

УДК 691.16: 662

**В. Л. БЕСПАЛОВ, П. С. ПАШКОВСКИЙ, А. Ю. ЧИТАЛАДЗЕ, Е. Э. САМОЙЛОВА, А. М. ГРОЗЕНКО,  
Р. В. ТРИШКИН**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ В СОСТАВЕ  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ ПОВЫШЕННОЙ  
ДОЛГОВЕЧНОСТИ**

**Аннотация.** Показана целесообразность использования в качестве минерального порошка модифицированных асфальтобетонов шламов станций нейтрализации сталепроволочно-канатных заводов (ШСН), подвергнутых поверхностной активации полимерсодержащими отходами производства эпоксидных смол (ПОЭС). Изучены физико-химические свойства ШСН и ПОЭС. Оптимизированы составы модифицированных асфальтобетонов и исследованы их физико-механические свойства. Установлено, что разработанные составы асфальтополимербетонных смесей характеризуются повышенной уплотняемостью в интервале температур 70...130 °С, а бетоны – повышенным сопротивлением сдвига при высоких положительных температурах (условная жесткость при 60 °С 4,6...5,9 кН/мм), повышенной плотностью, длительной водостойкостью и атмосферостойкостью.

**Ключевые слова:** отходы промышленности, минеральный порошок, модифицированные асфальтобетоны повышенной долговечности.

**ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ**

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 отвалы [1]. При этом количество отходов производства имеет тенденцию, значительно опережающую темпы роста их утилизации [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 попадает в отвалы [1]. Огромны масштабы образования отходов и в обрабатывающих отраслях и потребления. Всё это в сочетании с растущим дефицитом ряда ресурсов и экологическим кризисом обострило проблему использования вторичных материальных ресурсов.

Дорожное строительство характеризуется высокой материалоемкостью и может обеспечить утилизацию крупнообъёмных техногенных отходов, отвалы которых на территории Украины и России создают существенную экологическую напряженность.

**АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Структура бетонов на органических вяжущих рассматривается принципиально на двух уровнях: макро- и микро. На макроуровне это структура минерального остова, представленного частицами песка и щебня. На микроуровне – структура асфальтовяжущего-, дёгтевяжущего вещества [3–5]. Важнейшей составляющей обеих подструктур является контактная зона – зона взаимодействия органического вяжущего с поверхностью минеральных материалов. Это обусловлено тем, что в плотных

© В. Л. Беспалов, П. С. Пашковский, А. Ю. Читаладзе, Е. Э. Самойлова, А. М. Грозенко, Р. В. Тришкин, 2018

бетонах контакты между структурообразующими частицами микро-, мезо- и макроструктуры представлены структурированным органическим вяжущим. Именно адгезионно-когезионно-эластические свойства адсорбционно-сольватных слоев органического вяжущего в значительной мере определяют физико-механические свойства асфальтобетона.

Минеральный порошок (МП) является основной структурообразующей составляющей бетонов на органических вяжущих.

В работах Л. И. Базжина, И. А. Рыбьева, Д. И. Гегелия, Я. А. Калужского, И. В. Королёва, П. В. Сахарова [3–9] установлено, что адсорбционная активность минерального порошка определяется величиной удельной поверхности, химическим и минералогическим составом, количеством активных центров на поверхности МП, топографией, микрорельефом и чистотой поверхности.

В ДСТУ Б В. 2.7-121-2014 интегрально сформулированы технические требования к минеральным порошкам. В частности, регламентируется их зерновой состав. Известно, что наибольшей структурирующей способностью обладают активные наполнители с размером частиц  $(10-100) \cdot 10^{-6}$  м.

При этом важно, чтобы в составе минерального порошка были частицы разных размеров, что определяется значением пустотности, которая должна быть не более 35 % объёма после уплотнения порошка давлением 40 МПа. Чем меньше величина пустотности минерального порошка, тем меньше пустотность минерального остова бетона и меньший расход органического вяжущего.

