

Переход к использованию экологичных материалов для шумоподавления является важным шагом на пути к созданию более устойчивой и здоровой окружающей среды.

Список литературы

- 1 Борьба с шумом на производстве : справочник / Е. Я. Юдин, Л. А. Борисов, И. В. Горенштейн [и др.]. – М. : Машиностроение, 1985. – 400 с.
- 2 Бубнов, И. Н. Влияние транспортного шума на здоровье человека и способы его минимизации / И. Н. Бубнов, О. Р. Ильясов // Инновационный дискурс развития современной науки : материалы XXII Междунар. науч.-практ. конф., Петрозаводск, 2 июня 2025 г. – Петрозаводск : Междунар. центр науч. партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И. И.), 2025. – С. 251–257.
- 3 Способы защиты от шума и вибрации железнодорожного подвижного состава / И. И. Балтер, А. М. Березовский, Г. В. Бутаков [и др.] ; под ред. Г. В. Бутакова. – М. : Транспорт, 1978. – 231 с.
- 4 Иванов, Н. И. Концепция снижения шума в РФ / Н. И. Иванов // Защита от повышенного шума и вибрации : материалы V Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / под ред. Н. И. Иванова. – СПб. : Айсинг, 2015. – С.12–25.
- 5 Pendry, J. V. Controlling elec tromagnetic fields // J. V. Pendry, D. Schurig, D. R. Smith // Science. – 2006. – Vol. 312, № 5781. – P. 1780–1782.
- 6 Leonhardt, U. Optical conforming mapping / U. Leonhardt // Science. – 2006. – V. 312, № 5781. – P. 1777–1780.
- 7 Бобровницкий, Ю. И. Поглощение звука и метаматериалы (обзор) / Ю. И. Бобровницкий, Т. М. Томила // Акустический журнал. – 2018. – Т. 64, № 5. – С. 517–525. – DOI: 10.1134/S0320791918040020.
- 8 This smarter sound shield blocks more noise without blocking air // Tech Xplore. – URL: <https://techxplore.com/news/2025-08-smarter-shield-blocks-noise-blocking.html> (date of access: 25.09.2025).
- 9 Шум больше не страшен: как новые метаматериалы глушат звук // Hi-Tech Mail. – URL: <https://hi-tech.mail.ru/news/131689-shum-bolshe-ne-strashen-kak-novye-metamaterialy-glushat-zvuk/> (дата обращения: 26.09.2025).
- 10 Экотекстиль и натуральные материалы для шумоизоляции: экологичная альтернатива традиционным средствам // Tecnov.ru. – URL: https://tecnov.ru/ekotekstil-i-naturalnye-materialy-dlya-shumoizolyatsii-ekologichnaya-alternativa-traditsionnym-sredstvam (дата обращения: 27.09.2025).
- 11 Преимущества акустических экранов из шумоизоляционных матов Экотеплин // Экопланета, Натуральные строительные материалы. – URL: <https://www.ekoplaneta.ru/blog/sovety-pokupatelyam/akusticheskie-ekrany-iz-shumoizolyatsionnykh-matov-ekoteplin/> (дата обращения: 27.09.2025).
- 12 Использование акустических панелей из переработанных материалов для экологичной шумоизоляции дома // Tecnov.ru – URL: <https://tecnov.ru/ispolzovanie-akusticheskikh-paneley-iz-pererabotannykh-materialov-dlya-ekologichnoy-shumoizolyatsii-doma> (дата обращения: 28.09.2025).
- 13 В Лос-Анджелесе разработали технологию создания кирпичей из переработанного пластика // Novate.Ru. – URL: <https://novate.ru/blogs/040722/63464/> (дата обращения: 28.09.2025).
- 14 Шумоизоляция с помощью переработанных шин: как резиновая крошка снижает вибрационный шум // Tecnov.ru. – URL: <https://tecnov.ru/shumo-izolyatsiya-s-pomoschyu-pererabotannykh-shin-kak-rezinovaya-kroshka-snizhaet-> (дата обращения: 28.09.2025).
- 15 Создан экологически чистый шумоизоляционный материал на базе грибного мицелия // Pacs.ru. – URL: <https://pacs.ru/blog/tekhnologii/sozdan-ekologicheskii-chistyuy-shumoizolyatsionnyy-material-na-baze-gribnogo-mitseliya/?ysclid=mg4uo5lfg0144708507> (дата обращения: 28.09.2025).

