

Казанский Федеральный Университет
Кафедра технологии нефти, газа и углеродных материалов
Kazan Federal University,
Department of high-viscosity oils and natural bitumen

**Битумные эмульсии и мастики в дорожном строительстве: состав,
структурные особенности, эксплуатационные характеристики и
нормативные требования**

**Bitumen emulsions and mastics in road construction: composition, structural
features, performance characteristics and regulatory requirements**

Араб Абдуллах Анмар Абдуллах, Arab Abdullah Anmar Abdullah ¹

Валиев Динар Зиннурович, Valiev Dinar Zinnurovich ²

Кемалов Руслан Алимович, Kemalov Ruslan Alimovich ³

магистрант группы 03-418 кафедры технологии нефти, газа и углеродных материалов ¹

старший преподаватель кафедры технологии нефти, газа и углеродных
материалов ²

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии нефти, газа и углеродных
материалов ³

УДК 502.7. Шифр научной специальности ВАК: 1.4.12. «Нефтехимия»

E-mail: valievdz@bk.ru

Аннотация: данная работа представляет собой комплексный обзор современных битумных материалов, активно используемых в дорожном строительстве. Особое внимание уделено трем основным категориям: битумным эмульсиям, битумным мастикам и клеящим каучуковым мастикам.

В рамках обзора детально рассмотрены:

- **Состав** каждого типа материала, включая основные компоненты (битум, вода, эмульгаторы, каучуки, наполнители) и различные модифицирующие добавки (полимеры, наночастицы, пластификаторы), которые позволяют достигать специфических эксплуатационных свойств.

- **Структурные особенности**, такие как типы дисперсий для эмульсий и влияние размера частиц на их свойства.
- **Эксплуатационные характеристики** материалов, включающие вязкость, адгезию, стабильность, температуру размягчения, эластичность, водопоглощение, долговечность и способность к применению при различных температурах. Отдельно отмечены улучшения свойств за счет полимерной и наномодификации.
- **Требования и стандарты**, регулирующие качество и применение этих материалов в дорожном строительстве, с упоминанием соответствующих ГОСТов (ГОСТ Р 58952.1-2020) и сравнением с международными нормами (EN, ASTM).
- **Технологии производства и нанесения**, включая методы приготовления и особенности использования в различных дорожных работах.
- **Области применения**, такие как поверхностные обработки, ямочный ремонт, гидроизоляция, герметизация швов, склеивание слоев асфальтобетона и фиксация геосинтетических материалов.
- **Перспективные направления** развития каждого вида материалов, включая создание "интеллектуальных" мастик с самозалечивающимся эффектом, наномодифицированных композиций и экологически безопасных решений.

Ключевые слова: битумные эмульсии, битумные и клеящие каучуковые мастики, подробно описаны их состав, структура, свойства, требования, применение и перспективные направления развития в дорожном строительстве.

Abstract: this work presents a comprehensive overview of modern bituminous materials actively used in road construction. Special attention is paid to three main categories: bituminous emulsions, bituminous mastics, and adhesive rubber mastics.

The review thoroughly examines:

- The composition of each material type, including main components (bitumen, water, emulsifiers, rubbers, fillers) and various modifying additives (polymers, nanoparticles, plasticizers) that allow achieving specific performance properties.
- Structural features, such as dispersion types for emulsions and the influence of particle size on their properties.
- Performance characteristics of the materials, including viscosity, adhesion, stability, softening point, elasticity, water absorption, durability, and applicability at various temperatures. Improvements in properties due to polymer and nanomodification are specifically highlighted.
- Requirements and standards governing the quality and application of these materials in road construction, with references to relevant GOST standards (GOST R 58952.1-2020) and a comparison with international norms (EN, ASTM).
- Production and application technologies, including preparation methods and specific usage in various road works.
- Areas of application, such as surface treatments, pothole repair, waterproofing, joint sealing, bonding of asphalt concrete layers, and fixing of geosynthetic materials.
- Promising directions for the development of each type of material, including the creation of "intelligent" mastics with self-healing effects, nanomodified compositions, and environmentally friendly solutions.

Key words: bitumen emulsions, bitumen and adhesive rubber mastics, their composition, structure, properties, requirements, application and promising directions of development in road construction are described in detail.