О чистоте поверхности минерального порошка косвенно судят по величине набухания (не более 2,5 %) и значению битумоёмкости, которая не должна превышать 85 %. Последняя регламентирует и значение интегральной поверхности МП. Порошок должен быть сухим (влажность не более 1 % по массе), так как избыточная влажность снижает энергию взаимодействия между органическим вяжущим и поверхностью МП. В связи с этим асфальтобетоны не будут работать как единая система, теряется монолитность.

На сталепроволочно-канатных заводах Украины (гг. Днепрпетровск, Запорожье, Одесса, Харцызск, Черновцы) в процессе нейтрализации отработанных сернокислых травильных растворов известковым молоком ежегодно образуются десятки тысяч тонн как исходных шламов, так и отходов из-под пресс-фильтров, которые вывозятся в отвалы. Шламы представляют собой гетерогенную систему, состоящую из жидкой (вода) и твёрдой фаз (обломки недожёга извести с размером частиц  $(0,5 - 15) \cdot 10^{-2}$  м; частицы гидроксида железа размером  $1 \cdot 10^{-5} \dots 1 \cdot 10^{-6}$  м; кристаллики двуводного гипса, размер которых приближается к размерам частичек гидроксида железа).

## ЦЕЛЬ СТАТЬИ

Целью настоящей статьи является исследование шламов станций нейтрализации в качестве минерального порошка для производства модифицированных асфальтополимербетонов.

## ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

В настоящей работе изучены физико-химические свойства шламов нейтрализации травильных растворов Харцызского сталепроволочно-канатного завода.

Шлам представляет собой продукт ярко-рыжего цвета. Твёрдая фаза жидкого шлама составляет около 10...30 % и представлена обломками известняка, железистыми минералами и органической составляющей.

Исследование фазового состава показало, что в составе шлам – отхода присутствует двуводный гипс. Это подтверждается рентгенографическими отражениями:  $d = (7,53; 4,24; 3,05; 2,87; 2,69; 2,00) \cdot 10^{-10}$  м.

Двуводный гипс в составе шлам – отхода находится в виде тонких игл призматической формы длиной  $(8-9) \cdot 10^{-5}$  м (исследования выполнены с помощью поляризационного оптического микроскопа МП-7 и сканирующем микроскопе ИСИ-60А). Микроскопические исследования показывают, что иглы гипса соприкасаются одной из сторон с гелевидной фазой, представленной железосодержащими минералами гётитом ( $\text{HFeO}_2$ ), лепидокритом ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ), лимонитом ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ).

Электронные микрофотографии свидетельствуют о большом многообразии форм частиц, которые присутствуют в составе шлама нейтрализации травильных растворов, от игловатых частиц до шаровидных и упакованных в пакеты (типа портландит).

Показатели преломления гипса:

$$N_g = 1,530; N_m = 1,523; N_p = 1,521; N_g = 0,009.$$

Содержание двуводного гипса в различных пробах колеблется от 10 до 27 % по массе. Дегидратация гипса по результатам ДТА происходит уже в интервале температур 90...120 °С.

Как уже указывалось, в составе шлама обнаружен железосодержащий субстрат, что объясняет цвет отхода. Наличие этих соединений подтверждается методом рентгеноструктурного анализа. Установлено содержание кальция  $(9,99; 5,44; 3,87; 2,81; 2,49) \cdot 10^{-10}$  м, гематита  $(3,65; 2,65; 2,51; 2,16; 1,9) \cdot 10^{-10}$  м; гётита  $(4,16; 2,65; 2,42; 2,34; 1,70) \cdot 10^{-10}$  м; гидроферрита кальция  $(5,18; 4,50; 3,12; 2,75; 2,28; 2,04) \cdot 10^{-10}$  м.

