



УДК 625.7/.8:691.168

Э. И. КАЮМОВА, ст. преп. кафедры автомобильных дорог, мостов и транспортных сооружений; З. Р. МУХАМЕТЗЯНОВ, д-р техн. наук, проф. кафедры автомобильных дорог, мостов и транспортных сооружений; А. Н. ПУДОВКИН, канд. техн. наук, доц. кафедры строительных конструкций

МИНЕРАЛЬНЫЙ ПОРОШОК ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ ИЗ ОТХОДОВ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

Россия, 450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1.

Тел.: (927) 317-90-89, эл. почта: khalilova.ru@mail.ru

Ключевые слова: минеральный порошок, асфальтобетон, отход содового производства, пористость, набухание образцов.

В статье рассмотрена возможность использования минерального отхода содового производства в качестве минерального порошка для асфальтобетонных смесей. Проанализировав результаты исследований минералогического состава минерального продукта содового производства (МПСП), авторы предложили применение МПСП в качестве исходного сырья при изготовлении минерального порошка для асфальтобетонных смесей. С этой целью были проведены лабораторные испытания МПСП на соответствие требованиям к минеральному порошку для асфальтобетонов по ГОСТ 32761-2014 в аккредитованной дорожно-строительной лаборатории. По результатам испытаний выявлено, что МПСП не соответствует требованиям ГОСТ по пористости и набуханию образцов из смеси минерального порошка с битумом. Для доведения этих показателей до нормативных значений предлагается выполнить активацию минерального порошка битумом в вакууме.

Введение

К современным автомобильным дорогам предъявляются более совершенствованные требования по их безопасности, комфортности и долговечности. Одну из основных ролей в обеспечении и улучшении этих требований играет использование модифицированных строительных материалов, в том числе и асфальтобетонов. Как и у любого строительного материала свойства асфальтобетона зависят от его состава, состояния и структуры. Одним из важных компонентов асфальтобетона является минеральный порошок, который выполняет две функции: является заполнителем пор в каркасе и переводит битумное вяжущее из объемного состояния в пленочное [1].

Требования к показателям минерального порошка регламентируют ГОСТ Р 52129-2003 «Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей» и ГОСТ 32761-2014 «Порошок минеральный. Технические требования». Проведено много научных исследований на улучшение характеристик и показателей асфальтобетонов путем подбора различных минеральных порошков, в том числе из шламовых, шлаковых и зольных отходов, отходов горнодобычи и переработки, отходов древесины, отходов металлургической промышленности.



Минеральные порошки влияют не только на показатели и характеристики асфальтобетона, но и на стоимость производства асфальтобетонной смеси. Ведь доля стоимости минерального порошка в стоимости 1 т асфальтобетонной смеси составляет примерно 10–20 % от общей стоимости в зависимости от марки и состава асфальтобетона. А стоимость производства минерального порошка для асфальтобетонов формируется в зависимости от стоимости сырья, технологии и транспортировки материала. Использование отходов и вторичного сырья для производства минерального порошка является экономически выгодным и прогрессивным способом, так как позволит снизить стоимость порошка и сохранить природные ресурсы [2–3].

Кроме того, использование отходов производства в качестве минерального порошка для асфальтобетонных смесей представляет собой эффективное решение проблемы утилизации отходов промышленности, что способствует уменьшению негативного воздействия на окружающую среду. Для хранения промышленных отходов отводятся большие площади земли, затрачиваются значительные средства, нарушается экологическое равновесие, так как загрязняется окружающая среда [4].

Материал и результаты исследования

Один из крупнейших химических комплексов Башкортостана и страны в целом – это АО «Башкирская содовая компания», производящая кальцинированную, пищевую, каустическую соду, ПВХ и соляную кислоту. При производстве соды образуются большое количество отхода в виде шламов дистиллерной жидкости. Ежегодный сброс отходов содового производства АО «БСК» оценивается от 300 до 400 тыс. тонн, а общий объем накоплений (в пересчете на сухое вещество) составляют по разным оценкам от 20 до 30 млн т [5]. После обезвоживания и обжига шламов дистиллерной жидкости, посредством фильтрационного прессования получают минеральный порошок содового производства. МПСП – твердый кускообразный негорючий материал серого цвета с массовой долей ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$) не менее 60 % и массовой долей влаги не более 35 %.

Отход содового производства является потенциальным сырьем при производстве газобетона, силикатного кирпича, строительного раствора, смешанного гидравлического вяжущего [6].

