

ПРИМЕНЕНИЕ ЭМУЛЬСИОННО-ШЛАКОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Максим Игоревич Банцов¹, Денис Вячеславович Гуляк²

^{1,2}Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия,

¹bantsov.m.i-ad-25@donnasa.ru, ²d.v.gulyak@donnasa.ru

Аннотация. Потребительские свойства автомобильной дороги – это совокупность транспортно-эксплуатационных показателей дороги, которые влияют на эффективность и безопасность работы автомобильного транспорта, отражают интересы пользователей дорог и влияют на окружающую среду. Быстрое, своевременное и качественное устранение дефектов, постоянно возникающих на автомобильных дорогах, автомагистралях – главная цель служб, содержания и эксплуатации сетей автомобильных дорог. Наличие дефектов на дорожных покрытиях повышают уровень шума и вибрации, вызывают усталость эмоционального напряжения водителя, а также способствуют износу транспортных средств. Неудовлетворительное транспортно-эксплуатационное состояние дорожных покрытий приводит к значительному увеличению затрат на автомобильные перевозки. При этом государство несет огромные убытки. Например, интенсивный износ дорог снижает средний коэффициент обеспеченности расчетной скорости на 15 %. Таким образом, совершенствование технологии выполнения текущего ремонта покрытия автомобильных дорог в неблагоприятных климатических условиях, в частности использованием эмульсионно-шлакобетонных смесей является актуальной задачей.

Ключевые слова: эмульсионно-шлакобетонная смесь, асфальтобетонное покрытие, асфальтобетон, текущий ремонт

Для цитирования: Банцов М. И., Гуляк Д. В. Применение эмульсионно-шлакобетонных смесей для текущего ремонта покрытий автомобильных дорог // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. 2025. Выпуск 2025-1(171) Современные строительные материалы. С. 52–58. doi: 10.71536/vd.2025.1c171.7. edn: walgqy.

Original article

USE OF EMULSION-SLAG CONCRETE MIXTURES FOR ROUTINE REPAIRS OF ROAD SURFACES

Maxim I. Bantsov¹, Denis V. Gulyak²

^{1,2}Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia,

¹bantsov.m.i-ad-25@donnasa.ru, ²d.v.gulyak@donnasa.ru

Abstract. Consumer properties of a road are a set of transport and operational indicators of the road that affect the efficiency and safety of motor transport, reflect the interests of road users and affect the environment. Fast, timely and high-quality elimination of defects that constantly arise on roads, highways is the main goal of services, maintenance and operation of road networks. The presence of defects on road surfaces increases the level of noise and vibration, causes fatigue and emotional stress of the driver, and also contributes to the wear and tear of vehicles. Unsatisfactory transport and operational condition of road surfaces leads to a significant increase in the cost of road transportation. At the same time, the state suffers huge losses. For example, intensive wear of roads reduces the average coefficient of provision of the estimated speed by 15 %. Thus, improving the technology for performing routine repairs of road surfaces in adverse climatic conditions, in particular using emulsion-slag concrete mixtures, is an urgent task.



Keywords: emulsion-slag concrete mixture, asphalt concrete pavement, asphalt concrete, routine repairs

For citation: Bantsov M. I., Gulyak D. V. Use of emulsion-slag concrete mixtures for routine repairs of road surfaces. *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Modern building materials*. 2025;1(171):52–58. (In Russ.). doi: 10.71536/vd.2025.1c171.7. edn: walgqy.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Выполнение текущего ремонта в неблагоприятных климатических условиях нуждается в особом внимании [1–3]. С одной стороны – наблюдается рост деформации покрытия автомобильных дорог, которые приводят к повышению объемов ремонтных работ. С другой стороны – неблагоприятные климатические условия ограничивают возможность использования горячих органоминеральных смесей для ремонтно-восстановительных работ. Применение холодных (особенно холодных влажных органоминеральных) смесей позволяет преодолеть основные климатические и технологические преграды. Применение шлаков в качестве минерального заполнителя в холодных органоминеральных смесях позволяет не только повысить качество выполнения ремонтно-восстановительных работ, но и решать проблему утилизации твердых промышленных отходов (в соответствии с общегосударственными программами).