Железистые минералы при рассмотрении в поляризационном микроскопе имели следующие показатели преломления:

Лепидокрит:  $N_g = 2,51$ ;  $N_m = 2,20$ ;  
 Гётит:  $N_g = 2,41$ ;  $N_m = 2,41$ ;  $N_p = 2,27$ ;  
 Лимонит:  $N_g = 2,00$ ;  $N_m = 2,10$ ;

По внешнему виду они похожи на круглые сгустки, слипающиеся между собой в более крупные комочки и обволакивающие кристаллы гипса.

Термограмма гётита характеризуется двумя эндоэффектами при температурах 385 и 690 °С. Лепидокрит характеризуется эндоэффектом при 380 °С и экзоэффектом при температуре 600 °С.

Одной из составляющих шлама являются частицы недожиг известняка с размерами от  $1 \cdot 10^{-6}$  м до  $2 \cdot 10^{-2}$  м. Рентгеноструктурный анализ показал их наличие присутствием линий  $(3,04; 2,49; 2,30; 2,09; 1,93; 1,89) \cdot 10^{-10}$  м.

Твёрдый отход из-под пресс – фильтров представляет собой плотную землистую массу буро-коричневого цвета, размокающую в воде. По данным рентгеновского анализа отход содержит как и жидкий шлам нейтрализации двухводный гипс  $(7,49; 4,24; 2,86; 3,04) \cdot 10^{-10}$  м; из железосодержащих минералов выделяется гематит  $(3,67; 2,68; 2,21) \cdot 10^{-10}$  м и гётит  $(2,47; 2,13; 1,87) \cdot 10^{-10}$  м. Большое количество железистых минералов аморфны и рентгенографически не идентифицируются. К таким минералам относится лимонит. Следует также отметить исчезновение линий лепидокрита и гётита.

Таким образом, результаты физико-химических исследований свидетельствуют о том, что в шламе присутствуют ряд веществ, которые приведут как к снижению водостойкости асфальтобетона (сульфаты кальция), так и к снижению стабильности под действием атмосферных факторов (железистые минералы) [7–10].

В табл. 1 приведены физико-химические свойства шлама нейтрализации травильных растворов Харцызского сталепроволочно-канатного завода, высушенного и измельченного в шаровой мельнице и испытанного в соответствии с ДСТУ Б В. 2.7-121-2014.

**Таблица 1** – Физико-химические свойства шлама нейтрализации травильных растворов

Вид минерального порошка	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Средняя плотность под нагрузкой 40 МПа, кг/м <sup>3</sup>	Пористость, %	Битумоемкость, %
Из шлама нейтрализации травильных растворов	560	3 460	2 290	66,0	92
Известняковый	400	2 715	1 880	31,0	61
Известняковый, активирован стеарином	445	2 710	1 890	30,3	59

По показателям битумоемкости и пористости ШН не отвечает требованиям ДСТУ Б В. 2.7-121-2014, поэтому его подвергли поверхностной активации полимерсодержащим отходом производства эпоксидных смол.

При производстве твердых эпоксидных смол, прежде всего эпоксидно-новолачных (ЭН-6, ЭН-6НХ, УП-692, УР-6313 и др. [10]), используемых в электронной технике, предусмотрены многочисленные промывки для снижения содержания ионных примесей. При этом образуются отходы в виде водно-органических эмульсий, содержащих значительное количество твердых смол, а также органических растворителей, направляемых в коллектор сжигания. Кроме того, в общий коллектор поступают жидкие отходы производства эпоксидных смол.

Таким образом, физико-химический состав полимерных отходов производства эпоксидных смол, содержащих летучие вещества, твердые компоненты, органические и неорганические вещества, является сложным, поэтому в отделе физико-химических методов исследований Донецкого

УкрНИИпластмасс был выполнен анализ отходов по схеме: определение суммы летучих (ГОСТ 10587); определение неорганических веществ.

