

УДК 625.855.3

**А. Г. ДОЛЯ, Р. К. ПОПОВ, Д. В. СЕВЕРИН, А. О. ТЕРЕЩЕНКО, А. В. КАТЕРИНИНА**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОРОШКОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ  
ПОЛУЧЕНИЯ НА СВОЙСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНА**

**Аннотация.** Приведены основные физические и механические свойства отходов и вторичных продуктов промышленности в качестве исходного сырьевого материала для производства минерального порошка; определены качественные показатели асфальтовых бетонов, содержащих минеральные порошки из доменного шлака, золы-уноса тепловых электростанций, пыли вращающихся печей цементных заводов; прочность при сжатии при температурах 0, 20, 50 °С, водонасыщение, набухание. В выводах и рекомендациях установлены факторы, оказывающие решающее влияние на свойства асфальтобетонов.

**Ключевые слова:** минеральный порошок, цементная пыль, зола-уноса ТЭС, доменный шлак, асфальтобетон, карбонатная горная порода, прочность, водонасыщение, набухание.

Порометрические и коррозионные свойства асфальтобетонов в значительной мере зависят от содержания гранулометрического состава и текстуры минерального порошка [1], который не производится ни одним предприятием в Донецком регионе.

В настоящее время строители автомобильных дорог в Донецком регионе используют в качестве минерального порошка инертную доломитовую пыль, гидрофобизированную техническим стеарином (0,15 % по массе), Докучаевской фабрики инертной пыли, которая производится для нужд угольной отрасли с тонкостью помола выше, чем требуется ГОСТ 16557-78 на минеральный порошок – через сито 0,071 мм проходит не менее 90 % по массе. Кроме того, что отпускная цена на неё довольно высокая, её применение в асфальтобетонных смесях требует повышения расхода битума, а наличие технического стеарина с температурой застывания не ниже 53 °С негативно сказывается на прочности асфальтобетона при сжатии при температуре 50 °С [2].

Из других порошкообразных отходов и вторичных продуктов промышленности в незначительных количествах в качестве минерального порошка применяется зола-уноса Кураховской ТЭС, гранулометрический состав которой не соответствует требованиям для минерального порошка. Её необходимо дополнительно измельчать в мельницах с определенным набором мелющих тел до тонкости помола частиц менее 0,071 мм [2].

При наличии в Донецком регионе значительного количества различных отходов и вторичных продуктов отраслей промышленности проблему получения минерального порошка можно решить, использовав после соответствующей переработки продукты известкового, силикатного и железистого распада доменного шлака или тонкий помол кристаллических основных, нейтральных и кислых доменных шлаков, обеспечивающих хорошую адгезию битумной пленки, а также традиционные арагонитовые порошки.

Кроме упомянутого выше, можно использовать порошки, приготовленные из колошниковой пыли, цемента, а также супесчаных и пылеватых грунтов типа лёсса, горелых песков формовочных цехов машиностроительных заводов, отсеков нерудного производства и др., разумеется, при наличии помольных установок-мельниц.

В классической технической и периодической литературе имеются сведения информационного характера о применении различных отходов производств в качестве минерального порошка для

асфальтобетонов, но использование их на постоянной основе производилось в незначительных объемах в виде поисковых исследований. Нормативной базой является ГОСТ 16557-2003 «Минеральный порошок для асфальтобетонных смесей. Технические условия». В этом нормативном документе регламентированы качественные показатели минеральных порошков различного происхождения и рекомендованы к применению наиболее приемлемые с учетом больших объемов выхода в виде отходов исходного сырья-пыль-уноса цементных заводов, зола-уноса ТЭС и металлургических шлаков [1, 3, 4, 5, 6].

Для проведения исследований нами были отобраны пробы из этих отходов и вторичных продуктов с целью определения их свойств для последующего доведения до требований ГОСТ 9128-84 по гранулометрическому составу.

Физические и механические свойства исходного сырья приведены в табл. 1, 2.

**Таблица 1** – Цементная пыль Амвросиевского цементного завода

Размер частиц, мк	30–50	20–30	15–20	10–15	5–10	3–5	3
Содержание, % по массе	12	25	38	8	8	2	7

**Таблица 2** – Зола-уноса Старобешевской ТЭС

Размеры отверстий сит, мм	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	< 0,14
Частные остатки на ситах, %	14,9	37,9	17,4	7,5	6,5	15,7

Истинная плотность – 2 620 кг/м<sup>3</sup>; насыпная плотность – 700 кг/м<sup>3</sup>; начало схватывания через 1,5 часа; конец схватывания через 5,6 часов; цементная пыль обладает большой удельной площадью поверхности – 6 000...10 000 см<sup>2</sup>/г и содержит минералы портландцементного клинкера – алит, белит, трехкальциевый алюминат и четырехкальциевый алюмоферрит, влияющие на твердение цементной пыли.