Особое внимание следует уделять применению мартеповских шлаков в органоминеральных смесях. Это обусловлено наличием, прежде всего отвальных мартеповских шлаков, значительных объемов в отвалах металлургических заводов и незначительными темпами их переработки.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ публикаций [4–7] свидетельствует о том, что одной из эффективной технологий текущего ремонта является использование медленнораспадающихся эмульсий при производстве холодных асфальтобетонных смесей. В то же время конструктивные слои, уложенные в ремонтные карты, долго формируют структуру и, прежде всего, при низкой температуре, менее 5 °С и высокой влажности окружающей среды. В связи с этим целесообразно разрабатывать составы холодных битумополимерных смесей, которые в короткие сроки после текущего или капитального ремонта формируют в ремонтных картах конструктив, обеспечивающих нормативные значения физических и деформационно-прочностных характеристик нежесткой дорожной одежды.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

К потребительским свойствам автомобильной дороги относится в первую очередь пропускная способность и скорость, непрерывность, безопасность и удобство движения, а также уровень загрузки.

Поэтому, использование эмульсионно-шлакобетонных смесей для улучшения существующих технологий ремонта дорожного покрытия в неблагоприятных климатических условиях является актуальным.

Целью работы является совершенствование технологии выполнения ремонта покрытия автомобильных дорог в неблагоприятных климатических условиях применением эмульсионно-шлакобетонной смеси, что позволит повысить деформационно-прочностные свойства восстановленных покрытий.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Большинство автомобильных дорог с усовершенствованным типом покрытия построены с применением асфальтобетонных смесей – порядка 95–96 %. Следовательно, основное количество дорожно-строительных материалов, дорожно-строительной техники, технологий и новых разработок относится именно к органоминеральным покрытиям [1]. От состояния дорожного покрытия автомобильных дорог зависят: безопасность дорожного движения; пропускная способность; скорость транспортного потока; расход топлива и количество вредных выбросов в атмосферу транспортными средствами.

Наряду с этим, глобальной проблемой является низкое качество дорожно-строительных материалов и постоянное нарушение технологии выполнения строительно-ремонтных работ, а также несоблюдение нормативных документов как при проектировании, строительстве и содержании автомобильных дорог. В результате неудовлетворительное качество покрытия автомобильных дорог приводит к сокращению межремонтных сроков эксплуатации сети автомобильных дорог в целом.

Как пример, неблагоприятная картина состояния улично-дорожной сети присутствует на большинстве городских и сельских дорог, на которых наличие деформаций и разрушений более актуально, потому что интенсивность пассажиропотока и грузопотока более значимая.

Чтобы исправить техническое состояние автомобильных дорог нужно:

- каждый год после зимнего периода необходимо выполнять ремонтные работы покрытия, также как ямочный ремонт (площадь подлежащая ремонту составляет порядка 3 млн м² в Российской Федерации, цена ремонтных работ составляет порядка – 570–640 млн руб. в год);
- раз в 12 лет – сверх разрушенного асфальтобетонного покрытия укладывать выравнивающий слой – 5 см и слой покрытия из мелкозернистого асфальтобетона – 5 см;
- раз в 24 года выполнять капитальный ремонт дороги – фрезерование деформированной поверхности, при необходимости восстановление проектного профиля дороги и сверху устройство двухслойного асфальтобетонного покрытия.

Но, анализ состояния сырьевой базы дорожного хозяйства показывает, что 40 млн руб. в год – максимальный объем капиталовложений, который смогут освоить производители минеральных материалов, органоминеральных смесей, битума и других дорожно-строительных материалов. Это количество эквивалентно 15 тыс. км текущего ремонта дорог или 7–8 тыс. км капитального ремонта автомобильных дорог.

Если ежегодно выделять до 10 млн руб., через 5 лет (к следующему среднему ремонту) 30 % дорог будут соответствовать нормативным требованиям, другие продолжают разрушаться. Таким образом необходимо ежегодно удвоить производство дорожно-строительных материалов и объемы выполнения текущего и капитального ремонтов. Особое внимание следует уделять новым технологиям и материалам, которые позволят не только повысить качество ремонтных работ, но и продлить межремонтные сроки эксплуатации дороги в целом.