Качественный и количественный состав летучих выполнен методом газожидкостной хроматографии в герметизированной ячейке объемом 250 см<sup>3</sup> и насыщенности 0,1 мг/мл на хроматографе «Цвет-110». Получены средние значения (исследованы 9 проб) веществ: вода 37...60 %; толуол 10...15 %; изопропанол 0,8...8,0 %; метилизобутилкетон 1,0...2,0 %; бензол + этилбензол 0,9...1,9 %; ацетон 0,3...0,5 %; эпихлоргидрин 0,08...0,5 %.

Количество остатка после прокаливания определяли методом сжигания в открытом тигле при  $T = 550...600$  °С. Изучение химического состава остатка после прокаливания показало, что основным компонентом золы является хлорид натрия, который определен потенциометрическим методом (ГОСТ 10587) титрованием 0,05 Н AgNO<sub>3</sub>. Кроме того, натрий входит в состав отхода в виде едкого натрия. На это указывает слабощелочная реакция среды (рН = 8–9). Содержание натрия по иону Cl<sup>-</sup> колеблется в пределах 1,7...6,6 %, а в процентах от массы золы 52...73 %.

Хлор омыляемый определяли по ГОСТ 10587, его количество находится в пределах 4,3...5,8 %.

Полимерный остаток определен расчетным путем (табл. 2). Нерастворимая часть полимерных отходов помимо зольных компонентов включает высокомолекулярную полимерную часть (нерастворимые в ацетоне за вычетом золы). Жидкая часть отходов, помимо летучих компонентов и воды, включает олигомеры (эпоксидные, хлоргидриновые эфиры и др.), а также глицерин и полиглицерины. Разработан паспорт на полимерсодержащие отходы производства эпоксидных смол (табл. 2).

**Таблица 2** – Технический паспорт на полимерные отходы производства эпоксидных смол

Наименование показателя	Метод определения	Допустимые значения показателя, мас. %
1. Сумма летучих компонентов	ГОСТ 10587 140 °С, 3 часа	35–60
2. Вода*	ГОСТ 10587 отгон в виде азеотропа с толуолом по Дину-Старку	25–45
3. Органические растворители: толуол, ацетон, ИПС и др.*	п. 1 – п. 2 (расчет)	10–15
4. Зола	Прокаливание при 350...600 °С	не более 12 %
5. Хлористый натрий**	ГОСТ 10587 – опр. Cl <sup>-</sup> – ион	не более 7 %
6. Хлор омыления	ГОСТ 10587	не более 6 %
7. Полимерный остаток	Расчетным путем (100 – п.1 – п.4), %	35–50

\*) Включено в п. 1. \*\*) Включено в п. 4.

Исследовался модифицированный асфальтобетон, в котором битум модифицирован 2 % масс. этиленглицидилакрилатом в комбинации с 0,2 % мас. полифосфорной кислотой ПФК-105, а шлам нейтрализации сталепроволочноканатных заводов поверхностно-активирован 2 % полимерсодержащими отходами производства эпоксидных смол [11].

Рассмотрение комплексной модификации микроструктуры асфальтобетонов на их свойства в сравнении с традиционными (ДСТУ Б В. 2.7-119-2003) показывают, что модификация битума Элвалом АМ совместно с катализатором ПФК-105 приводит к повышению плотности и длительной водостойкости асфальтобетона, снижению температурной чувствительности механических свойств модифицированных систем по сравнению с горячими асфальтобетонами (табл. 3).

Методом Маршалла определена устойчивость, условная жесткость и пластичность бетонов на нефтяном дорожном битуме и битумополимерных композициях (табл. 4). Асфальтобетоны, приготовленные на битумополимерном вяжущем, как содержащих Элвалой АМ (индекс 2), так и Элвалой АМ в комплексе с полифосфорной кислотой ПФК-105 характеризуются более высокими значениями устойчивости и низкой пластичности, прежде всего бетоны, которые содержат битум, модифицированный комплексной добавкой Элвалой АМ+ПФК.

