



УДК 691-4

УЛУЧШЕНИЕ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ ДЛЯ ДОРОЖНЫХ БЕТОНОВ

Шангерей Ұран Арысұлы^{1*}

¹Магистрант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана,
Қазақстан

*Корреспондент автор: shangerey182@gmail.com

Аннотация: Современные дорожные покрытия требуют повышения эксплуатационных характеристик, особенно в условиях агрессивных климатических и механических воздействий. Одной из ключевых проблем является недостаточная адгезия битумных вяжущих к минеральным заполнителям, что приводит к разрушению покрытия. В данном исследовании рассматриваются методы улучшения адгезионных свойств битума с использованием модифицирующих добавок.

Цель работы – изучение влияния различных адгезионно-активных и полимерных добавок на свойства битумных вяжущих и разработка оптимизированного состава, обеспечивающего высокую устойчивость дорожного покрытия.

Исследование включает лабораторные испытания битумных композиций, анализ их физико-механических характеристик и сравнительный анализ адгезионных свойств. Полученные результаты показали, что применение определенных типов модификаторов значительно повышает сцепление битума с минеральным материалом, улучшает его водостойкость и термическую стабильность.

Предложенные решения способствуют увеличению долговечности дорожных покрытий, сокращению затрат на ремонт и повышению безопасности дорожного движения. Разработанные составы могут быть рекомендованы для широкого применения в дорожном строительстве.

Ключевые слова: битумные вяжущие, адгезия, модифицирующие добавки, дорожные покрытия, водостойкость, полимерные добавки, устойчивость.

Введение

Долговечность и качество дорожных покрытий во многом зависят от свойств битумных вяжущих, среди которых адгезия к минеральным заполнителям играет ключевую роль. Недостаточная адгезия приводит к преждевременному разрушению покрытия, образованию трещин, выкрашиванию и снижению водостойкости. Это в свою очередь ускоряет процессы деградации асфальтобетонных смесей, увеличивает затраты на ремонт и снижает безопасность дорожного движения. Особенно актуальна данная проблема в регионах с резкими перепадами температур и высокой влажностью, где процессы старения битума протекают интенсивнее.

Современные исследования в области дорожного строительства предлагают различные подходы к улучшению адгезионных свойств битума. В частности, изучается применение модифицирующих добавок, включая полимерные, поверхностно-активные вещества и наноматериалы, которые способны повысить сцепление битума с минеральным материалом. Однако, несмотря на значительный прогресс в данной области, остается

нерешенным вопрос о подборе оптимального состава модификаторов, обеспечивающего долгосрочную стабильность и устойчивость покрытия в реальных эксплуатационных условиях.

Анализ отечественных и зарубежных исследований показывает, что на сегодняшний день отсутствует единый подход к определению наиболее эффективных методов улучшения адгезионных характеристик битума. Фундаментальные труды в данной области рассматривают механизмы взаимодействия битума с минеральными поверхностями и влияние различных факторов на адгезию, тогда как новейшие исследования сосредоточены на изучении перспективных добавок и их влияния на эксплуатационные характеристики асфальтобетонных смесей. Однако пробелы в научных данных, связанные с длительной устойчивостью модифицированных битумов в реальных условиях, требуют дальнейших исследований.

Таким образом, актуальность работы обусловлена необходимостью поиска и разработки эффективных методов модификации битумных вяжущих, обеспечивающих повышение их адгезионных свойств. Это позволит увеличить срок службы дорожных покрытий, снизить затраты на их содержание и повысить их эксплуатационную надежность.

Для проведения данного исследования были выбраны битумные вяжущие различных марок (БНД 60/90 и БНД 90/130), которые использовались в качестве основного компонента для получения асфальтобетонных смесей. Модификация битума проводилась с добавлением различных типов модификаторов, таких как полимерные добавки (например, стирол-бутадиен-стирол — СБС), поверхностно-активные вещества (ПАВ), а также аминовые соединения. Все добавки использовались в различных концентрациях, что позволило исследовать их влияние на адгезионные и физико-химические свойства битума.

Процедура подготовки образцов битума включала смешивание битума с добавками в пропорциях, соответствующих данным литературы и рекомендациям производителей модификаторов. Смесь нагревалась до температуры 160–180°C и тщательно перемешивалась в течение 30 минут до достижения равномерного распределения добавок. Затем подготовленные образцы были использованы для проведения различных лабораторных испытаний.

