

УДК 691.16:662

А. И. САЗАНОВ^а, А. В. ЦАРУК^б, С. В. ТРИГУБ^б, А. В. ЧИКУН^б^а ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», ^б ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В КАЧЕСТВЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА ДОРОЖНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

Аннотация. Анализ литературных данных свидетельствует о том, что в качестве минерального порошка применяются многие порошкообразные побочные продукты промышленности: золы-уноса ТЭЦ, доломитовая пыль, пыль уноса цементных печей, распавшиеся шлаковые частицы, кислые кремнезёмистые отходы промышленности, серусодержащие отходы и др. Тем не менее эти порошкообразные продукты уступают по качеству известняковому минеральному порошку. Многие увеличивают расход органического вяжущего, имеют недостаточное сцепление с вяжущим, малую удельную поверхность или наоборот высокоразвитую внутреннюю поверхность, интенсифицируют процесс старения бетона и тем самым снижают долговечность нежестких покрытий автомобильных дорог. В связи с этим считаем целесообразным в дальнейших исследованиях рассмотреть существующие способы повышения качества минеральных порошков и прежде всего изменения их поверхностных свойств с целью повышения их плотности и усиления структурирующей способности в бетонах на органических вяжущих.

Ключевые слова: дорожный асфальтобетон, минеральный порошок, техногенное сырье для производства минерального порошка асфальтобетонных смесей.

В процессе производственной деятельности накапливается огромное количество отходов, переработка и использование которых является одной из основных проблем человечества. По примерным подсчётам в мировой экономике при ежегодной добыче и переработке около 20 млрд т различных видов сырья и материалов (включая топливо, руды, строительные материалы, продукты питания и др.) в виде готовой продукции используется менее 1 млрд т, а всё остальное идёт в отходы [1]. При этом количество отходов производства имеет тенденцию, опережающую темпы роста в сравнении с общественным производством [2].

Большинство технологических схем, применяемых в отраслях, производящих материально-сырьевые ресурсы, ориентированы на извлечение из исходного сырья одного-двух компонентов. В результате даже при полном извлечении, например, из полиметаллических руд полезных компонентов более 80 %, а иногда и 90...95 % общей массы сырья направляется в отвалы [1]. Огромны масштабы образования отходов и обрабатывающих отраслей и потребления. Всё это в сочетании с растущим дефицитом ряда ресурсов и экологическим кризисом обострило проблему вторичных материальных ресурсов.

Дорожное строительство характеризуется высокой материалоемкостью и может обеспечить утилизацию крупнообъёмных техногенных отходов, отвалы которых на территории Донецкой Народной Республики и Российской Федерации создают существенную экологическую напряженность.

Дорожное строительство требует большого количества составляющих и модифицирующих веществ дёгте- и асфальтобетонных смесей, в качестве которых целесообразно использовать отходы производств, в частности, первичные отходы, образующиеся при переработке минерального сырья. В связи с резким уменьшением в ДНР и Российской Федерации некоторых видов ресурсов это позволит получать дорожно-строительные материалы с применением вторичных материальных ресурсов с меньшими издержками производства, но достаточно высокого качества [3–8].

© А. И. Сазанов, А. В. Царук, С. В. Тригуб, А. В. Чикун, 2022

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Важнейшим компонентом асфальтового и дёгтевого бетона является минеральный порошок, который переводит органическое вяжущее в адсорбционно-сольватное состояние, увеличивает поверхность контактирования между частицами структурообразующих мезо- и макроструктуры, повышает теплостойкость битума и дёгтя, снижает скольжение колеса автомобиля при торможении автомобильного транспорта, повышает адгезию и когезию вяжущего, а также плотность минерального остова асфальто- и дёгтебетона.

Ежегодная потребность дорожно-строительных организаций, например, России в минеральном порошке составляет 7,5 млн т [5]. Естественно, возрастает потребность в дефицитных карбонатных минеральных порошках (ГОСТ 16557-90). Дефицит этих порошков объясняется прежде всего отсутствием в ряде регионов ДНР, Российской Федерации месторождений карбонатных горных пород. Поэтому целесообразно использование порошкообразных побочных продуктов промышленности в качестве минерального порошка.

