

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-4-21-35

**\*Высоцкая М.А., Курлыкина А.В., Кузнецов Д.А., Ткачева А.И.**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

\*E-mail: roruri@rambler.ru

## ОДЕЖДА ЕЗДОВОГО ПОЛОТНА МОСТОВОГО СООРУЖЕНИЯ

**Аннотация.** Затронута актуальная тема надежности мостовых сооружений в современных условиях и роль конструктивных слоёв ездового полотна (дорожной одежды) в повышении и сохранении их эксплуатационной надежности и долговечности. Рассмотрены существующие типовые конструкции одежды ездового полотна и материалы, используемые для их устройства. Анализ и систематизация информации из российских и зарубежных источников по устройству одежды ездового полотна указывает на перспективность и технико-эксплуатационные преимущества использования литых асфальтобетонных смесей в верхних слоях мостового покрытия. Отмечается, что эффективное дорожное покрытие из данного материала способно сопротивляться действующим нагрузкам с учетом специфики работы асфальтобетонного покрытия в течение установленного срока службы, дополнительно выполняя защитную гидроизоляционную функцию металлоконструкций мостового сооружения. Анализ литературы демонстрирует, что активные научные исследования по разработке и созданию эффективных литых асфальтобетонных смесей, в первую очередь, связаны с производством и модифицированием её битумной части, как среды способной иницировать «самозалечивание» композита, самостоятельно ликвидируя структурные дефекты. Богатый опыт различных способов модификаций битумных вяжущих, накопленный за последние несколько десятков лет, позволяет прогнозировать перспективность использования в конструктиве ездового полотна мостовых сооружений литых асфальтобетонов, на основе улучшенных вяжущих, с целью создания новых качественных материалов, способных повысить качество состояния сети мостов в стране.

**Ключевые слова:** мостовые конструкции, ездовое полотно, литой асфальтобетон.

**Введение.** На сегодняшний день актуальной проблематикой транспортной сети является аварийное и предаварийное состояние мостов и путепроводов. Автодорожная артерия страны в целом включает 71 тыс. мостов и путепроводов, на региональных дорогах – 64 тыс. таких объектов, из них более 7 % мостов нуждается в ремонте и восстановлении [1]. Причем многие транспортные мосты были построены более полувека назад, и по причине снижения прочности мостовых конструкций, в последнее время, участились случаи обрушений и аварий инженерных сооружений. Если верить источникам [2], то за 2018 г. рухнувших мостов было 18, а с учетом пешеходных – более 100, в 2019 году обрушилось 10 сооружений. В 2020 г. за полгода вышли из строя порядка 5-ти мостов. Последствия разрушений вызывают смертельные исходы с участниками движения, существенные потери для экономики, а также значительные неудобства для населения. На фоне этих событий, в конце февраля 2020 г. на заседании Правительства была одобрена программа ремонта аварийных и ветхих мостов, в которую должно войти более 2 тыс. объектов [3]. Однако для достижения максимального положительного эффекта от ремонта и реконструкции инженерных сооружений необходимо учитывать предыдущий опыт их эксплуатации и принимать во внимание основные факторы, влияющие на долговечность и надежность инженерных сооружений.

**Основная часть.** Надёжность мостового сооружения во многом зависит от принятого конструктивного решения на стадии проектирования (правильной конструкции фундаментов, опор, пролётных строений) и качества исполнения проектного решения. Помимо этого, при строительстве мостовых и искусственных сооружений требует повышенного внимания конструкция и надежность дорожного полотна, так как его состояние обуславливает не только удобство и безопасность движения автотранспорта, но и эксплуатационную надёжность, а также долговечность всего транспортного объекта.

В основном при строительстве мостовых сооружений несущие элементы пролетного строения устраиваются из стали или железобетона. В частности, от типа используемого материала зависит конструкция и технология устройства будущей дорожной одежды. Несмотря на разнообразие материалов и технологий устройства мостового полотна [4–14], существует принципиальная схема конструкции дорожной одежды, состоящая из четырех основных слоёв, каждый из которых выполняет свою функцию, рисунок 1.

Нередко мостовое полотно, включающее проезжую часть, полосы безопасности и тротуары, называют «ездовым полотном». В ОДМ 218.2.002-2009 «Методические рекомендации по применению современных материалов в сопряжении дорожной одежды с деформационными швами мостовых сооружений» термин «одежда

ездового полотна (дорожная одежда) означает конструктивный элемент мостового полотна, включающий в себя все слои, уложенные поверх плит проезжей части или мостового настила (выравнивающий слой, гидроизоляция, защитный

слой, покрытие)». И, несмотря на то, что для нас наиболее привычен термин дорожная одежда, в дальнейшем в работе будет использовано словосочетание «ездовое полотно».

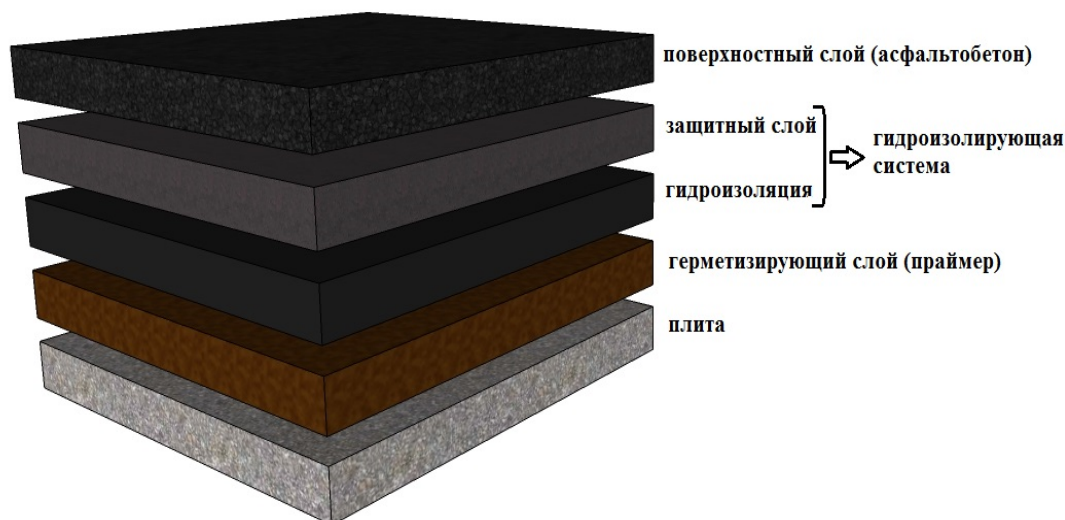


Рис. 1. Общая схема одежды ездового полотна

Одежда ездового полотна, устраиваемая на плитах проезжей части мостового сооружения выполняет следующие функции: воспринимает и передаёт динамическую нагрузку от движущегося транспорта на нижние конструктивные слои, стремится к упругому восстановлению после прекращения деформаций, обеспечивает комфортное и безопасное движение автотранспорта посредством обеспечения сцепления колес с ездовым покрытием. В случае рассмотрения конструктивного слоя ездового покрытия необходимо понимать, что к числу важнейших функций относится защита мостовых конструкций от поверхностной воды. Конструктивные слои одежды ездового полотна должны соответствовать основным требованиям, изложенным в ОДМ 218.3.074-2019 «Рекомендации по применению современных конструктивных решений и технологий по устройству дорожных одежд на мостах для повышения срока службы». Важным аспектом в обеспечении совместной работы покрытия с плитой проезжей части, предотвращении отслаивания и сдвига покрытия относительно плиты является их хорошее сцепление между собой. При этом основополагающей функцией дорожной одежды ездового полотна является защита от агрессивных внешних воздействий плиты проезжей части. Так же, этот важный конструктивный элемент, контактирующий с внешней эксплуатационной средой, должен быть устойчив к трещинообразованию, и не восприимчив ко всем видам воздействий и нагрузок.

Возведение дорожной одежды осуществляется в несколько этапов. Перед нанесением герметизирующего слоя поверхность стальной или железобетонной плиты очищают и подготавливают. Герметизирующий слой на металлической плите позволяет избежать преждевременной коррозии элементов, выступает в качестве замка, обеспечивающего плотное прилегание и фиксацию гидроизоляции к ортотропной плите, а также драйвера для пролонгации службы покрытия ездового полотна и его устойчивости к усталостным разрушениям [4, 5, 11]. Достижение обозначенных эффектов становится возможным посредством минимизации вероятности образования любых свободных полостей на границе раздела мостовых бетонных элементов с другими слоями.

Нанесение грунтовки является базовой операцией перед устройством гидроизолирующей системы, включающей в себя слои гидроизоляции и защитный (рис. 1). Работоспособность и долговечность мостовых конструкций прямо пропорциональны качеству гидроизоляции. Тщательный подход к данной технологической операции минимизирует диффундирование осадков и противогололедных жидкостей внутрь конструктивных элементов моста и является элементом пассивной защиты от преждевременной коррозии металла в мостовом сооружении во время замораживания-оттаивания. Использование двухслойной системы гидроизоляции способствует максимальной герметизации конструк-

ции, снижает вероятность намокания и гарантирует получение водонепроницаемого конструктива.

В соответствии с ОДМ 218.3.074-2019 гидроизолирующие материалы бывают трех основных категорий:

- наклеиваемые рулонные;
- распыляемые;
- мастичная гидроизоляция.

