

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-4-17-23

Ядыкина В.В., *Кузнецова Е.В., Лебедев М.С.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: kuznecova.k@inbox.ru

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОНА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГИДРОФОБИЗИРОВАННОГО МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА

Аннотация. Одним из важнейших структурообразующих компонентов асфальтобетона является минеральный порошок, от качества которого зависят технические и эксплуатационные характеристики дорожного покрытия. Для улучшения эксплуатационных свойств асфальтобетона в России и за рубежом используются разные способы обработки минеральных материалов. В большинстве случаев применяют механоактивацию органическими веществами в процессе помола.

В статье приведены результаты исследований по влиянию обработки минерального порошка Препаратом ГФ-1 на его характеристики и на изменение физико-механических свойств асфальтобетона, а также на показатели при длительном водонасыщении.

Показано, что в результате модифицирования минеральный порошок становится гидрофобным, что положительно отражается на физико-механических характеристиках асфальтобетона с его использованием. Установлено, что гидрофобизация минерального порошка значительно снижает показатели водонасыщения и набухания и повышает водостойкость при длительном водонасыщении (до 90 суток) образцов асфальтобетона. В результате гидрофобизации значительно увеличивается показатель температурной чувствительности асфальтобетона, следовательно, композит будет надежно работать в более широком температурном интервале.

Ключевые слова: минеральный порошок, Препарат ГФ-1, гидрофобизация минерального порошка, асфальтобетон, физико-механические характеристики, длительная водостойкость.

Введение. Условия движения современного автомобильного транспорта выдвигают задачу повышения качества и долговечности автомобильных дорог. Одной из основных причин преждевременного разрушения дорожного покрытия является несоответствующее качество применяемых асфальтобетонных смесей [1–2].

Неотъемлемой составной частью асфальтобетонных смесей является тонкодисперсный минеральный порошок, который представляет собой продукт тонкого измельчения известняков и доломитов, металлургических шлаков, другого техногенного сырья. На его долю приходится до 90–95 % суммарной поверхности минеральных зерен, входящих в состав асфальтобетона. Минеральный порошок, являясь активным структурирующим компонентом асфальтобетона, во многом предопределяет его эксплуатационные характеристики и срок службы всего дорожного покрытия [3–5].

Одним из способов улучшения физико-механических свойств асфальтобетона является применение высококачественных минеральных порошков. Для улучшения эксплуатационных свойств асфальтобетона в России и за рубежом используются различные способы обработки минеральных материалов, в том числе и минеральных порошков [3–9]. В большинстве случаев для увеличения структурирующего эффекта минерального порошка применяют физико-механическую обработку органическими веществами в процессе помола [6–9]. В нормативной, да и

научной литературе этот процесс называют активацией, а сами порошки активированными. В соответствии с ГОСТ-52129-2003 [3] активированные минеральные порошки должны быть гидрофобными. После обработки наполнители защищены от доступа влаги, и поэтому их гидрофобные свойства мало изменяются с течением времени. Благодаря изменению свойств поверхности зерен, гидрофобизированные минеральные порошки лучше смачиваются битумом, не впитывают влагу, не слеживаются при хранении и транспортировке, обладают пониженной пористостью.

Многочисленными исследованиями подтверждено [10–17], что использование гидрофобизированных минеральных материалов в различных композитах на органических и минеральных вяжущих улучшает их структуру, свойства, технологические и эксплуатационные свойства.

Целью настоящей работы явилось изучение влияния гидрофобизации минерального порошка из известняка на изменение физико-механических характеристик асфальтобетона, его длительную водостойкость, водонасыщение и набухание при длительном водонасыщении.

Методология. В качестве минерального порошка использовали известняковый порошок изготовителя ООО «Дробильно-сортировочный завод» Калужской области. В качестве гидрофобизатора использовали Препарат-ГФ производства ООО «Селена» [18]. Для приготовления гидрофо-

бизированного наполнителя известняковый минеральный порошок предварительно высушивали в сушильном барабане, затем в горячий порошок вводили гидрофобизатор и тщательно перемешивали.

Гидрофобность минерального порошка определяли по ГОСТ 32704-2014 [19] методом свободного флотирования и по изменению влагопоглощения.