Интенсивное дорожное строительство с устройством асфальто- и дёгтебетонных покрытий требует большого количества составляющих бетонных смесей. Естественно, возрастает потребность в дефицитных карбонатных минеральных порошках. Поэтому целесообразно рассмотреть исследования, направленные на изучение ряда побочных продуктов промышленности с целью использования их в качестве минерального порошка асфальто- и дёгтебетонов.

При современном уровне материального потребления дорожным строительством значение фактора полноты использования и вовлечения вторичных материальных ресурсов имеет первостепенное значение. Комплексное использование сырья и отходов важно еще и потому, что оно связано с решением проблемы создания безотходных и экологически чистых промышленных технологий [6].

В странах СНГ различные отходы производств нашли широкое применение в качестве компонентов асфальтового и дёгтевого бетонов: мелкого и крупного заполнителей, минерального порошка, вяжущих и модифицирующих добавок. Исходя из рассматриваемой научной задачи, считаем целесообразным проанализировать опыт изучения и применения побочных продуктов промышленности в качестве минерального порошка для бетонов на органических вяжущих.

В настоящее время изучены как минеральные: лёсс, золы-уноса электростанций, пыль-уноса цементных заводов, доломитовая пыль, распавшиеся металлургические шлаки (доменные, электросталеплавильные, ферросплавные и др.), колошниковая пыль, шлам водоумягчения, фильтр-прессная грязь, содовый шлам, молотые мергели и известняки-ракушечники, флотохвосты, отработанные формовочные смеси, серусодержащие отходы, так и органические: менилитовые сланцы, древесный гидролизный лигнин, кубовые остатки дистилляции фталевого ангидрида, резиновая крошка, битуминозные породы и др. [7-9].

Минеральные порошки, полученные из органических отходов производств, имеют широкую сырьевую базу. Они хорошо изучены и характеризуются высокой структурирующей способностью. Например, кубовые остатки дистилляции фталевого ангидрида по структурирующей способности в 4–7 раз выше, чем традиционные МП (ГОСТ 16557-90). Так, предел прочности при сжатии при 50 °С дёгтебетона, содержащего в своём составе 7,5...12,0 м.ч. в минеральной части минерального порошка из кубовых остатков дистилляции фталевого ангидрида находится в пределах 4,8...7,0 МПа, в то время как дёгтебетоны, приготовленные на известняковом МП и каменноугольном дёгте равной вязкости (марка Д-6 по ГОСТ 4641-80) имеют значение предела прочности при сжатии при 50 °С 0,8...1,0 МПа (ГОСТ 25877-83) [10].

Кубовые остатки дистилляции фталевого ангидрида более интенсивно переводят в ориентированное состояние каменноугольное вяжущее вследствие возникновения на поверхности раздела «МП – каменноугольный дёготь» водородных связей между гидроксильными группами фталевого ангидрида и азотводородными пиридина, хинолина, акридина и других азотсодержащих соединений каменноугольных вяжущих, а также за счёт связывания свободных карбонильных групп с молекулами протоно-доноров дёгтя (фенол, пиролл, карбазол и др.).

Следует отметить высокие значения коэффициента водостойкости при длительном водонасыщении асфальто- и дёгтебетонов, содержащих в своём составе органические МП.

В то же время объёмы минеральных отходов значительно превышают органические, из которых можно получить минеральные порошки. В связи с этим считаем целесообразным более детально рассмотреть минеральные порошкообразные отходы промышленности, а именно: золы теплоэлектростанций, пыль-уноса цементных заводов, пыль-уноса доломитовых комбинатов, распавшиеся металлургические шлаки. К тому же они характеризуются большими объёмами выхода. Так, ежегодный выход

топливных зол и шлаков в странах СНГ составляет более 150 млн т, а суммарные затраты на сооружение и эксплуатацию золоотвалов составляют около 15 рублей на тонну отхода [11].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение отходов, образующихся при переработке минерального сырья, в качестве минерального порошка дорожных асфальтобетонных смесей.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В КАЧЕСТВЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОРОШКОВ

Впервые применение каменноугольной золы-уноса ТЭЦ в качестве минерального порошка было предложено М.А. Курнаевым. Позднее изучением зол-уноса для этих целей занимались Л. А. Ястребова и Н. Н. Короткевич, [11, 12] и другие учёные. Золоуносы ТЭЦ представляют собой тонкодисперсный в основном однородного тёмного цвета порошок, иногда с примесями зёрен диаметром более $1 \cdot 10^{-3}$ м. В частности, золоуносы Донбасса характеризуются следующим зерновым составом: частные остатки на ситах № 02 – 4...8 %, № 008 – 3,6...15,0 %, остальное – менее $80 \cdot 10^{-6}$ м. Насыпная плотность 550...770 кг/м³. Содержание несгоревшего топлива от 4,9 до 38,2 %. Химический состав, % мас.: SiO₂ = 42,5...48,2; Al₂O₃ = 8,3...32; CaO = 1,6...4,1; MgO = 0,2...3,5; Fe₂O₃ = (Fe₂O) = 0,8...19,8; SO₃ = 0,2...2,3; ппп = 4,9...38,2.

Несмотря на многочисленные исследования золы как минерального порошка в асфальто- и дёгтебетоне этот материал не находит широкого применения из-за ряда отрицательных показателей качества, обусловленных строением частиц золы и ее химико-минералогическим составом. Золоуносы состоят из дегидратированных и частично аморфизированных глинистых минералов и кварца, пустотелых шарообразных частиц глинистых минералов, частиц скоксованного или полукоксованного угля.

Зольные частицы имеют высокую внутреннюю поверхность, что способствует повышенному расходу органического вяжущего в смеси. В частности замена известнякового МП золой-уносом приводит к увеличению расхода битума в асфальтобетонной смеси более чем на 2,5 % [13].

Для улучшения качества золы и асфальтобетонов предлагается: подвергать дополнительную помолу золоунос; вводить в состав бетона не более 5...7 % от массы минеральной части; осуществлять гидрофобизацию; приготавливать смеси на жидких органических вяжущих. Так, в результате помола золы ТЭЦ в шаровой мельнице битумоёмкость МП снижается с 75,5 до 5,5 г/см³, а пористость уменьшается до 17,5 % [14].

Пыль-уноса вращающихся печей цементных заводов, улавливаемая электрофильтрами, содержит частицы размером менее $5 \cdot 10^{-5}$ м и не требует дополнительного измельчения. В составе цементной пыли содержатся следующие вещества, мас. %: CaO = 41...45; SiO₂ = 1,5...17,0; Al₂O₃ = 3,5...4,0; Fe₂O₃ = 3,5...4,0; MgO = 0,7...1,7; SO₃ = 1,4...2,9; Na₂O = 0,4...0,6; K₂O = 1,4...3,5.

Цементная пыль обладает вяжущими свойствами. Предел прочности при сжатии цементного камня составляет 8...12 МПа, а предел прочности при изгибе 5...6 МПа. Истинная плотность цементной пыли 2 620 кг/м³, насыпная плотность – 680 кг/м³. Начало схватывания 1,5 ч, конец 4–5,6 ч. Испытание на равномерность изменения объёма выдерживает. Выполнены исследования пыли-уноса цементных печей как минерального порошка. Наиболее детальное изучение цементной пыли как минерального порошка выполнено Г. С. Бахрахом [15]. Цементная пыль многих заводов рекомендована для применения в качестве минерального порошка в бетонах на органических вяжущих. Однако не рекомендуется применять пыль-уноса Амвросиевского цементного комбината из-за большого количества в ней водорастворимых соединений. В работе [16] отмечается, что пыль-уноса цементных печей интенсифицирует процессы старения асфальтобетона и поэтому сделан вывод о нецелесообразности использования её в качестве минерального порошка. В то же время в работе [16] отмечается, что мелкозернистый асфальтобетон (тип Б), содержащий в качестве минерального порошка пыль-уноса цементных печей в количестве 8 м. ч. минеральной части характеризуется средней плотностью – 2 350 кг/м³, водонасыщением – 1 %, набуханием 0,3 %, пределом прочности при сжатии при 50 °С R₅₀ = 1,4 МПа, при 20 °С R₂₀ = 4,5 МПа, коэффициентом водостойкости при длительном водонасыщении 0,9...1,0.

