

Технические науки. Архитектура и строительство

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-03>

УДК: 625.061

МРНТИ: 55.51.41

Применение полимеров Kraton для модификации битумов

¹Черников К.А., *¹Еспаева Г.А.

¹Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Казахстан

*Автор-корреспондент email: gul_m58@mail.ru

Поступила:
27 января 2024
Рецензирование:
28 февраля 2024
Принята в печать:
03 июнь 2024

Аннотация

Повышение качества и долговечности дорожных покрытий остаётся одной из ключевых задач современного дорожного строительства. Среди множества технологий особое внимание уделяется модификации битума полимерами, в частности Kraton D-1101. Этот полимер представляет собой чистый линейный блок-сополимер на основе стирола и бутадиена с содержанием стирола 31% масс., предлагаемый в различных формах (порошок, гранулы, чешуйки). Использование Kraton D-1101 в составе битума позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики дорожных покрытий, включая эластичность, прочность, устойчивость к старению, колееобразованию и растрескиванию. Технология приготовления полимерно-модифицированного битума (ПМБ) включает точное дозирование компонентов, использование специализированного оборудования для смешивания и диспергирования полимера в битуме, контроль температуры и времени выдержки для достижения стабильного качества продукта. Результаты практического применения и лабораторных испытаний подтверждают эффективность Kraton D-1101: покрытия, изготовленные на его основе, демонстрируют повышенную устойчивость к воздействию климатических и механических факторов, обладают высокой прочностью и долговечностью. Модификация битума Kraton не только увеличивает срок службы покрытия, но и снижает затраты на ремонт и содержание дорог, повышая безопасность и комфорт движения. Данная технология находит применение на дорогах с высокой интенсивностью движения, в суровых климатических условиях, а также на взлётно-посадочных полосах и гоночных трассах. Полученные результаты подтверждают целесообразность широкого внедрения этой технологии в дорожное строительство Республики Казахстан и других регионов с аналогичными эксплуатационными условиями.

Ключевые слова: битум, полимер, эластичность, колееобразование, растрескивание.

Черников К.А.

Информация об авторах:

магистрант КазАДИ им. Л.Б.Гончарова, г. Алматы, Казахстан. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-1776-9166>. E-mail: kir.erebia@gmail.com

Еспаева Г.А.

Кандидат технических наук, профессор кафедры «Транспортное строительство и производство строительных материалов», КазАДИ им. Л.Б.Гончарова, г. Алматы, Казахстан, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7228-4813>. E-mail: gul_m58@mail.ru

Техникалық ғылымдар. Сәулет және құрылыс

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-03>

ӘОЖ: 625.061

ГТАМР: 55.51.41

Битумдарды өзгерту үшін Кратон полимерлерін қолдану**¹Черников К.А., ¹Еспаева Г.А.**¹Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ, Қазақстан*Автор-корреспондент email: gul_m58@mail.ru

Мақала келді:
27 қантар 2024
Сараптамадан өтті:
28 ақпан 2024
Қабылданды:
03 маусым 2024