Проанализировав результаты исследований минералогического состава минерального продукта содового производства (в естественном состоянии) [7], можно предложить применение МПСП в качестве исходного сырья при изготовлении минерального порошка для асфальтобетонных смесей. С этой целью были проведены лабораторные испытания МПСП на соответствие требованиям к минеральному порошку для асфальтобетонов по ГОСТ 32761-2014. Испытания проводились в аккредитованной дорожно-строительной лаборатории МКУ «Служба строительного контроля г. Уфы». Результаты проведенных испытаний приведены в табл.



Таблица

**Результаты испытаний МПСП согласно требованиям
ГОСТ 32761-2014**

№ п/ п	Наименование показателей	Ед. изм.	Требования ГОСТ 32761-2014	Ре- зультаты испы- таний	Соответствие
1	2	3	4	5	6
Основные требования к минеральному порошку					
1	Зерновой состав: Мельче 2 мм Мельче 0,125 мм Мельче 0,063 мм	%	Не менее 100 Не менее 85 Не менее 70	100 94,0 89,1	Соответствует Соответствует Соответствует
2	Пористость	г/см ³	Не более 30	48	Не соответствует
3	Битумоемкость	г	Не более 50	46,7	Соответствует
Дополнительные требования к минеральному порошку					
4	Набухание образцов из смеси МП с битумом	%	Не более 3,0	7,5	Не соответствует
5	Влажность	%	Не более 0,5	0,2	Соответствует
Ненормируемые свойства минерального порошка					
6	Средняя плотность	г/см ³	Не норм.	1,45	
7	Истинная плотность	г/см ³	Не норм.	2,79	
8	Содержание битума	%	Не норм.	30	

Как видно из результатов испытаний, МПСП не соответствует требованиям ГОСТ 32761-2014 по пористости и набуханию образцов из смеси минерального порошка с битумом.

Пористость минерального порошка и набухание образцов из смеси минерального порошка с битумом зависят от объема пор внутри частиц порошка. Этот показатель характеризует склонность к водопоглощению и стабильность мастики. Высокие значения пористости и набухания образцов минерального порошка с битумом снижают водостойкость, морозостойкость и прочность асфальтобетонной смеси. Это связано с тем, что, чем больше пор, тем больше воды может впитать материал. Вода смачивает гидрофильную поверхность минеральных зерен и способна частично или полностью вытеснить сорбированный битум. Это разрушает структурные связи в асфальтобетоне и облегчает разрушение покрытия. Также пористый минеральный порошок может занять часть пористости асфальтобетонной смеси, увеличивая ее плотность.

Существуют различные способы регулирования пористости и набухания образцов минерального порошка с битумом:

- гидрофобизация минерального порошка;
- обеспечение однородной поверхности (термическая обработка);
- нанесение полимерных покрытий;



- использование битумных модификаторов;
- увеличение содержания битума;
- механоактивация (оптимизация гранулометрического состава);
- химическая активация – активирующую смесь вводят в мельницу одновременно с материалом, подлежащим измельчению [8–11].

Проанализировав многие исследования по этой теме, предлагается выполнить обработку минерального порошка битумом в вакууме. При этом битум равномерно будет покрывать частицы минерального порошка, создавая защитный слой, и заполнит поры. Вакуум будет «всасывать» испаряющиеся летучие вещества и влагу. Это будет способствовать уменьшению пористости, увеличению гидрофобности и устойчивости к набуханию.

Выводы

Минеральный порошок содового производства возможно использовать в качестве минерального порошка для асфальтобетонов. Но необходимо довести до требуемых нормативных значений показателей по пористости и набуханию образцов с битумом. Для этого необходимо выполнить обработку минерального порошка содового производства битумом в вакууме для того, чтобы показатели пористость и набухание образцов минерального порошка с битумом соответствовали требованиям ГОСТ 32761-2014.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследование влияния минеральных порошков различного химико-минералогического состава на свойства асфальтобетонных смесей / М. А. Ликомаскина, М. С. Р. Алнаиф, А. И. Сальникова, А. А. Миронов // Региональная архитектура и строительство. – 2017. – № 2. – С. 53–63.
2. Ханнанова, Г. Т. Минеральный порошок на основе пиритных огарков в составах асфальтобетонных огарков : специальность 05.23.05 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ханнанова Гульнур Талгатовна ; Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Уфа, 2009. – 184 с.
3. Разинкова, О. А. Мелкозернистые цементные и асфальтовые бетоны с использованием порошковых модификаторов и наполнителей из отвальных кеков гидрометаллургического производства : специальность 05.23.05 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Разинкова Ольга Александровна ; [Место защиты: Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет]. – Нальчик, 2012. – 148 с. : ил.
4. Композиционные материалы для дорожного строительства на основе отходов химической и металлургической промышленности / В. В. Бабков, И. В. Недосеко, А. О. Глазачев [и др.] // Строительные материалы. – 2023. – № 1-2. – С. 88–94. – DOI 10.31659/0585-430X-2023-810-1-2-88-94.
5. Разработка добавок и новых материалов для строительства на основе вторичных ресурсов Республики Башкортостан : отчет о научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе / Д. А. Синицин, И. В. Недосеко, А. О. Глазачев [и др.] ; Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Уфа, 2022. – 160 с.
6. Строительные материалы на основе промышленных отходов Республики Башкортостан / Р. Ф. Вагапов, Д. А. Синицин, А. А. Оратовская, Г. В. Тэнненбаум // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2012. – № 4 (22). – С. 279–284.
7. Мамулат, С. Л. Анализ состава, свойств и перспективы применения минерального продукта содового производства АО «Башкирская содовая компания» для изготовления энергоэффективных вяжущих / С. Л. Мамулат, В. В. Бабков, Э. М. Давыдов