Ряд дорожно-строительных организаций Донбасса и Харьковской области накопили положительный опыт применения в асфальто- и дёгтебетонах в качестве МП – доломитовой пыли [16]. В процессе обжига и рассева доломита, используемого в металлургическом производстве в качестве флюса, образуется побочный продукт – доломитовая пыль. Зерновой состав доломитовой пыли, характеризующийся

частными остатками на ситах с размером отверстий $1 \cdot 10^{-3}$ м составляет, %: $1,25 = 10 \dots 11$; $0,63 = 14 \dots 16$; $0,315 = 10,0 \dots 13,2$; $0,14 = 2,2 \dots 10,9$; $0,071 = 6,2 \dots 12,3$; менее $0,071 = 40,3 \dots 91,6$. Химический состав доломитовой пыли находится в пределах, % мас.: $\text{SiO}_2 = 1,96 \dots 3,8$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,73 \dots 1,9$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,33 \dots 1,82$; $\text{CaO} = 37,30 \dots 50,15$; $\text{MgO} = 3,92 \dots 23,0$; $\text{SO}_3 = 0,11 \dots 1,47$; ппп = $30,14 \dots 41,6$. Истинная плотность доломитовой пыли $2\,710 \dots 2\,840$ кг/м³, средняя плотность $1\,610 \dots 1\,890$ кг/м³, пористость после уплотнения под нагрузкой 40 МПа $30,2 \dots 41,4$ %, коэффициент гидрофильности $0,86 \dots 0,96$. Физико-механические свойства мелкозернистого асфальтового бетона, который содержит в своём составе 25 % доломитовой пыли, следующие: средняя плотность $2\,190$ кг/м³; водонасыщение – 2,33 %; набухание – 0,32 %; предел прочности при сжатии при 50°C $R_{50} = 1,5$ МПа; при 20°C $R_{20} = 4,15$ МПа [17].

Однако применение доломитовой пыли в качестве минерального порошка без дополнительной обработки и улучшения свойств не позволяет получить асфальтобетон необходимого качества. В условиях эксплуатации он разуплотняется – выкрашивается и шелушится. Причиной этого является значительное содержание в доломитовой пыли пережжённых свободных оксидов кальция и магния, которые при гидратации увеличиваются в объёме в 1,5–2,0 раза и вызывают большие напряжения растяжения в покрытии автомобильной дороги, ведущие к необратимым деформациям покрытия.

Предлагается смешивать доломитовую пыль с золой-уноса, инертной пылью, шламом водоумягчения. С целью улучшения качества доломитовой пыли предлагается её активировать канифолью.

В работе [16] отмечается, что частицы доломитовой пыли представляют собой сростки кристаллов кальцита и доломита с частичным разрушением связей по плоскостям спайности в виде трещин, в которые могут проникать компоненты органического вяжущего. Минералогический состав доломитовой пыли обуславливает её высокую активность к компонентам битума и дёгтя, а по структуре частиц она относится к пористым МП. Асфальтовый бетон, содержащий в качестве МП доломитовую пыль, стареет более интенсивно, чем бетон с известняковым МП. Таким образом, для улучшения качества доломитовой пыли как МП необходимо длительно выдерживать её на открытом воздухе для гашения активных свободных оксидов CaO и MgO , либо подвергать домолу с активацией поверхности поверхностно-активными веществами; наиболее целесообразно олигомерами – карбамидоформальдегидной смолой и полимерсодержащими отходами производства эпоксидных смол [18].

