

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>

Russian journal of transport engineering

2018, №2, Том 5 / 2018, No 2, Vol 5 <https://t-s.today/issue-2-2018.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/11SATS218.pdf>

DOI: 10.15862/11SATS218 (<http://dx.doi.org/10.15862/11SATS218>)

Статья поступила в редакцию 14.04.2018; опубликована 08.06.2018

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Макаева А.А., Феоктистова К.Б. Регулирование свойств битумного вяжущего введением модификаторов // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №2, <https://t-s.today/PDF/11SATS218.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/11SATS218

**For citation:**

Makaeva A.A., Feoktistova K.B. (2018). Regulation of the properties of bituminous binders by the introduction of modifiers. *Russian journal of transport engineering*, [online] 2(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/11SATS218.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/11SATS218

**УДК 691.67.09.43**

**ГРНТИ 67.09.43**

**Макаева Альмира Абдулхаевна**

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: Alla\_ish@mail.ru

**Феоктистова Камилла Бахтияровна**

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия  
Магистрант  
E-mail: kamilla5s@mail.ru

## **Регулирование свойств битумного вяжущего введением модификаторов**

**Аннотация.** Авторами выявлены проблемы недостаточной устойчивости дорожных покрытий к температурным колебаниям и образованию дефектов. Показана актуальность повышения качества полимерно-битумных вяжущих (ПБВ) в составе асфальтобетонных смесей. Обобщены технологии производства дорожных битумов. Установлена необходимость модификации битумных вяжущих, в том числе для регулирования термопластичности композиций. Показаны перспективы использования резиновой крошки в качестве модификатора и ее влияние на свойства ПБВ. Таким образом, в статье систематизированы некоторые научно-практические результаты получения битумов с улучшенными свойствами за счет изменения технологии их производства. Показано, что модификация является менее затратным и более технологичным решением для регулирования свойств ПБВ, по сравнению внедрением новых технологий производства. Систематизированы представления о влиянии модификаторов на различные свойства ПБВ. Установлено, что характеристики ПБВ определяются свойствами битумов и полимеров и их соотношением в композиции. Определено ее положительное влияние на регулирование термопластичных свойств композиций. Выявлено, что применение отходов резинотехнических и шинных производств позволяет снижать проблемы температурного диапазона эксплуатации дорожных покрытий, трещиностойкости, экологичности, экономичности и пр.

**Ключевые слова:** битум; полимерно-битумное вяжущее; термопластичность; модификация; резиновая крошка; дорожные покрытия; полимер

Уровень современной интенсивности и плотности транспортного потока, повышение доли грузоперевозок, способствуют росту динамических нагрузок на асфальтобетонные покрытия. Также качество и срок службы автодорог во многом определяются природно-климатическими особенностями территорий их размещения, влаго-температурными характеристиками, служащими основой для дорожно-климатического районирования территорий, регламентирующего проектирование дорожных одежд. Проблемами дорожных покрытий остаются недостаточная трещиностойкость, неустойчивость к температурным колебаниям, и, как следствие, быстрый износ и низкий срок службы дорожных конструкций [1].

Наглядные изменения дефектов покрытий регистрируются в виде температурных и усталостных трещин, волн, колеб, наплывов, выкрашиваний, шелушений и выбоин (ОДМ 218.2.003-2007, утв. Распоряжением Росавтодора N ОБ-29-р от 1 февраля 2007 г. Москва, 2007. – 90 с.). Так, в рамках приоритетного направления «Безопасные и качественные дороги» предусмотрено повышение качества дорожной агломерации Оренбургского городского округа на 2017-2025 гг. Согласно программе развития, к нормативному транспортно-эксплуатационному состоянию по показателям ровности и наличия дефектов будет приведено 50 % дорожной сети в 2018 г. и 85 % сети к 2025 г. за счет проведения различного уровня работ по ремонту и содержанию автодорог и повышению ее протяженности (Постановление Правительства Оренбургской области № 119-пп от 20.02.2017. Приложение №7 Паспорт программы комплексного развития транспортной инфраструктуры агломерации Оренбургского городского округа. Оренбург, 2018. – 88 с.).

