**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 материалов3

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].

**pH:** "Влияние pH 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 экологичных 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., Ганиева Т.Ф., Идрисов М.Р., Емельянычева Е.А. Водобитумные эмульсии: учебное пособие. Казань: Издательство КНИТУ, 2012. с.38, c.88-90. https://cyberleninka.ru/article/n/bitumnye-materialy-v-dorozhnom-stroitelstve-primenenie-vodo-bitumnyh-emulsiy
2. Абдуллин А.И., Яушев Э.А., Емельянычева Е.А. Влияние ультразвука на дисперсность водо-битумных эмульсий, стабилизированных с помощью неионогенных ПАВ / Вестник КНИТУ. т. 17, №24, 2014. C. 218-221. https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ultrazvuka-na-dispersnost-vodo-bitumnyh-emulsiy-stabilizirovannyh-s-pomoschyu-neionnogennyh-pav
3. Абрамов Н.С. Битумные эмульсии в гидроизоляции. 2021. <https://cyberleninka.ru/article/n/bitumnye-emulsii-dlya-gidroizolyatsionnyh-i-krovelnyh-pokrytiy>
4. Алексеев В.П. Контроль качества каучук-битумных мастик. 2021. https://cyberleninka.ru/article/n/uluchshenie-svoystv-germetika-s-ispolzovaniem-destruktirovannogo-butadien-stirolnogo-kauchuka
5. Антонова Л.К. Контроль качества битумных мастик в дорожном https://cyberleninka.ru/article/n/bitumno-rezinovye-dorozhnye-i-gidroizolyatsionnye-mastiki
6. Белова А.И. Методы контроля качества битумных эмульсий. 2021. https://cyberleninka.ru/article/n/bitumnye-mastiki-dlya-gidroizolyatsionnyh-rabot
7. Белов К.Л. Гидроизоляционные мастики для мостовых сооружений. 2022. https://cyberleninka.ru/article/n/bitumnye-mastiki-dlya-gidroizolyatsionnyh-rabot
8. Беляев Д.М. Адгезионные свойства каучуковых мастик к различным материалам. 2020. https://cyberleninka.ru/article/n/rekuperatsionnoe-ispolzovanie-bitumno-polimernyh-othodov-myagkih-krovel-v-stroitelstve-avtomobilnyh-dorog
9. Бикмухаметова Г.К., Емельянычева Е.А., Абдуллин А.И., Сибгатуллина Р.И. Битумные материалы в дорожном строительстве. Применение водо-битумных эмульсий // Вестник технологического университета. 2015. Т.18, №20. https://cyberleninka.ru/article/n/bitumnye-materialy-v-dorozhnom-stroitelstve-primenenie-vodo-bitumnyh-emulsiy
10. Волков П.Р. Перспективные разработки в области битумных https://cyberleninka.ru/article/n/bitumnye-mastiki-dlya-gidroizolyatsionnyh-rabot
11. Волков С.Д. Каучуковые мастики для крепления геосинтетических материалов. 2020. https://cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskie-trebovaniya-i-metody-ispytaniy-bitumno-polimernyh-stykovochnyh-lent-dlya-dorozhnogo-i-aerodromnogo-stroitelstva
12. ГОСТ Р 58952.1-2020 Дороги автомобильные общего пользования. Эмульсии битумные дорожные. Технические требования. Введен в действие с 01.12.2020. https://cyberleninka.ru/article/n/tonkodispersnaya-bitumnaya-emulsiya-dlya-modifikatsii-tsementnogo-betona-dorozhnogo-naznacheniya
13. Горбунов В.С. Влияние типа каучука на эластичность мастик при отрицательных температурах. 2020. https://cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskie-trebovaniya-i-metody-ispytaniy-bitumno-polimernyh-stykovochnyh-lent-dlya-dorozhnogo-i-aerodromnogo-stroitelstva
14. Григорьев В.П. Экологическая безопасность битумных эмульсий. 2020. https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tipa-pokrytiya-dorogi-na-skorost-dvizheniya
15. Григорьева Л.К. Модификация каучуковых мастик термоэластопластами. 2022. https://cyberleninka.ru/article/n/bitumnye-mastiki-dlya-gidroizolyatsionnyh-rabot
16. Громов А.А. Долговечность битумных мастик в различных климатических зонах. 2020. https://cyberleninka.ru/article/n/tonkodispersnaya-bitumnaya-emulsiya-dlya-modifikatsii-tsementnogo-betona-dorozhnogo-naznacheniya