Защитный слой в большинстве случаев представляет собой прослойку из литого асфальтобетона, который также используется в качестве второго слоя гидроизоляции. Основное назначение защитного слоя на металлической ортотропной плите проезжей части, также, как и у гидроизоляционного слоя - защищать стальные элементы от коррозии и, дополнительно, обеспечивать плавную передачу и перераспределение нагрузки. Следовательно, он должен быть устойчив к действию нефтепродуктов, топлива, воды, минеральных солей и не восприимчив к погодным условиям.

В соответствии с нормативными документами в качестве поверхностного слоя рекомендуется применять литой полимерасфальтобетон, мелкозернистый горячий асфальтобетон, стале-

фибробетон, тонкослойные полимерные покрытия, цементобетон или щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА).

Как было сказано выше, мостовые конструкции в основном выполняют из стальных или железобетонных материалов. Ввиду того, что конструктивные элементы мостов, выполненные из стали склонны к значительным деформациям ортотропной плиты в теле проезжей части, мониторинг усталостных разрушений, возникающих в слоях ездового полотна, выполненных из асфальтобетона, является ключевым в перечне работ по содержанию мостовых переходов. Специфика работы одежды ездового полотна на мостовых сооружениях накладывает ряд серьезных ограничений и требований при разработке такого конструктива и, в первую очередь, необходимо равновесие между способностью материала к сопротивлению различным воздействиям в покрытии и проявлению остаточных деформаций в виде колебности и образованию трещин [5]. Кроме того, при устройстве долговечного мостового сооружения полный вес конструкции должен стремиться к минимуму, а надежность и работоспособность к максимуму. В общем виде конструкция ездового полотна на ортотропной плите представлена на рисунке 2.

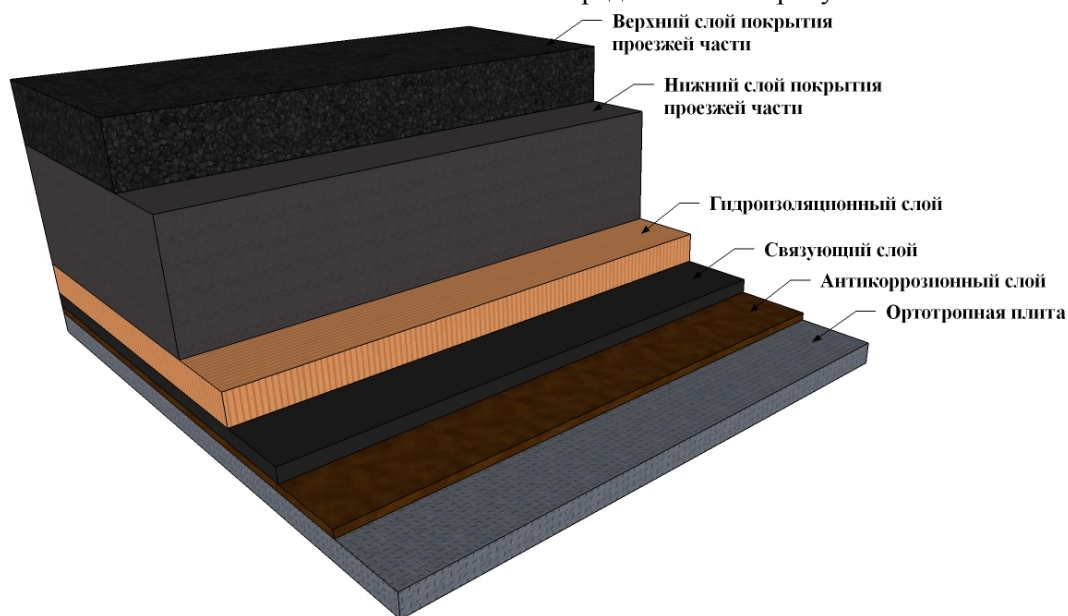


Рис. 2. Конструкция ездового полотна на ортотропной плите проезжей части мостовых сооружений

В 100 лет принято оценивать прогнозируемый срок службы железобетонных мостов. Однако, попеременное замораживание/оттаивание, действие агрессивных сред и истирание, активизируют процессы коррозии арматуры мостов из железобетона, подвергая их ранней деструкции [5]. В свете этого, необходимость применения превентивных мер по исключению попадания на арматуру влаги, содержащей агрессивные соли -

очевидна. Одним из ключевых условий обеспечения длительного срока службы сооружения является тандем из высококачественной гидроизоляции и асфальтобетона ездового полотна [5]. Считается, что проектировать асфальтобетонную смесь для проезжей части, опирающейся на железобетонные плиты, легче ввиду их большой жесткости. Типовые конструкции подобной одежды ездового полотна приведены на рисунке 3.

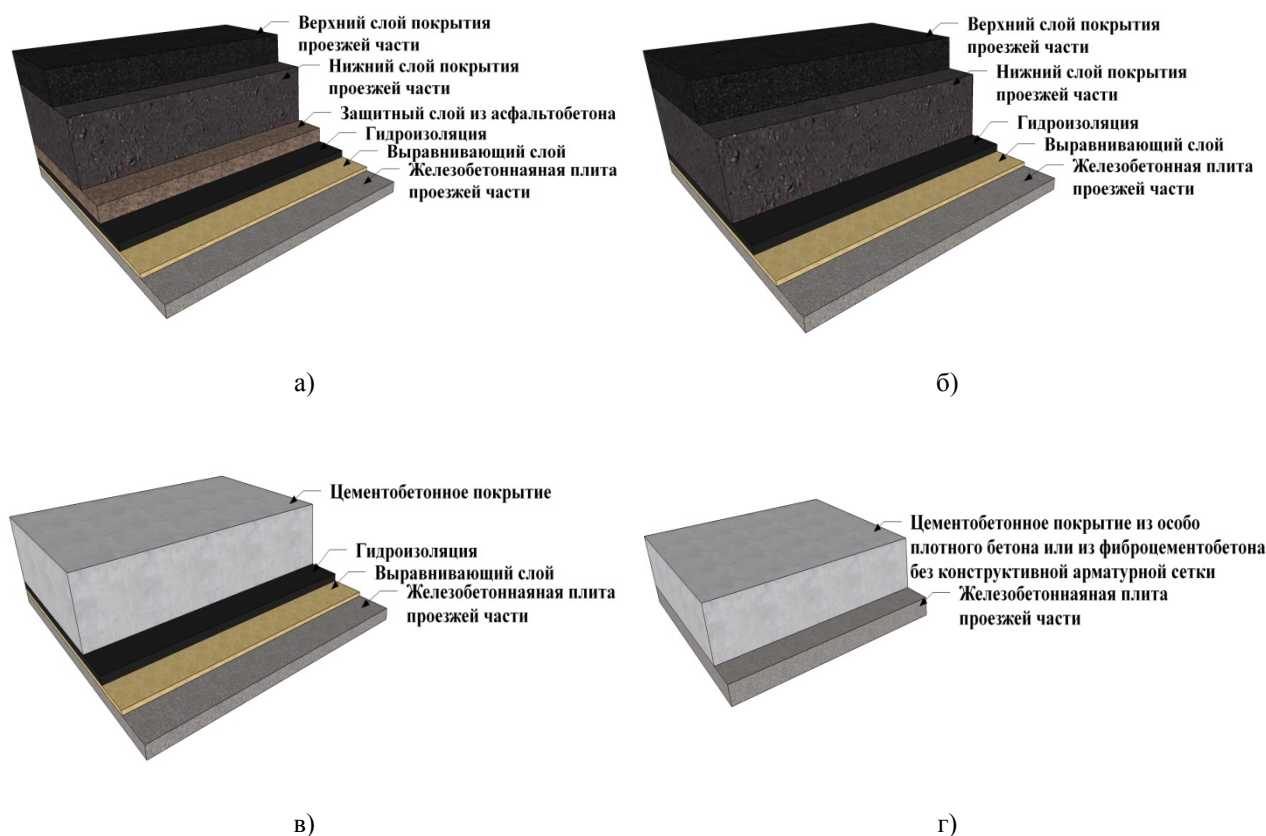


Рис. 3. Конструкция одежды ездового полотна на железобетонной плите проезжей части мостовых сооружений: а) асфальтобетонное покрытие, уложенное на защитный слой из бетона; б) асфальтобетонное покрытие, уложенное на гидроизоляцию; в) цементобетонное покрытие; г) цементобетонное покрытие из особо плотного бетона, выполняющего гидроизолирующие функции, или из фиброцементобетона, поверх которых устраивается покрытие

На сегодняшний день не придумано материалов, которые достаточно хорошо зарекомендовали бы себя в работе, как при положительных, так и при значительных отрицательных температурах окружающего воздуха. Но, как показывает практика, применение литого асфальтобетона при строительстве ездового полотна на мостовых сооружениях способно обеспечить долговечность всего конструктива и соответствовать предъявляемым требованиям эффективней, чем другие типы покрытий.