Соответственно, актуальными являются исследования, направленные на повышение качества полимерно-битумных вяжущих (ПБВ) в составе асфальтобетонных смесей, где являются одним из компонентов, влияющим на период бездефектной эксплуатации покрытия. Целью исследования является выявление перспектив модификации ПБВ, в том числе с применением резиновой крошки. Достижение цели осуществлялось решением задач:

- обобщения технологий производства дорожных битумов;
- установления необходимости модификации битумных вяжущих, в том числе для регулирования термопластичности композиций;
- анализа перспектив использования резиновой крошки и ее влияния на свойства ПБВ.

В качестве основных технологий получения нефтяных битумов можно выделить следующие факторы.

1. Перегонку нефтяных остатков и, как следствие, их концентрирование. Данная технология реализуется преимущественно в присутствии водяного пара и инертного газа в среде вакуума, но при использовании в качестве сырья тяжелых асфальтосмолистых нефтепродуктов применяют атмосферную перегонку.
2. Окисление нефтяных остатков кислородом воздуха при температуре от 180 до 300 °С. В качестве нефтяных остатков в данной технологии используют мазуты, гудроны и полугудроны, компоненты деасфальтизации, экстракты от очистки масел, остатки после технологических процессов крекинга и т. д.
3. Компаундирование нефтяных остатков с различными дистиллятами и с остаточными или окисленными битумами [2].

В зависимости от применяемой технологии изготовления битумов, параметров технологического процесса, свойств и дисперсности компонентов композиции, качество

конечного продукта в части физико-механических свойств и климатической стойкости будет различаться [3].

Так, окисленные битумы по технологии 2, отличаются практически вдвое большим значением температуры размягчения (до 204 °С) по сравнению с остаточными битумами по технологии 1 (107 °С). При этом при равной температуре размягчения пенетрация и погодоустойчивость выше, а твердость ниже у окисленных битумов по сравнению с остаточными. Стойкость к пониженным отрицательным и повышенным положительным температурам выше и у битумов, полученных из такого сырья, как кислый гудрон, чем у синтезированных из продуктов деасфальтизации. Компаундированные битумы по технологии 3 обладают большей морозо- и теплостойкостью, если в их составе имеются высокоплавкие компоненты, а также при получении битумов из окисленных гудронов в колонном оборудовании. Такие битумы имеют более высокие показатели пенетрации при нулевых значениях температур и пониженные температуры хрупкости. При компаундировании гудрона и окисленного битума наблюдаются наименьшие параметры растяжимости конечных продуктов. Что касается особенностей технологии компаундирования, то битумы кавитационно-эмульсионного окисления имеют более высокую вязкость, твердость и прочность по сравнению с битумами, получаемыми в кубах периодического действия [4].

Однако направление совершенствования качества битумов за счет изменения технологии и аппаратного оформления является затратным, требующим инвестиций в оборудование и организацию нового производства. Следовательно, необходимым является поиск способов модификации битумов, без радикальных изменений технологии.

Известно, что дисперсная фаза битумов (из ассоциатов асфальтенов и смол) обеспечивает прочностные свойства, а сплошная фаза придает битумам вязкость и пластичность. Одним из важнейших свойств в комплексе физико-механических, термических и эксплуатационных характеристик является термопластичность композиций дорожного назначения. Термопластичность понимается как способность веществ к обратимому изменению физического состояния без деструктивных химических изменений, что важно для бездефектной эксплуатации дорожных покрытий в условиях широкого диапазона знакопеременных температур [5].

При этом избыточная термопластичность компонентов покрытий приводит к ослаблению межмолекулярных связей и размягчению покрытия при повышенных температурах, способствуя колееобразованию. Соответственно модификация должна быть направлена на улучшение комплекса свойств.

Существуют теоретические и прикладные исследования полимерной модификации битумов, с применением пластомеров (например, полиэтилена, полипропилена, этиленвинилацетата, этилен-бутил акрилата) и термопластичных эластомеров (например, стирол-бутадиен-стирола, стирол-изопрен-стирола и стирол-этилена/бутилен-стирола) [6].