Стеклянные стаканы заполняли дистиллированной водой на 50 мм ниже края. Около 2 г порошка ссыпали со шпателя на поверхность воды легкими постукиваниями шпателя по краю стакана. Стаканы с водой и порошком оставляли в покое на 24 ч. Порошок считается гидрофобным, если за 24 часа он не осядет на дно и не будет наблюдаться видимого смачивания его водой.

Суть метода определения влагопоглощения заключалась в том, что пробы гидрофобизированного и контрольного образцов минерального порошка взвешивали в бюксах на аналитических весах и помещали в эксикатор, заполненный дистиллированной водой. Взвешивание осуществ-

ляли каждые сутки до полного насыщения и рассчитывали влагопоглощение. Эксперимент проводили в течение 14 суток.

Для определения физико-механически характеристик асфальтобетона были изготовлены и испытаны по стандартным методикам согласно ГОСТ 12801-98 образцы из асфальтобетонной смеси непрерывного гранулометрического состава, подобранного в соответствии с ГОСТ 9128-2013. Помимо основных характеристик определяли водостойкость, водонасыщение и набухание после насыщения водой в течение 15, 30, 60, и 90 суток.

Основная часть. Научно-производственная компания ООО «Селена» выпускает гидрофобизатор для производства гидрофобных марок минерального порошка, под торговой маркой Препарат ГФ-1. Рекомендуемая дозировка от 0,13 до 0,6 % от массы минерального порошка.

На рис. 1 представлены фотографии контрольного известнякового минерального порошка, а также обработанного гидрофобизатором в количестве 0,4 %, которое, в соответствии с предыдущими исследованиями [20], является рациональным.



Рис. 1. Гидрофобность известнякового минерального порошка
а) контрольной образец; б) после гидрофобизации

Из представленного рисунка видно, что известняковый минеральный порошок, обработанный Препаратом ГФ-1, становится полностью гидрофобными, то есть он не смачивается водой и плавает на поверхности, в отличие контрольного, необработанного образца, частички которого полностью осели на дно.

В работе [20] исследовано влияние Препарата ГФ-1 на свойства минерального порошка. Установлено, что модифицирование наполнителя уменьшает его влагопоглощение, причем с увеличением концентрации гидрофобизатора эффективность обработки возрастает.

Влагопоглощение необработанного известнякового минерального порошка через 14 суток

составило 2,5 %, тогда как обработанного Препаратом – ГФ, при его содержании в количестве равном 0,4 и 0,6 %, 1,6 и 1,55 % соответственно. Таким образом, влагопоглощение этих образцов снизилось на 36 и 38 % соответственно.

Полученные результаты по гидрофобности и влагопоглощению минеральных порошков, обработанных Препаратом ГФ-1, дают основание предполагать, что их использование будет способствовать повышению прочности в зоне контакта «минеральный наполнитель – битум», характеризоваться комплексом улучшенных физико-механических и деформационных свойств, а также эффективно противостоять агрессивным воздействиям атмосферных осадков и грунтовых вод.

Изучение влияния Препарата ГФ-1 на свойства дорожного композита проводили на примере асфальтобетонной смеси типа Г марки III.

В состав асфальтобетонной смеси входили:

- отсев кварцитопесчаника Лебединского ГОКа фр. 0-5 мм – 92 %
- минеральный порошок из известняка – 8 %
- битум БНД 60/90 – 6,50 % (сверх минеральной части)

Ранее было установлено, что оптимальное количество битума (сверх минеральной части) для состава с гидрофобизированным минеральным порошком на 0,6 % меньше, чем для состава с исходным минеральным порошком. Поэтому при использовании гидрофобизированного минерального порошка количество битума в смеси было уменьшено до 5,94 %.

Результаты исследования асфальтобетона представлены в таблице.

Таблица 1

Физико - механические свойства асфальтобетона

Наименование показателя	Требования ГОСТ 9128-2013	Минеральный порошок	
		исходный	гидрофобиз.
Предел прочности, МПа: при 20 °С не менее:	2,5	5,39	5,95
при 50 °С не менее:	1,3	3,14	3,56
при 0 °С Не более	11,0	10,62	9,57
Водостойкость, не менее:	0,90	0,91	0,96
Водонасыщение %	-	1,9	1,06
Набухание %	-	0,71	0,32

Сравнение результатов испытаний образцов позволяет сделать вывод о том, что при использовании гидрофобизированного минерального порошка повышаются физико-механические характеристики асфальтобетона.