УДК 625.06

МОДИФИКАЦИЯ БИТУМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

М. С. МОРДАС, Н. М. АКУЛИЧ, Е. О. КЛИМЕНКОВ
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

В дорожной отрасли Республики Беларусь остро стоит вопрос повышения качества битумов, а также рационального использования отходов промышленного производства. Традиционные технологии производства битумов требуют значительных финансовых затрат. В то же время большое количество промышленных отходов требует экологичной утилизации. Использование отходов в качестве модификаторов битумов позволяет решить обе проблемы: улучшить характеристики дорожного покрытия и решить экологические вопросы.

Преимущества использования отходов:

- 1 Экономическая эффективность. Отходы имеют низкую стоимость по сравнению с традиционными полимерными модификаторами.
- 2 Экологический эффект. Сокращение объемов неиспользуемых промышленных отходов.
- 3 Улучшение характеристик битума: повышение теплостойкости, увеличение эластичности, расширение температурного диапазона применения, улучшение адгезии к минеральным материалам.

Ежедневно человечество использует огромное количество пластика, который можно применить в том числе и для модификации дорожного битума. Для этих целей подходит полиэтилентерефталат (PET) [1].

При добавлении к битуму PET улучшается устойчивость к колееобразованию дорожного покрытия, из чего можно сделать вывод, что его можно использовать в городских условиях, где нагрузка на дорогу существенно выше.

При помощи PET можно улучшить следующие характеристики битума:

- увеличить температуру размягчения битума;
- оптимизировать вязкость;
- снизить пенетрацию (материал более жесткий и устойчивый к деформациям и нагреву);
- улучшить водостойкость;
- повысить устойчивость к усталости битума;
- улучшить низкотемпературные свойства битума [2].

При этом способе модификации полиэтилентерефталат из-за высокой температуры плавления (250 °C) может действовать только как наполнитель. PET не растворяется в битуме, его добавляют измельченным с резиновой крошкой той же фракции и отработанным моторным маслом.

Резиновая крошка, полученная после переработки использованных шин, поможет сделать дорожное покрытие более безопасным, обеспечив противоскользкие свойства и снижение шума. Оценены физико-механические характеристики резиновой крошки в процессе модификации нефтяных битумов. Как показывает исследование, степень набухания изменяется с изменением размера крошки, причем оптимум набухания для крошки большего размера достигается значительно быстрее. Анализ процесса модификации битума резиновой крошкой показал, что в битумно-резиновой композиции можно использовать резиновую крошку различных размеров.

Отработанное моторное масло при модификации дорожных битумов обеспечит смягчение асфальтобетонной смеси, компенсируя жесткость, которую вносят резина и PET, улучшит адгезию битума к минеральным материалам, будет способствовать более равномерному распределению модификаторов в битуме.

Использование переработанного пластика (PET) в качестве наполнителя для модификации битума – это перспективная технология, позволяющая одновременно решать экологические и инженерные задачи. Сочетание PET, резиновой крошки и отработанного масла позволяет создать более долговечное, безопасное и экологичное дорожное покрытие, особенно эффективное в условиях интенсивного городского трафика.

За 2022 год в ОАО «Полоцк-Стекловолокно» образовалось порядка 125 т грубых отходов базальтового волокна, за 8 месяцев 2023 года около 90 т, которые в дальнейшем нигде не используются, вывозятся на полигон.

Были проведены лабораторные испытания для определения целесообразности использования базальтового волокна в дорожном битуме. Для этих целей ОАО «Полоцк-Стекловолокно» предоставило грубые отходы базальтового волокна. Вид отходов – застывший базальтовый расплав, прошедший через фильтры стеклоплавильного агрегата в виде грубого волокна толщиной от 12 до 150 мкм произвольной длины. Плотность базальтовых волокон составляет 2,67 г/м³, влажность – около 3–8 %.

Базальт – это природный материал, который обладает высокой прочностью, стойкостью к применению в агрессивных средах, а продукция, изготовленная из него, имеет длительный срок эксплуатации. Текстура пористая, миндалекаменная или массивная. Излом неровный. Шероховатый на ощупь. Удельный вес 2,6–3,11 г/см³. Твердость по шкале Мооса от 5 до 7. Прочность на сжатие горной породы достигает величины 400 МПа. По сравнению с другими композитными материалами базальтовое волокно является более экологичным продуктом [3]. Базальтовое волокно имеет температуру плавления 1100–1450 °C, обладает высокой термо-стойкостью и стабильными свойствами материала при смешивании при высоких температурах.