Выявлено, что получение полимерно-битумных композиций способствует улучшению ряда свойств битума, например, приданию повышенной жесткости при высоких температурах, трещиностойкости при низких температурах, влагостойкости и большему сроку службы. Необходимо учитывать, что модификация полимерами может приводить к формированию кинетически стабильных, но термодинамически неустойчивых систем, где возможно частичное набухание полимеров под воздействием легких компонентов битума. Кроме того, с увеличением содержания полимерного компонента возможна инверсия фаз, с доминированием не битумной, а полимерной составляющей. Получение ПБВ с заданными свойствами требует формирования двух непрерывных фаз с оптимальным соотношением компонентов в системе

«полимер-битум», что положительно влияет на физико-механические свойства, экономическую эффективность композиций и стабильность при хранении [7].

Проблемы хранения ПБВ возникают при окислении битума и разрушении полимера, а также вследствие недостаточной совместимости полимерных и битумных вяжущих, что оказывает влияние на колебания плотности, молекулярной массы, полярности и растворимости. Также на совместимость в системе «полимер-битум» влияет химический состав и реакционная способность полимеров, оказывающая прямо пропорциональное влияние на свойства конечной продукции. Решение данных проблем достигается путем насыщения композиций, вулканизации серой, добавления антиоксидантов, использования гидрофобных глинистых минералов, функционализации и применения реактивных полимеров [8]. При этом необходимо учитывать токсикологические свойства некоторых добавок, а также усложнение состава ПБВ и технологии получения конечных продуктов, снижающее экономическую эффективность процессов.

Например, процесс вулканизации серой обеспечивает не только стабильность ПБВ, но и позволяет повысить эластичность, сопротивление деформации и ряд реологических свойств. С другой стороны, после вулканизации ПБВ становятся более подверженными окислительным процессам и создают дополнительную токсикологическую опасность, за счет вероятного выделения сероводорода при высоких температурах. Для снижения окислительных процессов в ПБВ используют такие антиоксиданты как фосфиты, фенолы и органические соединения цинка, способствующие разложению гидропероксидов и/или удалению свободных радикалов, образующихся в ходе окислительных процессов [9].

Ограничения промышленного использования антиоксидантов связаны с их недостаточной мобильностью в вязкой среде и высокой стоимостью технологии. Гидрофобные глинистые минералы, например монтмориллониты, снижая разность плотностей в системе «полимер-битум» также повышают устойчивость к старению ПБВ, приводят к росту вязкости и жесткости, что, с другой стороны, влияет на снижение эластичности. Введение содержащих функциональные группы добавок при создании ПБВ способствует устойчивости к старению, повышению адгезии с поверхностью, жесткости при повышенных и трещиностойкости при пониженных температурах. Также добавки, содержащие функциональные группы, образуют водородные связи или химические связи, обеспечивающие повышение совместимости компонентов ПБВ и повышение адгезионных свойств [8].

Для последующего промышленного производства ПБВ необходимым является соответствие эксплуатационных параметров вяжущего ГОСТ Р 52056-2003. Так, данные свойства достигаются при использовании битума с термопластичным полимером в виде модифицированных отходов полиэтилентерефталата (6-9 % масс.). Установлено, что такая композиция не требует пластификатора, может быть получена на стандартном оборудовании (лопастной мешалке) и имеет повышенную термостойкость за счет присутствия полиэтилентерефталата [10].

Для снижения стоимости мастик на основе ПБВ и улучшения ряда их свойств, предлагается в состав битумов вводить отходы шинных производств. Показано, что деструктаты шитых эластомеров, например резиновой крошки автомобильных шин, – эффективные модификаторы нефтяных битумов, т. к. способны растворяться в нем и повышать его эластичность при пониженных и теплостойкость при повышенных температурах эксплуатации [11].

Модификация деструктатами резиновой крошки позволяет регулировать термопластичные свойства ПБВ и расширить температурный интервал устойчивости к деформациям дорожных битумов, а также эффективно решить экологическую задачу

утилизации крупнотоннажных резинотехнических отходов. Возможно применение трех технологий модификации битумов отходами: девулканизации резиновой крошки в расплаве битума, введение готовых радиационных деструктатов бутиловых резин в битум, смешение реакционноспособных деструктатов резин с битумом и последующая их вулканизация. Получено, что девулканизация резины в среде битума существенно повышает содержание бензолных и спиртобензолных смол, ответственных за эластичность битумов и формирует устойчивую к силовым воздействиям коагуляционную структуру полученных вяжущих. Такие ПБВ обладают повышенной тепло-, морозостойкостью, деформативностью при низких температурах, эластичностью, твёрдостью и адгезионной прочностью [12].