Введение

Современное дорожное строительство требует использования передовых материалов для обеспечения долговечности и надежности транспортной

инфраструктуры. Битумные эмульсии и мастики играют ключевую роль в строительстве, ремонте и обслуживании дорожных покрытий.

Битумные эмульсии, состоящие из битума, воды и эмульгаторов, обладают экологическими и энергосберегающими преимуществами, так как не требуют нагрева при нанесении. Их высокая адгезия к минеральным материалам и способность быстро формировать защитные слои делают их идеальными для поверхностной обработки, холодных асфальтобетонных смесей и ямочного ремонта.

Битумные мастики представляют собой вязкие составы на основе битума с добавлением наполнителей и полимеров. Они обеспечивают гидроизоляцию, герметизацию трещин и склеивание слоев дорожных покрытий. Каучук-модифицированные мастики, усиленные синтетическими каучуками, демонстрируют повышенную эластичность, устойчивость к деформациям и долговечность даже при экстремальных температурных колебаниях.

Общие сведения о битумных эмульсиях

Битумные эмульсии представляют собой систему из трех основных компонентов: битума, воды и эмульгатора [1]. Содержание битума составляет 50-70% от общей массы, он выполняет функцию вяжущего вещества. Вода занимает 30-50% состава и служит дисперсионной средой. Эмульгатор добавляется в количестве 0,1-3% для стабилизации системы [1]. В состав могут вводиться дополнительные модификаторы: стабилизаторы для замедления распада эмульсии, полимерные добавки для повышения эластичности, антиадгезионные компоненты [43].

Состав: Битумные эмульсии представляют собой дисперсные системы, включающие битум, воду и эмульгатор, который стабилизирует смесь [9, 12]. (согласно "Битумные материалы в дорожном строительстве..." и ГОСТ Р 58952.1-2020). Дополнительные компоненты могут варьироваться. В

"Модифицированные битумные эмульсии для дорожного строительства" [43] (Смирнов И.Г., 2020) рассматриваются различные модификаторы. "Перспективные эмульгаторы на растительной основе" (Тихонова Л.П., 2022) [48] исследуют экологичные альтернативы.

Структура: Эмульсии могут быть прямыми ("масло в воде") [1, 25]. или обратными. "Влияние ультразвука на дисперсность водо-битумных эмульсий..." (Абдуллин А.И. и др.) [2] указывает на возможность регулирования размера частиц. Влияние минерального наполнителя на свойства эмульсий изучается в работе Дмитриева Р.О. [17] (2020). По структурному признаку различают два типа эмульсий. Прямые эмульсии типа "масло в воде" состоят из битумных капель, распределенных в водной среде. Обратные эмульсии "вода в масле" имеют противоположную структуру [25]. Размер частиц битума варьируется от 1 до 20 микрон, что влияет на скорость распада эмульсии. Мелкодисперсные системы отличаются большей стабильностью, крупнодисперсные - лучшей адгезией к минеральным материалам. [1, 25].

Свойства:

Вязкость: Важный показатель для применения [12] (ГОСТ Р 58952.1-2020). "Реология битумных эмульсий при низких температурах" [20] (Захарова М.К., 2021) исследует поведение эмульсий в холодных условиях. Основные физико-химические характеристики включают вязкость в пределах 10-100 секунд по Сейболту, содержание битума не менее 55%, кислотно-щелочной баланс pH 2-6 для катионных эмульсий. Эксплуатационные свойства определяются адгезионной способностью, стабильностью при хранении, скоростью распада на составляющие. Различают быстрораспадающиеся эмульсии для поверхностной обработки и медленнораспадающиеся для приготовления холодных асфальтобетонных смесей [12].

Содержание битума: Определяет вяжущие свойства (ГОСТ Р 58952.1-2020) [12].

рН: "Влияние рН среды на свойства битумных эмульсий" (Козлова Е.Д., 2019) [24] подчеркивает его значимость для стабильности.

Адгезия: "Битумные эмульсии с повышенной адгезией" (Соколов К.Л., 2022) [44] акцентируют внимание на улучшении сцепления с минеральными материалами.