[и др.] // Строительные материалы. – 2022. – № 3. – С. 61–73. – DOI 10.31659/0585-430X-2022-800-3-61-73.

8. Ядыкина, В. В. Изменение свойств асфальтобетона при использовании гидрофобизированного минерального порошка / В. В. Ядыкина, Е. В. Кузнецова, М. С. Лебедев // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2020. – № 4. – С. 17–23. – DOI 10.34031/2071-7318-2020-5-4-17-23.

9. Фундаментальные основы механической активации, механосинтеза и механохимических технологий / В. В. Болдырев [и др.]. – Новосибирск : Издательство Сибирского отделения Российской акад. Наук, 2009 – 343 с. – ISBN 978-5-7692-0669-6.

10. Траутвайн, А. И. Изучение физико-механических свойств асфальтобетонных образцов на активированных минеральных порошках различных составов / А. И. Траутвайн, В. В. Ядыкина, Е. С. Муленко // Строительные материалы и изделия. – 2018. – Том 1, № 4. – С. 44–50.

11. Мухаметзянов, З. Р. Разработка метода капитального ремонта магистральных трубопроводов с применением композитных материалов / З. Р. Мухаметзянов, Н. Э. Урманшина, Р. А. Фаюршин // Вестник НИЦ Строительство. – 2022. – № 1 (32). – С. 141–153. – DOI 10.37538/2224-9494-2022-1(32)-141-153.

KAYUMOVA Ilmira Ilshatovna, senior teacher of the chair of highways, bridges and transport structures; MUKHAMETZYNOV Zinur Rishatovich, doctor of technical science, professor of the chair of highways, bridges and transport structures; PUDOVKIN Aleksandr Nikolaevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of building structures

MINERAL POWDER FOR ASPHALT CONCRETES FROM SODA PRODUCTION WASTE

Ufa State Petroleum Technological University.

Kosmonavtov St., 1, Ufa, 450064, Russia.

Tel.: (927) 317-90-89; e-mail: khalilova.ru@mail.ru

Key words: mineral powder, asphalt concrete, soda production waste, porosity, sample swelling.

The article discusses the feasibility of using mineral waste from soda production as a mineral powder for asphalt concrete mixtures. After analyzing the results of studies on the mineralogical composition of the mineral product from soda production (MPSP), the authors proposed using MPSP as a raw material for the production of mineral powder for asphalt concrete mixtures. To this end, MPSP was tested in an accredited road construction laboratory to ensure compliance with the requirements for mineral powder for asphalt concrete according to GOST 32761-2014. The test results revealed that the MPSP fails to meet the GOST standards regarding the porosity and swelling of specimens made from a mineral powder and bitumen mixture. To bring these parameters to the required values, the authors propose activating the mineral powder with bitumen in a vacuum.

REFERENCES

1. Likomaskina M. A., Alnaif M. S. R., Salnikova A. I., Mironov A. A. Issledovanie vliyaniya mineralnykh poroshkov razlichnogo khimiko-mineralogicheskogo sostava na svoystva asfaltobetonnykh smesey [Investigation of the influence of mineral powders of various chemical and mineralogical composition on the properties of asphalt concrete mixtures]. Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo [Regional Architecture and Construction]. Volgograd, 2017, № 2, P. 53–63.



