

БИТУМНО-ПОЛИМЕРНЫЕ СТЫКОВОЧНЫЕ ЛЕНТЫ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ВЕРХНИХ СЛОЕВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

© А. Б. Санакулов¹, Е. В. Лебедев², Д. Ю. Небрятенко^{3,4}

¹МАДГТУ, Москва, Россия

²Финансовый университет при Правительстве РФ, Москва, Россия

³Российский университет транспорта, Москва, Россия

⁴МИРЭА – РТУ, Москва, Россия

Стабильность эксплуатационных свойств асфальтобетонных дорожных покрытий обеспечивает необходимый уровень безопасности транспортного сообщения на всей территории России. Не оставляя без внимания вопросы дорожного материаловедения, касающиеся состава и свойств компонентов асфальтобетонных и полимерасфальтобетонных смесей, в данной работе сделан новый шаг в направлении изучения способов обеспечения монолитности покрытий нежестких дорожных одежд. Изучена возможность применения битумно-полимерных стыковочных лент для предотвращения разрушений в местах продольных и поперечных стыков верхних слоев дорожных одежд. Новый строительный материал представляет собой ленту из битумно-полимерного композита, способного сохранять первоначальную геометрическую форму при достаточно высоких температурах в течение всего периода хранения до момента его применения. Работы по укладке покрытий с применением битумно-полимерных стыковочных лент проведены на дорожных объектах в нескольких регионах Российской Федерации. Проводится мониторинг состояния швов сопряжения.

Ключевые слова: ленты стыковочные битумно-полимерные, полимерно-битумные вяжущие (ПБВ), продольные и поперечные швы сопряжения.

Современные автомобильные дороги, вне зависимости от типа дорожных одежд и применяемых дорожно-строительных материалов, постоянно подвержены экстремальным нагрузкам вследствие высокой интенсивности движения и роста объемов грузовых перевозок тяжеловесным транспортом [1, 2]. Долговечность и бездефектность покрытия является одним из основных показателей, обеспечивающих выполнение главной задачи автомобильных дорог – возможности беспрепятственного проезда автомобильного транспорта в нужном направлении при любых погодных условиях. Чтобы не выходить за рамки отведенного бюджета и своевременно восстановить движение транспорта после ремонта, его необходимо проводить просто и быстро, независимо от температурных и погодных условий. При этом необходимо соответствовать все более жестким эксплуатационным требованиям, а значит заблаговременно предусматривать и предот-

вращать причины возможных разрушений и также отрабатывать различные варианты технологических решений потенциально возникающих проблем [3]. Одна из таких проблем – это нарушение монолитности асфальтобетонных и полимерасфальтобетонных покрытий в зонах швов сопряжения.

Разрушения асфальтобетонных покрытий возможны по многим причинам: используемые материалы и технологии, транспортно-эксплуатационные условия, а также природно-климатические условия региона расположения дорожного объекта [4]. Но есть среди них и причины, закладываемые изначально, еще на этапе проведения дорожно-строительных работ. Таковыми являются технологические стыки покрытий в продольном и поперечном направлениях, швы и соединения полос асфальтобетонных покрытий, места примыканий к металлическим, цементным и железобетонным конструкциям и т. п.