Түйіндеме

Жол жабындарының сапасы мен беріктігін арттыру қазіргі заманғы жол құрылысының негізгі міндеттерінің бірі болып қала береді. Көптеген технологиялардың ішінде битумды полимерлермен модификациялауға ерекше назар аударылады, атап айтқанда Kraton d-1101. Бұл полимер-стирол мен бутадиең негізіндегі таза сызықтық блок-сополимер, құрамында 31% стирол бар., әр түрлі формада ұсынылады (ұнтақ, түйіршіктер, қабыршақтар). Битум құрамында Kraton D-1101 пайдалану жол төсемдерінің икемділігін, беріктігін, қартаюға төзімділігін, жол түзілуін және жарылуын қоса алғанда, пайдалану өнімділігін айтарлықтай жақсартуға мүмкіндік береді. Полимерлі модификацияланған битумды (РМВ) дайындау технологиясы компоненттерді дәл мөлшерлеуді, битумдағы полимерді араластыру және дисперсиялау үшін арнайы жабдықты пайдалануды, өнімнің тұрақты сапасына қол жеткізу үшін температура мен ұстау уақытын бақылауды қамтиды. Практикалық қолдану мен зертханалық сынақтардың нәтижелері kraton d-1101 тиімділігін растайды: оның негізінде жасалған жабындар климаттық және механикалық факторларға төзімділіктің жоғарылауын көрсетеді, беріктігі мен беріктігі жоғары. Kraton битумын өзгерту жабынның қызмет ету мерзімін ұзартып қана қоймайды, сонымен қатар жолдарды жөндеу және күтіп ұстау шығындарын азайтады, қозғалыс қауіпсіздігі мен жайлылығын арттырады. Бұл технология қозғалыс қарқындылығы жоғары жолдарда, қатал климаттық жағдайларда, сондай-ақ ұшу-қону жолақтарында және жарыс жолдарында қолданылады. Алынған нәтижелер осы технологияны Қазақстан Республикасының және осындай пайдалану жағдайлары бар басқа өңірлердің жол құрылысына кеңінен енгізудің орындылығын растайды.

Түйін сөздер: битум, полимер, серпімділік, калибрлеу.**Черников К.А.****Авторлар туралы ақпарат:**Л. Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институтының магистранты, Алматы қ., Қазақстан. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-1776-9166>. E-mail: kir.erechia@gmail.com**Еспаева Г.А.**Техника ғылымдарының кандидаты, "Көлік құрылысы және құрылыс материалдарын өндіру" кафедрасының профессоры. Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ, Қазақстан, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7228-4813>. E-mail: gul_m58@mail.ru

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-03>

UDC: 625.061

IRSTI: 55.51.41

The use of Kraton polymers for bitumen modification**¹Chernikov K.A., *¹Yespayeva G.A.**¹Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Republic of Kazakhstan*Corresponding author email: gul_m58@mail.ru

<p>Received: 27 January 2024 Peer-reviewed: 28 February 2024 Accepted: 03 June 2024</p>	<p>Abstract</p> <p>Improving the quality and durability of road surfaces remains one of the key tasks of modern road construction. Among the many technologies, special attention is paid to the modification of bitumen with polymers, in particular Kraton D-1101. This polymer is a pure linear block copolymer based on styrene and butadiene with a styrene content of 31% by weight, offered in various forms (powder, granules, flakes). The use of Kraton D-1101 in bitumen can significantly improve the performance characteristics of road surfaces, including elasticity, strength, resistance to aging, rutting and cracking. The technology of polymer-modified bitumen (PMB) preparation includes precise dosing of components, the use of specialized equipment for mixing and dispersing polymer in bitumen, temperature control and holding time to achieve stable product quality. The results of practical application and laboratory tests confirm the effectiveness of Kraton D-1101: coatings based on it demonstrate increased resistance to climatic and mechanical factors, have high strength and durability. Modification of Kraton bitumen not only increases the service life of the coating, but also reduces the cost of repair and maintenance of roads, increasing safety and driving comfort. This technology is used on roads with high traffic intensity, in harsh climatic conditions, as well as on runways and race tracks. The results obtained confirm the expediency of widespread implementation of this technology in road construction in the Republic of Kazakhstan and other regions with similar operating conditions.</p> <p>Keywords: bitumen, polymer, elasticity, rutting, cracking.</p>
<p>Chernikov K.A.</p>	<p>Information about authors: Master's student of the educational program 7M07159 – "Transport Structures", Department of "Architectural and structural engineering", ALT MukhamedzhanTynyshpayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0003-1776-9166. E-mail: kir.eremia@gmail.com</p>
<p>Yespayeva G.A.</p>	<p>Candidate of Technical Sciences, professor of the Department "Transport Construction and Production of Building materials", Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7228-4813. E-mail: gul_m58@mail.ru</p>

