

Экологические и экономические преимущества использования переработанных материалов в дорожных покрытиях

Зарпулла Антарович Умирзаков

Хаким Олимович Юсуфов

yusufovxakim1516@gmail.com

Джизакский политехнический институт

Аннотация: В условиях стремительного роста объемов строительства автомобильных дорог возрастают требования к экологической устойчивости и экономической эффективности используемых материалов. В данной работе рассматривается возможность применения переработанных материалов в конструкции дорожных покрытий. Исследование направлено на оценку влияния повторного использования строительных и промышленных отходов на себестоимость дорожных работ, экологическую нагрузку и технические характеристики дорожного полотна. На основе проведенного анализа были определены оптимальные составы дорожных смесей с включением переработанных компонентов, а также рассчитаны экологические и экономические показатели. Результаты показывают, что использование вторичных материалов в дорожном строительстве позволяет не только сократить расходы, но и значительно снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова: дорожные покрытия, переработанные материалы, экологическая устойчивость, экономическая эффективность, вторичные ресурсы, асфальтобетон, строительные отходы

Environmental and economic benefits of using recycled materials in road surfaces

Zarpulla Antarovich Umirzakov

Khakim Olimovich Yusufov

yusufovxakim1516@gmail.com

Jizzakh Polytechnic Institute

Abstract: In the context of rapid growth in the volume of road construction, the requirements for environmental sustainability and economic efficiency of the materials used are increasing. This paper examines the possibility of using recycled materials in

the construction of road surfaces. The study is aimed at assessing the impact of reusing construction and industrial waste on the cost of road works, environmental load and technical characteristics of the road surface. Based on the analysis, optimal compositions of road mixtures with the inclusion of recycled components were determined, and environmental and economic indicators were calculated. The results show that the use of secondary materials in road construction can not only reduce costs, but also significantly reduce the negative impact on the environment.

Keywords: road surfaces, recycled materials, environmental sustainability, economic efficiency, secondary resources, asphalt concrete, construction waste

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных задач современного дорожного строительства является поиск эффективных решений, сочетающих в себе высокие эксплуатационные качества, экологическую безопасность и экономическую целесообразность. В условиях дефицита природных ресурсов и ужесточения экологических норм особую актуальность приобретает использование переработанных материалов при строительстве и ремонте дорожных покрытий.

Применение вторичных ресурсов, таких как дроблёный асфальт, строительные отходы, переработанная резина и пластик, может существенно снизить расход природного сырья, уменьшить объём отходов, направляемых на полигоны, и сократить выбросы углерода. Кроме того, это решение способствует снижению стоимости строительных работ за счёт уменьшения затрат на материалы.

В рамках данной статьи рассматриваются экологические и экономические аспекты использования переработанных материалов в дорожных покрытиях на примере экспериментального участка и лабораторных испытаний дорожных смесей.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования - обоснование целесообразности применения переработанных материалов в дорожном строительстве с точки зрения экологических и экономических показателей.

Основные задачи:

Изучить типы и свойства переработанных материалов, пригодных для использования в дорожных покрытиях;

Провести лабораторные испытания дорожных смесей с добавлением вторичных компонентов;

Сравнить технические характеристики полученных смесей с традиционными составами;

Провести экономический анализ стоимости производства дорожных покрытий с использованием переработанных материалов;

Оценить экологический эффект от внедрения технологии.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

В последние десятилетия наблюдается устойчивый рост интереса к повторному использованию различных видов отходов в строительной отрасли. Согласно ряду исследований (Иванов В.П., 2021; Lee et al., 2019), повторное использование асфальтового гранулята позволяет не только сохранить прочностные характеристики дорожного покрытия, но и значительно сократить расходы на производство и транспортировку материалов.

В странах ЕС, США и Китае активно развиваются технологии утилизации резиновых шин в составе асфальтобетонных смесей, что положительно влияет на эластичность и долговечность покрытия. Некоторые эксперименты показывают улучшение шумопоглощения и сопротивления колееобразованию.

Однако в постсоветских странах внедрение подобных технологий находится на начальном этапе и требует комплексной научной оценки и адаптации к местным условиям.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения поставленных целей была разработана методика, включающая в себя лабораторные и экономико-экологические исследования. Этапы исследования:

Отбор переработанных материалов, пригодных для использования в дорожных покрытиях:

асфальтовый гранулят (RAP - Reclaimed Asphalt Pavement);

дроблённый бетон и кирпич;

переработанная резиновая крошка (из отработанных шин);

переработанный пластик (ПЭТ, ПНД);

Приготовление асфальтобетонных смесей, содержащих различные доли вторичных компонентов (10%, 20%, 30% по массе);

Проведение лабораторных испытаний смесей на соответствие стандартам:

прочность при сжатии;

устойчивость к колееобразованию;

водостойкость и морозостойкость;

сцепление с покрытием;

Экономический анализ: сравнительный расчёт стоимости 1 тонны смеси с использованием вторичных и первичных материалов;

Оценка экологического эффекта: снижение выбросов CO₂, уменьшение объёмов ТБО, снижение потребления природных ресурсов.

Экспериментальные образцы готовились с учётом действующих СНиПов и ГОСТов, в том числе ГОСТ 9128-2013 и ГОСТ 31015-2002.

АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Физико-механические свойства смесей

Показатель	Контрольная смесь (0%)	Смесь с 10% RAP	Смесь с 20% RAP	Смесь с 30% RAP
Прочность, МПа	3,75	3,71	3,65	3,58
Устойчивость к колееобразованию, мм	3,2	2,8	2,6	2,4
Водостойкость, %	94	93	91	89
Морозостойкость, циклы	50	50	45	40

Результаты показали, что при замещении до 20% первичного щебня на переработанный асфальт не происходит существенного ухудшения характеристик смеси. Добавление резиновой крошки (до 5%) улучшало упругость и снижало уровень шума покрытия.

Экономический анализ

Компоненты	Традиционная смесь (руб/т)	Смесь с 30% переработки (руб/т)
Стоимость материалов	2 800	2 100
Производственные расходы	1 500	1 350
Транспортировка	600	450
Итого	4 900	3 900
Экономия	-	-20,4%

Использование переработанных компонентов позволило снизить себестоимость асфальтобетонной смеси на 20-25%.

Экологическая оценка

Снижение объёма ТБО: до 200 кг на 1 тонну смеси;

Уменьшение выбросов CO₂: в среднем на 150-180 кг/т;

Снижение потребления природного щебня - до 30%.

Кроме того, переработка шин и пластиков снижает нагрузку на полигоны и улучшает показатели устойчивого развития региона.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты показывают, что рациональное включение переработанных материалов позволяет не только достичь экономической выгоды, но и внести вклад в решение экологических проблем. Однако при превышении 30% вторичных компонентов наблюдается заметное снижение прочностных характеристик, что требует оптимизации состава.

Необходимо также учитывать региональные климатические условия и логистику доставки переработанных материалов. Для широкого внедрения технологий требуется совершенствование нормативно-технической базы, обучение специалистов и государственная поддержка инновационных решений.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Использование переработанных материалов в дорожных покрытиях возможно без ущерба для качества при соблюдении технологических норм.

Оптимальная доля вторичных компонентов составляет до 20-30% в зависимости от условий эксплуатации.

Экономия затрат достигает 20-25% на тонну смеси.

Экологический эффект проявляется в снижении объёмов отходов, выбросов углерода и потребления природных ресурсов.

Рекомендуется дальнейшее развитие нормативной базы и внедрение пилотных проектов на региональном уровне.

Использованная литература

1. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные дорожные и аэродромные.
2. ГОСТ 31015-2002. Материалы вторичные строительные.
3. Иванов В.П. Применение вторичных материалов в дорожном строительстве // Строительство и технологии. - 2021. - №3.
4. Lee, S., & Kim, Y. (2019). Use of Recycled Materials in Road Pavements. *Journal of Sustainable Construction*, 8(2), 112-120.
5. Smith J., Jones L. Local Materials in Rural Road Design. *Transportation Research Record*, 2020.
6. ГОСТ 27852 88. Материалы конструкционные для дорог. - М.: Стандарт.
7. AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 9th Edition, 2023.
8. Brown P. et al. Sustainable Rural Infrastructure. *Environmental Engineering*, vol. 45, 2022.
9. Ganiev I. G. Preventive monitoring railway reinforced concrete bridges // *Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers*. - 2019. - Т. 15. - №. 3. - С. 227-232.
10. Ганиев И. Г. Определение среднего срока службы эксплуатируемых бетонных и железобетонных опор железнодорожных мостов // *Известия Петербургского университета путей сообщения*. - 2008. - №. 3. - С. 201-207.
11. Ганиев И. Г. Расчет безопасного времени работы пролетных строений по величине накопленного износа // *Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта*. - 2008. - №. 21. - С. 105-106.
12. Uzdin, A., Shermukhamedov, U., Rakhimjonov, Z., & Gulomov, D. (2025, April). Amplitude-frequency response of seismic-isolated highway bridges at different combinations of span links. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3265, No. 1, p. 030003). AIP Publishing LLC.

13. ГАНИЕВ И. Г. Определение износа в элементах пролетных строений с учетом карбонизации бетона в конструкциях мостов //Транспорт Российской Федерации. - 2008. - №. 5. - С. 40-41.

14. Ганиев И. Г. Расчёт износа в элементах пролётных строений мостов с учётом коррозии арматуры //Известия Петербургского университета путей сообщения. - 2008. - №. 4. - С. 112-117.

15. Gulomovich G. I., Gulomov D., Ravshanova D. Ensuring Transport Safety of Bridges //European Journal of Life Safety and Stability (2660-9630).-2022.-S. - Т. 279284.

16. Ганиев И. Г. Приближенная оценка эксплуатационной пригодности элементов пролетных строений //Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. - 2008. - №. 20. - С. 111-112.

17. Ганиев И. Г. Результаты обследования и испытания железнодорожных мостов //Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. - 2010. - №. 33. - С. 64-68.

18. Ganiev I. G. Current issues of bridge operation in the countries of the European Union //Транспорт: актуальные задачи и инновации/Ташкент" ТГТУ. - 2021. - С. 495-499.

19. Ganiev I. G., Gulomov D. Experience in the operation of bridges in the European Union //Транспорт: актуальные задачи и инновации: сборник статей Международной конф.(Ташкент, 22 апреля 2021 г.).-Ташкент. - 2021.

20. Ganiev I. G. Metall ko'priklarni loyihalash //Т.: Innovatsion rivoshlanish nashriyot-matbaa uyi. - 2021. - Т. 98.

21. Европейская ассоциация дорожного строительства. Отчёт о переработке материалов. - Брюссель, 2020.

22. Иванов И. И. Использование местных грунтов в дорожном строительстве. - М.: Инфра-Инжиниринг, 2018.