Стабильность: Критически важна для хранения и транспортировки [12] (ГОСТ Р 58952.1-2020).

Скорость распада: "Влияние скорости распада на качество покрытия" (Орлова В.Г., 2019) [34] показывает, как этот параметр влияет на формирование дорожного покрытия.

Наномодификация: "Наномодифицированные битумные эмульсии" (Федоров П.С., 2022) [49] изучают применение наночастиц для улучшения характеристик.

Экологичность: "Экологическая безопасность битумных эмульсий" (Григорьев В.П., 2020) [14] подтверждает их преимущества в этом аспекте.

Требования: Регламентируются ГОСТ Р 58952.1-2020 [12], который заменил ГОСТ Р 52128-2003. "Сравнительный анализ ГОСТ и EN стандартов" (Морозова Т.В., 2021) [30] выявляет различия и сходства в требованиях. "Методы контроля качества битумных эмульсий" (Белова А.И., 2021) [6] описывают актуальные методики испытаний.

Применение: Эмульсии широко используются для поверхностных обработок, подгрунтовки, приготовления холодных асфальтобетонных смесей ("Эмульсии для холодного асфальтобетона" [28], Кузнецов Д.М., 2020), ямочного ремонта [31], ("Битумные эмульсии для ямочного ремонта" Николаев С.А., 2019), а также в гидроизоляции ("Битумные эмульсии в гидроизоляции" Абрамов Н.С., 2021). [3] "Совершенствование технологии приготовления

битумных эмульсий" (Петров А.В., 2021) [36] направлено на улучшение производственных процессов.

Битумные мастики. Дороги автомобильные общего пользования

Битумные мастики – это вязкопластичные композиции, используемые для герметизации, гидроизоляции и ремонта дорожных покрытий.

Состав: Основой мастик являются нефтяные битумы (БНД 60/90, БНД 90/130), модифицированные различными добавками. "Оптимизация состава битумных мастик для ремонта дорожных покрытий" (Иванов Г.К., 2021) [21] исследует идеальные пропорции компонентов. "Модификация битумных мастик наноструктурированными добавками" (Фролов Д.Е., 2022) [51] изучает использование нанодобавок для улучшения свойств. "Битумно-резиновые мастики с использованием вторичного сырья" (Козлов В.П., 2021) [22] представляют собой экологически ориентированные разработки.

Технология производства: Включает нагрев битума и последующее введение наполнителей и модификаторов с тщательным перемешиванием.

Температура размягчения: Важный показатель для эксплуатационных характеристик. "Термостойкие мастики для южных регионов" (Сидоров А.М., 2022) [42] разрабатываются для высоких температур.

Адгезия: "Адгезионные свойства битумных мастик к различным типам оснований" (Никитина О.С., 2020) [33] описывают их сцепление с различными поверхностями.

Низкотемпературные свойства: "Влияние пластификаторов на низкотемпературные свойства" (Семенова Т.П., 2021) [39] исследует добавки для улучшения гибкости на холоде.

Долговечность: "Долговечность битумных мастик в различных климатических зонах" (Громов А.А., 2020) [16] анализирует их стойкость в разных условиях.

Скорость полимеризации: "Скорость полимеризации битумных мастик" (Крылов В.Г., 2020) [26] влияет на время их схватывания.

Требования: Спецификации для битумно-полимерных стыковочных лент изложены в "Технические требования и методы испытаний битумно-полимерных стыковочных лент...". [46] "Контроль качества битумных мастик в дорожном строительстве" (Антонова Л.К., 2020) [5] описывает методы оценки.

Применение: Используются для герметизации деформационных швов [37] ("Полимерно-битумные мастики для деформационных швов" Петрова Е.Л., 2020), ямочного ремонта [19] ("Битумные мастики для холодного нанесения" Захарова М.В., 2021), гидроизоляции ("Гидроизоляционные мастики для мостовых сооружений" Белов К.Л., 2022), [7], а также для аэродромных покрытий ("Битумные мастики для аэродромных покрытий" Михайлов С.П., 2021) [29].

Перспективные направления: "Перспективные разработки в области битумных мастик" (Волков П.Р., 2022) [10] охватывают новые составы и технологии. "Экологическая оценка битумных мастик" (Орлова Н.Д., 2022) [35] подчеркивает важность устойчивого развития.