Введение

Повреждённое дорожное покрытие не только представляет серьёзную опасность для участников дорожного движения, но и создаёт значительные неудобства. Повреждения могут приводить к снижению комфорта, увеличению риска аварий и экономическим потерям. Основными причинами разрушения дорожного полотна являются сочетание климатического воздействия (например, резкие перепады температур, воздействие влаги и солнечного излучения) и интенсивные транспортные нагрузки, которые вызывают механические повреждения. Среди основных типов дефектов, возникающих на автомобильных дорогах, можно выделить колееобразование (появление продольных углублений от движения тяжёлого транспорта) и растрескивание (формирование трещин различной формы и глубины). Эти повреждения уменьшают несущую способность покрытия, ухудшают сцепление колес с дорогой и сокращают срок службы дороги. Одним из наиболее эффективных методов повышения качества дорожных покрытий и увеличения их долговечности является модификация битума полимерами Kraton. Kraton Polymers — мировой лидер в производстве блок-сополимеров стирола. Эти полимеры, в частности линейные и радиальные сополимеры стирола-бутадиена-стирола (SBS), применяются для модификации дорожного битума, обеспечивая ему уникальные эксплуатационные свойства. Полимеры Kraton D применяются в дорожном строительстве на протяжении многих лет и доказали свою эффективность. Их успешно используют на автомобильных дорогах, взлётно-посадочных полосах аэропортов, гоночных трассах и других критически важных объектах по всему миру. В отличие от других модификаторов, которые решают лишь отдельные проблемы (например, только повышение эластичности или устойчивости к старению), полимеры Kraton комплексно улучшают свойства битума. Они обеспечивают:

- Повышение эластичности и устойчивости к трещинообразованию;
- Увеличение прочности на сдвиг и растяжение;
- Снижение температурной чувствительности материала;
- Устойчивость к старению и воздействию ультрафиолета;
- Увеличение срока службы покрытия.

Таким образом, применение модифицированного полимерами Kraton битума позволяет создать долговечные и высококачественные дорожные покрытия, устойчивые к воздействию климатических и эксплуатационных факторов. Это делает технологию модификации Kraton одним из ведущих решений для современного дорожного строительства.

Методы

В работе рассмотрена технология модификации битума с использованием полимера Kraton D-1101. Kraton D-1101 представляет собой чистый линейный блок-сополимер на основе стирола и бутадиена с содержанием стирола 31% масс. Полимер доступен в пяти формах поставки, включая порошок, гранулы и чешуйки с различными наполнителями. Выбор формы зависит от условий применения и требований к качеству конечного продукта. Методика модификации битума заключается во введении исходных материалов (битум, полимер Kraton, пластификаторы, ароматические масла, адгезионные реагенты) в смесительную установку. Битум нагревается до температуры около 180 °С, после чего в смеситель добавляется полимер Kraton и другие добавки. Процесс смешивания включает рециркуляцию массы с помощью коллоидной мельницы для эффективного диспергирования полимерного гранулята. Готовая смесь выстаивается не менее 60 минут для набухания гранулята, после чего продукт направляется в хранилище или на производство асфальтобетона. Для контроля качества модифицированного битума отбираются пробы, которые проверяются на пенетрацию, КиШ, эластичность, растяжимость и другие показатели в соответствии с ГОСТ и СТ РК.

