

НАНОМАТЕРИАЛЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ

Н.А. Кудряшов, И.С. Косенков, А.С. Двужилов

© Кудряшов Н.А., Косенков И.С.,
Двужилов А.С., 2025

***Аннотация.** В статье рассмотрены наноматериалы, такие как углеродные нанотрубки и наноксиды, и их применение в строительстве. Подчеркнуто, что они значительно улучшают прочность, долговечность и водоотталкивающие свойства бетона. Обсуждены преимущества и недостатки использования данных материалов, включая высокую стоимость и потенциальные риски для здоровья. Отмечена необходимость пересмотра традиционных методов проектирования с учетом новых свойств материалов и разработки стандартов безопасности. Подчеркнута важность дальнейших исследований для создания устойчивой городской инфраструктуры.*

***Ключевые слова:** углеродные нанотрубки, наноксиды, строительные материалы, прочность конструкций, полимерные матрицы, повышение устойчивости зданий, совместимость материалов, экологическая безопасность, сейсмостойкость.*

Наноматериалы – это особая и относительно новая группа материалов с размерами от одного до ста нанометров. За счет удивительных свойств они выделяются среди обычных макроскопических материалов и являются особенно привлекательными для применения в различных областях, включая строительство. Активное использование наноматериалов в строительных технологиях открывает перспективы для улучшения прочности и долговечности конструкций.

Один из наиболее известных видов наноматериалов – углеродные нанотрубки цилиндрической структуры, состоящие из атомов углерода, соединенных в решетку. Углеродные нанотрубки обладают выдающимися механическими характеристиками: их прочность может превышать прочность стали в несколько десятков раз при значительно меньшем весе, что делает их отличным выбором при создании легких и прочных композитных материалов [1].

В строительстве благодаря использованию углеродных нанотрубок можно улучшить прочность бетона и других материалов, создать надежные конструкции, которые выдержат большие нагрузки и воздействие окружающей среды (землетрясений и других стихийных

бедствий). Такой подход обеспечит дополнительную безопасность для людей и имущества.

Помимо углеродных нанотрубок, важную функцию также выполняют наноксиды: наноксид титана и наноксид кремния. Эти материалы могут быть добавлены в состав цементных смесей для улучшения их свойств. Например, наноксид титана обладает высокой фотокаталитической активностью, способен разлагать органические загрязнители и увеличивать долговечность бетона, что делает его особенно полезным при работе конструкций под воздействием агрессивных химических соединений.

Добавление наноксида кремния в состав бетона значительно улучшает его гидрофобные свойства. В стандартных составах бетона имеются поры. Попадание в них воды при замерзании часто приводит к образованию трещин внутри материала и, как следствие, к снижению срока службы конструкций. Наночастицы же образуют защитный слой на поверхности, повышая прочность и долговечность сооружений (инфраструктурных объектов типа мостов и дорог), которые подвержены воздействию влаги и циклических нагрузок.

Наноматериалы открывают новые возможности для создания прочных композитов из полимеров с добавлением углеродных нанотрубок или графена, что позволяет производить легкие конструкции с высокой прочностью и стойкостью на долгие годы эксплуатации. Такие материалы находят применение в строительстве несущих и самонесущих стен, крыш зданий, а также в производстве различных элементов конструкций, обеспечивают высокую прочность при снижении расхода материалов на изготовление конструкций [3, 4].

Безусловно, внедрение наноматериалов требует пересмотра традиционных методов проектирования и строительства, учета новых механических свойств материалов при разработке конструкций. Это путь к созданию более эффективных архитектурных решений, сокращению затрат на строительство и уменьшению воздействия на окружающую среду за счет снижения потребления ресурсов.

Тем не менее использование наноматериалов сопряжено с определенными трудностями.

Во-первых, их производство все еще остается довольно затратным в сравнении с традиционными строительными материалами. Это ограничивает широкое применение наноматериалов в строительстве. Такие технологии доступны лишь для специализированных проектов с высоким уровнем финансирования.