Известно получение ПБВ с улучшенными механическими свойствами на основе нагретого до 180 °С битума и резиновой крошки (13-50 % масс.), при этом смесь активируется ультразвуком [13]. Композиция не требует введения пластификаторов и масел, что делает ее получение технологичным и не приводит к снижению срока службы. Также введение такого компонента как резиновая крошка способствует повышению температуры размягчения и снижению хрупкости композиции, что позволяет применять ее в условиях сурового климата.

При этом необходимо стремиться к полному или частичному совмещению битума с добавками. Например, при получении резино-битумных композиций механическим перемешиванием происходит рост прочностных свойств композиции, но резкое повышение вязкости. Введение того же объема резины паровым методом приводит к росту эластичности, подвижности и упругости ПБВ. Дополнительное повышение термопластичных свойств и эластичности мастики возможно введением резины в сочетании с пластификатором в виде зеленого масла или полидиена, способствующего повышению растворимости резины в композиции. Одновременно, полидиен повышает верхний температурный предел использования ПБВ [14].

Интерес представляет технология получения битумно-резиновых экологичных композитов (БИТРЭК), на основе низкокачественных окисленных битумов и мелкодисперсной резины, где резина не деструктурирует, а связывается с компонентами битума, заключаясь в полимерную клетку за счет химических связей. Эффективное совмещение битума с резиновой крошкой достигается за счет введения специальных химических веществ, регулирующих процессы сшивки частиц резины и конденсированных компонентов битума. Расход химических агентов и инициаторов не превышает 1-1,5 % от массы битума при введении в него 5-15 % резиновой крошки. В качестве реагентов возможно использование неорганических окислителей, органических перекисей, гетеросоединений, координационных соединений металлов с переменной валентностью и синтезированных из доступных химических веществ комплексных соединений переходных металлов. Технология получения ПБВ позволяет регулировать термопластичность и эластичность ПБВ и препятствует выделению компонентов резины при повышенных температурах.

Существуют промышленно выпускаемые модификаторы асфальтобетонов на основе резиновой крошки. Например, модификатор «Унирем» является сыпучим композитом активного порошка частично девулканизированной резины и может применяться в производстве асфальтобетонов по сухой технологии, не требуя реорганизации традиционных производственных процессов и переналадки оборудования при изготовлении асфальтобетонных смесей. Дорожные покрытия с применением резинового модификатора «Унирем», отличаются повышенной долговечностью, водостойкостью, стойкостью к сдвиговым нагрузкам, трещинообразованию, колеобразованию и циклическим деформациям при положительных и отрицательных температурах. Эффективность модификатора «Унирем» проверена на участках трасс М-10, М-29, М-4, М-2, А-141. Получено, что износ покрытия с применением резиновой крошки – модификатора «Унирем», оцениваемый по глубине

колееобразования, происходит в 2 раза медленнее, чем на участке покрытия без модификатора [15].

В заключение необходимо отметить, что в Оренбургской области существует ряд компаний, производящих битумы и асфальтобетонные смеси. В качестве основного можно выделить ГУП «Оренбургремдорстрой», имеющее производство битумных эмульсий и асфальтобетона и необходимые испытательные лаборатории. Соответственно, предприятие может выступать площадкой для организации исследований влияния различных модификаторов, в том числе резиновой крошки, на свойства ПБВ для дальнейшего регулирования термопластичности композиций и повышения качества и долговечности дорожных покрытий. Кроме того, необходимо отметить активно развивающуюся компанию ООО «Газпромдорстрой», которая осваивает передовую технологию «новачип», предполагающую укладку асфальтобетонных покрытий с применением резиновой крошки. Согласно технологии «новачип», горячие резиновые асфальтобетоны применяются для создания тонкослойных (10-20 мм) защитных покрытий. Данная технология позволяет производить ремонт дорог при появлении признаков трещинообразования, шелушения, колейности и пр., без фрезерования дорожного покрытия и наносить износостойкие верхние слои, обеспечивая его выравнивание. Соответственно, на базе данного предприятия перспективными являются дальнейшие исследования адгезионной, гидроизоляционной стойкости и износостойкости асфальтобетонных покрытий с применением резиновой крошки, а также мероприятия по совершенствованию технологии «новачип» и расширению ее использования в дорожном строительстве.