Результаты

Модифицированный битум с полимерами Kraton D-1101 обладает улучшенными эксплуатационными характеристиками: повышенной эластичностью, стойкостью к деформациям, устойчивостью к старению и трещинообразованию. Использование Kraton позволяет эффективно бороться с образованием колеи, усталостного и температурного растрескивания, выкрашивания покрытия, что подтверждается многолетней практикой применения на автомобильных дорогах, взлетно-посадочных полосах и гоночных трассах по всему миру. Результаты лабораторных и полевых испытаний демонстрируют высокую прочность и долговечность модифицированных битумных покрытий. Качество ПМБ, приготовленного с использованием Kraton, соответствует нормативным требованиям, что подтверждается анализом проб. По сравнению с обычным битумом, модифицированный полимерами Kraton материал сохраняет эластичность даже при низких температурах и значительно повышает устойчивость покрытия к старению и механическим воздействиям. Полимер KRATON D-1101 – чистый линейный блок-сополимер на основе стирола и бутадиена с содержанием стирола 31% масс. Этот полимер производится в пяти физических формах, которые обозначаются следующим образом:

- D-1101CS - поставляется в виде пористых гранул, припудренных аморфным SiO₂,
- D-1101AT - поставляется в виде пористых гранул, припудренных тальком,
- D-1101CM - поставляется в виде порошка, смешанного с аморфным SiO₂.
- D-1101CMU - поставляется в виде чистого порошка.
- D-1101AF - поставляется в виде чешуек, припудренных аморфным SiO₂.

Отсутствие SiO₂ в порошкообразном полимере Kraton D-1101CMU обуславливает большую склонность его к агломерации при хранении. Эту марку рекомендуется использовать при модификации битумных эмульсий, когда высокое содержание кремнезема может оказать влияние на качество конечного продукта.

Достоинства полимеров Kraton: Добавление полимера изменяет состояние битума из вязкой жидкости в эластомер. Полимерно-битумное вяжущее обеспечивает гибкость, эластичность и жесткость в широком интервале температур (от -30°C до 80°C), что способствует:

Предотвращение колееобразования: Образование колеи отрицательно сказывается на безопасности и комфорте дорог. Колееобразование может привести к неожиданному заносу автомобиля. Также в колее может собираться вода, что создает опасность аквапланирования и снижения видимости из-за образования брызг и бликов.

Полимеры Kraton повышают эластичность битума, увеличивают эластическое восстановление после нагрузок и сокращают образование колеи.

Вязкость помогает уменьшить деформируемость поверхности, а эластичность предотвращает возникновение остаточных деформаций. Эта комбинация помогает избежать образования колеи.

За стойкость к колееобразованию также отвечает гранулометрический состав смеси, но вяжущее все-таки играет главную роль.

Предотвращение усталостного растрескивания: Растрескивание приводит к повреждению поверхности и разрушению дорожного покрытия. Постоянные транспортные нагрузки инициируют образование трещин, что в результате приводит к образованию выбоин, которые приходится ремонтировать.

Использование жесткого вяжущего - лучший способ предотвратить образование трещин вследствие высоких транспортных нагрузок. Жесткость, достигаемая добавлением полимера в вяжущее, позволяет сохранить целостность поверхности дороги в течение многих лет.

Образование усталостных трещин в основном начинается в основании дорожного покрытия - там, где материал находится в напряжении. Возникшая трещина прорастает к

поверхности, нарушая гидроизоляционную способность асфальтобетонных слоев. Проникание воды усиливает интенсивность роста тещины и может привести к разрушению основания дороги, особенно при отрицательных температурах. Добавление в битум полимера повышает стойкость асфальтобетона к трещинообразованию и распространению трещин.

Предотвращение температурного растрескивания: Температурные трещины могут возникать во всех географических зонах, и в жарком, и в холодном климате. Особенно заметно это, когда наблюдается большая разница между температурой ночью и днем, летом и зимой. Старение вяжущего увеличивает риск образования температурных трещин, что наблюдается в зонах с жарким климатом при повышении жесткости поверхности дороги.

Трещины нарушают гидроизоляционные свойства дороги и приводят к разрушению основания вследствие проникания воды. В пустынных зонах эти разрушения могут быть вызваны воздействием песка и усадкой вследствие большой разницы дневных и ночных температур.