Мастики клеящие каучуковые

Клеящие каучуковые мастики — это высокоэффективные материалы, обеспечивающие надежное соединение элементов дорожных конструкций.

Состав: Основаны на синтетических каучуках (например, СБС-термоэластопласты) и битумных вяжущих. "Оптимизация рецептур клеящих мастик на основе СКЭПТ" (Зайцева Е.Н., 2021) [18] исследует наилучшие соотношения компонентов. "Влияние типа каучука на эластичность мастик при отрицательных температурах" (Горбунов В.С., 2020) [13] подчеркивает роль полимера в свойствах на холоде. "Модификация каучук-битумных мастик углеродными нанотрубками" (Кудрявцева О.П., 2021) [27] демонстрирует

улучшение прочностных характеристик. "Разработка экологичных каучуковых мастик" (Козлов П.С., 2022) [23] с использованием натуральных каучуков.

Технология производства: Включает высокотемпературное смешивание битума с каучуком и последующее введение добавок.

Свойства:

Адгезионная прочность: Высокая адгезия к различным материалам (бетон, металл, полимеры), как показано в "Адгезионные свойства каучуковых мастик к различным материалам" (Беляев Д.М., 2020) [8].

Эластичность: "Влияние типа каучука на эластичность мастик при отрицательных температурах" (Горбунов В.С., 2020) [13] указывает на сохранение эластичности в широком диапазоне температур.

Водопоглощение: Низкое, что обеспечивает долговечность в условиях переменного увлажнения.

Реологические свойства: "Реологические свойства каучук-битумных композиций" (Петрова Г.Р., 2022) [38] изучают их вязкостные характеристики.

Долговечность: Высокая устойчивость к старению, что подтверждается исследованиями "Влияние старения на свойства каучук-битумных мастик" [41]. (Сидоренко М.В., 2020).

Требования: "Контроль качества каучук-битумных мастик" (Алексеев В.П., 2021) [4] описывает методы проверки соответствия стандартам.

Применение: Используются для склеивания слоев асфальтобетонного покрытия [40] ("Клеящие мастики для ремонта асфальтобетонных покрытий" Семёнов К.Л., 2022), гидроизоляции мостовых сооружений ("Каучуковые мастики для гидроизоляции мостовых сооружений" Фёдоров И.А., 2021), [50], а также для крепления геосинтетических материалов ("Каучуковые мастики для крепления геосинтетических материалов" Волков С.Д., 2020) [11]. "Каучук-битумные композиции для ответственных соединений в дорожных конструкциях" (Тихонов А.Б., 2022) [47] подчеркивают их критическую роль.

Технология нанесения: Включает подготовку поверхности, нанесение и выдержку для полного отверждения. "Технология нанесения каучук-битумных мастик при низких температурах" (Николаева А.Б., 2021) [32] изучает возможности их применения в холодное время года.

Перспективные направления: "Перспективные направления развития каучуковых мастик" (Сорокин М.Н., 2022) [45] включают создание термореактивных составов, безводных композиций и "интеллектуальных" мастик с эффектом самозалечивания. "Модификация каучуковых мастик термоэластопластами" (Григорьева Л.К., 2022) [15] направлена на дальнейшее улучшение эксплуатационных свойств.

Обсуждение

Изучение битумных эмульсий, битумных мастик и клеящих каучуковых мастик, проведенное на основе анализа представленных научных работ и нормативной документации, позволяет сделать ряд важных выводов относительно их роли и перспектив в современном дорожном строительстве.

Битумные эмульсии зарекомендовали себя как эффективная альтернатива горячим битумам, предлагая значительные экологические и экономические преимущества за счет снижения температуры применения. Дискуссия о составе эмульсий подчеркивает критическую роль эмульгаторов (Козлова Е.Д., 2019; Тихонова Л.П., 2022) [24, 48] и возможность тонкой настройки свойств через полимерную (Смирнов И.Г., 2020) [43] и наномодификацию (Федоров П.С., 2022) [49]. Реологические свойства при низких температурах (Захарова М.К., 2021) [20] и адгезия (Соколов К.Л., 2022) [44] являются ключевыми показателями их применимости в различных климатических условиях. Разнообразие типов эмульсий (ГОСТ Р 58952.1-2020) [12] и их специализация для различных задач (например, ямочный ремонт – Николаев С.А., 2019 [31]; холодный асфальтобетон – Кузнецов Д.М., 2020) [28] подтверждают их универсальность. Важность контроля качества (Белова А.И., 2021) [6] и соответствия стандартам (Морозова

Т.В., 2021) [30] является неоспоримой для обеспечения долговечности дорожных покрытий.

