

Нанотехнологии в дорожном строительстве

Оздемиров Якуб Мусаевич, студент 3-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Ходан Е.П., доцент)

Нанотехнологии представляют собой современное направление науки, связанное с разработкой и использованием материалов и структур, размер которых варьируется от одного до ста нанометров. Их уникальные физико-химические свойства открыли возможности применения в ряде сфер, включая строительную отрасль. Многим понятия нанотехнологий и строительства могут показаться далёкими друг от друга, но на самом деле, на сегодняшний день они стали как никогда близки. Внедряя их мы можем позволить себе достичь, например, не только более высоких уже существующих показателей прочности, но и ранее недоступных для материала свойств, таких как, например, свойства самоочистки.

Учитывая масштабное использование автодорог и непрерывную на них нагрузку, вопрос увеличения срока их службы остаётся, как и всегда, приоритетным и критическим. Применение нанотехнологий позволяет формировать материалы, устойчивые к износу, деформациям, перепадам температур и другим разрушающим факторам, что делает их особенно перспективными в дорожной сфере.

Одним из главных направлений считается внедрение наночастиц в составы асфальтобетона и цементобетона. Такие материалы, как нанокремнезём, наноксиды металлов, графен и углеродные нанотрубки, выступают в роли модификаторов. Они улучшают сцепление компонентов, уменьшают количество пустот и повышают устойчивость к внешнему воздействию. Если, например, добавить наноксиды железа или титана в состав цемента, то они улучшат его связывающие свойства, повысят морозостойкость и снизят водопоглощение, а также ускорят процесс его твердения.

Главным потенциалом использования наноразмерных частиц является возможность изменения структуры строительных смесей на молекулярном уровне, в результате которого улучшается их пластичность, водостойкость и сопротивление к микротрещинам. Например, графеновые добавки внедряют для увеличения прочности, но они также способствуют теплопроводности покрытия.

Это создаёт потенциал для обогрева дорожного полотна зимой и в регионах с постоянно холодным климатом.

Повышенная интенсивность транспортных потоков, а также воздействие погодных условий и сезонные температурные колебания приводят к ускоренному разрушению дорожных покрытий. Традиционные материалы, используемые при строительстве, уже могут не обеспечивать требуемую долговечность. Применение нанотехнологий позволяет решать эту проблему, создавая дорожные покрытия, которые служат дольше, требуют меньше ремонта и способствуют безопасности движения. Недавние разработки в области «умных» дорог включают покрытия с наноструктурами, обладающими фотокаталитическими свойствами. Подобные материалы способны разлагать загрязняющие вещества под воздействием солнечного света. В ночное время используются нанолюминесцентные компоненты, благодаря которым разметка светиться без внешних источников энергии. Также всё более популярным становится создание дорожных покрытий с функцией самоочищения и фотокатализа. Такие покрытия не только способствуют удалению загрязнений, но и участвуют в разложении вредных веществ, содержащихся в выхлопных газах. Также существуют люминесцентные элементы, основанные на нанотехнологиях, которые увеличивают видимость дорожной разметки и улучшают безопасность в ночное время суток без необходимости использования дополнительного освещения.

Возможно, на сегодняшний день главным недостатком нанодобавок является их высокая стоимость, которая не позволяет быть им доступными во многих странах или внедрять их на постоянной основе при строительстве дорог. Однако, несмотря на относительно высокую стоимость нанодобавок, их использование может оказаться выгодным. Повышение эксплуатационного срока дороги, снижение затрат на периодическое обслуживание и аварийные ремонты должны окупить начальные инвестиции, особенно при массовом внедрении технологии.

Важным аспектом является и остаётся экологическая составляющая. Ещё можно также назвать популярной, особенно в развитых странах и возможно она для них станет первостепенной причиной. Считается, что наноматериалы позволяют улучшить качество воздуха за счёт разрушения вредных выбросов транспорта, а некоторые наноструктуры способствуют утилизации старого покрытия, что делает производство более экологичным и менее ресурсозатратным. Проблемами остаются высокая себестоимость нанопродукции, нехватка исследовательской базы по их долгосрочному влиянию, а также отсутствие чётко проработанных стандартов и нормативных документов. Тем не менее, на сегодняшний день, динамичное развитие науки и

техники, и интерес со стороны бизнеса позволяют надеяться на скорое преодоление этих барьеров и активное их использование.

Технологии, работающие на уровне наномасштабов, позволяют создавать покрытия с улучшенными эксплуатационными характеристиками: долговечностью, устойчивостью к повреждениям и сниженным экологическим следом. То, что ещё недавно воспринималось как научная фантастика, сегодня уверенно входит в практику современной инженерии и должно активно продолжать своё внедрение для достижения требуемых показателей.

Литература:

1. Репозиторий БНТУ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://rep.bntu.by> — Дата обращения: 10.04.2025.
2. Huang H., Li Y., Zhang X., Wang Y., Zhang Y. Nanomaterials for Modified Asphalt and Their Effects on Viscosity Characteristics: A Comprehensive Review // *Nanomaterials*. — 2024. — Т. 14, № 18. — С. 1503. — DOI: 10.3390/nano14181503.
3. Informio.ru. Асфальтобетонные смеси и асфальтобетон: Проектирование асфальтобетона [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://informio.ru/publications/id1343/> — Дата обращения: 10.04.2025.
4. Transportation Research Board. Nanotechnology in Concrete Materials: A Synopsis // *Transportation Research Circular E-C170*. — Washington, D.C.: TRB, 2012. — 55 с. — Режим доступа: <https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec170.pdf>
5. Raki L., Beaudoin J., Alizadeh R., Makar J., Sato T. Cement and Concrete Nanoscience and Nanotechnology // *Materials*. — 2010. — Т. 3, № 2. — С. 918–942. — DOI: 10.3390/ma3020918.