Это должно обеспечить высокую сдвигоустойчивость и долговременную прочность покрытий автомобильных дорог на основе модифицированных асфальтобетонов в области высоких положительных эксплуатационных температур.

В процессе эксплуатации дорожные покрытия, кроме транспортных нагрузок, подвергаются воздействию природно-климатических факторов, оказывающих существенное влияние на их долговечность: температура, скорость ее изменения, солнечная радиация, ветер, атмосферные осадки,

**Таблица 3** – Механические свойства модифицированных асфальтобетонов

Показатели	Состав асфальтовяжущего вещества в мелкозернистом асфальтобетоне (тип Б)			
	Битум 40/60, МП известняковый не активирован	Битум 130/200 + МПШН с 2 % ПОЭС	Битум 130/200, + 2,5 % Элвалоя АМ; МПШН с 2 % ПОЭС	Битум 130/200, + 2,5 % Элвалоя АМ; 0,2 % ПФК; МПШН с 2 % ПОЭС
Средняя плотность, $\rho_0^a$ , кг/м <sup>3</sup>	2 338	2 329	2 332	2 339
Набухание, Н, % от объема	0,6	1,0	0,81	0,42
Водонасыщение, W %, от объема	2,94	3,8	3,28	3,12
Предел прочности при сжатии, МПа, при 0 °С 20 °С 50 °С	6,8 3,12 1,09	7,4 2,41 1,12	7,8 3,1 1,4	8,1 3,6 1,7
Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении, $K_{вод}$	0,78	0,916	0,95	0,96
Коэффициент теплостойчивости, $K_T = R_0 / R_{50}$	6,23	6,6	5,57	4,76

**Таблица 4** – Значение показателей, характеризующих сдвигустойчивость мелкозернистых бетонов по методу Маршалла (температура испытания 60 °С)

№ п/п	Вид асфальтовяжущего в смеси	Условная пластичность, 1/10, мм	Устойчивость, Р, Н	Условная жесткость, А, Н/мм
1	Нефтяной дорожный битум П <sub>25</sub> = 59 град. шкалы пенетрометра; минеральный порошок известняковый не активиро- ванный	46	15 256	3 316
2	Нефтяной дорожный битум БНД 130/200, модифицированный 2,5 % Элвалоя АМ; минеральный порошок – шлам станций нейтрализации, активиро- ванный 2,5 % ПОЭС	35	16 245	4 641
3	Нефтяной дорожный битум БНД 130/200, модифицированный 2,5 % Элвалоя АМ и 0,2 % ПФК-105; минеральный порошок – шлам станций нейтрализации, активированный 2,5 % ПОЭС	32	19 050	5 953

влажность воздуха, попеременное увлажнение и высушивание, замораживание и оттаивание. Известно, что если напряжение, возникающее в дорожном покрытии от движущегося транспорта, не превышает его несущей способности, то долговечность зависит от вышеуказанных факторов [1–9].

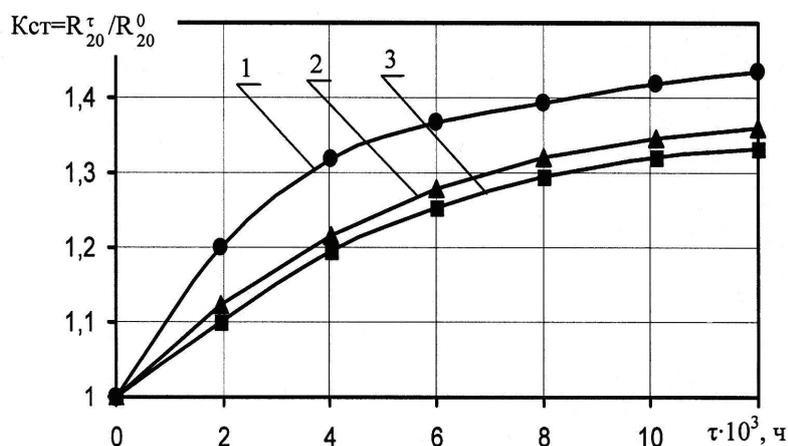
Одной из основных причин изменения свойств асфальтобетонов в процессе эксплуатации и снижения его долговечности являются процессы старения, происходящие в бетоне под действием атмосферных, транспортных грунтогеологических факторов. Под влиянием температуры, кислорода воздуха, солнечной радиации в асфальтобетоне происходят необратимые физико-механические превращения, следствием которых является потеря бетонами на органических вяжущих деформативной и демфирующей способности, а также коррозионной устойчивости.