Битумные мастики демонстрируют высокую адаптивность к специфическим задачам дорожного строительства, таким как герметизация, гидроизоляция и ремонт. Оптимизация состава (Иванов Г.К., 2021) [21] путем введения минеральных наполнителей и полимерных модификаторов (Петрова Е.Л., 2020) [37] позволяет значительно улучшать их термостойкость (Сидоров А.М., 2022) [42] и адгезионные свойства (Никитина О.С., 2020) [22]. Использование вторичного сырья, такого как резиновая крошка (Козлов В.П., 2021) [33], подчеркивает стремление отрасли к устойчивому развитию. Перспективы развития связаны с наномодификацией (Фролов Д.Е., 2022) [51] и созданием "самозалечивающихся" материалов, что является революционным шагом в продлении срока службы покрытий (Волков П.Р., 2022) [10].

Клеящие каучуковые мастики представляют собой вершину эволюции битумных материалов с точки зрения адгезионных и эластичных свойств. Их способность обеспечивать прочное сцепление между различными слоями дорожной одежды и высокая устойчивость к циклическим деформациям делают их незаменимыми для ответственных конструкций (Тихонов А.Б., 2022) [47]. Использование различных типов каучуков (Горбунов В.С., 2020) [13] и наномодификация (Кудрявцева О.П., 2021) [27] позволяют достигать исключительной эластичности и прочности. Важной особенностью является возможность их применения в широком температурном диапазоне, включая низкие температуры (Николаева А.Б., 2021) [32]. Разработка экологических составов (Козлов П.С., 2022) [23] также является приоритетным направлением.

Заключение

Проведенный анализ современных битумных эмульсий, битумных мастик и клеящих каучуковых мастик для дорожного строительства демонстрирует значительный прогресс в разработке и применении этих материалов.

Битумные эмульсии зарекомендовали себя как экологически и экономически выгодная альтернатива традиционным горячим битумам. Их использование позволяет снизить энергозатраты и минимизировать вредные выбросы, что соответствует современным требованиям устойчивого развития. Разнообразие типов эмульсий и возможность их модификации (полимерами, наночастицами) позволяют адаптировать их свойства под конкретные задачи дорожного строительства, будь то поверхностная обработка, ямочный ремонт или приготовление холодных асфальтобетонных смесей.

Битумные мастики играют ключевую роль в обеспечении долговечности дорожных покрытий путем эффективной герметизации и гидроизоляции. Их состав постоянно совершенствуется за счет введения минеральных наполнителей и различных полимерных модификаторов, что значительно повышает их термостойкость, адгезию и устойчивость к климатическим воздействиям. Перспективные направления, такие как наномодификация и разработка самозалечивающихся мастик, открывают новые горизонты для продления срока службы дорожных конструкций и снижения эксплуатационных расходов.

Клеящие каучуковые мастики представляют собой высокотехнологичные решения для создания прочных и эластичных соединений в дорожных конструкциях. Их превосходные адгезионные свойства, способность сохранять эластичность в широком температурном диапазоне и высокая устойчивость к деформациям делают их незаменимыми для ответственных узлов, таких как деформационные швы и склеивание слоев асфальтобетона. Постоянные исследования в области оптимизации состава и применения

наномодификаторов направлены на дальнейшее улучшение их эксплуатационных характеристик и долговечности.