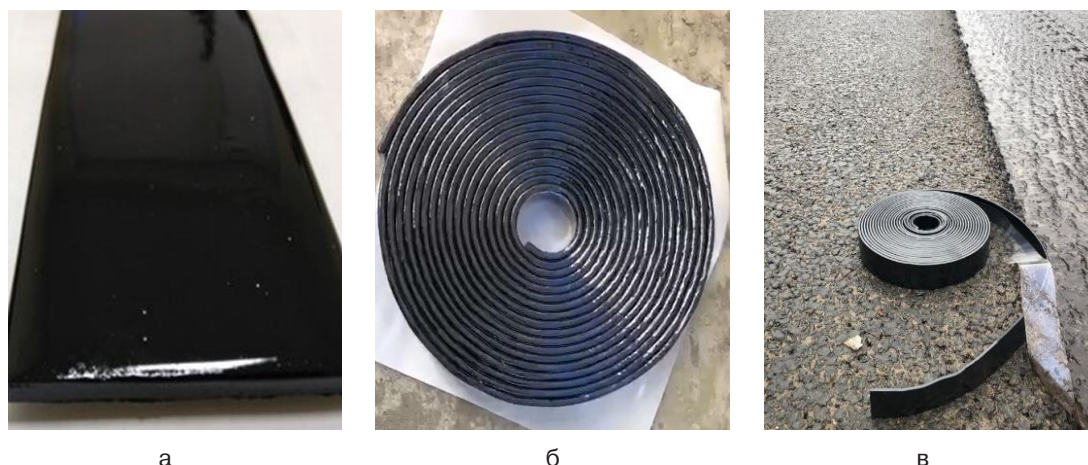


Рис. 1. Внешний вид: ленты стыковочной битумно-полимерной (а), рулона ленты перед упаковкой (б), рулона ленты перед укладкой в шов сопряжения (в)

Эффективным средством борьбы с образованием трещин на месте различных швов и поверхностных сочленений в рамках дорожной инфраструктуры представляются новые дорожные материалы – стыковочные битумно-полимерные ленты.

Способность битумного вяжущего из свежего слоя асфальтобетонной смеси проникать в граничные слои уложенного ранее слоя асфальтобетона и обеспечивать равномерное обволакивание каменного материала с целью его удержания в составе смеси является ценным свойством качественного дорожного вяжущего, обеспечивающего монолитность конструкции и препятствующего раскрытию продольного или поперечного стыка дорожного полотна.

При этом очевидно, что полимерно-битумное вяжущее (ПБВ), в силу особенностей строения входящих в его состав высокомолекулярных компонентов, будет справляться с данной задачей лучше, чем традиционный битум нефтяной дорожный вязкий (БНД), и обеспечивать лучшие показатели покрытия на протяжении всего срока его эксплуатации [5, 6]. С целью решения практической задачи увеличения безремонтных сроков эксплуатации дорожных покрытий необходимо разобраться в причинах данных явлений и способах их предотвращения и ремонта, в том числе с применением битумно-полимерных стыковочных лент.

Для понимания и успешного разрешения сложных технологических задач важно обо-

значить приоритетность рассматриваемых задач и выяснять подходы к их решению с минимальными материальными и экономическими затратами [7]. Поэтому логично обратиться к первопричинам проблем неудовлетворительного крепления элементов дорожных одежд и повышению адгезионной прочности в зоне контакта.

Существует не много физико-химических явлений, которые были бы столь многообразны, как явления, объединенные термином адгезия. В многочисленных фундаментальных и практических, экспериментальных, методических и теоретических исследованиях показано, что специфика адгезионных связей зависит от природы контактирующих фаз, состава и структуры субстрата и адгезива, формы и размеров тел, условий, определяющих процесс сближения и разъединения фаз [5, 8-19].

С точки зрения Б. В. Дерягина [9], «прилипание» адгезива к субстрату есть «процесс», а «адгезия» – это количественная мера его результата. В настоящее время «прилипание» рассматривают как процесс формирования контакта между адгезивом и субстратом, то есть образования адгезионной зоны, а «адгезию» – как процесс разрушения соединений, т. е. как меру прочности адгезионного соединения [3, 10].

Таким образом, основные процессы для рассматриваемых систем можно интерпретировать следующим образом:

I. Химической природой поверхностного слоя щебня – щелочные породы склеиваются битумными составами лучше, чем кислые из-за наличия на поверхности гидроксильных групп, склонных к химическому и ван-дер-ваальсовому взаимодействию с поверхностным слоем вяжущего, «заокисленному» в силу взаимодействия с кислородом воздуха. Кроме того, российские марки дорожных битумов еще и сильно окислены на стадии производства, а протекание окислительно-восстановительных реакций на поверхности щебня возможно при наличии на них противоионов в виде гидроксильных групп. Важную роль здесь играет и явление смачивания [11].

II. Геометрия поверхности каменного материала, наличие макро- и микроразветвленности поверхности, микродефектов, открытых полостей, каверн, обеспечивающих возможность проникновения, диффузии и заклинивания в открытых полостях внешнего слоя каменных материалов компонентов вяжущего, прежде всего высокомолекулярных цепей. Полимерная макромолекула при этом становится якорем, поскольку основная ее часть находится в объеме вяжущего, но и в поры каменного материала проникла уже достаточная часть цепи для обеспечения прочной связи (при условии массовости этого явления в граничном слое) [12, 13].