Оценка адгезионных свойств битума проводилась с помощью стандартных методов, таких как метод "пятна" и метод остаточной прочности сцепления после водной обработки, согласно ГОСТ 11508-74 и AASHTO T 283. Эти методы позволяют оценить способность битума сцепляться с минеральными материалами при воздействии воды, что является важным показателем устойчивости дорожных покрытий в условиях повышенной влажности. В испытаниях использовались различные виды минеральных заполнителей (щебень, песок, минеральный порошок), соответствующие требованиям ГОСТ 8269.0-97.

Для оценки водостойкости использовался метод водного насыщения битума, в соответствии с ГОСТ 18105-2010, при котором образцы битума подвергались воздействию воды при температуре 60°C в течение 48 часов. После обработки измерялись изменения массы и пенетрации, что позволило оценить, насколько хорошо модифицированные битумы выдерживают воздействие влаги, не теряя своих сцепляющих свойств.

Кроме того, для исследования термостабильности применялся метод RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test), согласно AASHTO T 240. В данном испытании битумные пленки подвергались старению при температуре 163°C в течение 85 минут, что моделирует воздействие высоких температур в процессе эксплуатации. После старения проводились измерения изменения массы, вязкости и пластичности образцов, что позволило оценить устойчивость модифицированных битумов к термическому старению.

Результаты и обсуждение

Влияние модифицирующих добавок на адгезионные свойства битумных вяжущих

В ходе исследования были испытаны битумные вяжущие, модифицированные различными добавками: полимерными (например, стирол-бутадиен-стирол — СБС), поверхностно-активными веществами (ПАВ) и адгезионными активаторами (например, аминовые соединения). Оценка адгезии битума к минеральным заполнителям проводилась методом определения остаточной прочности сцепления после водной обработки.

Таблица 1 – Влияние модифицирующих добавок на адгезию битума к минеральным заполнителям

Добавка	Концентрация, %	Остаточная прочность сцепление, %
Без добавок	-	65
СБС	3	85
ПАВ	0.5	80
Аминовые соединения	0.3	88

Результаты показывают, что введение модифицирующих добавок значительно повышает адгезионные свойства битума. Наибольший эффект наблюдается при использовании аминовых соединений, где остаточная прочность сцепления достигает 88%. Полимерные добавки, такие как СБС, также демонстрируют существенное улучшение адгезии.

Влияние модификаторов на водостойкость битумных пленок

Испытания водостойкости проводились путем выдерживания битумных пленок в воде при 60°C в течение 48 часов с последующим измерением изменения массы и пенетрации.

Таблица 2 – Изменение массы и пенетрации битумных пленок после водной обработки

Добавка	Изменение массы, %	Изменение пенетрации, %
Без добавок	+1.5	-20
СБС	+0.5	-5
ПАВ	+0.7	-8
Аминовые соединения	+0.3	-3

Модифицированные битумы демонстрируют меньшие изменения массы и пенетрации после водной обработки, что свидетельствует о повышенной водостойкости. Особенно эффективны аминовые соединения, обеспечивающие минимальные изменения параметров.

Термостабильность модифицированных битумов

Термостабильность оценивалась методом RTFOT, определяя изменение массы и пластичности битума после термического старения.

Таблица 3 – Показатели битума после термического старения

Добавка	Изменение массы, %	Изменение пенетрации, %
Без добавок	-0.8	-25
СБС	-0.3	-10
ПАВ	-0.5	-12
Аминовые соединения	-0.2	-8

Заключение

В результате проведенного исследования было установлено, что использование различных модифицирующих добавок, таких как полимерные, поверхностно-активные вещества и аминовые соединения, значительно улучшает адгезионные свойства битумных вяжущих. Наибольший эффект наблюдается при добавлении аминовых соединений, что способствует повышению сцепления битума с минеральными заполнителями и увеличивает водостойкость и термостабильность материалов. Эти улучшения позволяют существенно продлить срок службы дорожных покрытий, снизив потребность в их ремонте и обслуживании. Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности повышения долговечности и эксплуатационных характеристик дорожных покрытий, что имеет важное значение для снижения затрат на содержание дорог и повышения безопасности дорожного движения. Для дальнейших исследований рекомендуется провести дополнительные испытания с использованием новых модификаторов, таких как наноматериалы, а также продолжить оценку долговечности модифицированных битумов в реальных условиях эксплуатации.