Увеличение грузоподъемности автомобильной дороги помогает снизить транспортные расходы, но характеризуется увеличением нагрузки на ось автомобиля. Превышение допустимой нагрузки на ось транспортного средства изменяет транспортно-эксплуатационные характеристики дорожного покрытия и ухудшает общее состояние автомобильных дорог. Ухудшение транспортно-эксплуатационных показателей эксплуатируемых автомобильных дорог может быть вызвано и рядом других причин, таких как качество материалов, используемых при устройстве грунтовых слоев и дорожных одежд, нарушение технологии при выполнении строительных и ремонтных работ, нарушения условий эксплуатации, техногенные или климатические катастрофы и т. д.

Осевые нагрузки от автомобиля и погодно-климатические условия вызывают пластические деформации и повреждения дорожного покрытия, такие как выбоины, просадки, трещины и волны. Все эти явления приводят к снижению скоростного режима транспортного потока и увеличению нагрузки на трансмиссию машины, что часто становится причиной дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

На территории Российской Федерации нормативно допускается применять два вида ремонта автомобильных дорог: капитальный и текущий [2]. Капитальный ремонт – это исправление основания, полная компенсация износа и восстановление ровности покрытия, а также устройство новых или реконструированных жестких дорожных покрытий на автомобильных дорогах. Все эти работы осуществляются дорожно-строительными машинами и механизмами, которые применяются при строительстве новых дорог, такими как бульдозеры, грейдеры, щебнераспределители, асфальтоукладчики, катки и др.

Текущий ремонт включает в себя работы по предотвращению и устранению мелких повреждений дороги. Другими словами, транспортно-эксплуатационные характеристики автодороги поддерживаются за счет устранения мелких дефектов отдельных элементов автомобильной дороги, возникающих в процессе эксплуатации. Для выполнения этих работ в основном применяются дорожные ремонтеры. Текущий ремонт разделяют на текущий средний ремонт и текущий мелкий ремонт [2].

Для приготовления эмульсионно-шлакобетонных смесей используют медленно распадающиеся битумные эмульсии, на распад которых, а также, и на структурную прочность смесей, решающее воздействие оказывает количество воды, которая удерживается в смеси. Состав эмульсионно-шлакобетонных смесей на битумных эмульсиях оптимальной структуры подбирается таким образом, чтобы была достигнута максимальная упаковка минеральных зерен, а вяжущее в виде тончайших пленок было равномерно распределено по объему [3].

Особенностью битумных эмульсий для производства плотных эмульсионно-шлакобетонов является то, что распад эмульсии происходит только при взаимодействии стабилизирующего слоя диспергированных капель битума с поверхностью минеральных частиц. Начинается при перемешивании смеси и завершается при уплотнении покрытия. Распад эмульсии как полидисперсной системы характеризуется агрегированием частиц с полным выделением битума в виде аморфной массы на поверхности минерального

материала, а испарение воды, которая осталась, приводит к образованию на поверхности минеральных частиц битумной пленки.

Смесь минеральных материалов с эмульсией является трехфазной системой, на границе раздела фаз которой, происходят процессы, которые обуславливают образование новых структурных связей эмульсии, заключающиеся в распаде эмульсии, испарении воды и упрочении битума, который выделился из эмульсии на поверхности минеральных частиц. Эти процессы связаны с изменением избыточной энергии пограничных слоев, и их интенсивность зависит от молекулярной природы минеральной поверхности и структуры минерального материала [4; 5].

Процесс получения эмульсионно-шлакобетонной смеси на эмульсии зависит в основном от прочности адсорбционно-сольватной оболочки, которая окружает битумную частицу, знака и величины заряда частиц эмульсии и свойств поверхности, и влажности минеральных материалов, температуры среды и механического влияния на смесь. С момента объединения с минеральными материалами происходит непрерывный процесс распада эмульсии.

Установлено [6], что эффективность процессов перемешивания асфальтобетонных смесей, а также адгезия битума к поверхности минеральных материалов зависит от соотношения поверхностного натяжения на границе раздела фаз: минеральный материал – воздух, битум – воздух и минеральный материал – битум. При этом критерием качества перемешивания может служить краевой угол смачивания Θ .

Введение поверхностно-активного вещества (ПАВ) в воду резко активизирует процессы смачивания, при этом максимальный эффект достигается в случае смачивания битума водой с катионоактивным ПАВ, который свидетельствует в пользу наличия в битуме собственных катионоактивных компонентов [7].

Учитывая неудовлетворительные эксплуатационные свойства холодных асфальтобетонов на анионных битумных эмульсиях [6], необходимо решить вопрос интенсификации структурообразования введением в него добавок или компонентов, которые являются гидравлически активными, например, по аналогии с [8] использовать шлаки как минеральный материал.