III. Физико-химическая природа вяжущего. С одной стороны, вяжущее должно содержать низкомолекулярные компоненты, обладающие значительной подвижностью и способные проникать в массив смежного материала на значительную глубину. Для этого они должны обладать малыми размерами и сферической формой. С другой стороны, только высокополимерные материалы из состава вяжущего обладают достаточной прочностью и длиной цепи, способной, проникнув в поры каменного материала, оставаться в массиве или приграничном слое вяжущего. Именно возможность переплетения полимерных цепей без образования химической связи в месте перехлестывания обеспечивает возможность высоких прочностных показателей в местах склеивания щебенистых компонентов смеси, гарантируя эластичность и значительную растяжимость

вяжущего материала без разрушения. Это и есть причина проявления когезии у ПБВ [14, 15].

IV. Условия проведения процесса образования контакта между твердой каменной поверхностью и вяжущим. Это, прежде всего, температура, активирующая протекание физических и химических процессов как на границе раздела фаз, так и в объеме каждой отдельно взятой фазы [16, 17].

Учитывая тот факт, что нефтяные битумы условно состоят из трех больших групп химических соединений – масел, смол и асфальтенов, – то очевидно, что крупные асфальтеновые комплексы могут или относительно свободно перемещаться при высоких температурах в смолисто-масляной прослойке, или масляно-смоляные компоненты битума будут окклюдированы на поверхности крупных асфальтеновых агломератов (в зависимости от способа производства и компонентного состава рассматриваемого битума).

При включении в состав битумной композиции СБС-полимеров (бутадиен-стирольных термоэластопластов), представляющих единую, химически сшитую систему двублочных высокомолекулярных полимеров – полистирола и полибутадиена, мальтеновая фаза начинает поглощаться полимерными доменами и одновременно доокисляться до низкомолекулярных смол вследствие увеличения количества свободного кислорода, попадающего из воздуха в объём композиции при замешивании СБС-полимеров и вытесняемого из поверхностных пор, расположенных на частицах полимера. Поэтому первоначальная вязкость композиции увеличивается, при этом повышаются и адгезионные свойства в поверхностных слоях [18, 19].

Внедрение контрактов жизненного цикла привело к тому, что в течение последних трех лет при проведении дорожных работ наблюдается всплеск активного применения битумных лент различного состава и назначения. Применение стыковочных битумно-полимерных лент не вызывает сложностей у персонала и не увеличивает время проведения основных технологических операций. Однако для первичного освоения целесообразно не только сформу-



Рис. 2. Картонный барабан с металлическим обрамлением (а), извлечение ленты стыковочной битумно-полимерной из барабана (б), послойное размещение рулонов ленты в барабане (в)

лизовать требования к новому материалу и к последовательности проводимых с ним операций, но и привести иллюстративный материал, позволяющий наглядно показать особенности работы с прогрессивными инновациями [20].

Изначально необходима предварительная подготовка рабочей поверхности объекта укладки, заключающаяся в освобождении обрабатываемых участков асфальтобетонного, полимерасфальтобетонного или цементобетонного покрытия от различного рода загрязнений: пыли, грязи, наледи, снега и т. д. [7, 21]. Эффективное применение стыковочной ленты без предварительной подготовки возможно осуществить при температуре окружающей среды не ниже $+5^{\circ}\text{C}$. Для обеспечения должного уровня технологических свойств матери-

ала, при температуре окружающей среды ниже $+10^{\circ}\text{C}$, ленту необходимо выдержать в сухом помещении с температурой $+15^{\circ}\text{C} \dots +20^{\circ}\text{C}$ в течение не менее 24 часов.

Процесс применения стыковочных битумно-полимерных лент не сложный и может быть представлен следующим образом.

1. Битумно-полимерная лента поставляется свернутой в рулон (с промежуточной антиадгезионной прослойкой между ее слоями), упакованной в картонно-навивные цилиндрические барабаны.