В отвалах металлургических заводов содержится большое количество распавшихся шлаковых частиц, которые используются как минеральные порошки [19]. В частности, в отсева дробления отвального мартеновского шлака содержится 12–14 м. ч. с размером частиц менее $70 \cdot 10^{-6}$ м, характеризующихся следующим химическим составом, % мас.: $\text{SiO}_2 = 18 \dots 20$; $\text{Fe} = 9,32 \dots 9,72$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 4,09 \dots 4,41$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 4,05 \dots 4,41$; $\text{MnO} = 8,12 \dots 9,14$; $\text{CaO} = 36,43 \dots 38,83$; $\text{MgO} = 6,82 \dots 7,89$; $\text{P}_2\text{O}_5 = 0,71 \dots 1,07$ [20].

Однако мелкодисперсные частицы отсева характеризуются внутривязанной поверхностью, что приводит к неоправданному перерасходу вяжущего в составе дёгтеминеральной смеси. Содержание вяжущего в смеси составляет 14,0–14,5 м. ч. сверх 100 м. ч. отсева дробления отвального мартеновского шлака [20]. В то же время следует отметить высокую структурирующую способность распавшихся частиц шлака каменноугольного вяжущего, что следует из рассмотрения физико-механических свойств дёгтеминерального бетона: средняя плотность $2\,550$ кг/м³; водонасыщение – 1,1 %; набухание – 0 %; предел прочности при температуре 0°C $R_0 = 10,4$ МПа, при 20°C $R_{20} = 5,0$ МПа, при 50°C $R_{50} = 1,6$ МПа; коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении – 1,0. Следовательно, и мелкодисперсные частицы шлака необходимо подвергать дополнительной помолу с гидрофобизацией.

О благоприятном воздействии домолы распавшихся порошкообразных шлаков металлургического марганца Запорожского завода ферросплавов свидетельствуют данные, приведенные в работе [21]. Так, шлаковый МП характеризовался следующими свойствами: частиц менее $71 \cdot 10^{-6}$ м 75 %; удельная поверхность 184 м²/кг; истинная плотность $2\,940$ кг/м³; битумоёмкость 81 г/100 см³; набухание смеси МП с битумом 2,7 %; водонасыщение 15,6 %; коэффициент водостойкости 0,5. После измельчения шлакового МП до удельной поверхности 300 м²/кг (количество частиц менее $71 \cdot 10^{-6}$ м более 98 %) коэффициент водостойкости асфальтовяжущего составил 0,81, водонасыщение 11,4 %, а битумоёмкость повысилась до 139 г/100 см³. Активация же шлака металлического марганца двумя процентами топочного мазута привела к снижению битумоёмкости МП до 71 г/100 см³, пористости в уплотнённом состоянии до 31 %. Коэффициент водостойкости составил 0,86, а водонасыщение – 10,8 %.

Важным резервом пополнения МП является использование в качестве сырья для их производства кремнезёмистых отходов промышленности и местного сырья: отработанные формовочные смеси (ОФС), природные мелкие кварцевые пески, флотохвосты, кислые шлаки. ОФС представляют собой кварцевые пески, прошедшие высокотемпературную обработку в процессе литья и сохранившие

на своей поверхности остатки органических или неорганических связующих веществ [22]. Ежегодный выход ОФС в странах СНГ составляет около 20 млн т. Большой вклад в изучение отработанных формовочных смесей и практическое внедрение в производство внесено школой профессора Я. Н. Ковалёва [22]. ОФС относятся к мелкозернистым кварцевым пескам с модулем крупности зерен $MK = 1,1...2,2$; истинной плотностью $2\ 500...2\ 800\ \text{кг/м}^3$; насыпной плотностью $1\ 300...1\ 400\ \text{кг/м}^3$ и межзерновой пустотностью $45...50\ %$. ОФС характеризуется лучшей смачиваемостью битумом, чем известняковые МП. Краевой угол смачивания на поверхности раздела фаз «ОФС – битум» – 71, а в системе «известняк – битум» – 61 при равной вязкости органического вяжущего.