Список использованных источников

1. Kemalov, A., & Akhmetov, A. (2018). Polyfunctional Modifiers for Bitumen and Bituminous Materials with High Performance. *Advances in Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2018/7913527>
2. He, L., & Wang, Y. (2020). Preparation and Performance Assessment of Asphalt Emulsion Modified by the Fabricated SBS Latex. *Advances in Civil Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2020/6699416>
3. Pirhadi, A., & Mirshekarian Babaki, M. (2024). Effect of Polymer Modifiers on the Properties of Bitumen. *Journal of Materials in Civil Engineering*. https://www.researchgate.net/publication/257305331_Effect_of_polymer_modifiers_on_the_properties_of_bitumen
4. Yilmaz, M., & Karakas, A. S. (2023). Improvement in Performance Characteristics of Bitumen and Bituminous Mixtures by Means of Polyvinyl Acetate. *Journal of Composites Science*, 5(1), 9. <https://doi.org/10.3390/jcs5010009>
5. Zhang, F., Yu, J., & Han, J. (2023). A review of polymer-modified asphalt binder: Modification mechanisms and mechanical properties. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 10(3), 343–362. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2022.10.003>
6. Zhao, Y., & Wang, Y. (2024). Adhesion performance and enhancement mechanism of FA/GGBFS-based geopolymers in bitumen-aggregate system. *Construction and Building Materials*, 365, 130099. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130099>

Сведения об авторах (на трех языках):

Автор 1 - Магистрант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, shangerey182@gmail.com

Автор 1 - Магистрант, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, shangerey182@gmail.com

Author 1 - Master's Student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, shangerey182@gmail.com

Вклад авторов:

Автор 1 - концепция, методология, ресурсы, сбор данных, тестирование, моделирование, анализ, визуализация, интерпретация, подготовка текста, редактирование.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Использование искусственного интеллекта (ИИ): ИИ при подготовке статьи не использовался.

БИТУМДЫ БАЙЛАНЫСТЫРҒЫШТАРДЫҢ ЖОЛ БЕТОНДАРЫ ҮШІН АДГЕЗИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЖАҚСARTУ

Шангерей Ұран Арысұлы^{1*}

¹Магистрант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі – Жумагулова Адия Аскаровна

*Корреспондент автор: shangerey182@gmail.com

Аннотация: Қазіргі заманғы жол жабындары климаттық және механикалық әсерлердің күрделі жағдайында жұмыс істеуге бейімделуі тиіс. Бұл ретте битумды байланыстырғыштардың минералды толтырғыштармен жеткіліксіз адгезиясы жабынның бұзылуына әкелетін басты мәселелердің бірі болып табылады. Бұл зерттеуде модификациялаушы қоспалар қолдану арқылы битум адгезиясын жақсарту жолдары қарастырылады.

Зерттеудің мақсаты – адгезиялық-активті және полимерлі қоспалардың битум қасиеттеріне әсерін зерттеу және жоғары төзімді жол жабындарын қамтамасыз ететін оңтайландырылған құрамды әзірлеу.

Лабораториялық сынақтар, физика-механикалық қасиеттерді талдау және адгезиялық сипаттамаларды салыстырмалы бағалау жүргізілді. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, белгілі бір модификаторлар түрлерін қолдану битум мен минералды материал арасындағы байланыс беріктігін, суға төзімділігін және термиялық тұрақтылығын арттырады.

Ұсынылған шешімдер жол жамылғысының ұзақ қызмет етуін, жөндеу шығындарының төмендеуін және жол қауіпсіздігін арттыруды қамтамасыз етеді. Зерттелген құрамдар жол құрылысына кеңінен енгізуге ұсынылады.

Түйінді сөздер: битумды байланыстырғыштар, адгезия, модификациялаушы қоспалар, жол жабындары, суға төзімділік, полимерлі қоспалар, тұрақтылық.

IMPROVING THE ADHESIVE PROPERTIES OF BITUMINOUS BINDERS FOR ROAD CONCRETE

Shangerei Uran Arisuly^{1*}

¹Master's student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

*Corresponding author: shangerey182@gmail.com

Abstract: Modern Road pavements require improved performance characteristics, especially under harsh climatic and mechanical conditions. One of the key issues is the insufficient adhesion of bituminous binders to mineral aggregates, which leads to pavement degradation. This study explores methods for improving the adhesive properties of bitumen using modifying additives.

The aim of the research is to study the influence of various adhesion-active and polymer additives on the properties of bituminous binders and to develop an optimized composition that ensures high pavement durability.

The research includes laboratory testing of bituminous mixtures, analysis of their physical and mechanical properties, and comparative evaluation of adhesion characteristics. The results showed that certain types of modifiers significantly enhance bitumen bonding with mineral aggregates, as well as its water resistance and thermal stability.

The proposed solutions contribute to extending pavement service life, reducing maintenance costs, and improving road safety. The developed compositions are recommended for widespread use in road construction.

Keywords: bituminous binders, adhesion, modifying additives, road pavements, water resistance, polymer additives, durability.



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).