В настоящей работе проверялась устойчивость мелкозернистых асфальтобетонов в климатической камере ИП-1 на тепловое старение.

Температура прогрева 60 °С. Образцы асфальтобетона подвергались ультрафиолетовому облучению.

В качестве показателя, характеризующего изменение свойств асфальтобетона, принят коэффициент старения  $R_{20}^{\tau}/R_{20}^0$  (где  $R_{20}^{\tau}/R_{20}^0$  – предел прочности при сжатии бетона при 20 °С, подвергнутого тепловому старению в течение  $\tau$  и 0 часов времени соответственно).

Данные, приведенные на рисунке, свидетельствуют о том, что на начальном этапе прогрева (до 400 часов) происходит интенсивный рост коэффициента старения асфальтобетона как на нефтяном дорожном битуме, так и асфальтобетона с комплексно-модифицированной микроструктурой.



**Рисунок** – Зависимость коэффициента теплового старения  $K_{ст}$  от времени прогрева  $\tau$  в климатической камере ИП при температуре 75 °С мелкозернистых асфальтобетонов, отличающихся видом асфальтвяжущего вещества (АВВ): 1, 2, 3 – индексы составов АВВ асфальтобетонов приведены в таблице 4.

Это можно объяснить испарением углеводородов битума с молекулярной массой до 400 и полимеризацией смолистых веществ, вследствие взаимодействия кислорода воздуха в порах и капиллярах с непредельными соединениями нефтяного дорожного битума. В этом случае срок службы асфальтобетонного покрытия можно продлить, если своевременно устраивать и возобновлять тонкослойные слои износа. Это позволит значительно замедлить испарение легкокипящих фракций мальтеновой среды нефтяного дорожного битума и ограничить диффузию кислорода воздуха к полимеризующимся компонентам органического вяжущего. Менее интенсивные необратимые изменения прежде всего асфальтополимербетона с комплексно-модифицированной микроструктурой (на примере состава 3 асфальтвяжущего вещества).

Это обусловлено тем, что макромолекулы и надмолекулярные образования Элвалоя АМ, а также макромолекулы эпоксидных олигомеров на поверхности частиц шлама станции нейтрализации сорбируют большую часть низкомолекулярных углеводородов нефтяного дорожного битума, тем самым замедляя интенсивность испарения алкановых углеводородов с температурой кипения до 300 °С, согласно закону Рауля и за счет избирательной диффузии их внутрь минеральных зерен. Другой процесс – снижение интенсивности окисления кислородом воздуха ненасыщенных соединений битума вследствие меньшей диффузии воздуха сквозь пленку органического вяжущего, плотность и когезионная прочность которой значительно выше битумной.

## ВЫВОДЫ

Теоретически и экспериментально доказано, что эффективным способом переработки шламов нейтрализации травильных растворов в минеральный порошок для производства асфальтополимербетонов повышенной долговечности является их поверхностная активация полимерсодержащим отходом производства эпоксидных смол.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семилетов, В. П. Опыт эффективного использования вторичных ресурсов в народном хозяйстве УССР [Текст] / В. П. Семилетов. – К. : УкрНИИНТИ, 1981. – 64 с.
2. Gragger, F. Stand, Aussichten und Probleme der Wiederverwendung von Asphaltstoffen und Nebenprodukten im Strassenbau [Текст] / F. Gragger // Stal. Mischwerk. – 1981. – № 1. – P. 19–29.
3. Рыбьев, И. А. Асфальтовые бетоны [Текст] / И. А. Рыбьев – М. : Высшая шк., 1969. – 399 с.