Добавление в вяжущее полимера и использование соответствующего типа битума для слоя износа обеспечивает:

- Повышение стойкости к растрескиванию
- Повышение прочности
- Повышение эластичности

Стойкость к растрескиванию останавливает рост трещин сквозь соседние слои асфальтобетона.

Стойкость к растрескиванию также предотвращает разрастание уже образовавшихся микротрещин в обширные трещины вследствие температурных нагрузок. Эластичность покрытия исключает хрупкое разрушение и обеспечивает восстановление без остаточных деформаций.

Уменьшение влияния старения вяжущего: Битум представляет собой многокомпонентную систему, состоит из молекул различного размера, многие из которых очень большого размера. С течением времени состав той смеси изменяется. Например, некоторые компоненты приводят к окислению битума. Это выражается в повышении твердости вяжущего, что в свою очередь приводит к увеличению жесткости дорожного покрытия. Эти явления, называемые старением, происходят как в процессе производства асфальтобетонной смеси при повышенных температурах (кратковременное старение), так и в течение всего срока эксплуатации дорожного покрытия (долговременное старение). Старение оказывает негативное воздействие на долговечность дороги. Старение означает повышение жесткости, снижение стойкости к растрескиванию и выкрашиванию асфальтобетона.

Битум подвергается воздействию высоких температур во время хранения, смешения с каменным материалом, транспортировки асфальтобетонной смеси и ее укладки. В дополнение к этому, вяжущее контактирует с воздухом.

Комбинация высокой температуры и воздействия кислорода приводит к испарению летучих компонентов и окислению компонентов битума. Это приводит к повышению жесткости вяжущего (глубина проникания иглы уменьшается). Необходимо контролировать процесс производства асфальтобетонной смеси и учитывать повышение жесткости битума при смешении его с разогретым каменным материалом.

Дорога и, соответственно, битумное вяжущее, многие годы эксплуатации подвергается воздействию температуры, УФ-лучей. Это отражается на структуре битума, теряются легколетучие компоненты, протекают окислительные процессы. Интенсивность воздействия температуры и УФ-лучей обусловлена географическим положением, но протекание окислительных процессов зависит также от типа асфальтобетонной смеси, например, пористые смеси имеют очень большую удельную поверхность, подверженную

действию кислорода, при низком содержании вяжущего, что ведет к повышенным нагрузкам на битум.

Повышение жесткости битума в результате старения вызывает ухудшение его свойств:

- Снижение низкотемпературных характеристик
- Снижение стойкости к усталостному растрескиванию
- Снижение стойкости к истиранию покрытия

Растрескивание, вызванное старением, наблюдается на дорогах не только с высокими транспортными нагрузками. Также трещины возникают на дорогах, расположенных в жарких климатических зонах, где вынуждены использовать жесткий битум вследствие воздействия высоких температур. Когда температура опускается ниже некоторого значения, такие дороги покрываются трещинами вследствие повышения жесткости вяжущего.

Модификация битума полимерами Kraton обеспечивает повышение жесткости вяжущего, при этом не делая его хрупким, что предотвращает образование трещин.

Предотвращение выкрашивания. Потеря зерен минерального материала в последние годы становится серьезной проблемой дорожных покрытий. Увеличение доли использования пористых асфальтобетонных смесей, в которых вяжущее подвержено повышенным нагрузкам и окислительным процессам - одна из причин. Нагрузки увеличиваются в связи с повышением интенсивности движения.

Потеря щебня может происходить по нескольким причинам. Те смеси, которые содержат меньше вяжущего и больше пор, в значительной степени подвержены потере зерен минерального материала. Со временем эксплуатации подверженность этому явлению будет увеличиваться вследствие повышения жесткости покрытия из-за процессов старения. Выкрашивание может происходить в связи с ухудшением когезионных и адгезионных свойств вяжущего.