Прочность при 20 °С возросла на 14,4 %, при 50 °С – на 13,4 %, при 0 °С уменьшилась на 9,9 %, что должно положительно отразиться на эксплуатационных свойствах асфальтобетонного покрытия.

Большое влияние на качество асфальтобетона оказывает его поведение во влажных условиях. Результаты испытаний показали, что гидрофобизация минерального порошка исследуемым препаратом оказала значительное позитивное влияние на показатели водонасыщения, набухания, водостойкости. Так, водонасыщение образцов в результате гидрофобизации снизилось на 44,6 %, набухание – более чем в два раза, показатель водостойкости вырос с 0,91 до 0,96, водостойкость при длительном водонасыщении повысилась с 0,88 до 0,94.

В результате гидрофобизации более чем на 20 % увеличился показатель температурной чувствительности асфальтобетона (R_{50}/R_0) – с 0,3 до 0,37, следовательно, асфальтобетон будет надежно работать в более широком температурном интервале.

Свойства минерального порошка, обладающего наиболее развитой поверхностью по сравнению с другими минеральными компонентами асфальтобетонной смеси, оказывают большое влияние на коррозионную устойчивость асфальтобетона. При длительном увлажнении вода проникает в поры асфальтобетона, частично насыщает битум, проникает через дефектные места битумных слоев к поверхности минеральных зёрен. Это способствует отслаиванию битумных пленок, особенно при недостаточной адгезии их к поверхности минеральных частиц, что приводит к ослаблению структурных связей в асфальтобетоне и облегчает его разрушение под действием транспортных средств.

В связи с изложенным представляло интерес изучение устойчивости структуры асфальтобетона при длительном воздействии агрессивных факторов окружающей среды, а именно воздействию воды. Поскольку гидрофобизация минерального порошка направлена на увеличение его сцепления с битумом, следовало ожидать повышения устойчивости асфальтобетона к воздействию воды.

Исследовано изменение показателей водостойкости, водонасыщения и набухания в результате длительного насыщения водой до 90 суток (рис. 2–4).