Главный недостаток литого асфальта, по сравнению с другими видами асфальтобетона, заключается в том, что его производство и укладка более энергозатратный и трудоемкий процесс. При устройстве верхнего слоя из литого асфальтобетона дополнительно требуется проведение поверхностной обработки, так как материал способен сравнительно быстро потерять требуемую шероховатость. Однако щебень, распределенный по уложенному литому асфальтобетонному слою, под действием колес движущихся транспортных средств втапливается не весь. Это приводит к тому, что оставшийся на покрытии щебень, попадая под колеса автомобилей, может попасть в ветровые стекла автотранспорта, приводя

к негативным последствиям. Однако литой асфальтобетон обладает рядом преимуществ, оправдывающих эффективность его применения в дорожном строительстве. Литой асфальтобетон, как правило, обладает высокой пластичностью, прочностью, более эластичными свойствами и способен испытывать большие деформации, что позволяет отнести его к материалам с эффектом самозалечивания, без появления внешних дефектов. Также, есть мнение [5], что сцепление литого асфальтобетона с конструктивными слоями, расположенными ниже лучше, чем у традиционного асфальтобетона. Приготовление литой асфальтобетонной смеси в основном не отличается от приготовления традиционных горячих смесей, все компоненты перемешиваются в обычных смесителях. Отличие заключается в повышенной технологической температуре (смесь на выходе  $\approx 200$  °C) и увеличенных сроках приготовления (выше на 25-50 %) [7]. Согласно ГОСТ Р 54401-2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси литые асфальтобетонные дорожные горячие и асфальтобетон литой дорожный. Технические условия» приготовленные литые смеси должны транспортироваться к месту укладки в специальных кохерах. В кохерах осуществляется непрерывное перемешивание



смеси с одновременным ее подогревом, это необходимо для предотвращения процесса расслаивания литой асфальтобетонной смеси и сохранения её однородности во время транспортировки.

Технические и технологические преимущества литого асфальтобетона были оценены в ряде стран западной Европы. В соответствии с публикациями [8, 12–13], этот композитный материал широко применяется как устройства асфальтобетонных покрытий мостов и мостовых переходов, а также их ямочного ремонта. Эффективность использования литого асфальтобетона в мостостроении [13] обусловлена спецификой его свойств, а именно: морозостойкостью, сдвигоустойчивостью, износостойкостью, эластичностью, водостойкостью, долговечностью и т.д. Более того, с недавних пор набирают популярность технологии самовосстанавливающихся дорожных материалов [15–23], направленные на восстановление собственной функциональности в конструктивном элементе. Стоит отметить, что вариативность свойств литого асфальтобетона и опыт наблюдения за его поведением при работе в конструктиве позволяет отнести его к «самовосстанавливающимся» материалам, что также добавляет актуальности для его изучения и использования.

В России, до недавнего времени, на мостовых сооружениях активно выполнялись работы по устройству конструкции дорожной одежды в соответствии с СТО 49976959.001–2011 «Устройство конструкции дорожной одежды на мостовых сооружениях по технологии «Лемминкяйнен»» по финской технологии «Лемминкяйнен», разработанной одноименной компанией «Лемминкяйнен Дор Строй». Уникальность данной технологии заключается в используемых материалах и разработанных схемах конструкции дорожных одежд на их основе (рис. 4, 5). В качестве гидроизоляционного слоя рекомендовалась мастика «Леммастикс» [24], а укладка верхнего слоя покрытия толщиной 40 мм осуществляется из литого асфальта «Лемпруф», выполненного на полимерно-битумном вяжущем. На заключительном этапе технология устройства ездового полотна предусматривала втапливание черного щебня фракции 12–16 или 10–20 мм. Это позволяло литым асфальтобетонным смесям «Лемпруф» отличаться высокой износостойкостью и трещиностойкостью при отрицательных температурах [24].

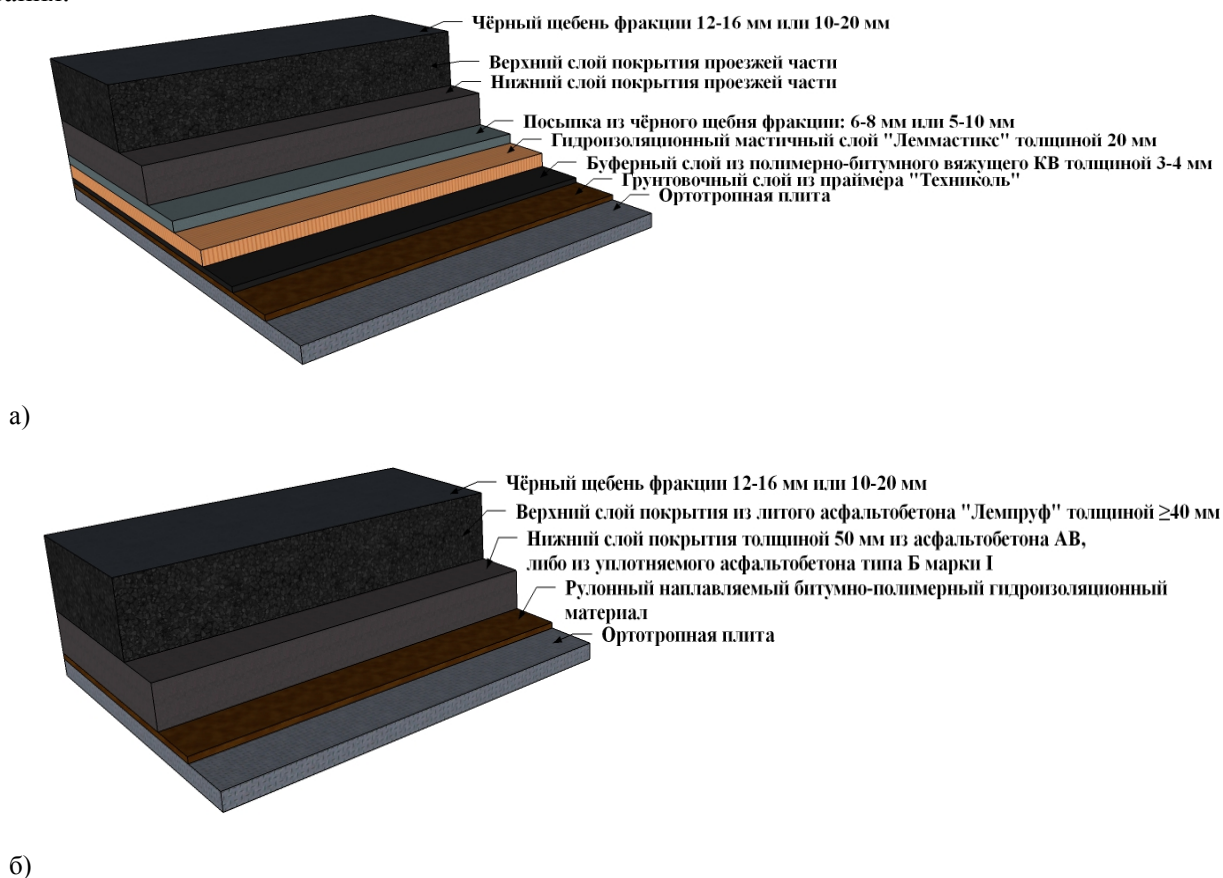


Рис. 4. Конструкция дорожной одежды на стальной ортоотропной плите проезжей части по технологии «Лемминкяйнен»:

а) стандартная технология; б) с защитно-сцепляющим слоем из наплавляемого рулонного гидроизоляционного материала

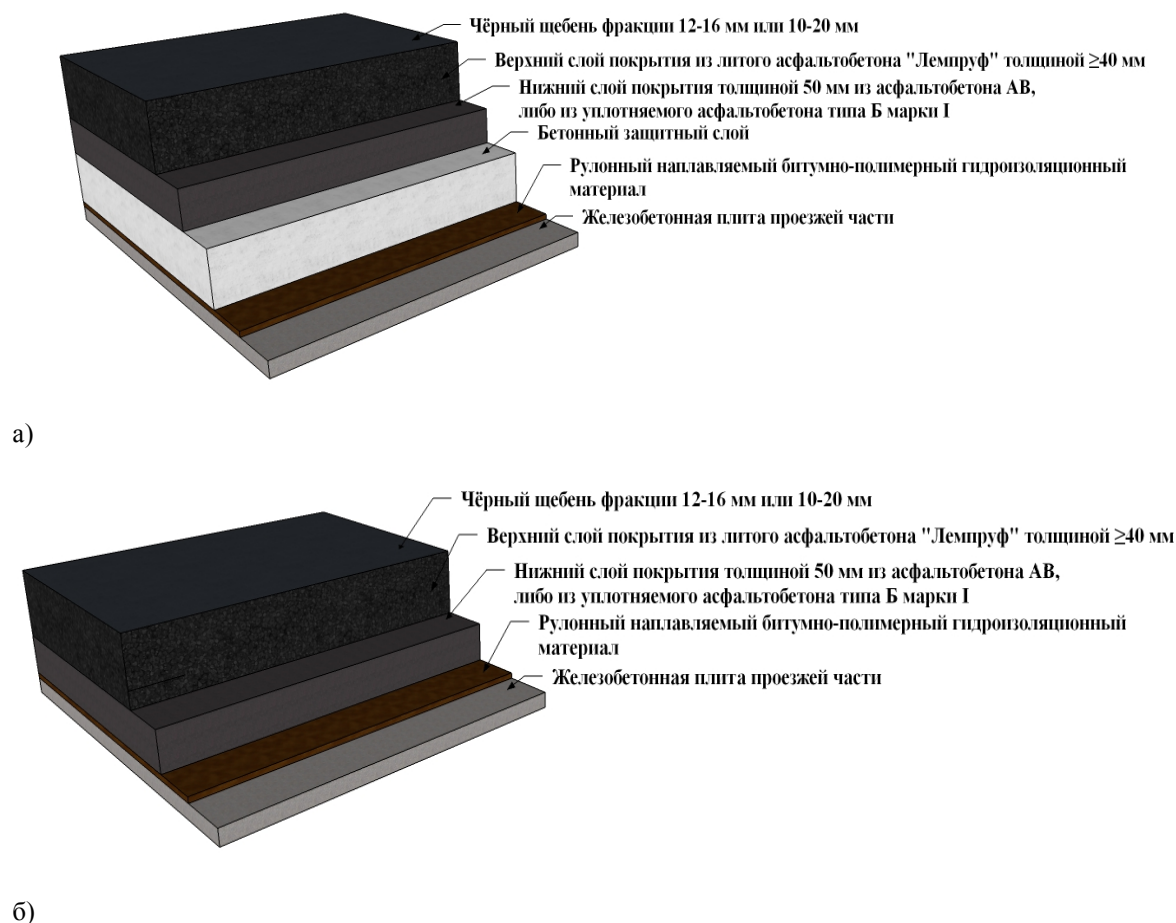


Рис. 5. Конструкция дорожной одежды на железобетонной плите:  
а) стандартная технология; б) с гидроизоляцией из рулонных наплавляемых материалов