Во-вторых, пока имеется недостаточно информации о последствиях воздействия наноматериалов на здоровье человека и окружающую среду. Исследования показывают потенциальные риски для здоровья при работе с определенными видами наночастиц, что подчеркивает необходимость

разработки строгих стандартов безопасности и наличия высокой квалификации персонала. Нужно обращать внимание на то, что использование новых материалов должно быть согласовано с применением уже имеющихся строительных технологий [1, 4].

В-третьих, требуется приложить дополнительные усилия в области обучения, повышения квалификации специалистов, адаптации имеющихся навыков, а также обновить учебные программы в сфере строительства.

В-четвертых, во многих странах отсутствуют четкие нормы и стандарты безопасности применения таких технологий. Это вызывает неопределенность как у производителей материалов, так и у строителей.

Несмотря на все вышесказанное, внедрение наноматериалов является перспективным направлением развития строительной отрасли, поскольку предлагает решение многих задач: от повышения эксплуатационных характеристик зданий и сооружений до обеспечения их экологической безопасности, устойчивости к внешним воздействиям. Наука не стоит на месте, к исследованиям привлекаются химики, инженеры-строители, экологи, геологи и специалисты по безопасности труда. Очевидно, это даст комплексный результат.

Устойчивое строительство заключается в том, чтобы использовать ресурсы с умом для снижения отрицательного воздействия на окружающую среду. Наноматериалы могут сыграть важную роль в этой задаче благодаря особым свойствам [2, 5].

В контексте глобальных вызовов нашего времени, таких как изменение климата и рост населения, использование передовых технологий станет ключевым шагом к созданию устойчивой инфраструктуры городов будущего, может привести к революционным изменениям не только в строительной отрасли, но и в других сферах промышленности – от медицины до энергетики.

В условиях постоянно меняющегося мира научные материалы могут повлиять не только на процесс проектирования зданий, но и на сложившиеся принципы развития инфраструктуры.

Библиографический список

1. Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки: строение, свойства, применения. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 239 с.
2. Нанотехнологии и специальные материалы: учебное пособие / Ю.П. Солнцев [и др.]. М.: Химиздат, 2009. 335 с.
3. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит, 2009. 416 с.
4. Рыжонков Д.И. Наноматериалы: учебное пособие. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. 365 с.

5. Свойства и применение наноматериалов: учебное пособие / В.К. Воронов [и др.]. Ст. Оскол: ТНТ, 2013. 220 с.

NANOMATERIALS AND THEIR INFLUENCE ON THE STRENGTH OF STRUCTURES

N.A. Kudryashov, I.S. Kosenkov, A.S. Dvuzhilov

Abstract. *The paper discusses nanomaterials such as carbon nanotubes and nano-oxides and their application in construction. It is emphasized that they significantly improve the strength, durability and water repellent properties of concrete. The advantages and disadvantages of using these materials, including high cost and potential health risks, are discussed. The need to revise traditional design methods to take into account the new material properties and to develop safety standards is highlighted. The importance of further research for sustainable urban infrastructure was emphasized.*

Keywords: *carbon nanotubes, nanooxides, building materials, structural strength, polymer matrices, increasing the sustainability of buildings, material compatibility, environmental safety, seismic resistance.*

Об авторах:

КУДРЯШОВ Никита Алексеевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: nikitok200527@gmail.com

КОСЕНКОВ Иван Сергеевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: barmaleyzz1@yandex.ru

ДВУЖИЛОВ Антон Сергеевич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

About the authors:

KUDRYASHOV Nikita Alekseevich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: nikitok200527@gmail.com

KOSENKOV Ivan Sergeevich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: barmaleyzz1@yandex.ru

DVUZHILOV Anton Sergeevich – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Material Strength, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anton_in_tver@mail.ru