Для влажных органоминеральных смесей, которые характеризуются коагуляционно-кристаллизационными контактами, критерии оптимальности структуры приведены в работах [9]. Показано, что оптимизацию соотношения между количеством коагуляционных и кристаллизационных контактов нужно проводить, основываясь на следующих положениях: при высокой летней температуре, когда несущая способность коагуляционных контактов минимальная, количество кристаллизационных контактов должно быть таким, чтобы касательные и нормальные напряжения, которые возникают от проходящего транспорта, не разрушали их; в области же низких температур, появление отдельных микродеформаций кристаллизационной структуры при действии отрицательных температур не должно приводить к разрушению материала, так как разрушение должно происходить по вязкому механизму, что позволяет обеспечивать трещиностойкость покрытия. В целом, материал должен обладать способностью к рекомбинации.

В работах [9; 10; 11] отмечено, что мартеновские шлаки хорошо взаимодействуют как с органическими вяжущими, так и с водой. Вследствие этого в асфальтобетонах на основе гидравлически-активных шлаков наряду с коагуляционными контактами, во времени формируются и кристаллизационные контакты из кристаллогидратов гидратированных минералов шлака.

Известно [9; 10; 11], что механизм гидратации минералов шлака аналогичный портландцементу:

- адсорбция молекул H_2O на гидравлически-активных минералах; диссоциация их на ионы H^+ и OH^- ;
- взаимодействие ионов H^+ , OH^- и диполей H_2O образует изначально слабые и постепенно усиливающиеся хемосорбционные связи с активными центрами гидравлически-активных минералов;
- развитие ионного обмена типа $Ca^{+2} \leftrightarrow 2H^+$, что приводит к переходу части структурных единиц (Ca^{+2} , Al^{+3} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , и др.) в водный раствор и к присоединению ионов H^+ , OH^- и диполей H_2O к другим структурным единицам кристалла с образованием зародышей гидратационных соединений – $Ca(OH)_2$, $CaHx$, и др.;
- гидратированные ионы переходят в раствор вместе с обмениваемыми ионами $Ca(OH)^-$ и др., водный раствор становится насыщенным и пересыщенным соответствующими ионами;
- кристаллизация пересыщенных водных растворов.

Необходимым условием получения высококачественных холодных асфальтобетонных смесей является высокая адгезия органического вяжущего к поверхности минеральных материалов. В связи с этим для приготовления холодных шлаковых смесей целесообразно использование прямых анионных эмульсий, потому что потенциалопределяющим ионом частиц мартеновского шлака является катион Ca^{2+} , к тому же поверхность шлака целесообразно модифицировать известью негашеной молотой (CaO) для ускорения скорости распада битумной эмульсии, в то время как дисперсная фаза, например, анионных эмульсий имеет отрицательный заряд.

В качестве щелочных активаторов для холодных и влажных эмульсионно-шлакобетонных смесей применяют известь и портландцемент. Водный раствор $\text{Ca}(\text{OH})_2$, который получается, как при гидратации извести, так и при гидролизе минералов цементного клинкера, позволяет создать в холодном шлакобетоне щелочную среду с довольно высоким рН, что обеспечивают диспергирование шлака за счет разрыва ковалентных связей Si-O-Si и Al-O-Si в результате повышения ионной силы среды затвора введением в ее состав ионов, которые владеют высокими электродонорными свойствами [12].

При смешивании битумной эмульсии и шлака происходит распад эмульсии вследствие сорбции и испарения эмульгатора, поглощения водного диспергатора битумной эмульсии порами минералов (конденсация и затвердевание) и неизбежного столкновения и трения между минеральными зернами в процессе смешивания (механическая деэмульсация). Происходит формирование непрерывной матрицы путем коалесценции битумных капель, с формированием непрерывного слоя из пленочного битума. Взаимодействие анионной битумной эмульсии (БЭ) и отсева дробления отвального мартеновского шлака характеризуется более высокими значениями прочности в отличии от бетонов, у которых минеральная часть состоит из гранитного щебня и доломитного минерального порошка (рис. 1).