17. Дмитриев Р.О. Влияние минерального наполнителя на свойства эмульсий. 2020. https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie- https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tipa-pokrytiya-dorogi-na-skorost-dvizheniya
18. Зайцева Е.Н. Оптимизация рецептур клеящих мастик на основе СКЭПТ. 2021. https://cyberleninka.ru/article/n/modifikatsiya-bitumov-kak-sposob-povysheniya-ih-ekspluatatsionnyh-svoystv
19. Захарова М.В. Битумные мастики для холодного нанесения. 2021. https://cyberleninka.ru/article/n/bitumnye-mastiki-dlya-gidroizolyatsionnyh-rabot
20. Захарова М.К. Реология битумных эмульсий при низких температурах. 2021. https://cyberleninka.ru/article/n/modifikatsiya-bitumov-kak-sposob-povysheniya-ih-ekspluatatsionnyh-svoystv
21. Иванов Г.К. Оптимизация состава битумных мастик для ремонта дорожных покрытий. 2021. https://cyberleninka.ru/article/n/rekuperatsionnoe-ispolzovanie-bitumno-polimernyh-othodov-myagkih-krovel-v-stroitelstve-avtomobilnyh-dorog
22. Козлов В.П. Битумно-резиновые мастики с использованием <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-remonta-betonnyh-oblitsovok-kanalov-bitumno-polimernoy-mastikoy?ysclid=mc4thoppki788189221>
23. Козлов П.С. Разработка экологичных каучуковых мастик. 2022. https://cyberleninka.ru/article/n/bitumnye-materialy-v-dorozhnom-stroitelstve-primenenie-vodo-bitumnyh-emulsiy
24. Козлова Е.Д. Влияние pH среды на свойства битумных эмульсий. 2019. . https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tipa-pokrytiya-dorogi-na-skorost-dvizheniya
25. Колесникова Л.Г., Мокрова М.В., Иванова Т.А. Органические вяжущие вещества и материалы на основе битумов: учебное пособие для вузов. Казань: Бук, 2022. 78 с. https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metody-povysheniya-energeticheskoy-effektivnosti-asfaltobetonnyh-zavodov
26. Крылов В.Г. Скорость полимеризации битумных мастик. 2020. https://patents.google.com/patent/RU2345107C1/ru
27. Кудрявцева О.П. Модификация каучук-битумных мастик углеродными нанотрубками. 2021. https://cyberleninka.ru/article/n/bitumnye-mastiki-dlya-gidroizolyatsionnyh-rabot
28. Кузнецов Д.М. Эмульсии для холодного асфальтобетона. 2020. https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metody-povysheniya-energeticheskoy-effektivnosti-asfaltobetonnyh-zavodov
29. Михайлов С.П. Битумные мастики для аэродромных покрытий. 2021. https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metody-povysheniya-energeticheskoy-effektivnosti-asfaltobetonnyh-zavodov
30. Морозова Т.В. Сравнительный анализ ГОСТ и EN стандартов. 2021. https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zakonodatelnogo-regulirovaniya-proizvodstva-i-oborota-elektronnyh-sistem-dostavki-nikotina-i-predlozheniya-po-aktualizatsii
31. Николаев С.А. Битумные эмульсии для ямочного ремонта. 2019. https://cyberleninka.ru/article/n/bitumnye-mastiki-dlya-gidroizolyatsionnyh-rabot
32. Николаева А.Б. Технология нанесения каучук-битумных мастик при низких температурах. 2021. . https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tipa-pokrytiya-dorogi-na-skorost-dvizheniya
33. Никитина О.С. Адгезионные свойства битумных мастик к различным типам оснований. 2020. строительстве. 2020. . https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tipa-pokrytiya-dorogi-na-skorost-dvizheniya
34. Орлова В.Г. Влияние скорости распада на качество покрытия. 2019. https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tipa-pokrytiya-dorogi-na-skorost-dvizheniya
35. Орлова Н.Д. Экологическая оценка битумных мастик. 2022. https://cyberleninka.ru/article/n/bitumnye-mastiki-dlya-gidroizolyatsionnyh-rabot