Подобный подход компании к выбору материала для устройства одежды ездового полотна мостового сооружения обусловлен тем, что дорожное покрытие, устраиваемое из литого асфальтобетона, обладает низкой остаточной пористостью (материал при остывании способен достигать максимальной плотности без образования пор). Гарантированная удобоукладываемость литой асфальтобетонной смеси при технологической температуре, обусловлена значительным содержанием органического вяжущего и минерального порошка. За счёт этого при устройстве и ремонте покрытий исключается работа катков, ведь уплотнение происходит в основном под действием собственного веса асфальтобетона, что особенно актуально при выполнении работ на мостах [25–26]. В отдельных случаях могут использоваться легкие ручные катки.

Остановимся более подробно на этом конструктивном материале для одежды ездового полотна мостового сооружения. В соответствии с ГОСТ Р 54401—2020 «Смеси литые асфальтобетонные дорожные горячие и асфальтобетон литой дорожный», литая асфальтобетонная смесь — это рационально подобранная смесь вязко-текучей консистенции с минимальным содержанием воздушных пустот, состоящая из минеральной

части (щебня, песка и минерального порошка) и битумного вяжущего, взятых в определенных соотношениях и перемешанных в нагретом состоянии. Для приготовления литых смесей в качестве вяжущего применяют битумы нефтяные дорожные вязкие марок БНД 35/50, БНД 50/70 по ГОСТ 33133-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические требования». Однако, при использовании рядового битума в составе литого асфальтобетона, предназначенного для устройства верхних слоёв покрытия, существует риск возникновения пластических деформаций, что связано с недостаточной жесткостью материала, при использовании такого вида вяжущего. Поэтому, одним из направлений исследований в дорожном строительстве является разработка и применение литых асфальтобетонных смесей, на основе модифицированных вяжущих [27–56].

Существует значительное число разработок по созданию специальных композитных вяжущих, предназначенных для повышения сроков службы дорожного покрытия. Самыми распространенными модификаторами дорожного битума являются каучукоподобные добавки (полибутадиеновый, натуральный, бутилкаучук, хло-

ропрен), органо-марганцевые компаунды, термопластичные полимеры (полиэтилен, полипропилен, полистирол, этилен-винилацетат), термопластичные каучуки (полиуретан, олефиновые сополимеры, а также блоксополимеры стирол-бутадиен-стирола) [26–41]. Главная задача добавок – создание пространственной эластичной структурной сетки в битуме, для этого в основном используют термоэластопластичные полимеры типа СБС (стирол-бутадиен-стирол), но в некоторых странах, как, например, во Франции, для этих целей применяется ЭВА (этилен-винил-ацетат) [41]. Анализ производственного опыта показывает, что по сравнению с литыми асфальтобетонами, приготовленными на основе традиционного вязкого битума, использование битумов, модифицированных полимерами класса термоэластопластов, в составе литого асфальтобетона способствует уменьшению значения показателя погружения штампа. Поэтому такие добавки вводятся в основном для повышения температурной устойчивости литого асфальтобетона. Помимо этого, приготовление литых асфальтобетонных смесей на модифицированном битуме приводит к снижению расхода битумного вяжущего на 15–20 % [28, 41]. Однако стоит отметить, что использование полимерно-битумных вяжущих усложняет технологию приготовления литой асфальтобетонной смеси из-за необходимости повышения температуры её нагрева, так как снижение температуры смеси на модифицированных битумных вяжущих резко ухудшается её удобоукладываемость.

Известны разработки [42–48] по модификации литого асфальтобетона путём введения в битум технической серы, что позволяет уменьшить температуру приготовления и укладки смеси (с 220–250 до 140–150 °С), без потери удобоукладываемости с одновременным повышением сдвигоустойчивости и трещиностойкости. В таких смесях сера, обладая высокими адгезионными свойствами, осуществляет связку битума и щебня с положительно и отрицательно заряженными микрочастицами поверхности по всей геометрии скола [48]. Та часть серы, которая не прореагировала с битумом, способна создавать в литой асфальтобетонной смеси прочные механические связи, что улучшает качество слоёв покрытия. В традиционных асфальтобетонных смесях этого не происходит из-за разрушения кристаллических связей под действием катков во время укладки смеси [48].

Наиболее эффективным способом повышения качества литой асфальтобетонной смеси, по мнению авторов [49–50], является комплексное регулирование макро-, мезо- и микроструктуры композита. Совместное модифицирование органического вяжущего и поверхностная активация минерального материала способствуют формированию эластичной матрицы и прочной связи на

поверхности раздела фаз «органическое вяжущее – минеральный материал» [50].

Активно ведутся исследования по введению резиновой крошки, как в битум, так и в литую асфальтобетонную смесь на стадии её приготовления. Причем её уникальность заключается в том, что, как все модификаторы, резина становится частью связующего материала, сокращает расход битумного вяжущего в смеси, а также выступает как компонент наполнителя. Фактически резиновая крошка заменяет собой некоторые мелкозернистые фракции минерального материала. Авторы [51–55] в своих исследованиях пришли к выводу, что наиболее высокие и стабильные показатели качественных характеристик асфальтобетона, гарантирующие его эффективное применение в строительстве долговечных покрытий, обеспечивает введение модификатора на основе резиновой крошки путем приготовления, резинобитумного вяжущего (РБВ). Главное преимущество использования резины заключается в повышении трещиностойкости, сдвигоустойчивости и коррозионной устойчивости покрытий из литой смеси, а также увеличении их эксплуатационной долговечности и продлении сроков службы. Стоит отметить, что вышеупомянутая компания «Лемминкяйнен Дор Строй» производила свой асфальт «Лемпруф» на резинобитумном вяжущем, что проецируется на стойкость асфальта к большим перепадам температур.

На основании выполненного анализа существующего мирового опыта [29–62] по технологии приготовления и ведения работ с литым асфальтобетоном можно предположить, что существует возможность сокращения времени приготовления литого асфальтобетона путем разработки новой технологии, которая подразумевает возможность введения модификаторов в состав литой смеси во время её транспортировки на объект в кохерах.

**Выводы.** В работе затронута тема актуальности разработки конструктивных слоев для одежды ездового полотна мостовых сооружений как превентивной меры по увеличению надежности и долговечности транспортных объектов. Рассмотрены основные типовые конструкции и материалы дорожной одежды ездового полотна, применяемые на практике в РФ. Анализ существующих способов устройства и ремонта одежды ездового полотна мостов демонстрирует преимущества использования литых асфальтобетонов для получения качественных покрытий, способных сопротивляться действующим нагрузкам с учетом специфики работы асфальтобетонного покрытия.

Можно отметить, что активный научный поиск по созданию эффективных литых асфальтобетонов реализуется, в первую очередь, посредством разработки и модифицирования битумной

части, как среды иницирующей «самозалечивание» композита.