Средняя плотность – 800...1 500 кг/м<sup>3</sup>; истинная плотность – 1 700...3 000 кг/м<sup>3</sup>; водопоглощение 1,0...2,7 % по объему; содержание оксидов: SiO<sub>2</sub> – 42,5 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 23 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 21,4 %; суммарное количество CaO и MgO – 5,7 % по массе.

#### *Доменный шлак Донецкого металлургического завода*

Для проведения исследований был отобран основной доменный шлак, прошедший стадию силикатного распада. Об этом можно судить по растрескавшимся кускам и распаду в шлаковую муку.

Содержание оксидов: SiO<sub>2</sub> – 36,7 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 9,4 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,6 %, CaO – 44,24 %, MgO – 2,44 %, MnO – 3,23 %, SO<sub>3</sub> – 3,8 % по массе; модуль активности – 0,24; модуль основности – 1,02. Средняя плотность – 2 300...2 800 кг/м<sup>3</sup>; истинная плотность – 2 900...3 140 кг/м<sup>3</sup>; водопоглощение плотного шлака – 0,8...2,8 %, по объему.

#### *Известняк Докучаевского месторождения*

Средняя плотность – 2 630 кг/м<sup>3</sup>; истинная плотность – 2 680 кг/м<sup>3</sup>; марка щебня по дробимости в цилиндре – 800...1 000; износ в полочном барабане – 26,9 % по массе; пористость – 1,2 % по объему; водопоглощение – 0,7...1,2 % по объему.

Для доведения исходного сырья до значения требуемых показателей по гранулометрическому составу для минерального порошка известняк фракции 0...2,5 мм, основной доменный шлак фракции 0...2,5 мм и золу-унос ТЭС фракции 0...2,5 мм измельчали в лабораторной мельнице до степени дисперсности, приведенной в таблице 3.

Содержание в асфальтобетонных смесях минерального порошка 10 % по массе. Образцы из мелкозернистых асфальтобетонных смесей типа Б с приведенными в таблице 2 минеральными порошками формовали по стандартной методике на битуме БНД 60/90 с расходом 5,8...7,0 % сверх 100 % минеральной части. Результаты испытаний образцов приведены в таблице 4.

## ВЫВОДЫ

1. Анализируя приведенные в таблице 4 значения показателей качества, можно отметить, что асфальтобетоны с минеральными порошками из различных материалов незначительно отличаются

Таблица 3 – Зерновые составы минеральных порошков

Зерновой состав % по массе, не менее:	Материалы			
	Оснóвной шлак	Зола-уноса	Цементная пыль	Известняк
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
Мельче 1,25 мм	100	100	100	100
Мельче 0,315 мм	90	90	100	90
Мельче 0,071 мм	72	70	92	70

Таблица 4 – Физические и механические свойства асфальтобетонов с минеральными порошками из различных материалов

Показатели свойств	Минеральный порошок				
	Цементная пыль	Зола-уноса ТЭС	Доменный шлак	Известняк	
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре:					
	0 °С	10,1	9,0	11,1	9,3
	20 °С	3,63	4,28	5,6	4,3
50 °С	1,44	1,42	1,8	1,4	
Водонасыщение, % по объему	2,34	2,38	2,50	2,5	
Набухание, % по объему	0,3	0,34	0,4	0,5	
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	2 340	2 360	2 360	2 340	
Коэффициент водостойкости	0,91	0,95	0,94	0,95	
Содержание битума, % по массе	7,1	6,0	7,2	7,0	

по прочностным показателям. Наиболее прочный асфальтобетон на минеральном порошке из доменного шлака сказывается наличие в шлаке большого содержания оксидов СаО и MgO, что наблюдается и для асфальтобетонов с золой-уноса.

2. Главным критерием возможности использования цементной пыли в качестве минерального порошка является суммарное содержание щелочных соединений, которое согласуется с определенным количеством водорастворимых соединений, содержание которых, вероятно, может отразиться на водоустойчивости, что подчеркивает необходимость проведения испытаний асфальтобетонов на длительную водостойкость. Кроме того, вследствие высокой дисперсности, цементная пыль подвержена выдуванию. Для предотвращения этого целесообразна предварительная обработка пыли органическим вяжущим, вязкость и количество которого следует назначать в зависимости от степени дисперсности пыли.

3. Зола-уноса тонкодисперсный порошок, в состав которого входят кварц в виде трещиноватых зерен неправильной формы, полевой шпат-зерна угловатой формы, стеклоподобное вещество, углестое вещество и др. Наличие в золе этих частиц обуславливает хорошую уплотняемость за счет уменьшения трения не шероховатых поверхностей частичек при уплотнении. Расход битума уменьшается на 1 % по массе.

4. Асфальтобетон на минеральном порошке из активного доменного шлака по своим показателям выгодно отличается особенно по пределу прочности при сжатии при 50 °С. Более высокая прочность при этой температуре должна обеспечить сдвигоустойчивость покрытия. Производство минеральных порошков из активных доменных шлаков сдерживается сложностью технологии отделения шлаковой муки от общего массива шлака в отвале.