В работе [23] показана целесообразность применения в качестве МП серусодержащих отходов. Так, применение серного шлама Горловского ОАО «Стирол», содержащего $45...75\ %$ элементарной серы, $12...40\ %\ \text{CaO}$, $4...8\ %\ \text{SiO}_2$, $3...7\ %$ железа и марганца в качестве МП дёгтебетонных смесей позволило значительно повысить качество дёгтеполимербетона. Он сдвигоустойчивее традиционных горячих дёгтебетонов. Жёсткость дёгтеполимерсеробетона при $60\ ^\circ\text{C}$, определённая по методу Маршалла, $11,37\ \text{кН/мм}$ в два раза выше, чем у горячего дёгтебетона (ГОСТ 25877-83) $5,52\ \text{кН/мм}$ [24].

ВЫВОДЫ

Анализ литературных источников свидетельствует о том, что минеральные порошки, полученные из техногенного сырья, характеризуются высокой сорбционной способностью составляющих нефтяного дорожного битума, которая определяется их минералогическим составом и степенью дисперсности, а абсорбционные процессы – структурой последних. Следует предположить, что минералогический состав и структура минеральных частиц оказывает наибольшее влияние на процессы структурообразования дорожного асфальтового бетона. В частности в результате сорбционных процессов, происходящих при взаимодействии минеральных порошков из отходов промышленности с органическим вяжущим, образуются структурированные слои битума, степень развития которых и характер селективного разделения в них отдельных компонентов нефтяного дорожного битума и свойства зависят от химико-минералогического состава и структуры минеральных частиц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семилетов, В. П. Опыт эффективного использования вторичных ресурсов в народном хозяйстве УССР / В. П. Семилетов. – Киев : УкрНИИИТИ, 1981. – 64 с. – Текст : непосредственный.
2. Gragger, F. Stand, Aussichten und Probleme der Wiederverwendung von Asfaltstoffen und Nebenprodukten im Strassenbau / F. Gragger. – Текст : непосредственный // Stal. Mischwerk. – 1981. – № 1. – P. 19–29.
3. Траутвайн, А. И. Асфальтобетон с использованием механоактивированных минеральных порошков на основе кремнеземсодержащего сырья : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Траутвайн Анна Ивановна ; Белгородский технологический университет им. В. Т. Шухова. – Белгород, 2012. – 25 с. – Текст : непосредственный.
4. Пугин, К. Г. Ресурсосберегающие технологии строительства асфальтобетонных дорожных покрытий с использованием отходов производства / К. Г. Пугин, Е. В. Калинина, А. Р. Халитов. – Текст : непосредственный // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика. – 2011. – № 2 (2). – С. 60–69.
5. Ларионова, Н. А. Оценка возможности использования промышленных отходов для получения строительных материалов для дорожного строительства / Н. А. Ларионова, С. К. Николаева, А. А. Рябова. – Текст : непосредственный // Инновационный потенциал естественных наук : труды международной научной конференции, Пермь, 04–08 декабря 2006 года. – Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2006. – С. 157–162.
6. Оценка геоэкологического риска загрязнения атмосферы выбросами полигонов ТБО для выбора мероприятий по рекультивации / В. И. Масликов, А. Н. Чусов, А. В. Черемисин, М. Г. Рыжакова. – Текст : непосредственный // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2012. – № 147 (1). – С. 239–243.
7. Сыдыкова, Т. С. Исследование побочных продуктов промышленности республики для строительства автомобильных дорог / Т. С. Сыдыкова. – Текст : непосредственный // Строительные материалы с использованием попутных продуктов промышленности республики : сборник научных трудов ; [редколлегия : А. С. Мавлянов]. – Фрунзе : Фрунзенский политехнический институт, 1990. – С. 72–82.
8. Бусел, А. В. Эколого-технологические основы производства и применения дорожно-строительных материалов с использованием техногенных отходов : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Бусел Алексей Владимирович ; БГА. – Минск, 1996. – 36 с. – Текст : непосредственный.
9. Братчун, В. И. Модифицированные дёгти и дёгтебетоны повышенной долговечности / В. И. Братчун, В. А. Золотарёв. – Макеевка : ДГАСА, 1998. – 226 с. – Текст : непосредственный.

