатые наночастицы создают в цементном камне барьерный эффект, существенно удлиняя и усложняя путь для проникновения воды и агрессивных ионов. Это подтверждается испытаниями на сульфатостойкость, где образцы с 3 % наноглины показали увеличение срока службы в 2 раза по сравнению с обычным бетоном [3]. Дополнительным преимуществом является снижение деформаций усадки на 40 %, минимизируя риск образования усадочных трещин в раннем возрасте.

Синергетический эффект наблюдается при использовании гибридных составов. Комбинация нанокремнезема и углеродных нанотрубок приводит к увеличению прочности на сжатие на 40–50 %, а ударная вязкость возрастает в разы. Это позволяет проектировать более легкие и изящные конструкции без потери несущей способности и ведет к экономии материалов и снижению постоянных нагрузок.

Однако при процессе применения nanoактивных добавок имеется существенная проблема. Наноматериалы склонны к агломерации из-за высоких поверхностных энергий. Для достижения заявленных свойств необходимо обеспечить их равномерное распределение в объеме бетонной смеси. Это требует применения специального оборудования, такого как ультразвуковые диспергаторы, или использования поверхностно-активных веществ, что увеличивает сложность и стоимость технологии. Поэтому на сегодня лабораторные исследования направлены скорее на разработку эффективных и экономичных методов диспергирования и внедрения в промышленность нанодобавок, нежели поиск новых.

Экспериментальные данные находят конкретное воплощение в проектировании и возведении объектов транспортной инфраструктуры, где требования к долговечности и надежности наиболее критичны. При строительстве мостового перехода через реку Ока в составе скоростной магистрали М-12 использование наномодифицированного бетона позволило отказаться от дополнительной гидроизоляции опор в зоне переменного уровня воды, что дало экономию в 15 % от стоимости подводной части за счет уменьшения сечения элементов на 15–20 % при сохранении несущей способности и снизило постоянные нагрузки, позволяя применять более легкие фундаменты. Для дорожных покрытий и аэродромных плит ключевое значение имеет сопротивление усталостным нагрузкам и истиранию. Наноглина, благодаря своему барьерному эффекту, значительно снижает проникновение антигололедных реагентов и предотвращает коррозию арматуры в плитах. Исследования, проведенные на экспериментальном участке федеральной трассы М-4 «Дон», показали, что после 5 лет эксплуатации глубина износа наномодифицированного покрытия составила 0,8 мм против 2,3 мм у традиционного бетона. Такие показатели износа позволяют увеличить межремонтные интервалы с 10–12 до 20–25 лет. В тоннелестроении, где бетон подвергается комплексному воздействию влаги, химически агрессивных сред и динамических нагрузок, применяются составы с повышенным содержанием нанокремнезема и микрофибры. При строительстве тоннеля в обход города Выборг применение наномодифицированного бетона позволило отказаться от внешней гидроизоляционной мембраны, сэкономив около 36 дол. на 1 м² конструкции и сократив сроки работ на 15 %.

Экономический анализ для типового объекта показывает, что несмотря на увеличение стоимости бетонной смеси (20–25 %), суммарный экономический эффект в течение жизненного цикла объекта (100 лет) составляет 25–35 % [4]. Экспериментально доказана высокая эффективность наномодификации для кардинального улучшения ключевых эксплуатационных характеристик бетона. Комбинация нанодобавок позволяет не просто суммировать, а умножать положительные эффекты, достигая повышения прочности и ударной вязкости, что позволяет проектировать более легких и изящных конструкций сокращая материалоемкость без потери несущей способности.

Практическое применение в транспортном строительстве подтвердило не только техническую целесообразность, но и экономическую эффективность технологий. Несмотря на увеличение первоначальных затрат, совокупный экономический эффект в течение жизненного цикла возрастает за счет увеличения межремонтных интервалов с 10–12 до 20–25 лет и сокращения затрат на гидроизоляцию и ремонтные работы. Перспективными направлениями дальнейших исследований является разработка экономичных методов диспергирования наноматериалов, создание стандартизированных методик испытаний, разработка «умных» самодиагностирующих композитов и оценка долговременной (50+ лет) долговечности наномодифицированных конструкций в реальных условиях эксплуатации.