2. Khannanova G. T. Mineralny poroshok na osnove piritnykh ogarkov v sostavakh asfaltobetonnykh ogarkov [Mineral powder based on pyrite cinders in the compositions of asphalt concrete cinders] : spetsialnost 05.23.05 : diss. ... kand. tekhn. nauk ; Ufimskiy gos. neftyanoy tekhnich. un-t. Ufa, 2009, 184 p.

3. Razinkova O. A. Melkozernistye tsementnye i asfaltovye betony s ispolzovaniem poroshkovykh modifikatorov i napolniteley iz otvalnykh kekov gidrometallurgicheskogo proizvodstva [Fine-grained cement and asphalt concretes using powder modifiers and fillers from dump cakes of hydrometallurgical production] : spetsialnost 05.23.05 : diss. ... kand. tekhn. nauk ; Volgogradskiy gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nalchik, 2012, 148 p.

4. Babkov V. V., Nedoseko I. V., Glazachev A. O. [et al.]. Kompozitsionnye materialy dlya dorozhnogo stroitelstva na osnove otkhodov khimicheskoy i metallurgicheskoy promyshlennosti [Composite materials for road construction based on waste of the chemical and metallurgical industries]. Stroitelnye materialy [Building Materials]. Moscow, 2023, № 1-2, P. 88–94. DOI 10.31659/0585-430X-2023-810-1-2-88-94.

5. Sinitsyn D. A., Nedoseko I. V., Glazachev A. O. [et al.]. Razrabotka dobavok i novykh materialov dlya stroitelstva na osnove vtorichnykh resursov Respubliki Bashkortostan [Development of additives and new materials for construction based on secondary resources of the Republic of Bashkortostan]. Ufimskiy gos. neftyanoy tekhnich. un-t. Ufa, 2022, 160 p.

6. Vagapov R. F., Sinitsyn D. A., Oratovskaya A. A., Tenenbaum G. V. Stroitelnye materialy na osnove promyshlennykh otkhodov Respubliki Bashkortostan [Building materials based on industrial waste of the Republic of Bashkortostan]. Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta [Proceedings of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering]. Kazan, 2012, № 4 (22), P. 279–284.

7. Mamulat S. L., Babkov V. V., Davydov E. M. [et al.]. Analiz sostava, svoystv i perspektivy primeneniya mineralnogo produkta sodovogo proizvodstva AO «Bashkirskaya sodovaya kompaniya» dlya izgotovleniya energoeffektivnykh vyazhushchikh [Analysis of the composition, properties and prospects for the use of a mineral product of soda production of JSC "Bashkir Soda Company" for the production of energy-efficient binders]. Stroitelnye materialy [Building Materials]. Moscow, 2022, № 3, P. 61–73. DOI 10.31659/0585-430X-2022-800-3-61-73.

8. Yadykina V. V., Kuznetsova E. V., Lebedev M. S. Izmenenie svoystv asfaltobetona pri ispolzovanii gidrofobizirovannogo mineralnogo poroshka [Change in the properties of asphalt concrete when using a hydrophobized mineral powder]. Vestnik BGU im. V. G. Shukhova [Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov]. Belgorod, 2020, № 4, P. 17–23. DOI 10.34031/2071-7318-2020-5-4-17-23.

9. Boldyrev V. V. [et al.]. Fundamentalnye osnovy mekhanicheskoy aktivatsii, mekhanosinteza i mekhanokhimicheskikh tekhnologiy [Fundamental foundations of mechanical activation, mechanosynthesis and mechanochemical technologies]. Novosibirsk, Izdatelstvo Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akad. Nauk, 2009, 343 p. ISBN 978-5-7692-0669-6.

10. Trautvain A. I., Yadykina V. V., Mulyenko E. S. Izuchenie fiziko-mekhanicheskikh svoystv asfaltobetonnykh obraztsov na aktivirovannykh mineralnykh poroshkakh razlichnykh sostavov [Study of the physico-mechanical properties of asphalt concrete samples on activated mineral powders of various compositions]. Stroitelnye materialy i izdeliya [Building Materials and Products]. Moscow, 2018, Vol. 1, № 4, P. 44–50.

11. Mukhametzyanov Z. R., Urmanchina N. E., Fayurshin R. A. Razrabotka metoda kapitalnogo remonta magistralnykh truboprovodov s primeneniem kompozitnykh materialov [Development of a method for major repair of main pipelines using composite materials]. Vestnik NITs Stroitelstvo [Bulletin of the Research Center of Construction]. Moscow, 2022, № 1 (32), P. 141–153. DOI 10.37538/2224-9494-2022-1(32)-141-153.

© Э. И. Каюмова, З. Р. Мухаметзянов, А. Н. Пудовкин, 2026

Получено: 05.03.2026 г.