Когезионное разрушение вяжущего может происходить при высоких температурах, когда вяжущее теряет когезионную прочность, когда вяжущее становится жестким. Температура, при которой это происходит, зависит от исходной жесткости битума и от интенсивности старения. Окисление увеличивает твердость. В жарком климате, где применяются жесткие битумы, температура хрупкости вяжущего после старения может приближаться к отметке 0°C.

Адгезионное разрушение на поверхности контакта каменного материала с вяжущим может происходить:

- Вследствие низкой адгезии из-за некачественного, плохо обработанного или недостаточно разогретого каменного материала.
- Вследствие проникновения воды к поверхности каменного материала под пленку вяжущего
- Вследствие повышения хрупкости вяжущего из-за возникновения местных очагов напряжения на поверхности фаз каменный материал/вяжущее.

Добавление в битум полимеров Kraton способствует значительному улучшению всех указанных свойств вяжущего. Несмотря на то что полимеры не обеспечивают хемосорбционного взаимодействия вяжущего с минеральным материалом, они способствуют повышению стойкости покрытия к действию воды вследствие снижения интенсивности диффузионных процессов и благодаря большей стойкости вяжущего к отслаиванию вследствие его повышенной вязкости.

Применение полимеров Kraton в асфальтобетоне:

-Верхние слои дорог с интенсивным транспортным движением или суровым климатом; консервирующие верхние слои дорожного покрытия; укладка на цементобетонные слои; высококачественные нижние слои дорожного покрытия; водонепроницаемый асфальт для мостового настила; устойчивый к отслаиванию пористый асфальт; покрытие для гоночных трасс и аэропортов.

Технология изготовления модифицированного битума:

- Исходные материалы вводятся в установку отдельно.
- Битум нагревается в котлах или в постоянном течении через теплообменник до температуры около 180оС и закачивается в смеситель установки до расчетного уровня.
- Полимер, поступающий в мешках, загружается из мешков в смеситель.
- Одновременно в тот же смеситель загружается пластификатор.
- Установка позволяет готовить модифицированный битум как с пластификатором, так и без него. В ряде случаев одно или несколько ароматических масел вместе с адгезионными реагентами может быть введено в битум для улучшения свойств конечного ПМБ.
- Дозировка всех жидкостей осуществляется расходомерами. Актуальное значение регистрируется системой управления и автоматически регулируется в соответствии с заданным рецептом.
- Полимеры вводятся посредством автоматизированной весовой системы дозирования. Она состоит из весов, расположенных на тензодатчиках. Тензодатчики соединены с компьютером, к который управляет дозировкой полимеров. Точность системы очень высокая.
- Смешение компонентов происходит в смесителе при одновременной работе мешалки смесителя и рециркуляции массы, организуемой с помощью коллоидной мельницы. В мельнице полимерный гранулят дробится на мелкие частицы и эффективно вмешивается в битум.
- После окончания смешения с помощью насосной станции производится перекачка готовой массы в битумные котлы для готовой продукции.
- Смесь ПМБ должна выстояться 60 минут, чтобы произошло набухание гранулята.
- Из хранилища модифицированный битум подается на собственное производство асфальтобетона или сторонним потребителям.
- Смесители работают периодически и параллельно.
- Загрузка сыпучих компонентов производится вручную, через загрузочные отверстия в емкостях.
- Качество модифицированного битума проверяется визуально, а также анализом взятой пробы в аналитической лаборатории на пенетрацию, КиШ, эластичность, растяжимость и другие показатели в соответствии с ГОСТ, СТ РК.
- Проба отбирается с помощью крана, установленного на рециркуляционном трубопроводе, либо непосредственно из смесителя, либо из емкости с готовой продукцией.