4. Королёв, И. В. Асфальтобетонные покрытия [Текст] / И. В. Королёв, В. А. Золотарёв, В. А. Ступивцев. – Донецк : Донбасс, 1970. – 161 с.
5. Сахаров, П. В. Способы проектирования асфальтобетонных смесей [Текст] / П. В. Сахаров // Транспорт и дороги города. – Вып. 12. – С. 22–26.
6. Короткевич, Н. Н. Физико-химические основы применения минеральных порошкообразных материалов (заполнителей) для дорожных асфальтобетонов и методы их использования [Текст] / Н. Н. Короткевич // Минеральные порошки для асфальтового бетона : [Сб. статей] / Дор. н.-и. ин-т "ДорНИИ". – М. : Дориздат, 1940. – С. 3–67.
7. Базжин, Л. И. Исследование влияния минералогического состава и структуры минеральных порошков на старение асфальтового бетона [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Л. И. Базжин, ХАДИ. – Харьков, 1974. – 24 с.
8. Гегелия, Д. И. Закономерности изменения некоторых расчётных параметров асфальтобетона при длительном воздействии воды и знакопеременных температур [Текст] / Д. И. Гегелия // Совершенствование технологии строительства асфальтобетонных и других черных покрытий : Тр. СоюздорНИИ / Гос. всесоюз. дор. НИИ; [Редкол.: И. А. Плотникова (отв. ред.) и др.]. – М. : Союздорнии, 1981. – С. 67–76.
9. Гельфанд, С. И. Устойчивость асфальтобетона и дёгтебетона в зависимости от климатических факторов [Текст] / С. И. Гельфанд. – М. : Автотрансиздат, 1957. – 16 с.
10. Братчун, В. И. Оптимизация состава комплексно – модифицированного дёгтевяжущего вещества дёгтеполимербетона [Текст] / В. И. Братчун, И. Ф. Рыбалко // Вестник Донбасской государственной академии строительства и архитектуры. – 1999. – Вып. 99-2(15). – С. 66–71.
11. Асфальтополимербетонные смеси, модифицированные этиленглицидилакрилатом [Текст] / В. И. Братчун, В. Л. Беспалов, М. К. Пактер, Е. Э. Самойлова // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2015. – № 1. – С. 33–36.

Получено 15.01.2018

В. Л. БЕСПАЛОВ, П. С. ПАШКОВСЬКИЙ, Г. Ю. ЧИТАЛАДЗЕ,  
О. Е. САМОЙЛОВА, О. М. ГРОЗЕНКО, Р. В. ТРИШКІН  
ПРО ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ СИРОВИНИ В СКЛАДІ  
МОДИФІКОВАНИХ АСФАЛЬТОБЕТОНІВ ПІДВИЩЕНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ  
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

**Анотація.** Показана доцільність використання як мінерального порошку модифікованих асфальтобетонів шламів станцій нейтралізації сталедротоканатних заводів (ШСЗ), поверхнево-активованих полімервмістивим відходом виробництва епоксидних смол (ПВЕС). Вивчені фізико-механічні властивості ШСЗ і ПВЕС. Оптимізовані склади модифікованих асфальтобетонів і досліджені їх фізико-механічні властивості. Встановлено, що розроблені склади асфальтополімербетонних сумішей характеризуються підвищеною ущільненістю в інтервалі температур 70...130 °С, а бетони – підвищеним опором зсуву при високих позитивних температурах (умовна жорсткість при 60 °С 4,6...5,9 кН/мм), підвищеною щільністю, водостійкістю і атмосферостійкістю.