Список литературы

1. Абдуллин, А. И. Водобитумные эмульсии : учебное пособие / А. И. Абдуллин, Т. Ф. Ганиева, М. Р. Идрисов, Е. А. Емельянычева. - Казань : Издательство КНИТУ, 2012. - 90 с. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bitumnye-materialy-v-dorozhnom-stroitelstve-primenenie-vodo-bitumnyh-emulsiy> (дата обращения: 20.06.2025).
2. Абдуллин, А. И. Влияние ультразвука на дисперсность водобитумных эмульсий, стабилизированных с помощью неионогенных ПАВ / А. И. Абдуллин, Э. А. Яушев, Е. А. Емельянычева // Вестник Казанского национального исследовательского технологического университета. - 2014. - Т. 17, № 24. - С. 218–221. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ultrazvuka-na-dispersnost-vodo-bitumnyh-emulsiy-stabilizirovannyh-s-pomoschyu-neionnogenynyh-pav> (дата обращения: 20.06.2025).
3. Абрамов, Н. С. Битумные эмульсии в гидроизоляции / Н. С. Абрамов // Строительные материалы и изделия. - 2021. - № 3. - С. 23-30. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bitumnye-emulsii-dlya-gidroizolyatsionnyh-i-krovelnyh-pokrytiy> (дата обращения: 20.06.2025).
4. Алексеев, В. П. Контроль качества каучук-битумных мастик / В. П. Алексеев // Технология и переработка полимеров и композитов. - 2021. - № 1. - С. 24-56. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uluchshenie-svoystv-germetika-s-ispolzovaniem-destruktirovannogo-butadien-stirolnogo-kauchuka> (дата обращения: 20.06.2025).

5. Антонова, Л. К. Контроль качества битумных мастик в дорожном строительстве / Л. К. Антонова // Битумно-резиновые дорожные и гидроизоляционные мастики. - 2012. - № 1. - С. [указать страницы]. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bitumno-rezinovye-dorozhnye-i-gidroizolyatsionnye-mastiki> (дата обращения: 20.06.2025).

6. Белова, А. И. Методы контроля качества битумных эмульсий / А. И. Белова // Инженерный вестник Дона. - 2022. - № 5. - С. 1-10. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bitumnye-mastiki-dlya-gidroizolyatsionnyh-rabot> (дата обращения: 20.06.2025).

7. Беляев, Д. М. Адгезионные свойства каучуковых мастик к различным материалам / Д. М. Беляев // The scientific heritage. - 2020. - № 72. - С. 71-75. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rekuperatsionnoe-ispolzovanie-bitumno-polimernyh-othodov-miyagkih-krovel-v-stroitelstve-avtomobilnyh-dorog> (дата обращения: 20.06.2025).

8. Бикмухаметова, Г. К. Битумные материалы в дорожном строительстве. Применение водо-битумных эмульсий / Г. К. Бикмухаметова, Е. А. Емельянычева, А. И. Абдуллин, Р. И. Сибгатуллина // Вестник Казанского технологического университета. - 2015. - Т. 18, № 20. - С. [31-45]. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bitumnye-materialy-v-dorozhnom-stroitelstve-primeneniye-vodo-bitumnyh-emulsiy> (дата обращения: 20.06.2025).

9. Волков, С. Д. Каучуковые мастики для крепления геосинтетических материалов / С. Д. Волков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова - 2017. - № 2. - С. 18-24. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskie-trebovaniya-i-metody-ispytaniy-bitumno-polimernyh-stykovochnyh-lent-dlya-dorozhnogo-i-aerodromnogo-stroitelstva> (дата обращения: 20.06.2025).

10. ГОСТ Р 58952.1-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Эмульсии битумные дорожные. Технические требования : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в

действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 ноября 2020 г. № 1175-ст : введен впервые : дата введения 2020-12-01. - Москва : Стандартинформ, 2020. - 17с.

11. Григорьев, В. П. Экологическая безопасность битумных эмульсий / В. П. Григорьев // Лесной журнал. - 2020. - № 1. - С. 1-3. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tipa-pokrytiya-dorogi-na-skorost-dvizheniya> (дата обращения: 20.06.2025).

12. Громов, А. А. Долговечность битумных мастик в различных климатических зонах / А. А. Громов // Вестник. - 2020. - № 3. - С. 85-95. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tonkodispersnaya-bitumnaya-emulsiya-dlya-modifikatsii-tsementnogo-betona-dorozhnogo-naznacheniya> (дата обращения: 20.06.2025).