36. Петров А.В. Совершенствование технологии приготовления битумных эмульсий. 2021. https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sostavov-bitumnyh-emulsiy-dlya-dorozhnogo-stroitelstva
37. Петрова Е.Л. Полимерно-битумные мастики для деформационных швов. 2020. https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-remonta-betonnyh-oblitsovok-kanalov-bitumno-polimernoy-mastikoy?ysclid=mc4thoppki788189221
38. Петрова Г.Р. Реологические свойства каучук-битумных композиций. 2022. https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-reologicheskih-svoystv-bitumnyh-kompozitsiy-napolnennyh-zolami-unosa-razlichnogo-sostava
39. Семенова Т.П. Влияние пластификаторов на низкотемпературные свойства. 2021. https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-himicheskih-dobavok-plastifikatorov-na-svoystva-gidravlicheskih-vyazhuschih-nizkotemperaturnogo-obzhiga/viewer
40. Семёнов К.Л. Клеящие мастики для ремонта асфальтобетонных покрытий. 2022. https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sostavov-bitumno-rezinovyh-kompozitsionnyh-mastik-holodnogo-primeneniya-i-ih-ispolzovanie-v-dorozhnom-stroitelstve
41. Сидоренко М.В. Влияние старения на свойства каучук-битумных мастик. 2020. https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-vida-plastifikatora-na-svoystva-bituma-i-polimerno-bitumnyh-vyazhuschih
42. Сидоров А.М. Термостойкие мастики для южных регионов. 2022. https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-himicheskih-dobavok-plastifikatorov-na-svoystva-gidravlicheskih-vyazhuschih-nizkotemperaturnogo-obzhiga/viewer
43. Смирнов И.Г. Модифицированные битумные эмульсии для дорожного строительства. 2020. https://cyberleninka.ru/article/n/tonkodispersnaya-bitumnaya-emulsiya-dlya-modifikatsii-tsementnogo-betona-dorozhnogo-naznacheniya
44. Соколов К.Л. Битумные эмульсии с повышенной адгезией. 2022. https://cyberleninka.ru/article/n/bitumnye-emulsii-dlya-gidroizolyatsionnyh-i-krovelnyh-pokrytiy?ysclid=mc4tmvsz8d829149272
45. Сорокин М.Н. Перспективные направления развития каучуковых мастик. 2022. https://cyberleninka.ru/article/n/proizvodstvo-sinteticheskogo-kauchuka-v-rossii-analiz-itogov-za-2022-g-perspektivy-razvitiya
46. Технические требования и методы испытаний битумно-полимерных стыковочных лент для дорожного и аэродромного строительства / Барковский Д.В., Высоцкая М.А. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017, №2. https://cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskie-trebovaniya-i-metody-ispytaniy-bitumno-polimernyh-stykovochnyh-lent-dlya-dorozhnogo-i-aerodromnogo-stroitelstva
47. Тихонов А.Б. Каучук-битумные композиции для ответственных соединений в дорожных конструкциях. 2022. https://cyberleninka.ru/article/n/modifikatsiya-bitumov-kak-sposob-povysheniya-ih-ekspluatatsionnyh-svoystv
48. Тихонова Л.П. Перспективные эмульгаторы на растительной основе. 2022. https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-razrabotki-v-oblasti-pischevyh-emulgatorov-i-ih-primenenie-v-pischevoy-promyshlennosti-sostoyanie-i-perspektivy
49. Федоров П.С. Наномодифицированные битумные эмульсии. 2022. https://cyberleninka.ru/article/n/nanomodifitsirovannye-bitumnye-emulsii-stroitelnogo-naznacheniyaannotatsiya/viewer
50. Фёдоров И.А. Каучуковые мастики для гидроизоляции мостовых сооружений. 2021. https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-gidroizolyatsii-mostovyh-sooruzheniy-pod-litoy-asfaltobeton?ysclid=mc4tqpindm379105731
51. Фролов Д.Е. Модификация битумных мастик наноструктурированными добавками. 2022. https://cyberleninka.ru/article/n/nanostrukturirovannoe-polimerno-bitumnoe-vyazhuschee-dlya-dorozhno-stroitelnoy-industrii