Таким образом, проведена систематизация некоторых научно-практических результатов получения битумов с улучшенными свойствами за счет изменений в технологии их получения. Показано, что модификация является менее затратным и более технологичным решением для регулирования свойств ПБВ, по сравнению внедрением новых технологий производства. Систематизированы представления о влиянии модификаторов на различные свойства ПБВ. Установлено, что характеристики ПБВ определяются свойствами битумов и полимеров и их соотношением в композиции. Показана перспективность использования резиновой крошки в качестве модификатора ПБВ. Определено ее положительное влияние на регулирование термопластичных свойств композиций. Выявлено, что применение отходов резинотехнических и шинных производств позволяет снижать проблемы температурного диапазона эксплуатации дорожных покрытий, трещиностойкости, экологичности, экономичности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Петров К.Р., Дауров З.С., Тихонов Р.С. Проблемы и способы устройства дорожных покрытий на слабых основаниях // Форум молодых ученых. – 2017. – № 12(16). URL: [http://forum-nauka.ru/domains\\_data/files/16/Petrov.pdf](http://forum-nauka.ru/domains_data/files/16/Petrov.pdf).
2. Ярцев В.П., Ерофеев А.В. Битумные композиты. – Тамбов: ТГТУ, 2014. – 80 с.
3. Белова Н.А., Страхова Н.А., Цамаева П.С. Совершенствование технологии производства битума для дорожного покрытия // Вестник ДГТУ. Технические науки. 2016. Т 42. №3. С. 144-154.
4. Мурузина Е.В. Битум-полимерные композиции кровельного назначения: дис. ... канд. техн. наук. – Казань, 2000. – 219 с.
5. Глинка Н.Л. Общая химия: учебное пособие для Вузов, М: Интеграл-пресс, 2000. – 728 с.

6. Sengoz B., Topal A., Isikyakar G. Morphology and image analysis of polymer modified bitumens. *Constr Build Mater.* 2009. No 23(5). P. 1986-1992.
7. Alatas T., Yilmaz M. Effects of different polymers on mechanical properties of bituminous binders and hot mixtures. *Constr Build Mater.* 2013. No 42. P. 161-167.
8. Martín-Alfonso M.J. et al. Use of a MDI-functionalized reactive polymer for the manufacture of modified bitumen with enhanced properties for roofing applications. *Eur Polym J.* 2008. No 44(5) / P. 1451-1461.
9. Dessouky S. et al. Influence of hindered phenol additives on the rheology of aged polymer-modified bitumen. *Constr Build Mater.* 2013. No 38. P. 214-223.
10. Сыроежко А.М., Васильев В.В., Урчева Ю.А. и др. Пат. РФ №2573012, МПК C08L95/00, Полимерно-битумное вяжущее. Дата публикации: 20.01.2016.
11. Лукьянова М.А., Вахьянов В.М. Обоснование оптимального состава битумных вяжущих, модифицированных резиновой крошкой // Вестник Кузбасского ГТУ. 2015. №4(11). – 143-147 с.
12. Аюпов Д.А. Модификация нефтяных битумов деструктатами сетчатых эластомеров: Автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.23.05. Казань, 2011. – 20 с.
13. Корнейчук Г.К. Пат. РФ №2550888, МПК C08L95/00, Способ приготовления резинобитумной композиции. Дата публикации: 10.07.2013.
14. Хозеев Е.О. Направления модификации битумов полимерно-битумных мастик // XII Межд. науч.-практ. конф. EurasiaScience. Часть 1. Москва, 2017. – 107-108 с.
15. Самсонов М.В. Модификация свойств дорожных вяжущих материалов полимерами. Дисс. канд. техн. наук. Москва, 2015. – 188 с.