10. А. с. 960139 СССР, МКИ4 С04В 13/30 Дёгтебетонная смесь : № 3224821/29-33 : заявл. 22.10.80 : опубл. 23.09.82 / Братчун В. И., Почапский Н. Ф., Золотарёв В. А. [и др.] ; заявитель Макеевский инженерно-строительный институт. – 3 с. – Текст : непосредственный.
11. Использование вторичного сырья и отходов в производстве (отечественный и зарубежный опыт, эффективность и тенденции) / [В. Н. Ксинтарис, Я. А. Рекитар, А. Д. Григорьев и др.] ; под редакцией В. Н. Ксинтариса и Я. А. Рекитара. – Москва : Экономика, 1983. – 168 с. – Текст : непосредственный.
12. Псюрник, В. А. Влияние структурных особенностей дёгтебетона на его деформационно-прочностные свойства : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Псюрник Владимир Александрович / ХАДИ. – Харьков, 1984. – 23 с. – Текст : непосредственный.
13. Kunat, H. Nutzung von Abprodukten im Strassenbau – Flotations-abgänge als Fullstoff für Bituminöse Gemische / H. Kunat, M. Ferrer. – Текст : непосредственный // Strasse. – 1981. – Volume 21, № 2. – P. 51–53.
14. Palys, M. Papiol lotny z wegla-kamiennego jako wypelucacz do mas bitumiornych / M. Palys, W. Tokej. – Текст : непосредственный // Drogownictwo. – 1980. – № 2. – P. 53–55.
15. Бахрах, Г. С. Исследование пыли-уноса вращающихся печей цементных заводов как минерального порошка для асфальтобетона : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Бахрах Георгий Самуилович ; МАДИ. – Москва, 1968. – 20 с. – Текст : непосредственный.
16. Базжин, Л. И. Исследование влияния минералогического состава и структуры минеральных порошков на старение асфальтового бетона : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Базжин Лев Иванович ; ХАДИ. – Харьков, 1974. – 24 с. – Текст : непосредственный.
17. Духовний, І. З. Сучасні вимоги до мінерального порошку для виробництва асфальтобетонних сумішей / І. З. Духовний, Т. М. Протопопова. – Текст : непосредственный // Автошляховик України. – 2005. – № 1. – С. 35–37.
18. Братчун, В. И. Повышение долговечности дегтебетонных покрытий / В. И. Братчун, В. Н. Ходун, А. Г. Доля. – Текст : непосредственный // Автодорожний комплекс України в сучасних умовах: Проблеми і шляхи розвитку. – Київ : ПВКП «Укртипроект», 1998. – С. 161–163.
19. Братчун, В. И. О закономерностях формирования структуры и свойств асфальтошлакобетонов, приготовленных на жидких битумах, модифицированных латексом BUTONAL NS 198 / В. И. Братчун, В. В. Жеванов, Е. А. Ромасюк. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2020. – Выпуск 2020-1(141) Современные строительные материалы. – С. 53–59. – URL: [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2020/vestnik_2020-1\(141\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2020/vestnik_2020-1(141).pdf) (дата публикации: 15.02.2020).
20. А. с. 1219558 СССР, МКИ 04В 26/26. Дёгтеминеральная смесь : № 3779323/29-33 ; заявл. 14.06.84 ; опубл. 23.03.86 / Братчун В. И., Почапский Н. Ф., Руденский С. П. [и др.] ; заявитель Макеевский инженерно-строительный институт. – 3 с. – Текст : непосредственный.
21. Космин, А. В. Минеральные порошки для асфальтобетона из шлака металлургического марганца / А. В. Космин. – Текст : непосредственный // Автомобильные дороги. – 1986. – Выпуск 5. – С. 157–158.
22. Ковалёв, Я. Н. Отходы литейного производства и некондиционные кварцевые пески – сырьё для производства минерального порошка / Я. Н. Ковалёв, А. Бусел В., Н. И. Евсиков. – Текст : непосредственный // Автомобильный транспорт и дороги. – 1980. – Выпуск 7. – С. 108–113.
23. Веренько, В. А. Применение серосодержащих отходов в дорожном строительстве / В. А. Веренько, И. К. Яцевич. – Минск : Полымя, 1985. – 25 с. – Текст : непосредственный.
24. Muller, J. M. Sulphur in Asphalt Paving Mixes / J. M. Muller, B. Celard, de la B. Taille, P. Schenck. – Текст : непосредственный // Materialy z Konferencji w Bordeaux, 1981, Francja. – Francja : [s. n.], 1981. – P. 37–39.