2. Перед началом работ с горловины барабана сбивается металлический обод. Рулон извлекается из картонной упаковки и, в случае отсутствия необходимости использовать рулон ленты полностью, нарезается на куски необхо-



Рис. 3. Картонный барабан с информацией о ленте (а), раскладка рулонов ленты вдоль образуемого шва сопряжения (б), антиадгезионный прокладочный слой для предотвращения слипания рулонов ленты при транспортировке и хранении (в)



Рис. 4. Разматывание, укладка, прижатие ленты по поверхности шва и снятие антиадгезионного слоя (а, б), вид готового шва перед укладкой горячей асфальтобетонной или полимерасфальтобетонной смеси (в)

димой длины. Затем рулоны ленты распределяются вдоль кромки шва на расстоянии около 10 метров

3. Лента располагается на поверхности ранее уложенного покрытия так, чтобы защитный антиадгезионный слой был сверху, разматывается и укрепляется вдоль кромки слоя покрытия легкими периодическими надавливаниями ног. Она фиксируется на боковой грани покрытия, а затем с ее поверхности удаляется защитный антиадгезионный слой. При соединении следующего рулона ленты осуществляется встык.

4. Завершающей стадией является укладка горячей асфальтобетонной или полимерасфальтобетонной смеси в зонах швов со смежным асфальтобетонным покрытием и образование непрерывного монолитного шва между

старым и вновь укладываемым асфальтобетоном.

В результате процессов образования вертикального стыковочного шва между ранее уложенным и свежим слоем асфальтобетонного или полимерасфальтобетонного покрытия последовательно происходит ряд физических, химических и механических преобразований дорожно-строительных материалов, приводящих к формированию монолитной зоны шва.

Во-первых, при разворачивании рулона стыковочной ленты ее свежая поверхность, обращенная к антиадгезионному шву, размещается вдоль первоначальной поверхности стыка п. 1 и 2. При кратковременном надавливании на внешний слой ленты, ее обращенный к поверхности слой деформируется вокруг выступающих частиц каменного материала



Рис. 5. Распределение горячей асфальтобетонной или полимерасфальтобетонной смеси (а), укатка сформированного слоя (б), вид готового шва в итоговом покрытии (в)

исходного слоя асфальтобетона и проникает в поверхностные каверны, углубления и поры, что увеличивает удельную поверхность контакта стыковочной битумно-полимерной ленты со слоем субстрата. Наличие в составе ленты полимерных компонентов обеспечивает необходимый уровень адгезионного взаимодействия в зоне контакта (п. 3). Они обеспечивают надежное примыкание стыковочной ленты к боковой поверхности ранее уложенного асфальтобетона на период проведения остальных мероприятий, необходимых для укладки свежего слоя асфальтобетонной или полимерасфальтобетонной смеси (п. 4). В момент размещения горячей смеси в зоне примыкания стыковочная битумно-полимерная лента прогревается, реологические свойства композита улучшаются, а компоненты ленты проникают не только в приповерхностные слои свежего асфальтобетона, но и дополнительно проникают в массив ранее уложенного слоя (п. 5). Подробное изучение механизма протекания физико-химических процессов в зоне образования шва сопряжения еще предстоит, но очевидно, что указанные процессы имеют решающее значение для обеспечения монолитности шва и увеличения периода его безремонтной эксплуатации.

Необходимо отметить, что вышеуказанные этапы применения стыковочных лент были отработаны опытным путем и подтверждены в течение последних пяти лет на дорожных объектах различного уровня подчиненности в нескольких природно-климатических зонах Российской Федерации. В настоящее время на них

ведется систематический мониторинг состояния объектов применения стыковочных битумно-полимерных лент. Оценивается не только компонентный состав битумно-полимерного композита для изготовления ленты (марка и показатели исходного вяжущего, содержание и свойства применяемых модификаторов, процентное содержание и соотношение компонентов), но и геометрические размеры стыковочной ленты (ширина, толщина, наличие фаски) и свойства антиадгезионных материалов, используемых при формировании рулона ленты. В ряде случаев рассматривается использование клеевых составов на внутренней поверхности стыковочной битумно-полимерной ленты для обеспечения технологической стабильности шва сопряжения, как правило, при проведении работ при пониженных температурах.