5. Качественные показатели асфальтобетонов с принятыми для исследования минеральными порошками удовлетворяют требованиям ГОСТ 9128-84 к I и II марке для климатических условий Донецкой области.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ястребова, Л. Н. Исследование свойств минеральных порошков и их влияние на свойства асфальтового бетона [Текст] / Л. Н. Ястребова // Исследование органических материалов и физико-механических свойств асфальтовых смесей. – М. : Дориздат, 1949. – С. 82–105.
2. Тарасенко, Л. П. Использование отходов промышленности в строительстве сельских дорог [Текст] / Л. П. Тарасенко. – М. : Транспорт, 1973. – 65 с.
3. ГОСТ 9128-84. Смесей асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – Взамен ГОСТ 9128-76 ; введ. 1985-01-01. – М. : Госкомитет СССР по делам строительства, 1984. – 25 с.
4. Гиржель, А. М. Тяжелый бетон с добавкой золы-уноса [Текст] / А. М. Гиржель, В. Г. Брагинский, В. И. Романов // Бетон и железобетон, 1986. – № 5. – С. 39–40.
5. Опыт применения металлургических шлаков для дорожного строительства [Текст] / Главдорстрой СССР. – М. : Автотрансиздат, 1959. – 30 с.
6. Доля, А. Г. Эффективное использование вторичных ресурсов Донбасса в дорожном строительстве [Текст] / А. Г. Доля, Р. А. Доля. – Харьков : НГМТ, 2013. – 170 с.

Получено 12.02.2018

А. Г. ДОЛЯ, Р. К. ПОПОВ, Д. В. СЕВЕРИН, А. О. ТЕРЕЩЕНКО,  
А. В. КАТЕРИНИНА

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ПОРОШКІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ ОТРИМАННЯ НА  
ВЛАСТИВОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНУ

ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Наведено основні фізичні і механічні властивості відходів і вторинних продуктів промисловості в якості вихідного сировинного матеріалу для виробництва мінерального порошку; визначені якісні показники асфальтових бетонів, що містять мінеральні порошки з доменного шлаку, золи-виносу теплових електростанцій, пилу оберткових печей цементних заводів: міцність при стисненні за температур 0, 20, 50 °С, водонасичення, набухання. У висновках і рекомендаціях встановлені фактори, що найбільш впливають на властивості асфальтобетону.

**Ключові слова:** мінеральний порошок, цементний пил, зола-виносу ТЕС, доменний шлак, асфальтобетон, карбонатна гірська порода, міцність, водонасичення, набухання.

ANATOLIY DOLYA, ROMAN POPOV, DMITRIY SEVERIN, ANDREY  
TERESHCHENKO, ANASTASIA KATERININA

INFLUENCE OF MINERAL POWDERS OF A DIFFERENT NATURE ON THE  
PROPERTIES OF ASPHALT CONCRETE

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The basic physical and mechanical properties of secondary waste and chemical products as the starting raw material for the production of mineral powder are given; quality indicators asphalt concrete comprising mineral powders of blast furnace slag, fly ash of thermal power stations, dust rotary kilns of cement plants: compressive strength at temperatures of 0, 20, 50 °C, water saturation, and swelling are determined. In the conclusions and recommendations, factors that have a decisive influence on the properties of asphaltic concrete have been specified.

**Key words:** mineral powder, cement dust, fly-ashes of thermal power plants, blast furnace slag, asphalt concrete, carbonate rock, strength, water saturation, swelling.

**Доля Анатолий Григорьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование техногенного сырья в дорожном строительстве.

**Попов Роман Константинович** – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование техногенного сырья в дорожном строительстве.

**Северин Дмитрий Витальевич** – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование техногенного сырья в дорожном строительстве.

**Терещенко Андрей Олегович** – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование техногенного сырья в дорожном строительстве.

**Катеринина Анастасия Вячеславовна** – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование техногенного сырья в дорожном строительстве.

**Доля Анатолий Григорович** – кандидат технических наук, профессор кафедры автомобильных дорог и аэродромов ДООУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання техногенної сировини в дорожньому будівництві.

**Попов Роман Костянтинович** – магистрант ДООУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання техногенної сировини в дорожньому будівництві.

**Северин Дмитро Віталійович** – магистрант ДООУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання техногенної сировини в дорожньому будівництві.

**Терещенко Андрій Олегович** – магистрант ДООУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання техногенної сировини в дорожньому будівництві.

**Катеринина Анастасія Вячеславівна** – магистрант ДООУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання техногенної сировини в дорожньому будівництві.

**Dolya Anatoliy** – Ph. D. (Eng.), Professor; Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: application of processed raw materials in road building.

**Popov Roman** – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: use of secondary resources in road construction.

**Severin Dmitriy** – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: use of secondary resources in road construction.

**Tereshenko Andrey** – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: use of secondary resources in road construction.

**Katerinina Anastasia** – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: use of secondary resources in road construction.