Получена 08.12.2021

О. І. САЗАНОВ ^а, О. В. ЦАРУК ^б, С. В. ТРИГУБ ^б, О. В. ЧИКУН ^б
 ПРО ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПОБІЧНИХ ПРОДУКТІВ
 ПРОМИСЛОВОСТІ ЯК МІНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКУ ДОРОЖНЬОГО
 АСФАЛЬТОБЕТОНУ

^а ДООУ ВО ЛНР «Луганський державний університет імені Володимира Даля», ^б ДООУ
 ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Аналіз літературних даних свідчить про те, що як мінеральний порошок застосовуються багато порошкоподібних побічних продуктів промисловості: золи-уносу ТЕЦ, доломітовий пил, пил віднесення цементних печей, шлакові частинки, що розпалися, кислі кремнеземисті відходи промисловості, сірковмісні відходи тощо. Ці порошкоподібні продукти поступаються якістю вапняковому мінеральному порошку. Багато які збільшують витрати органічного в'язучого, мають недостатнє зчеплення з в'язким, малу питому поверхню або навпаки високорозвинену внутрішню поверхню, інтенсифікують процес старіння бетону і тим самим знижують довговічність нежорстких покриттів автомобільних доріг. У зв'язку з цим вважаємо за доцільне в подальших дослідженнях

розглянути існуючі способи підвищення якості мінеральних порошків і, перш за все, зміни їх поверхневих властивостей з метою підвищення їх щільності та посилення структуруючої здатності в бетонах на в'язких органічних.

Ключові слова: асфальтобетон дорожній, мінеральний порошок, техногенна сировина для виробництва мінерального порошку асфальтобетонних сумішей.

ALEXANDER SAZANOV ^a, ALEXANDER TSARUK ^b, SERGEY TRIGUB ^b,
ALEKSEY CHIKUN ^b
ABOUT THE USE OF BY-PRODUCTS OF THE INDUSTRY AS A
MINERAL POWDER OF ROAD ASPHALT CONCRETE

^a SEI HE LPR «Lugansk State University named after Vladimir Dahl», ^b Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. An analysis of the literature data indicates that many powdered by-products of industry are used as a mineral powder: fly ash from thermal power plants, dolomite dust, fly ash from cement kilns, decomposed slag particles, acidic silica waste from industry, sulfur-containing waste, etc. Nevertheless, these powder products inferior in quality to limestone mineral powder. Many increase the consumption of organic binder, have insufficient adhesion to the binder, a small specific surface or, conversely, a highly developed inner surface, intensify the aging process of concrete and thereby reduce the durability of non-rigid road surfaces. In this regard, we consider it expedient in further research to consider existing methods for improving the quality of mineral powders and, above all, changing their surface properties in order to increase their density and enhance the structuring ability in concretes based on organic binders.

Key words: road asphalt concrete, mineral powder, technogenic raw materials for the production of mineral powder of asphalt concrete mixtures.

Сазанов Александр Иванович – аспирант ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

Царук Александр Владимирович – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

Тригуб Сергей Владимирович – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

Чикун Алексей Владимирович – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

Сазанов Олександр Іванович – аспірант ДОУ ВО ЛНР «Луганський державний університет імені Володимира Даля». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікування органічних в'язучих.

Царук Олександр Володимирович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікування органічних в'язучих.

Тригуб Сергій Володимирович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікування органічних в'язучих.

Чикун Олексій Володимирович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікування органічних в'язучих.

Sazanov Alexander – graduate student, SEI HE LPR «Lugansk State University named after Vladimir Dahl». Scientific interests: production of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on the modification of organic binders.

Tsaruk Alexander – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: production of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on the modification of organic binders.

Trigub Sergey – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: production of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on the modification of organic binders.

Chikun Aleksey – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: production of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on the modification of organic binders.