По сравнению с полимерным волокном базальтовое волокно имеет более высокую прочность и модуль упругости в асфальтобетонных смесях, поэтому широко используется в строительных материалах [4].

В ходе проведения лабораторных исследований было установлено, что базальтовые волокна легко измельчаются и перемешиваются со щебнем в смесительной установке. За время перемешивания, рав-

ное 30 секунд, волокна соответствовали размеру 2,5–8 мм. Базальтовые волокна равномерно распределяются в разогретом битуме. При испытании образцов дорожного битума на дуктилометре электро-механическом, образец битума с базальтовым волокном показал более высокую растяжимость по сравнению с образцом без волокна, что обеспечивает трещиностойкость дорожных покрытий.

Базальтовые волокна повышают устойчивость асфальтобетонного покрытия к разрушению, прочность на разрыв и сопротивление колеейности, улучшают высокотемпературные характеристики и вязкоупругость, а также оказывают определенное влияние на усталостную прочность и водонепроницаемость дороги. Кроме того, при некоторых дефектах различных типов волокон в строительных материалах, таких как биоразлагаемость, диспергируемость и поверхностная инертность волокон, вводится целенаправленная модификация волокон на основе методов физической и химической модификации для улучшения эксплуатационных свойств модифицированных волокон в различных условиях [5].

Модификация битумов промышленными отходами – это не только экономически выгодный, но и экологически ответственный подход к производству дорожных материалов. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на оптимизацию составов и разработку новых технологий применения модифицированных битумов в дорожном строительстве. Такой подход позволяет не только улучшить эксплуатационные характеристики дорожного покрытия, но и внести значительный вклад в охрану окружающей среды.

Список литературы

- 1 Ласман, И. А. Модификация асфальтобетона бытовым отходом полиэтиленгликольтерефталатом / И. А. Ласман, Е. А. Соломников, Е. О. Иванов // Инновации в строительстве, 2023 : сб. трудов конференции, Брянск, 6–8 апр. 2023 г. – Брянск, 2023. – С. 281–283.
- 2 Есина, А. Ю. Полимерная модификация битума как способ повышения качества дорожно-строительных композиций / А. Ю. Есина, А. А. Григоров, М. И. Вициенко // Сб. ст. Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова, посвящ. 170-летию со дня рождения В. Г. Шухова. – Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2023. – С. 70–74.
- 3 Александров, Д. Ю. Перспектива использования отходов базальтовых волокон в дорожной отрасли / Д. Ю. Александров // Фундаментальные и прикладные исследования молодых учёных : материалы Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, 8–9 февр. 2017 г. – Омск : СибАДИ, 2017. – С. 17–20.
- 4 Секерин, В. Д. Отходы базальтового волокна – в доходы / В. Д. Секерин, А. Е. Горохова, Е. Н. Новикова // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 8. – С. 417–419.
- 5 Мордас, М. С. Оценка эффективности применения базальтового волокна в дренажном асфальтобетоне / М. С. Мордас, Е. М. Жуковский // V Бетанкуровский международный инженерный форум : сб. тр., Санкт-Петербург, 29 нояб. – 1 дек. 2023 г. В 2 т. – СПб. : Петербург. гос. ун-т путей сообщения Императора Александра I, 2023. – С. 53–56.

УДК 656.1/5:621.331

СОВРЕМЕННОЕ ЭНЕРГО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА

В. М. ОВЧИННИКОВ, В. В. МАКЕЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время передовые страны обеспокоены истощением топливно-энергетических ресурсов и значительным ухудшением состояния окружающей среды и, прежде всего, началом глобального потепления. Будучи важным компонентом экономики, транспортный сектор привлекает внимание стран всего мира. Транспорт занимает видное место в решении экономических и социальных сторон любой страны. Он является энергоёмким видом деятельности и оказывает воздействие на окружающую среду. Транспорт не является производителем товаров, а осуществляет доставку этих товаров от производителей до потребителей. Кроме того, транспорт осуществляет перевозку людей, одни из которых производят товары, а другие потребляют эти товары. В результате транспорт играет ключевую роль в экономике и жизни общества.

XXI век неразрывно связан с высокими технологиями, развитием связей между странами, требует коренной модернизации средств передвижения, грузов и человека, ставит перед человеком крупнейшие инженерно-технические задачи очередного транспортного прорыва. Таким образом, транспорту в экономическом развитии стран отводится роль «локомотива». При этом транспорт во многом определяет решение энергетических и экологических проблем как в местном, так и в глобальном масштабе.