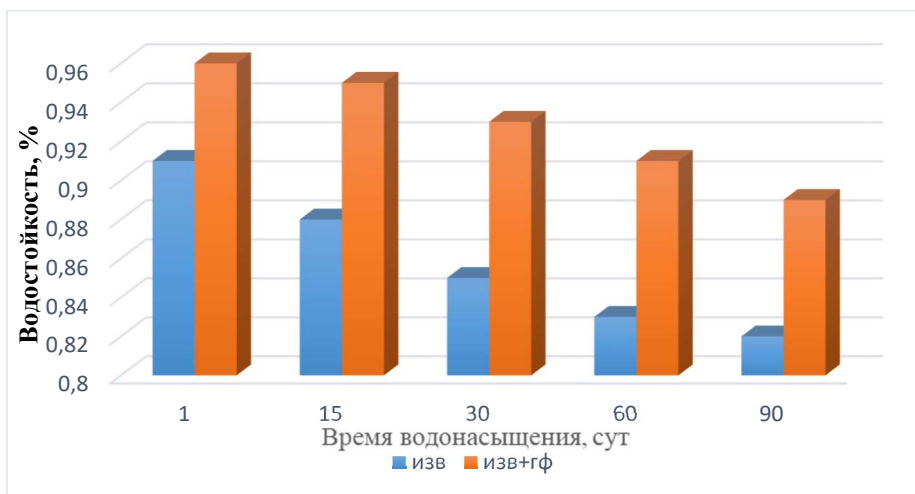


Рис. 2. Влияние гидрофобизации на длительную водостойкость асфальтобетона

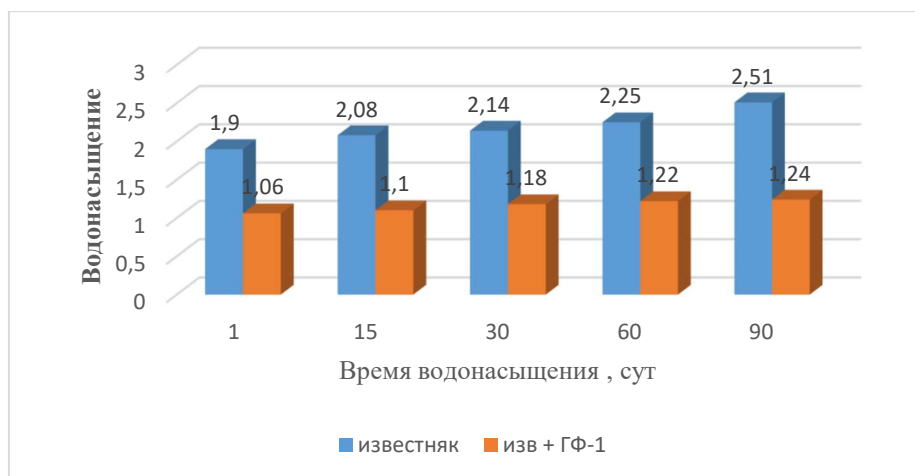


Рис. 3. Влияние гидрофобизации на водонасыщение асфальтобетона

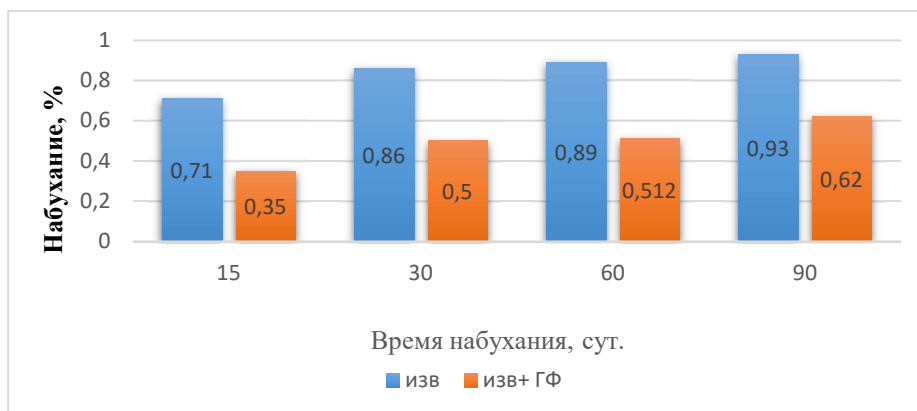


Рис. 4. Влияние гидрофобизации на набухание асфальтобетона

Анализ представленных результатов (рис. 2–4) позволяет заключить, что в асфальтобетоне, приготовленном на основе известнякового минерального порошка, снижение водостойкости после 90 суток водонасыщения составило 11 %, тогда как обработка минерального порошка Препаратом-ГФ, позволяет снизить этот показатель лишь на 7,3 %. В наибольшей степени гидрофобизация минерального порошка оказала влияние на показатели водонасыщения и набухания. Так,

водонасыщение образцов асфальтобетона на исходном минеральном порошке после 90 суток нахождения в воде составило 2,51 %, тогда как на гидрофобизированном наполнителе – 1,24, то есть практически в два раза меньше. Аналогично изменился показатель набухания.

Выводы. Использование Препарата ГФ-1 для обработки минерального порошка приводит к гидрофобизации его поверхности, что положительно отражается на физико-механических характеристиках асфальтобетона.