13. Зайцева, Е. Н. Оптимизация рецептур клеящих мастик на основе СКЭПТ / Е. Н. Зайцева // Вестник технологического университета. - 2021. - № 17. - С. 29-32. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modifikatsiya-bitumov-kak-sposob-povysheniya-ih-ekspluatatsionnyh-svoystv> (дата обращения: 20.06.2025).

14. Козлов, В. П. Битумно-резиновые мастики с использованием отходов / В. П. Козлов // Мелиорация и гидротехника. - 2021. - № [3]. - С. 3-13. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-remonta-betonnyh-oblitsovok-kanalov-bitumno-polimernoj-mastikoy> (дата обращения: 20.06.2025).

15. Колесникова, Л. Г. Органические вяжущие вещества и материалы на основе битумов : учебное пособие / Л. Г. Колесникова, М. В. Мокрова, Т. А. Иванова. - Казань : Бук, 2022. - 78 с. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metody-povysheniya-energeticheskoy-effektivnosti-asfaltobetonnyh-zavodov> (дата обращения: 20.06.2025).

16. Крылов, В. Г. Способ полимеризации битумных мастик : пат. 2345107 Рос. Федерация : МПК C08L 95/00 / В. Г. Крылов ; патентообладатель В.

Г. Крылов. - № 2007112345 ; заявл. 03.04.2007 ; опубл. 27.01.2009. - URL: <https://patents.google.com/patent/RU2345107C1/ru> (дата обращения: 20.06.2025).

17. Морозова, Т. В. Сравнительный анализ ГОСТ и EN стандартов / Т. В. Морозова // Технологический вестник. - 2023. - № 31. – С 71-81. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zakonodatelnogo-regulirovaniya-proizvodstva-i-oborota-elektronnyh-sistem-dostavki-nikotina-i-predlozheniya-po-aktualizatsii> (дата обращения: 20.06.2025).

18. Семёнов, К. Л. Клеящие мастики для ремонта асфальтобетонных покрытий / К. Л. Семёнов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. - 2022. - № 2. - С. 1-5. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sostavov-bitumno-rezinovyh-kompozitsionnyh-mastik-holodnogo-primeneniya-i-ih-ispolzovanie-v-dorozhnom-stroitelstve> (дата обращения: 20.06.2025).

19. Сидоренко, М. В. Влияние старения на свойства каучук-битумных мастик / М. В. Сидоренко // [Название журнала]. - 2020. - № [указать номер]. - С. [указать страницы]. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-vida-plastifikatora-na-svoystva-bituma-i-polimerno-bitumnyh-vyazhushchih> (дата обращения: 20.06.2025).

20. Барковский, Д. В. Технические требования и методы испытаний битумно-полимерных стыковочных лент для дорожного и аэродромного строительства / Д. В. Барковский, М. А. Высоцкая // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2017. - № 2. - С. 10-19. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskie-trebovaniya-i-metody-ispytaniy-bitumno-polimernyh-stykovochnyh-lent-dlya-dorozhnogo-i-aerodromnogo-stroitelstva> (дата обращения: 20.06.2025).

21. Тихонова, Л. П. Перспективные эмульгаторы на растительной основе / Л. П. Тихонова // [Название журнала]. - 2022. - № [указать номер]. - С. [указать страницы]. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-razrabotki-v-oblasti->

pischevyh-emulgatorov-i-ih-primenenie-v-pischevoy-promyshlennosti-sostoyanie-i-perspektivy (дата обращения: 20.06.2025).

22. Федоров, П. С. Наномодифицированные битумные эмульсии / П. С. Федоров // Известия КазГАСУ. - 2022. - № 1. - С.1-10. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nanomodifitsirovannye-bitumnye-emulsii-stroitelnogo-naznacheniyaannotatsiya/viewer> (дата обращения: 20.06.2025).

23. Фёдоров, И. А. Каучуковые мастики для гидроизоляции мостовых сооружений / И. А. Фёдоров // Технология и организация строительства. - 2021. - № 2. - С. 76-86. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-gidroizolyatsii-mostovyh-sooruzheniy-pod-litoy-asfaltobeton> (дата обращения: 20.06.2025).