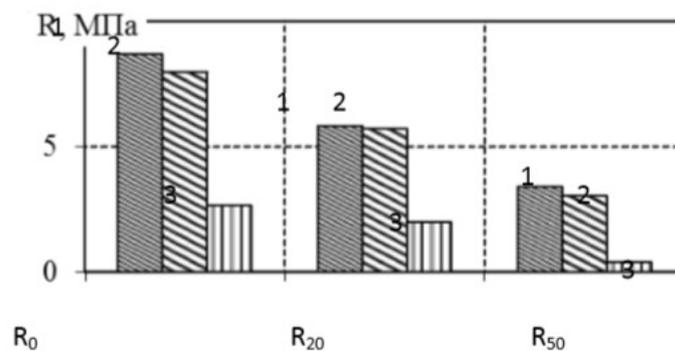


Рисунок 1 – Диаграмма предела прочности на сжатие в возрасте 28 суток холодного асфальтобетона состава: 1 – отсев дробления отвального мартеновского шлака – 100 м. ч., БЭ – 10 м. ч.; 2 – отсев дробления отвального мартеновского шлака – 100 м. ч., БЭ – 10 м. ч., известь (И) – 2 м. ч.; 3 – гранитный щебень, МП доломитный, БЭ – 10 м. ч.

Для предварительного исследования физико-механических свойств эмульсионно-шлакобетона, с использованием в качестве вяжущего анионной битумной эмульсии были приготовлены четыре смеси, которые отличаются количеством эмульсии (рис. 2).

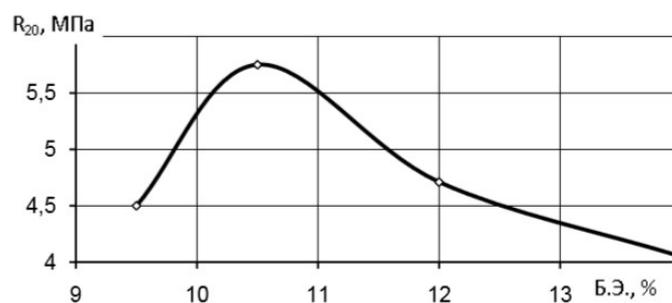


Рисунок 2 – Зависимость предела прочности при сжатии 20 °С R_{20} эмульсионно-шлакобетона, приготовленного на битумной эмульсии, в возрасте 28 суток от концентрации битумной эмульсии в смеси.

Из этого следует, что оптимальное содержание битумной эмульсии в эмульсионно-шлакобетоне составляет 10–11 % сверх 100 % массы шлака. Известь может быть использована для улучшения механических свойств, степени насыщения и набухания холодноэмульсионного шлакобетона с битумной эмульсией. Известь и эмульгатор химически взаимодействуют, ускоряя тем самым распад эмульсии и образование структурированного слоя битума на поверхности частиц шлака.

Соотношение составляющих компонентов в рассматриваемой системе «отсев дробления отвального мартеновского шлака – битумная эмульсия» должно соответствовать такому значению, при котором будет формироваться оптимальная структура эмульсионно-шлакобетона, представленная двумя взаимопроникающими микроструктурами – коагуляционной и конденсационно-кристаллизационной структурой. Условием получения комбинированной структуры является количество упругих связей в эмульсионно-шлакобетоне на битумной эмульсии $\nu = 0,4-0,6$ [6].

ВЫВОДЫ

Многолетняя практика выполнения текущего ремонта с помощью классической «горячей» технологией доказала низкую эффективность. Применение высококачественных компонентов, не считаясь с повышением себестоимости, не имеет значительного влияния на результат ремонтно-восстановительных работ при неблагоприятных погодных условиях. Применение «холодных» технологий позволяет не только повысить качество выполнения работ, а и продлить межремонтные сроки выполнения работ, а также применять отходы промышленного производства.

Проанализирован системный подход к оптимизации состава компонентов в эмульсионно-шлакобетонной смеси. Это позволяет получить оптимальную ремонтную смесь для текущего ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог в неблагоприятных климатических условиях. Для эмульсионно-шлакобетонной смеси предложенного состава выполнены все необходимые лабораторные испытания. Деформационно-прочностные параметры предложенного ремонтного материала отвечают требованиям относительно органоминеральных смесей.