Функциональная эффективность литого асфальтобетона в конструктиве ездового полотна мостовых сооружений и широкая вариативность модификаций битумного вяжущего для него позволяют предположить перспективность и актуальность этого направления строительного материаловедения, обусловленные неудовлетворительным состоянием сети мостов в стране.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Владимир Афонский: Мостовые сооружения - жизненно важная часть транспортной инфраструктуры страны [Электронный ресурс]. Фракция «Единая Россия» в Государственной Думе. URL: <http://er-gosduma.ru/news/vladimir-afonskiy-mostovye-sooruzheniya-zhiznenno-vazhnaya-chast-transportnoy-infrastruktury-strany> (дата обращения: 07.01.2020)
2. Чайковская А. С начала года в России обрушилось 5 транспортных мостов [Электронный ресурс]. ПолитРоссия. URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/243531103> (дата обращения: 07.01.2020)
3. Одобрена программа ремонта и строительства аварийных мостов и путепроводов. [Электронный ресурс]. Министерство транспорта Российской Федерации. URL: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/9432> (дата обращения: 07.01.2020)
4. Овчинников И.Г., Овчинников И.И. Дорожная одежда на мостовых сооружениях: отечественный и зарубежный опыт // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. Выпуск 5(24). С. 1–30.
5. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Телегин М.А., Хохлов С.В. Эффективные конструкции дорожных одежд с применением асфальтобетона на мостовых сооружениях // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. Выпуск 1. С. 1–18.
6. Зинченко Е.В., Овчинников И.Г., Ильченко Е.Д. Сравнительный анализ применяемых конструкций дорожной одежды мостовых сооружений обхода г. Сочи, сданных в эксплуатацию до начала строительства Олимпийских объектов Часть 1. Характеристики мостовых сооружений // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. Выпуск 5 (24). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-primenyaemyh-konstruktsiy-dorozhnoy-odezhdy-mostovyh-sooruzheniy-obhoda-g-sochi-sdannyh-v-ekspluatatsiyu-do-nachala-1> (дата обращения: 17.02.2021).
7. Зинченко Е.В., Овчинников И.Г., Ильченко Е.Д. Сравнительный анализ применяемых конструкций дорожной одежды мостовых сооружений обхода г. Сочи, сданных в эксплуатацию до начала строительства Олимпийских объектов Часть 2. Основные повреждения дорожной одежды мостового полотна // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. Выпуск 5 (24). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-primenyaemyh-konstruktsiy-dorozhnoy-odezhdy-mostovyh-sooruzheniy-obhoda-g-sochi-sdannyh-v-ekspluatatsiyu-do-nachala> (дата обращения: 17.02.2021).
8. Покровский А.В. Краткий обзор опыта применения литых полимерасфальтобетонов на искусственных сооружениях в северо-западном регионе РФ // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. Выпуск 5 (24). С. 1–22.
9. Васильев Ю.Э. Литой асфальтобетон для конструкций дорожной одежды мостового полотна // Строительные материалы. 2010. № 10. С. 49–53.
10. Васильев Ш.Н., Смоленкин В.С. Особенности работы покрытия проезжей части в зоне деформационных швов мостовых сооружений // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. Вып. 3. С. 1–8.
11. Беляев Н., Мамаев Н., Овчинников И., Соколов А., Шипитько Ф. Дорожные одежды для мостовых сооружений // Дороги. Инновации в строительстве. 2016. №56. С. 95–103.
12. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Телегин М.А., Хохлов С.В. Применение асфальтобетонных покрытий на мостах (иностранный опыт) // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2014. № 1. С.110–131.
13. Тазетдинов А.А. Применение литого полимерного асфальтобетона для устройства дорожных одежд на мостах: преимущества, недостатки, особенности приготовления, транспортировки, укладки. Опыт применения // Техника и технология транспорта. 2019. № 11. С. 41.
14. Распоров О.Н., Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Распоров К.О. Семнадцать лет эксплуатации мостового перехода через Волгу у села Пристанное Саратовской области // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». 2017. Том 4. №1.
15. Иноземцев С.С., До Тоан Чонг Состояние и перспективы развития технологии самовосстанавливающихся дорожных материалов // Вестник МГСУ. 2020. Т.15. № 10. С. 1407–1424.
16. Vysotskaya M.A., Barkovsky D.V., Shekhovtsova S.Yu. Nanosized Carbon Modifier Used to Control Plastic Deformations of Asphalt Concrete // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. 032060.
17. Norambuena-Contreras J., Liu Q., Zhang L., Wu S., Yalcin E., Garcia A. Influence of encapsulated sunflower oil on the mechanical and self-healing properties of dense-graded asphalt mixtures // Materials and Structures. 2019. № 52(4).
18. Xu Sh., Garcia A., Su J., Liu Q., Tabaković A., Schlangen E. Self-healing asphalt review: from



- idea to practice // *Advanced Materials Interfaces*. 2018. Vol. 5. Issue 17. P. 1800536.
19. Garcia A. Self-healing of open cracks in asphalt mastic // *Fuel*. 2012. Vol. 93. Pp. 264–272.
20. Su J.F., Schlangen E., Qiu J. Design and construction of microcapsules containing rejuvenator for asphalt // *Powder Technology*. 2013. Vol. 235. Pp. 563–571.
21. Xue B., Wang H., Pei J., Li R., Zhang J., Fan Z. Study on self-healing microcapsule containing rejuvenator for asphalt // *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 135. Pp. 641–649.
22. Xie W., Castorena C., Wang Ch., Kim Y.R. A framework to characterize the healing potential of asphalt binder using the linear amplitude sweep test // *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 154. Pp. 771–779.
23. Liu Q., Schlangen E., van de Ven M. Induction healing of porous asphalt concrete beams on an elastic foundation // *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2013. Vol. 25. Issue 7. Pp. 880–885.
24. Заливаемые резинобитумные материалы фирмы «Лемминкяйнен» для изоляции и покрытия мостов [Электронный ресурс]. Библиотека нормативной документации. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/50/50129> (дата обращения: 07.01.2020)
25. Буров В.В., Вовко В.В., Акчурин Т.К. Технологии литого асфальтобетона и оценка транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог // *Вестник ВолгГАСУ*. 2011. Вып. 25 (44). С. 105–109.
26. Маргайлик Е. Технологии устройства дорожных покрытий из литого асфальтобетона [Электронный ресурс]. Строительство и недвижимость. URL: <https://nestor.minsk.by/sn/1998/34/sn83414.htm> (дата обращения: 07.01.2020)
27. Худякова Т.С. Полимерно-битумное вяжущее: особенности структуры и свойств [Электронный ресурс]. GlobeCore. URL: <https://bitumen.globecore.ru/bitumen-polimer-vyazkie> (дата обращения: 07.01.2020)
28. Полимерно-модифицированное вяжущее: дорожные битумы [Электронный ресурс]. GlobeCore. URL: <https://bitumen.globecore.ru/pmbv> (дата обращения: 07.01.2020)
29. Klucher Robert H. Some Thoughts About Gussasphalt Surface Courses // *Public Works*. 1973. № 104 (9). Pp. 100–102.
30. Der Wetter W. Pavement Layers of Asphalt Concrete or Mastic Asphalt [Deckschichten aus Asphaltbeton oder Gussasphalt] // *Strassen- und Tiefbau*. 1983. № 37 (12). Pp. 1–12.
31. Xin C., Lu Q., Ai C., Rahman A., Qiu Y. Optimization of hard modified asphalt formula for gussasphalt based on uniform experimental design // *Construction and Building Materials*. 2017. Volume 136. Pp. 556–564.
32. Isacsson U., Zeng H. Low-temperature cracking of polymer-modified asphalt // *Mat. Struct.* 1998. № 31. Pp. 58–63.
33. Sang L., Zhendong Q., Xu Ya., Hui W. Design of gussasphalt mixtures based on performance of gussasphalt binders, mastics and mixtures // *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 156. Pp. 131–141.
34. Dong F., Zhao W., Zhang Y., Fan W., Wei J., Luo H., Meng L. The high temperature performance and microstructure of TLA modified asphalt // *Petroleum Science and Technology*. 2018. № 36 (7). Pp. 481–486.
35. Tae W.K., Jongeun B., Hyun Jo.L., Ji Yo. Ch. Fatigue performance evaluation of SBS modified mastic asphalt mixtures // *Construction and Building Materials*. 2013. Vol. m48. Pp. 908–916.
36. Jueshi Q, Qinzhen W., Wenjun W., Hua Zh. Fatigue performance of gussasphalt concrete made from modified AH-70 asphalt // *Materials & Design (1980-2015)*. 2013. Vol. 52. Pp. 686–692.
37. Hongliang Zha., Gaowang Zha., Feifei H., Zengping Zha., Wenjiang Lv. A lab study to develop a bridge deck pavement using bisphenol A unsaturated polyester resin modified asphalt mixture // *Construction and Building Materials*. 2018. Vol. 159. Pp. 83–98.
38. Zou G., Xu X., Li J., Yu H., Wang C., Sun J. The Effects of Bituminous Binder on the Performance of Gussasphalt Concrete for Bridge Deck Pavement // *Materials*. 2020. № 13. Pp. 364.
39. Ke Zho, Mingzhi S., Shengkai S. Study on Improvement of Aging Performance for Gussasphalt Modified by Reclaiming Agent // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019.
40. Sang L., Zhendong Q., Xu Ya., Qing L. Laboratory Evaluation of Double-Layered Pavement Structures for Long-Span Steel Bridge Decks // *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2018. № 30(6). Pages 04018111.
41. Котляревский А.А., Королев С.А., Вовко В.В., Акчурин Т.К. Оценка эффективности ремонта и строительства автомобильных дорог на примере технологии литого асфальтобетона // *Вестник ВолгГАСУ*. 2006. № 6. С. 125–127.
42. Маргайлик Е. Актуальность производства серобетона и серобитума. Использование серы в дорожном строительстве США, Канады, Франции, Польши [Электронный ресурс]. ООО «Верное решение». URL: <https://xn---dtbhaacat8bfloi8h.xn--plai/serobeton-actual> (дата обращения: 07.01.2020)