В результате анализа данных, полученных в рамках проведенных исследований, можно сделать вывод о доступности нового дорожно-строительного материала для применения, отсутствия необходимости приобретения дополнительных технических средств для его использования и достаточности существующего уровня квалификации сотрудников отрасли для выполнения необходимых технологических операций. С целью статистического и документального подтверждения целесообразности использования стыковочных лент различного состава для предотвращения трещинообразования в швах сопряжения и последующего разрушения монолитности дорожного полотна в приграничной зоне, работы в данном направлении будут продолжены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Муртазаев С.-А. Ю. Испытание грунтов оснований под здания и сооружения / С.-А. Ю. Муртазаев, М. Ш. Саламанова, А. А. Габашев // Вестник ГГНТУ. Технические науки. Том XV. № 1 (27). 2022. С. 77-83.
2. Мушреф Х. Ш. Нефтяные дорожные битумы: нормативы, качество, технологии, перспективы / Х. Ш. Мушреф, Ю. А. Куткин, Э. Г. Теляшев // Нефтегазовое дело. № 6. 2012. С. 532-542.
3. Гохман Л. М. Применение качественного полимерно-битумного вяжущего для условий России / Л. М. Гохман // Дороги России. № 1. 2018. С. 39-55.
4. Ахмадова Х. Х. Основные способы модификации битумов различными добавками / Х. Х. Ахмадова, Ж. Т. Хадисова, Л. Ш. Махмудова, З. А. Абдулмежидова, М. А. Мусаева // Вестник ГГНТУ. Технические науки. Том XV. № 3 (17). 2019. С. 42-56.

5. *Гохман Л. М.* Дорожный полимерасфальтобетон. М.: Изд. «Экон-Информ», 2017. 477 с.
6. *Тарамов Ю. Х.* Влияние состава битума на эксплуатационные свойства / Ю. Х. Тарамов, П. С. Цамаева, А. А. Эльмурзаев // Вестник ГГНТУ. Технические науки. Том XV. № 1 (27). 2022. С. 54-62.
7. *Барковский Д. В.* Технология устройства продольных швов сопряжения асфальтобетонных покрытий. Мировой опыт / Д. В. Барковский, М. А. Высоцкая // БГТУ им. В. Г. Шухова. № 6. 2016. С. 16-24.
8. *Чалых А. Е.* Фундаментальные проблемы адгезионных взаимодействий в полимерных системах / А. Е. Чалых, А. А. Щербина // Адгезионные материалы: труды научно-технической конференции Москва, ВИАМ. 27 апрель 2016 г. С. 36-51.
9. *Дерягин Б. В., Кротова Н. А., Смилга В. П.* Адгезия твердых тел. М.: Изд. АН СССР, 1973. 280 с.
10. *Туторский И. А., Потапов Е. Э., Шварц А. Г.* Химическая модификация эластомеров М., «Химия», 1993. –304 с.
11. *Золотарев В. А.* Дорожные битумные вяжущие и асфальтобетоны: в 2 ч. Ч. 1: Дорожные битумные вяжущие / В. А. Золотарев. Х.: ХНАДУ, 2014. 180 с.
12. *Галдина В. Д.* Модифицированные битумы: учебное пособие. Омск: СибАДИ, 2009. 228 с.
13. *Лушников Н. А.* Об определении некоторых геометрических характеристик колеи на проезжей части автомобильной дороги / Н. А. Лушников, П. А. Лушников, Д. И. Ковалев, В. А. Кретов // Дороги и мосты. № 2 (46). 2022. С. 95-99.
14. *Гохман Л. М.* Комплексные органические вяжущие материалы на основе блоксополимеров типа СБС / Л. М. Гохман. М.: Изд. «Экон-Информ», 2004. 584 с.
15. *Nebratenko D. Yu.* Influence of SBS polymers of various structure on the properties of semi-blown bitumen binders / D. Yu. Nebratenko, Boksha M. Yu., Isakov A. M. Roads and Bridges – Drogi i Mosty 21 (2022). Pp. 5-17.
16. *Горельшова Л. А.* Теоретические аспекты систематизации добавок, улучшающих свойства битумного вяжущего и асфальтобетонной смеси / Л. А. Горельшова // Дороги и мосты. № 2 (42). 2019. С. 203-236.
17. *Новикова Е. Х.* Развитие полимерных решений для дорожной отрасли / Е. Х. Новикова // Каучук и резина. Том 80. № 5. 2021. С. 272-275.
18. *Polonik V. D.* The Results of the Compromise Task Solution Directed for Development of Polymer-Modified Binder / V. D. Polonik, A. S. Kukleva, N. D. Avdeev, M. D. Shlyaptseva, V. G. Nikol'skii, I. V. Gordeeva, S. V. Kotova // Key Engineering Materials. 2019. Vol. 899. P. 67-72, 2021. ISSN: 1662-9795
19. *Kashevskaya E. V.* Závislosti vlivu struktury polymerů SBS na vlastnosti polofoukaných a oxidovaných asfaltových pojiv / E. V. Kashevskaya, M. Yu. Boksha, A. M. Isakov, D. Yu. Nebratenko // Zkoušení materiálů a konstrukcí vozovek. ASFALTOVÉ VOZOVKY, 2021. Pp. 2-3.
20. *Герман Е. А.* Теоретическая инноватика: учеб. пособие / Е. А. Герман. СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2018. 148 с.
21. *Муртазаев С-А. Ю.* Мокрый способ приготовления жидкого стекла на кремнеземистых добавках / С-А. Ю. Муртазаев, М. Ш. Саламанова, Ю. И. Корянова // Вестник ГГНТУ. Технические науки. Том XV. № 2 (24). 2021. С. 82-91.