**Ключові слова:** відходи виробництва, мінеральний порошок, модифіковані асфальтобетони підвищеної довговічності.

VITALY BESPALOV, PETR PASHKOVSKIY, ANNA CHITALADZE, ELENA  
SAMOYLOVA, ALEKSEJ GROZENKO, ROMAN TRISHKIN  
THE USE OF MAN-MADE MATERIALS IN THE COMPOSITION OF MODIFIED  
ASPHALT CONCRETE INCREASED DURABILITY  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The expediency of use as a mineral powder modified asphalt concrete sludge neutralization stations steel wire – rope plants (SNS) subjected to the surface activation of the polymer containing epoxy resins production waste (PCER). The physical – chemical properties and SNS PCER. Optimized formulations of modified asphalt concrete and studied their physical – chemical properties. It is found that asphalt compositions designed polymer concrete mixtures characterized by high density in the temperature range 70...130 °С, and concrete – high shear resistance at high temperature positive (notional rigidity at 60 °С 4,6...5,9 kN/mm) high-density, long-term water resistance and atmospheric resistance.

**Key words:** industrial waste, mineral powder modified asphalt concrete increased durability.

**Беспалов Виталий Леонидович** – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: синтез органических вяжущих для производства композиционных дорожно-строительных материалов, используемых при строительстве конструктивных слоев нежестких дорожных одежд автомобильных дорог повышенной долговечности.

**Пашковский Петр Семенович** – доктор технических наук, профессор кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экологическая безопасность предприятий по производству дорожно-строительных материалов.

**Читаладзе Анна Юрьевна** – магистрант кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экологическая безопасность предприятий по производству дорожно-строительных материалов.

**Самойлова Елена Эдуардовна** – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной химии «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физико-химические исследования полимерных композиционных материалов.

**Грозенко Алексей Михайлович** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: изучение влияния физических и химических факторов на процессы изменения физико-механических свойств и долговечности асфальтобетона.

**Тришкин Роман Валентинович** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: изучение влияния физических и химических факторов на процессы изменения физико-механических свойств и долговечности асфальтобетона.

**Беспалов Віталій Леонідович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: синтез органічних в'язучих для виробництва композиційних дорожньо-будівельних матеріалів, які використовуються при будівництві конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів автомобільних доріг підвищеної довговічності.

**Пашковський Петро Семенович** – доктор технічних наук, професор кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: екологічна безпека підприємств по виробництву дорожньо-будівельних матеріалів.

**Чіталадзе Ганна Юріївна** – магістрантка кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: екологічна безпека підприємств по виробництву дорожньо-будівельних матеріалів.

**Самойлова Олена Едуардівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної хімії ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фізико-хімічні дослідження полімерних композиційних матеріалів.

**Грозенко Олексій Михайлович** – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вивчення впливу фізичних та хімічних факторів на процеси зміни фізико-механічних властивостей і довговічності асфальтобетону.

**Трішкін Роман Валентинович** – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вивчення впливу фізичних та хімічних факторів на процеси зміни фізико-механічних властивостей і довговічності асфальтобетону.

**Bespalov Vitaly** – Ph. D (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: Synthesis of organic astringent for a production road-build materials of compositions, used for building of structural layers of non-rigid travelling clothes of highways of the promoted longevity.

**Pashkovskij Petr** – D. Sc. (Eng.), Professor, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: environmental safety of enterprises for the production of road – construction materials.

**Chitaladze Anna** – graduate student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: environmental safety of enterprises for the production of road – construction materials.

**Samoylova Elena** – Ph. D (Eng.), Associate Professor, Applied Chemistry Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: physicochemical studies of polymer composite materials.

**Grozenko Aleksej** – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of effective technologies for processing man-made materials in the components of the composite materials.

**Trishkin Roman** – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of effective technologies for processing man-made materials in the components of the composite materials.