43. Дошлов О.И., Калапов И.А. Новые дорожные битумы на основе органического вяжущего, модифицированного технической серой и полимерными добавками // Вестник ИрГТУ. 2015. №11 (106). С. 107–111.
44. Демина А.В. Использование серы для модификации асфальтобетона [Электронный ресурс]. URL: <https://www.newchemistry.ru/printletter.php?id=5401> (дата обращения: 07.01.2020)
45. Андронов С.Ю., Васильев Ю.Э., Тимохин Д.К., Репин А.М., Репина О.В., Талалай В.В. Производство и применение сероасфальтобетонных композиционных покрытий на автомобильных дорогах и мостах // Интернет-журнал «Науковедение». 2016. Т.3, № 3. С. 1–10.
46. Галдина В.Д., Серобитумные вяжущие: монография. Омск: СибАДИ, 2011. 124 с.
47. Tomkowiak K., Zelinski K. Wplyw dodatku sidrky do asphaltow // Drogownictwo. 1983. №2. Pp. 55–59.
48. Загородняя А. В. Теоретические закономерности формирования структуры литых асфальтополимерсеробетонов // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2018. № 4-2 (132). С. 127–132.
49. Братчун В. И., Пактер М.К., Беспалов В.Л., Самойлова Е.Э. Об особенностях формирования граничных слоев на поверхности раздела фаз «минеральный по рошок (МП) – модифицированное органическое вяжущее» // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури, Макіївка. 2003. Вип. 1(38). С. 3–8.
50. Беспалов В. Л., Братчун В. И., Ахмет Талиб Мутташар Мутташар. О технологических и физико-механических свойствах асфальтобетона с комплексномодифицированной микро, мезо и макроструктурой // Актуальные проблемы физико-химического материаловедения: сб. тезисов по материалам международной научно-практической конференции, 30 сентября–4 октября 2013 г. г. Макеевка. 2013. С. 92–99.
51. Духовный Г.С., Сачкова А.В. Эффективность применения резинобитумного вяжущего при устройстве асфальтобетонных покрытий // Научный Вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 2 (34). С. 19–23.
52. Карпенко А.В., Духовный Г.С. Предпосылки и перспективы применения резинобитумного вяжущего // Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения), Белгородский государственный университет им. В.Г. Шухова. 2010. С. 267–269.
53. Карпенко А.В., Духовный Г.С., Мирошниченко С. И. Резинобитумное вяжущее, основные показатели и перспективы использования // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 1. С. 22–24.
54. Алексеенко В.В., Балабанов В.Б. Асфальтобетон на основе битумно-резиновых композиционных вяжущих для дорожного строительства // Вестник ИрГТУ. 2011 №12 (59). С. 112–114.
55. Беспечная А.И. Основные преимущества использования резинобитумной асфальтобетонной смеси при асфальтировании и ремонте дорог [Электронный ресурс]. Всё об асфальтировании URL: <http://www.unidorstroy.kiev.ua/articles-asphalting/rubb-erized-asphalt.html> (дата обращения: 07.01.2020)
56. Веренько В.А., Афанасенко А.А. Высокомодульные асфальтобетоны с повышенным содержанием вяжущего для дорожных покрытий // Вестник ХНАДУ. 2006. №34-35. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/high-modular-asphalt-macadam-with-raised-content-of-binding-agent-for-road-carpet> (дата обращения: 10.01.2021).
57. Силкин В.В., Рудакова В.В., Лупанов А.П., Силкин А.В. Литой асфальтобетон. Приготовление, транспортирование и укладка литого асфальтобетона // СТТ: строительная техника и технологии. 2015. № 2(110). С. 60–65.
58. Егорычев А. С., Калгин Ю. И. Обоснование применения битумного вяжущего в литых асфальтобетонных смесях при устройстве и ремонте покрытия проезжей части автодорожного моста // Научный журнал строительства и архитектуры. 2018. № 1(49). С. 72–79.
59. Чебанов М.В. Перспективы использования литого асфальтобетона // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. С. 2332–2336.
60. Макаров В.Н. Конструкция и технология устройства мостового полотна автодорожных мостов с применением литого асфальтобетона и современных деформационных швов (на примере моста через Волгу у села Пристанное Саратовской области) : дис... кандидат техн. наук. Волгоград, 2003. С. 54–55.
61. Пат. 2114953, Российская Федерация, МПК Е 01 С 7/18, С 04 В 26/26. Способ устройства дорожного и аэродромного покрытия из вибролитой асфальтобетонной смеси и способ проектирования состава вибролитой асфальтобетонной смеси / М.С. Мелик-Багдасаров, Н.А. Мелик-Багдасарова; заявитель и патентообладатель М.С. Мелик-Багдасаров, Н.А. Мелик-Багдасарова. № 96120624/03; заявл. 16.10.1996; опубл. 10.07.1998. 2 с.
62. Онищенко А.Н., Кузьминец Н.П., Прикладовский В.С., Ризниченко А.С., Аксенов С.Ю.

Обоснование конструкции дорожной одежды из асфальтобетона литого гусасфальт повышенной трещиностойкости и колеестойкости для метал-

лического пролетного строения южного мостового перехода через р. Днепр в г. Киеве // Наукові нотатки. 2014. № 45. С. 396–406.

*Информация об авторах*

**Высоцкая Марина Алексеевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: roruri@rambler.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Курлыкина Анастасия Владимировна**, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: anastasiyakurlykina@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Кузнецов Дмитрий Алексеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: xidox@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Ткачева Анна Ивановна**, магистрант кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: anya.tkacheva31@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

*Поступила 17.02.2021 г.*

© Высоцкая М.А., Курлыкина А.В., Кузнецов Д.А., Ткачева А.И., 2021

*\*Vysotskaya M.A., Kurlykina A.V., Kuznetsov D.A., Tkacheva A.I.*

*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*

*\*E-mail: roruri@rambler.ru*

## ROAD SURFACE OF THE PAVEMENT COATING BRIDGE

**Abstract.** *The current topic of the reliability of bridge structures in modern conditions and the role of the structural layers of the roadway (road surface) in increasing and maintaining their operational reliability and durability are considered. The existing standard designs of road surface clothing and the materials used for their arrangement are considered. The analysis and systematization of information from Russian and foreign sources on the construction of the clothing of the driving road indicates the prospects and technical and operational advantages of using cast asphalt concrete mixtures in the upper layers of the bridge pavement. It is noted that an effective road surface made of this material is capable of resisting existing loads, taking into account the specifics of the operation of the asphalt concrete surface during the established service life, additionally performing the protective waterproofing function of the metal structures of the bridge structure. The analysis of the literature demonstrates that active scientific research on the development and creation of effective cast asphalt concrete mixtures is primarily associated with the production and modification of its bituminous part, as a medium capable of initiating "self-healing" of the composite, independently eliminating structural defects. The rich experience of various methods of modifying bituminous binders, accumulated over the past few decades, allows to predict the prospects for using cast asphalt concrete in the construction of the roadway of bridge structures, based on improved binders, in order to create new high-quality materials that can improve the quality of the bridge network in the country.*

**Keywords:** *bridge construction, bridge travelled way, cast asphalt.*

### REFERENCES

1. Vladimir Afonskiy: Bridge structures are a vital part of the country's transport infrastructure [Mostovyye sooruzheniya - zhiznenno vazhnaya chast transportnoy infrastruktury strany]. Faction "United Russia" in the State Duma. URL: <http://er-gosduma.ru/news/vladimir-afonskiy-mostovyye-sooruzheniya-zhiznenno-vazhnaya-chast-transportnoy-infrastruktury-strany> (date accessed: 01/07/2020). (rus)

2. Chaikovskaya A. Since the beginning of the year, 5 transport bridges have collapsed in Russia [S

nachala goda v Rossii obrushilos 5 transportnykh mostov]. PolitRussia. URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/243531103> (date accessed: 01/07/2020). (rus)

3. The program for the repair and construction of emergency bridges and overpasses was approved [Odobrena programma remonta i stroitelstva avariynykh mostov i puteprovodov]. Ministry of Transport of the Russian Federation. URL: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/9432> (date accessed: 07/01/2020). (rus)

4. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I. Road clothes on bridge structures: domestic and foreign experience [Dorozhnaya odezhda na mostovykh sooruzheniyakh: otechestvennyy i zarubezhnyy opyt]. *Naukovedenie Internet magazine*. 2014. Issue 5 (24). Pp. 1–30. (rus)
5. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Telegin M.A., Khokhlov S.V. Effective pavement constructions using asphalt concrete on bridge structures [Effektivnyye konstruktsii dorozhnykh odezhd s primeneniym asfaltobetona na mostovykh sooruzheniyakh]. *Naukovedenie Internet magazine*. 2014. Issue 1. Pp. 1–18. (rus)
6. Zinchenko E.V., Ovchinnikov I.G., Ilchenko E.D. Comparative analysis of the applied pavement structures of bridge structures bypassing the city of Sochi, commissioned before the start of the construction of Olympic facilities. Part 1. Characteristics of bridge structures [Sravnitelnyy analiz primenyayemykh konstruktsiy dorozhnoy odezhdy mostovykh sooruzheniy obkhoda g. Sochi. sdannykh v ekspluatatsiyu do nachala stroitelstva Olimpiyskikh obyektov Chast 1. Kharakteristiki mostovykh sooruzheniy]. *Naukovedenie Internet magazine*. 2014. Issue 5 (24). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-primenaemykh-konstruktsiy-dorozhnoy-odezhdy-mostovykh-sooruzheniy-obhoda-g-sochi-sdannykh-v-ekspluatatsiyu-do-nachala> (date of access: 17.02.2021). (rus)
7. Zinchenko E.V., Ovchinnikov I.G., Ilchenko E.D. Comparative analysis of the applied pavement structures of bridge structures bypassing the city of Sochi, commissioned before the construction of the Olympic facilities. Part 2. The main damage to the pavement of the bridge bed [Sravnitelnyy analiz primenyayemykh konstruktsiy dorozhnoy odezhdy mostovykh sooruzheniy obkhoda g. Sochi. sdannykh v ekspluatatsiyu do nachala stroitelstva Olimpiyskikh obyektov Chast 2. Osnovnyye povrezhdeniya dorozhnoy odezhdy mostovogo polotna]. *Naukovedenie Internet magazine*. 2014. Issue 5 (24). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-primenaemykh-konstruktsiy-dorozhnoy-odezhdy-mostovykh-sooruzheniy-obhoda-g-sochi-sdannykh-v-ekspluatatsiyu-do-nachala> (date of access: 17.02.2021). (rus)
8. Pokrovsky A.V. A brief review of the experience of using cast polymer asphalt concrete on artificial structures in the northwestern region of the Russian Federation [Kratkiy obzor opyta primeniya litykh polimerasfaltobetonov na iskusstvennykh sooruzheniyakh v severo-zapadnom regione RF]. *Naukovedenie Internet journal*. 2014. Iss. 5 (24). Pp. 1–22. (rus)
9. Vasiliev Yu.E. Cast asphalt concrete for pavement structures of the bridge bed [Litoy asfaltobeton dlya konstruktsiy dorozhnoy odezhdy mostovogo polotna]. *Stroitelnye materialy*. 2010. No. 10. Pp. 49–53. (rus)
10. Vasiliev Sh.N., Smolenkin V.S. Features of the work of the roadway covering in the zone of expansion joints of bridge structures [Osobennosti raboty pokrytiya proyeezhey chasti v zone deformatsionnykh shvov mostovykh sooruzheniy]. *Internet journal "Science Science"*. 2014. Iss. 3. Pp. 1–8. (rus)
11. Belyaev N., Mamaev N., Ovchinnikov I., Sokolov A., Shipitko F. Road clothes for bridge structures. Roads [Dorozhnyye odezhdy dlya mostovykh sooruzheniy]. *Construction innovations*. 2016. No. 56. Pp. 95–103. (rus)
12. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Telegin M.A., Khokhlov S.V. Application of asphalt concrete pavements on bridges (foreign experience) [Primeneniye asfaltobetonnykh pokrytiy na mostakh (inostrannyi opyt)]. *Transport. Transport facilities. Ecology*. 2014. No. 1. Pp.110–131. (rus)
13. Tazetdinov A.A. The use of cast polymer asphalt concrete for the construction of road pavements on bridges: advantages, disadvantages, features of preparation, transportation, laying. Application experience [Primeneniye litogo polimernogo asfaltobetona dlya ustroystva dorozhnykh odezhd na mostakh: preimushchestva. nedostatki. osobennosti prigotovleniya. transportirovki. ukladki. Opyt primeniya]. *Technics and technology of transport*. 2019. No. 11. Pp. 41. (rus)
14. Rasporov O.N., Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Rasporov K.O. Seventeen years of operation of the bridge across the Volga near the village of Pristannoe, Saratov region [Semnadsat let ekspluatatsii mostovogo perekhoda cherez Volgu u sela Pristannoye Saratovskoy oblasti]. *Internet magazine "Transport structures"*. 2017. Volume 4. No. 1. (rus)
15. Inozemtsev S.S., Do Toan Chong State and development prospects of the technology of self-healing road materials [Sostoyaniye i perspektivy razvitiya tekhnologii samovosstanavlivayushchikhsya dorozhnykh materialov]. *Vestnik MGSU*. 2020. Vol.15. No. 10.Pp. 1407–1424. (rus)
16. Vysotskaya M.A., Barkovsky D.V., Shekhovtsova S.Yu. Nanosized Carbon Modifier Used to Control Plastic Deformations of Asphalt Concrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. 032060.
17. Norambuena-Contreras J., Liu Q., Zhang L., Wu S., Yalcin E., Garcia A. Influence of encapsulated sunflower oil on the mechanical and self-healing properties of dense-graded asphalt mixtures. *Materials and Structures*. 2019. No. 52 (4).
18. Xu Sh., Garcia A., Su J., Liu Q., Tabaković A., Schlangen E. Self-healing asphalt review: from idea to practice. *Advanced Materials Interfaces*. 2018. Vol. 5. Issue 17. 1800536.

19. Garcia A. Self-healing of open cracks in asphalt mastic. *Fuel*. 2012. Vol. 93. Pp. 264–272.
20. Su J.F., Schlangen E., Qiu J. Design and construction of microcapsules containing rejuvenator for asphalt. *Powder Technology*. 2013. Vol. 235. Pp. 563–571.
21. Xue B., Wang H., Pei J., Li R., Zhang J., Fan Z. Study on self-healing microcapsule containing rejuvenator for asphalt. *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 135. Pp. 641–649.
22. Xie W., Castorena C., Wang Ch., Kim Y.R. A framework to characterize the healing potential of asphalt binder using the linear amplitude sweep test. *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 154. Pp. 771–779.
23. Liu Q., Schlangen E., van de Ven M. Induction healing of porous asphalt concrete beams on an elastic foundation. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2013. Vol. 25. Issue 7. Pp. 880–885.
24. Poured rubber-bitumen materials of the Lemminkäinen firm for insulation and coating of bridges [Zalivayemyye rezinobitumnyye materialy firmy «Lemminkyaynen» dlya izolyatsii i pokrytiya mostov]. Library of normative documentation. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/50/50129> (date accessed: 07/01/2020). (rus)
25. Burov V.V., Vovko V.V., Akchurin T.K. Technologies of cast asphalt concrete and assessment of the transport and operational state of highways [Tekhnologii litogo asfaltobetona i otsenka transportno-ekspluatatsionnogo sostoyaniya avtomobilnykh dorog]. *Bulletin of VolgGASU*. 2011. Issue. 25 (44). Pp. 105–109. (rus)
26. Margailik E. Technologies for the construction of road surfaces from cast asphalt concrete [Tekhnologii ustroystva dorozhnykh pokrytiy iz litogo asfaltobetona]. *Construction and real estate*. URL: <https://nes-tor.minsk.by/sn/1998/34/sn83414.htm> (date accessed: 01/07/2020). (rus)
27. Khudyakova T.S. Polymer-bitumen binder: features of structure and properties [Polimerno-bitumnoye vyazhushcheye: osobennosti struktury i svoystv]. *GlobeCore*. URL: <https://bitumen.globecore.ru/bitumen-polimer-vyazkie> (date accessed: 07/01/2020). (rus)
28. Polymer-modified binder: road bitumens [Polimerno-modifitsirovannoye vyazhushcheye: dorozhnyye bitумы]. *GlobeCore*. URL: <https://bitumen.globecore.ru/pmbv> (date accessed: 07/01/2020). (rus)
29. Klucher Robert H. Some Thoughts About Gussasphalt Surface Courses. *Public Works*. 1973. No.104 (9). Pp. 100–102.
30. Der Wettren W. Pavement Layers of Asphalt Concrete or Mastic Asphalt [Deckschichten aus Asphaltbeton oder Gussasphalt]. *Strassen- und Tiefbau*. 1983. No. 37 (12). Pp. 11–12.
31. Xin C., Lu Q., Ai C., Rahman A., Qiu Y. Optimization of hard modified asphalt formula for gussasphalt based on uniform experimental design. *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 136. Pp. 556–564.
32. Isacson U., Zeng H. Low-temperature cracking of polymer-modified asphalt. *Mat. Struct.* 1998. No. 31. Pp. 58–63.
33. Sang L., Zhendong Q., Xu Ya., Hui W. Design of gussasphalt mixtures based on performance of gussasphalt binders, mastics and mixtures. *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 156. Pp. 131–141.
34. Dong F., Zhao W., Zhang Y., Fan W., Wei J., Luo H., Meng L. The high temperature performance and microstructure of TLA modified asphalt. *Petroleum Science and Technology*. 2018. No. 36(7). Pp. 481–486.
35. Tae W.K., Jongeun B., Hyun Jo.L., Ji Yo. Ch. Fatigue performance evaluation of SBS modified mastic asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*. 2013. Vol. 48. Pp. 908–916.
36. Jueshi Q, Qinzhen W., Wenjun W., Hua Zh. Fatigue performance of gussasphalt concrete made from modified AH-70 asphalt. *Materials & Design* (1980-2015). 2013. Vol. 52. Pp. 686–692.
37. Hongliang Zha., Gaowang Zha., Feifei H., Zengping Zha., Wenjiang Lv. A lab study to develop a bridge deck pavement using bisphenol A unsaturated polyester resin modified asphalt mixture. *Construction and Building Materials*. 2018. Vol. 159. Pp. 83–98.
38. Zou G., Xu X., Li J., Yu H., Wang C., Sun J. The Effects of Bituminous Binder on the Performance of Gussasphalt Concrete for Bridge Deck Pavement. *Materials*. 2020. No. 13. Pages 364.
39. Ke Zho., Mingzhi S., Shengkai S.. Study on Improvement of Aging Performance for Gussasphalt Modified by Reclaiming Agent. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019.
40. Sang L., Zhendong Q., Xu Ya., Qing L. Laboratory Evaluation of Double-Layered Pavement Structures for Long-Span Steel Bridge Decks. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2018. No. 30(6). Pp. 04018111.
41. Kotlyarevsky A.A., Korolev S.A., Vovko V.V., Akchurin T.K. Evaluation of the efficiency of repair and construction of highways by the example of cast asphalt concrete technology [Otsenka effektivnosti remonta i stroitelstva avtomobilnykh dorog na primere tekhnologii litogo asfaltobetona]. *Bulletin of VolgGASU*. 2006. No. 6. Pp. 125–127. (rus)