Образцы асфальтобетона с использованием гидрофобизированного минерального порошка характеризуются более высокими показателями водостойкости при длительном водонасыщении, что свидетельствует об увеличении адгезии на границе раздела фаз «вяжущее – минеральный наполнитель». На основании этого можно прогнозировать более длительные сроки службы асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог с использованием гидрофобизированного минерального порошка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гезенцев Л.Б. Дорожный асфальтобетон. М.: Транспорт, 1985. 350 с.
2. Миронов В.А., Голубев А.И., Тимофеев А.Г. Улучшение качества асфальтобетона регулированием свойств сырьевых материалов // Строительные материалы. 2007. № 5. С. 26–27.
3. ГОСТ 52129-2003. Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия. Введ: 2003-06-27. № 119. 33 с.
4. Горельшев Н.В. Гезенцев Л.Б. Асфальтобетон из активированных минеральных материалов. М.: Стройиздат, 1971. 256 с.
5. Борисенко О.А. Влияние дисперсности и удельной поверхности минерального порошка на формирование структуры и физико-механических свойств асфальтобетона / Сб. науч.тр. Сев-КавГТУ. Серия «Естественнонаучная» // Северо-Кавказский гос.тех.ун-т. Ставрополь, 2004. С. 1–5.
6. Гезенцев Л.Б. Асфальтовый бетон из активированных минеральных материалов. М.: Стройиздат, 1971. 255 с.
7. Ковалев Я.Н. Активационные технологии дорожных композиционных материалов (научно-практические основы). Мн.: Белорусская Энциклопедия, 2002. 334 с.
8. Траутвайн А.И., Ядыкина В.В., Гридчин А.М. Повышение реакционной способности наполнителей в результате помола // Строительные материалы. 2010. №12. С. 82–85.
9. Пат. 2112759, Российская Федерация. Активированный минеральный порошок для асфальтобетонных смесей / Першин М.Н., Молодежкин С.О.; заявл. 08.01.1997; опубл.27.10.1998.
10. Курьянов В.В. Исследование способов активации минерального порошка завода «Красцветмет» // Сб.Материалов V11 Всерос. Научно-техн.конф.сиудентов, аспирантов, и молодых учёных «Молодежь и наука». Красноярск: Сиб. федер.ун-т. 2011. С. 23–25.
11. Алексеев В.В., Салтанова Ю.В. Использование модифицированных минеральных порошков при производстве горячего асфальтобетона // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2016. Т.2. №2. С. 1–5.
12. Пат. №2112759, Российская Федерация. Активированный минеральный порошок / Неуров Г.П.; заявл. 20.05.1997; опубл. 10.11.1998.
13. Пат. 2160238, Российская Федерация. Активированный минеральный порошок для асфальтобетонных смесей / А. И. Дунаев, В.В. Кунеевский, З.А. Файрузов, Д. И Косоренков, Р.З Хазипов; заявл. 14.12.1999; опубл. 10.12.2000.
14. Калашников В.И., Хвастунов В.Л., Нестеров В.Ю., Василик П.Г. Органические гидрофобизаторы в минеральношлаковых композиционных материалах из горных пород // Строительные материалы. 2005. №4. С. 26–29.
15. Калашников В.И., Мороз М.Н. Теоретические основы смачиваемости мозаичных гидрофобно-гидрофильных поверхностей // Строительные материалы. 2008. №1. С. 47–49.
16. Копылов В.Е., Буренина О.Н., Павлова Е.А. Активация минеральных порошков, как способ улучшения физико-механических характеристик асфальтовых бетонов [Электронный ресурс] <https://naukovedenie.ru/PDF/48TVN517.pdf>
17. Мисников О.С., Белугин Д.Ю. Разработка метода гидрофобной модификации строительных материалов органическими добавками на основе торфа // Торф и бизнес. 2007. №1(7). С. 38–46.
18. Рекомендации по применению препарата ГФ (гидрофобизатор) для минеральных порошков // Инновационные дорожные материалы «ООО СЕЛЕНА». С.1–5.
19. ГОСТ 32704-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Порошок минеральный. Метод определения гидрофобности. Введ. 2015-02-01. С. 1–6.
20. Кайдалова И.И., Кузнецова Е.В. Улучшение свойств минерального порошка в результате обработки гидрофобизатором // В сб.: Актуальные вопросы технических наук и техники: сб.науч.трудов по итогам Международ.науч.-практ.конф. Белгород: изд-во БГТУ, 2017. С. 11–13.

Информация об авторах

Ядыкина Валентина Васильевна, доктор технических наук, профессор. E-mail: vvya@intbel.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Кузнецова Екатерина Викторовна, аспирант кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: kuznecova.k@inbox.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Лебедев Михаил Сергеевич, кандидат технических наук, научный сотрудник ЦВТ. E-mail: michaell1987@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 25.12.2019.