BITUMEN-POLYMER JOINT TAPES FOR REINFORCING THE UPPER LAYERS OF ROADS

© A. B. Sanakulov¹, E. V. Lebedev², D. Yu. Nebratenko^{3,4}

¹MSARTU, Moscow, Russia

²Financial University under the Government of Russian Federation, Moscow, Russia

³RUT, Moscow, Russia

⁴MIREA – RTU, Moscow, Russia

The stability of the performance properties of asphalt concrete road pavements provides the necessary level of traffic safety throughout Russia. Without neglecting the issues of road material science concerning the composition and properties of the components of asphalt-concrete and polymer-asphalt-concrete mixtures, this work takes a new step toward studying other ways to provide a continuous surface of non-rigid road pavements. The possibility of using the bituminous-polymer joint tapes to prevent failures in the places of longitudinal and transverse joints of the top layers of the road pavement is studied. The new construction material is a strip of bituminous-polymer composite which is able to keep its original geometrical shape at rather high temperatures during the whole period of storage up to the moment of its application. The works on laying the coatings with the use of bituminous-polymer joint tapes are conducted on the road objects in several regions of the Russian Federation. The condition of the joints of the joints is monitored.

Keywords: bitumen-polymer tapes, polymer-bituminous binders (PmB), longitudinal and transverse mating joints.

REFERENCES

1. Murtazaev, S-A. Y., Salamanova, M. Sh. and Gabashev, A. A. (2022) 'Ispytaniya gruntov pod zdaniya i sooruzheniya' [Testing of soils for buildings and structures]. *Herald of GSTOU. Technical Sciences*, № 1 (27), pp. 77-83.
2. Mushref, H. Sh., Kutiin, Y. A. and Telyashev, E. G. (2012) 'Neftianye dorognye bitumy, normativy, kachestvo, tehnologii, perspektivy' [Oil road bitumens. standards, quality, technology, and prospects] *Oil and Gas Business*, № 6, pp. 532-542.
3. Gokhman, L. M. (2018) 'Primenenie kachtstvennogo polymerno-bitumnogo vyagushhego dly usloviy Rossii' [Application of high-quality polymer-bitumen binder for Russian conditions] *Roads of Russia*. № 1, pp. 39-55.
4. Akhmadova, Kh. Kh., Khadisova, J.T. Makhmudova, L. Sh., Abdulmezhidova, Z. A. and Musayeva, M. A. (2019) 'Osnovniy sposoby modifikatsii bitumov' [The main ways of modifying bitumen with various additives]. *Herald of GSTOU. Technical Sciences*, № 3 (17), pp. 42-56.
5. Gokhman, L. M. (2017) Dorogniy polymerasfaltobeton. [Road polymer asphalt concrete] Econ-Inform. Moscow, 477 p.
6. Taramov, Yu. Kh., Tsamaeva, P. S. and Elmurzaev, A. A. (2022) 'Vliyanie sostava bituma na ekspluatatsionnye svoistva' [Influence of bitumen composition on operational properties] *Herald of GSTOU. Technical Sciences*, № 1 (27), pp. 54-62.
7. Barkovsky, D. V. and Vysotskaya, M. A. (2016) Tehnologiya ustroistva prodolnyh hvov sopragenia asfaltobetonnyh pokruti. Mirovoi opyt [Technology of longitudinal joints of asphalt-concrete pavement. World experience]. Belgorod State Technical University named after V.G. Shukhov, № 6, pp. 16-24.
8. Chalykh, A.E. Chalykh, A. E. and Shcherbina, A. A. (2016) 'Fundamentalnye problem adgezionnyh vzaimodeistviy v polumernykh sistemah'. [Fundamental Problems of Adhesive