Применение эмульсий, вместо горячего битума, упрощает технологию ремонта, позволяет проводить работы ранней весной, используя заранее приготовленную смесь. Также следует отметить, что практически все компоненты эмульсионно-шлакобетонной смеси являются продуктами производства местной (региональной) сырьевой базы Донецкой Народной Республики. В настоящее время выполнение ямочного ремонта асфальтобетонного покрытия автомобильной дороги с применением эмульсионно-шлакобетонной смеси можно использовать для текущего ремонта в сложных климатических условиях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 59201-2021. Дороги автомобильные общего пользования. Капитальный ремонт, ремонт и содержание. Технические правила = Automobile roads of general use capital repair, repair and maintenance. Technical regulations : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 октября 2021 г. № 1364-ст : введен впервые : дата введения 2022-01-01 / разработан Федеральным автономным учреждением «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (ФАУ «РОСДОРНИИ») Министерства транспорта Российской Федерации. – Москва : Российский институт стандартизации, 2021. – 63 с. – Текст : непосредственный.
2. ГОСТ Р 58861-2020. Дороги автомобильные общего пользования капитальный ремонт и ремонт. Планирование межремонтных сроков = Automobile roads of general use. Overhaul and repair. Planning of overhaul periods : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 мая 2020 г. № 228-ст : введен впервые : дата введения 2020-08-01 / разработан Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский и проектный институт территориального развития и транспортной инфраструктуры» (ООО «НИПИ ТРТИ»). – Москва : Стандартинформ, 2021. – 19 с. – Текст : непосредственный.
3. Дорожный асфальтобетон / Л. Б. Гезенцевей, Н. В. Горелышев, А. М. Богуславский, И. В. Королев. – Москва : Транспорт, 1985. – 350 с. – Текст : непосредственный.
4. Горнаев, Н. А. Исследование асфальтового бетона на битумных эмульсиях : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Горнаев Николай Алексеевич ; ХАДИ. – Харьков, 1963. – 19 с. – Текст : непосредственный.
5. Закономерности формирования межфазного контактного слоя в системе «распавшаяся битумополимерсерная эмульсия – поверхностноактивированный СКМС-30 минеральный порошок» / А. В. Тубань, А. Г. Доля, Н. С. Коннов, Д. В. Гуляк. – Текст : непосредственный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2015. – Выпуск 2015-1(111) Современные строительные материалы. – С. 63–68.
6. Веренько, В. А. О взаимосвязи структурных и механических свойств дорожных композитных материалов / В. А. Веренько. – Минск : ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1985. – 16 с. – Текст : непосредственный.
7. Кучма, М. И. Поверхностно-активные вещества в дорожном строительстве / М. И. Кучма. – Москва : Транспорт, 1980. – 191 с. – Текст : непосредственный.
8. Планирование экспериментальных исследований в дорожном и строительном машиностроении : обзор. – Москва : ЦНИИТЭстроймаш. – 1974. – 118 с. – Текст : непосредственный.

9. Самодуров, С. И. Асфальтовый бетон с применением шлаковых материалов : учебное пособие / С. И. Самодуров. – Воронеж : Издательство Воронежского университета, 1984. – 108 с. – Текст : непосредственный.
10. Дорожные одежды с использованием шлаков / А. Я. Тулаев, М. В. Королев, В. С. Исаев, В. М. Юмашев ; под редакцией А. Я. Тулаева. – Москва : Транспорт, 1986. – 221 с. – Текст : непосредственный.
11. Славущий, А. К. Автомобильные дороги. Одежды из местных материалов / А. К. Славущий, В. К. Некрасов, Г. А. Ромаданов. – Москва : Транспорт, 1987. – 255 с. – Текст : непосредственный.
12. Гранковский, И. Г. Структурообразование в минеральных вяжущих системах / И. Г. Гранковский. – Киев : Наукова думка, 1984. – 300 с. – Текст : непосредственный.

Информация об авторах

Банцов Максим Игоревич – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих

Гуляк Денис Вячеславович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

Information about the authors

Bantsov Maxim I. – master's student, Highways and Air Fields Department Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: receipts of technological and lasting travelling concretes for building of structural layers of non-rigid travelling clothes on the basis of retrofitting of organic astringent.

Gulyak Denis V. – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: receipts of technological and lasting travelling concretes for building of structural layers of non-rigid travelling clothes on the basis of retrofitting of organic astringent.

Статья поступила в редакцию 26.12.2024; одобрена после рецензирования 17.01.2025; принята к публикации 24.01.2025.

The article was submitted 26.12.2024; approved after reviewing 17.01.2025; accepted for publication 24.01.2025.