**Makaeva Almira Abdulhaevna**

Orenburg state university, Orenburg, Russia  
E-mail: Alla\_ish@mail.ru

**Feoktistova Kamilla Bakhiyarovna**

Orenburg state university, Orenburg, Russia  
E-mail: kamilla5s@mail.ru

## **Regulation of the properties of bituminous binders by the introduction of modifiers**

**Abstract.** The author identified problems of insufficient stability of road surfaces to temperature fluctuations and formation of defects are revealed. The relevance of improving the quality of polymer-bitumen binders (PBV) in the composition of asphalt concrete mixtures is shown. The technologies of production of road bitumen are generalized. The necessity of modification of bituminous binders, including for the regulation of thermoplastic compositions, is established. The prospects of using rubber crumb as a modifier and its influence on the properties of PBV are shown. Thus, the article systematization of some scientific and practical results of obtaining bitumen with improved properties due to changes in the technology of their production. It is shown that the modification is a less expensive and more technological solution for the regulation of the properties of PBV, compared to the introduction of new production technologies. Systematized presentation on the impact of various modifiers on the properties of a PBV. It is found that the characteristics of PBV are determined by the properties of bitumen and polymers and their ratio in the composition. The prospects of using rubber crumb as a modifier of PBV are shown. Its positive influence on the regulation of thermoplastic properties of compositions is determined. It is revealed that the use of waste rubber and tire industries can reduce the problems of the temperature range of road surfaces, crack resistance, environmental friendliness, efficiency, etc.

**Keywords:** bitumen; polymer-bitumen binder; thermoplastic; modification; rubber crumb; pavement; polymer

## REFERENCES

1. Petrov K.R., Dauria Z.S., Tikhonov R.S. (2017). Problems and road coatings on weak grounds. *The Forum of young scientists*, [online] 12(16). Available at: [http://forum-nauka.ru/domains\\_data/files/16/Petrov.pdf](http://forum-nauka.ru/domains_data/files/16/Petrov.pdf) (in Russian).
2. Yartsev V.P., Erofeev A.V. (2014). Bitumnye kompozity. [*Bituminous composites.*] Tambov: TSTU, p. 80.
3. Belova N.A., Strakhov N.A., Tamaeva P.S. (2016). Improvement of technology of production of bitumen for road surfacing, *Herald DGTU. Technical science*, 3(42), pp. 144-154. (in Russian).
4. Murzina E.V. (2000). Bitum-polimernye kompozitsii krovel'nogo naznachenija. [*Bitumen-polymer composition roofing assignments.*] Kazan, p. 219.
5. Glinka N.L. (2000). Obschaja himija: uchebnoe posobie dlja Vuzov. [*General chemistry: textbook for Universities.*] Moscow: Integral-press, p. 728.
6. Sengoz B., Topal A., Isikyakar G. (2009). Morphology and image analysis of polymer modified bitumens. *Constr Build Mater*, 23(5), pp. 1986-1992.
7. Alatas T., Yilmaz M. (2013). Effects of different polymers on mechanical properties of bituminous binders and hot mixtures. *Constr Build Mater*, 42, pp. 161-167.
8. Martín-Alfonso M.J. and etc. (2008). Use of a MDI-functionalized reactive polymer for the manufacture of modified bitumen with enhanced properties for roofing applications. *Eur Polym J*, 44(5), pp. 1451-1461.
9. Dessouky S. and etc. (2013). Influence of hindered phenol additives on the rheology of aged polymer-modified bitumen. *Constr Build Mater*, 38, pp. 214-223.
10. Syroezhko A.M., Vasiliev V.V., Encheva Yu.A. and etc. (2016). Pat. RF №2573012, MPC C08L 95/00, Polymer-bitumen binder. (in Russian).
11. Lukyanova M.A., Valyanov V.M. (2015). Justification of the optimal composition of bitumen binders modified with rubber crumb. *Bulletin of the Kuzbass state technical University*, 4(11), pp. 143-147. (in Russian).
12. Ayupov D.A. (2011). Modifikatsija neftjanyh bitumov destruktatami setchatyh `elastomerov. [*Modification of bitumen with elastomers destructioni net.*] Kazan, p. 20.
13. Korneychuk G.K. (2013). Pat. RF №2550888, MPC C08L 95/00, a method for preparing rubber-bitumen composition. (in Russian).
14. Owners E.O. (2017). Directions of modification of bitumen polymer-bitumen mastics. *Eurasia Science*, pp. 107-108. (in Russian).
15. Samsonov M.V. (2015). Modifikatsija svojstv dorozhnyh vjazhuschih materialov polimerami. [*Modification of properties of road binders by polymers.*] Moscow, p. 188.