42. Margailik E. Relevance of production of sulfur concrete and sulfur bitumen. The use of sulfur in road construction in the USA, Canada, France, Poland [Aktualnost proizvodstva serobetona i serobituma. Ispolzovaniye sery v dorozhnom stroitelstve SShA. Kanady. Frantsii. Polshi]. LLC "Right Solution". URL: <https://xn----dtbhaacat8bfloi8h.xn--plai/serobeton-actual> (date accessed: 07/01/2020). (rus)
43. Doshlov O.I., Kalapov I.A. New road bitumen based on organic binder modified with technical sulfur and polymer additives [Novyye dorozhnyye bitumy na osnove organicheskogo vyazhushchego. modifitsirovannogo tekhnicheskoy seroy i polimernymi dobavkami]. Bulletin of ISTU. 2015. No. 11 (106). Pp. 107–111. (rus)
44. Demina A.V. The use of sulfur for the modification of asphalt concrete [Ispolzovaniye sery dlya modifikatsii asfaltobetona]: URL: <https://www.newchemistry.ru/printletter.php?n-id=5401> (date accessed: 01/07/2020). (rus)
45. Andronov S.Yu., Vasiliev Yu.E., Timokhin D.K., Repin A.M., Repina O.V., Talalay V.V. Production and application of sulfur-asphalt-concrete composite coatings on highways and bridges [Proizvodstvo i primeneniye seroasfaltobetonnykh kompozitsionnykh pokrytiy na avtomobilnykh dorogakh i mostakh]. Naukovedenie Internet journal. 2016. Vol. 3, No. 3. Pp. 1–10. (rus)
46. Galdina V.D. Bituminous binders: monograph [Serobitumnyye vyazhushchiye: monografiya]. Omsk: SibADI, 2011. 124 p. (rus)
47. Tomkowiak K., Zelinski K. Wplyw dodatky sidrky do asfaltow. Drogownictwo. 1983. No. 2. Pp. 55–59.
48. Zagorodnyaya A.V. Theoretical patterns of the formation of the structure of cast asphalt-polymer-silver concretes [Teoreticheskiye zakonomernosti formirovaniya struktury litykh asfaltopolimerserobetonov]. Bulletin of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. 2018. No. 4-2 (132). Pp. 127–132. (rus)
49. Bratchun V.I., Pakter M.K., Bepalov V.L., Samoilova E.E. On the features of the formation of boundary layers on the interface between the phases "mineral powder (MP) - modified organic binder". News of Donbass State Academy of Budget and Architecture, Makivka. 2003. Vol. 1 (38). Pp. 3–8.
50. Bepalov V.L., Bratchun V.I., Akhmet Talib Muttashar Muttashar. On technological and physico-mechanical properties of asphalt concrete with a complex modified micro, meso and macrostructure [O tekhnologicheskikh i fizikomekhanicheskikh svoystvakh asfaltobetona s kompleksnomodifitsirovannoy mikro. mezo i makrostrukturoy]. Actual problems of physical and chemical materials science: collection of articles. abstracts based on the materials of the international scientific and practical conference, September 30 – October 4, 2013, Makeevka. 2013. Pp. 92–99. (rus)
51. Dukhovny G.S., Sachkova A.V. The effectiveness of the use of rubber-bitumen binder in the construction of asphalt concrete pavements [Effektivnost primeneniya rezinobitumnogo vyazhushchego pri ustroystve asfaltobetonnykh pokrytiy]. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. 2014. No. 2 (34). Pp. 19–23. (rus)
52. Karpenko A.V., Dukhovny G.S. Prerequisites and prospects for the use of rubber-bitumen binder [Predposylki i perspektivy primeneniya rezinobitumnogo vyazhushchego]. Innovative materials and technologies (XX scientific readings), Belgorod State University named after V.G. Shukhov. 2010. Pp. 267–269. (rus)
53. Karpenko A.V., Dukhovny G.S., Miroshnichenko S.I. Resinobitumennoe binder, main indicators and prospects of use [Rezinobitumnoye vyazhushcheye. osnovnyye pokazateli i perspektivy ispolzovaniya]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2012. No. 1. Pp. 22–24. (rus)
54. Alekseenko V.V., Balabanov V.B. Asphalt concrete based on bitumen-rubber composite binders for road construction [Asfaltobeton na osnove bitumno-rezinovykh kompozitsionnykh vyazhushchikh dlya dorozhnogo stroitelstva]. Bulletin of ISTU. 2011. No. 12 (59). Pp. 112–114. (rus)
55. Bespechnaya A. I. The main advantages of using rubber-bitumen asphalt concrete mixture for asphaltting and road repair [Osnovnyye preimushchestva ispolzovaniya rezinobitumnoy asfaltobetonnoy smesi pri asfaltirovanii i remonte dorog] [Electronic resource]. All about asphalt paving URL: <http://www.unidorstroy.kiev.ua/articles-asphalt-ing/rubb-erized-asphalt.html> (date accessed: 07.01.2020). (rus)
56. Verenko V.A., Afanasenko A.A. High-modulus asphalt concrete with increased binder content for road surfaces [Vysokomodulnyye asfaltobetonny s povyshennym soderzhaniiem vyazhushchego dlya dorozhnykh pokrytiy]. Bulletin of KhNADU. 2006. No. 34–35. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/high-modular-asphalt-macadam-with-raised-content-of-binding-agent-for-road-carpet> (date of access: 10.01.2021). (rus)
57. Silkin V.V., Rudakova V.V., Lupanov A.P., Silkin A.V. Cast asphalt concrete. Preparation, transportation and laying of cast asphalt concrete [Lityy asfaltobeton. Prigotovleniye. transportirovaniye i ukladka litogo asfaltobetona]. CTT: construction equipment and technologies. 2015. No. 2 (110). Pp. 60–65. (rus)
58. Egorychev A.S., Kalgin Yu. I. Substantiation of the use of bituminous binder in cast asphalt-

concrete mixtures during the construction and repair of the roadway bridge pavement [Obosnovaniye primeneniya bitumnogo vyazhushchego v litykh asfaltobetonnykh smesyakh pri ustroystve i remonte pokrytiya proyezzhey chasti avtodorozhnogo mosta]. Scientific journal of construction and architecture. 2018. No. 1 (49). Pp. 72–79. (rus)

59. Chebanov M.V. Prospects for the use of cast asphalt concrete [Perspektivy ispolzovaniya litogo asfaltobetona]. International Scientific and Technical Conference of Young Scientists BSTU im. V.G. Shukhov. 2017. Pp. 2332–2336. (rus)

60. Makarov V.N. Construction and technology of the construction of roadway bridges using cast asphalt concrete and modern expansion joints (for example, a bridge across the Volga near the village of Pristannoe, Saratov region) [Konstruktsiya i tekhnologiya ustroystva mostovogo polotna avtodorozhnykh mostov s primeneniym litogo asfaltobetona i sovremennykh deformatsionnykh shvov (na primere mosta cherez Volgu u sela Pristannoye Saratovskoy oblasti)]: dis ... candidate. tech. sciences. Volgograd, 2003. Pp. 54–55. (rus)

61. Pat. 2114953, Russian Federation, IPC E 01 S 7/18, S 04 B 26/26. A method for constructing a road and airfield pavement from a vibrated asphalt concrete mixture and a method for designing the composition of a vibrated asphalt concrete mixture [Sposob ustroystva dorozhnogo i aerodromnogo pokrytiya iz vibrolitoy asfaltobetonnoy smesi i sposob proyektirovaniya sostava vibrolitoy asfaltobetonnoy smesi]. M.S. Melik-Bagdasarov, N.A. Melik-Bagdasarova; applicant and patentee M.S. Melik-Bagdasarov, N.A. Melik-Bagdasarova. No. 96120624/03; declared 10.16.1996; publ. 10.07.1998. 2 p. (rus)

62. Onishchenko A.N., Kuzminets N.P., Prikhodovskiy V.S., Riznichenko A.S., Aksenov S.Yu. Substantiation of the construction of a pavement made of cast gusaspalt asphalt concrete of increased crack resistance and wheel resistance for the metal superstructure of the southern bridge over the river. Dnieper in Kiev. Naukovi notatki. 2014. No. 45. Pp. 396–406.

#### *Information about the authors*

**Vysotskaya, Marina A.** PhD, Assistant professor. E-mail: roruri@rambler.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Kurlykina, Anastasia V.** Postgraduate student. E-mail: anastasiyakurlykina@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Kuznetsov, Dmitry A.** PhD, Assistant professor. E-mail: xidox@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Tkacheva, Anna I.** Master student. E-mail: anya.tkacheva31@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

---

*Received 17.02.2021*

#### **Для цитирования:**

Высоцкая М.А., Курлыкина А.В., Кузнецов Д.А., Ткачева А.И. Одежда ездового полотна мостового сооружения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 4. С. 21–35. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-4-21-35

#### **For citation:**

Vysotskaya M.A., Kurlykina A.V., Kuznetsov D.A., Tkacheva A.I. Road surface of the pavement coating bridge. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 4. Pp. 21–35. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-4-21-35