- Interactions in Polymer Systems]. *Adhesive Materials: Proceedings of the Scientific and Technical Conference, VIAM*, Moscow, pp. 36-51
9. Deryagin, B. V., Krotova, N. A. and Smilga, V. P. (1973) *Adhesia tverdyh tel* [Adhesion of solids]. Izd. of the Academy of Sciences of the USSR. Moscow, 280 p.
 10. Tutorsky, I. A., Potapov, E. E. and Schwarz, A. G. (1993) *Himicheskaya modifikatsiya elastomerov* [Chemical modification of elastomers]. Chemistry, Moscow, 304 p.
 11. Zolotarev, V. A. (2014) *Dorognyy bitumnie viaguhie I asfaltobetonny* [Road bituminous binders and asphaltic concrete], HNADU, Kharkov, 180 p.
 12. Galdina, V. D. (2009) *Modifitsirovannyye bitумы* [Modified bitumen], SibADI. Omsk, 228 p.
 13. Lushnikov, N. A., Lushnikov, P. A., Kovalev, D. I. and Kretoy, V. A. (2022) 'Ob opredelenii nekotorykh geometricheskikh harakteristik kolei na proezhech chasti avtomobilnoy dorogoy' [On determining some geometric characteristics of the rut on the roadway] *Roads and bridges*. №2 (46), pp. 95-99.
 14. Gokhman, L. M. (2004) *Compleksnyy organichesky vagushie materialy na osnove bloksopolimerov tipa SBS*. [Complex organic binders on the basis of SBS-type block polymers]. Econ-Inform. Moscow, 584 p.
 15. Nebratenko, D. Yu., Boksha, M. Yu. and Isakov A.M. (2022) 'Influence of SBS polymers of various structure on the properties of semi-blown bitumen binders'. *Roads and Bridges – Drogi i Mosty*, pp. 5-17.
 16. Gorelysheva, L. A. (2019) 'Teoreticheskie aspekty sistematizatsii dobavok, ulushauchih svoistva bitumnogo vyagushhego i asfaltobetonnoi smesi' [Theoretical aspects of systematization of additives improving properties of bituminous binder and asphalt concrete mixture]. *Roads and bridges*. №2 (42). pp. 203-236.
 17. Novikova, E. Kh. (2021) 'Rasvitie polymernuh resheniy dla dorognoi otrasly' [Development of polymer solutions for the road sector]. *Rubber and Rubber*, vol. 80, №5, pp. 272-275.
 18. Polonik, V. D., Kukleva, A. S., Avdeev, N. D., Shlyaptseva, M. D., Nikol'skii, V. G., Gordeeva, I. V. and Kotova, S. V. (2019) The Results of the Compromise Task Solution Directed for Development of Polymer-Modified Binder. *Key Engineering Materials*. Vol. 899, p. 67-72, 2021.
 19. Kashevskaya, E.V. Boksha M.Yu., Isakov A.M. and Nebratenko D.Yu. (2021) *Závislosti vlivu struktury polymerů SBS na vlastnosti polofoukaných a oxidovaných asfaltových pojiv. Zkoušení materiálů a konstrukcí vozovek. ASFALTOVÉ VOZOVKY*, České Budějovice, Czech Republic, pp. 2-3.
 20. Herman, E. A. (2018) *Teoretičeskay innovatika* [Theoretical innovativeness]. St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great. St. Petersburg: 148 p.
 21. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh., Koryanova, I. I. (2021) *Mokryy sposob prigotovleniy stekla na kremnezemistyykh dobavkakh*. [Wet method of preparation of liquid glass on silica additives]. *Herald of GSTOU. Technical Sciences*, volume XV. №2 (24), p. 82-91.