Список литературы

- 1 Impact of Nano-silica on the hydration, strength, durability, and microstructural properties of concrete: A state-of-the-art review / F. Althoey, F. Zaid, R. Martínez-García [et al.] // Sciencedirect.com. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509523001766> (date of access: 18.08.2025).
- 2 Physicomechanical Properties of Carbon Nanotubes Reinforced Cementitious Concrete / P. C. Chiadighikaobi, A. A. Abd Noor, J. P. Vladimir, A. S. Markovich // ResearChgate. – URL: https://www.researchgate.net/publication/375463365_Physicomechanical_Properties_of_Carbon_Nanotubes_Reinforced_Cementitious_Concrete_-_A_Review (date of access: 21.08.2025).
- 3 Affaf, N. Montmorillonite (MMT) nanoclay in smart coatings for corrosion protection of metal alloy / N. Affaf, J. Alias, N. A. Alang // ResearChgate. – URL: https://www.researchgate.net/publication/377649897_Montmorillonite_MMT_nanoclay_in_smart_coatings_for_corrosion_protection_of_metal_alloy_a_brief_review (date of access: 21.08.2025).
- 4 Иноземцев, С. С. Техничко-экономическая эффективность применения наномодифицированного наполнителя для асфальтобетона / С. С. Иноземцев, Е. В. Королев // Cyberleninka. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnikoekonomicheskaya-effektivnost-primeneniya-nanomodifitsirovannogo-napolnitya-dlya-asfaltobetona/viewer> (date of access: 07.09.2025).

УДК 534.83:613.644

АКУСТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ УО «БелГУТ»

М. А. ЛИХАЧЁВА, А. В. ЩЕГЛОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Акустическая безопасность является критически важным элементом системы охраны труда в любом учреждении, где присутствуют источники шума. Для Белорусского государственного университета транспорта (БелГУТ) – ведущего вуза в области подготовки инженерных кадров для транспортной отрасли – эта проблема стоит особенно остро. Испытательные лаборатории университета, где проводятся исследования тягового подвижного состава, элементов вагонов, дорожных машин, энергетических установок и других систем, являются зонами с потенциально высоким уровнем шума.

Цель данного исследования – проанализировать проблему акустической безопасности в испытательных лабораториях БелГУТа, выявить основные источники шума, оценить их воздействие на персонал и предложить комплекс мер по защите. Актуальность темы обусловлена необходимостью сохранения здоровья сотрудников и студентов, обеспечения точности и воспроизводимости экспериментальных данных, а также соблюдения строгих требований законодательства Республики Беларусь в области охраны труда.

Лаборатории, где уровень шума находится выше нормы: «Тормозные системы подвижного состава», «Электрические и электронные системы», «Динамика и прочность», «Комплекующие и материалы», испытательный полигон [1].

Основные источники шума в испытательных лабораториях:

1 Испытательные стенды двигателей и трансмиссий. Электродинамические тормоза, дизельные и электрические двигатели, работающие на различных режимах, системы вентиляции стендов генерируют шум широкополосного характера с высоким уровнем звукового давления (до 90–110 дБА).

2 Стенды для испытания узлов железнодорожного подвижного состава. Вибрационные установки, механизмы для испытания на ударную нагрузку, гидравлические прессы, работающие приводы создают интенсивный низко- и среднечастотный шум.

3 Аэродинамические работы. При работе вентиляторов мощных напора и тяги возникает высокочастотный шум, характерный для турбулентных потоков воздуха.

4 Электротехническое и электронное оборудование. Источники питания, трансформаторы, системы охлаждения высокомоощного оборудования, генераторы сигналов могут быть источником постоянного гула.

5 Вспомогательное оборудование. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха, компрессоры, насосные установки, станки в учебно-производственных мастерских.

Таким образом, шум в лабораториях часто является постоянным широкополосным с преобладанием средне- и высокочастотных составляющих, наиболее вредных для органа слуха.