Обсуждение

Результаты внедрения технологии модификации битума с использованием полимера Kraton D-1101 подтверждают её высокую эффективность для дорожного строительства. Применение полимеров Kraton позволяет существенно улучшить эксплуатационные характеристики дорожных покрытий. Добавление Kraton в битум способствует повышению эластичности, стойкости к старению и растрескиванию, а также предотвращает колееобразование и выкрашивание. Эти свойства особенно актуальны для автомобильных дорог, подверженных значительным транспортным нагрузкам и резким колебаниям температур. Модифицированный битум демонстрирует стабильное качество, подтверждаемое как лабораторными испытаниями, так и практическими результатами применения. Использование Kraton D-1101 обеспечивает необходимую жёсткость без потери эластичности, что позволяет покрытию сохранять целостность при воздействии различных климатических и эксплуатационных факторов. Разработанная технология приготовления модифицированного битума с контролем параметров приготовления и проверки качества позволяет достичь оптимальных характеристик материала.

Выводы

Модификация битума полимерами Kraton D-1101 обеспечивает значительное улучшение физико-механических свойств дорожного покрытия. Технология позволяет повысить срок службы покрытия, снизить частоту ремонтов и повысить безопасность движения. Применение Kraton D-1101 увеличивает устойчивость покрытия к образованию колеи, усталостному и температурному растрескиванию, выкрашиванию и старению. Опыт внедрения показывает, что данная технология может быть рекомендована для широкого применения в дорожном строительстве, в том числе на участках с интенсивным движением и в зонах с резкими климатическими колебаниями.

Конфликт интересов. Корреспондент автор заявляет, что конфликта интересов нет.

Ссылка на данную статью: Еспаева Г.А., Черников К.А. Применение полимеров Kraton для модификации битумов // Вестник Казахского автомобильно-дорожного института = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutynyn Khabarshysy. 2024;2(6):25-33. <https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-03>

Cite this article as: Espaeva G.A., Chernikov K.A. Primenenie polimerov Kraton dlya modifikatsii bitumov [The use of Kraton polymers for bitumen modification]. Vestnik Kazahskogo avtomobil'no-dorozhnogoinstituta= Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutynyn Khabarshysy. 2024;2(6):25-33. (In Russ.). <https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-03>

Литература

- [1] Полимер Kraton. URL: <http://bitum1.ru/uslugi/polimer-kraton> 2015 (дата обращения: 16.02.2024).
- [2] Продукты SBS. URL: <http://complex-chem.ru/products/sbs/4/> 2024 (дата обращения: 16.02.2024).
- [3] Kraton D1101. URL: (http://www.himmir.ru/catalog/catalog-productsii/chem_rea/Kraton_D1101.html) 2024 (дата обращения: 16.02.2024).
- [4] Kraton products. URL: <https://kraton.com/> 2024 (дата обращения: 17.02.2024).
- [5] СТ РК 1373-2013г. Битумы и битумные вяжущие. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия.
- [6] СТ РК 14023-2016 г. Битум и битумные вяжущие. Технические требования к битумам, модифицированным полимерами.

References

- [1] Polymer Kraton [Polimer Kraton] 2015 <http://bitum1.ru/uslugi/polimer-kraton> (Accessed 16 Feb 2024).
- [2] Produkty SBS [Produkty SBS] <http://complex-chem.ru/products/sbs/4/> (Accessed 16 Feb 2024).
- [3] Kraton D1101 [Kraton D1101] http://www.himmir.ru/catalog/catalog-productsii/chem_rea/Kraton_D1101.html (Accessed 16 Feb 2024).
- [4] [Kraton products] <https://kraton.com/> (Accessed 17 Feb 2024).
- [5] ST RK 1373-2013. Bitumy i bitumnye vyazhushchie. Bitumy neftyanye dorozhnye vyazkie. Tekhnicheskie usloviya [Bitumen and bituminous binders. Petroleum road viscous bitumen. Specifications]. (in Russ.).
- [6] ST RK 14023-2016. Bitum i bitumnye vyazhushchie. Tekhnicheskie trebovaniya k bitumam, modifitsirovannym polimerami [Bitumen and bituminous binders. Technical requirements for polymer-modified bitumen]. (in Russ.).