© Ядыкина В.В., Кузнецова Е.В., Лебедев М.С., 2020

*Yadykina V.V., *Kuznetsova E.V., Lebedev M.S.*
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
*E-mail: kuznecova.k@inbox.ru

CHANGE IN THE PROPERTIES OF ASPHALT CONCRETE WHEN USING HYDROPHOBIZED MINERAL POWDER

Abstract. *One of the main factors is the structure of asphalt concrete. The most important structural component in asphalt concrete is mineral powder, the quality of which depends on the technical and operational characteristics of the road surface. Different methods of processing mineral materials are used to improve the performance of asphalt concrete in Russia and abroad. In most cases, mechanical activation with organic substances is used during the grinding process.*

The article presents the results of research on the effect of treatment of mineral powder with the preparation GF-1 on its characteristics and on changes in the physical and mechanical properties of asphalt concrete, as well as on indicators for long-term water saturation.

It is shown that as a result of modification, the mineral powder becomes hydrophobic, which has a positive effect on the physical and mechanical characteristics of asphalt concrete with its use. It is found that hydrophobization of mineral powder significantly reduces water saturation and swelling; increases water resistance during long-term water saturation (up to 90 days) of asphalt concrete samples. As a result of hydrophobization, the temperature sensitivity of asphalt concrete increases significantly. Therefore, the composite will work reliably in a wider temperature range.

Keyword: *mineral powder, GF-1 preparation, hydrophobization of mineral powder, asphalt concrete, physical and mechanical characteristics, long-term water resistance.*

REFERENCES

1. Gesenzwey L.B. Road asphalt concrete [Dorozhnyj asfal'tobeton]. M: Transport, 1985. 350 p. (rus)

2. Mironov V.A., Golubev A.I., Timofeev A.G. Improving the quality of asphalt concrete by regulating the properties of raw materials [Uluchshenie kachestva asfal'tobetona regulirovaniem svoystv syr'evykh materialov]. Building materials. 2007. No. 5. Pp. 26–27. (rus)

3. GOST 52129-2003 "Mineral Powder for asphalt concrete and organomineral mixtures. Technical conditions [Poroshok mineralnyi dlia asfal'tobetonnykh i organomineralnykh smesei Tekhnicheskie usloviia]. 2003-06-27. No. 119. 33 p. (rus)

4. Gorelyshev N.V. Gezentsvey L.B. Asphalt concrete made of activated mineral materials [Asfal'tobeton iz aktivirovannykh mineral'nykh materialov]. M.: Stroyizdat, 1971. 256 p.(rus)

5. Borisenko O.A. Influence of dispersion and specific surface of mineral powder on formation of structure and physical and mechanical properties of

asphalt concrete [Vliyanie dispersnosti i udel'noj poverhnosti mineral'nogo poroshka na formirovanie struktury i fiziko-mekhanicheskikh svoystv asfal'tobetona] tr. Sevkavgtu. Series "natural Science" North Caucasus state technical University-Stavropol, 2004. Pp. 1–5. (rus)

6. Gezentsvey L.B. Asphalt concrete made of activated mineral materials [Asfal'tovyj beton iz aktivirovannykh mineral'nykh materialov]. M: Stroizdat, 1971. 255 p. (rus)

7. Kopylov V.E., Burenina O.N., Pavlova E.A. Activation of mineral powders as a way to improve the physical and mechanical characteristics of asphalt concretes [Aktivaciya mineral'nykh poroshkov, kak sposob uluchsheniya fiziko-mekhanicheskikh harakteristik asfal'tovykh betonov] <https://naukovedenie.ru/PDF/48TVN517.pdf>. (rus)

8. Kovalev Y.N. Activation technology road composite materials (scientific and practical bases) [Aktivacionnye tekhnologii dorozhnykh kompozitsionnykh materialov (nauchno-prakticheskie osnovy)]. Mn.: Belarusian Encyclapedia, 2002. 334 p. (rus)

9. Trautwein A.I., Yadykina V.V., Gridchin A.M. Enhancement of the reactivity of the fillers as a result of grinding [Povyshenie reakcionnoj sposobnosti napolnitelej v rezul'tate pomola. Materials]. 2010. No. 12. Pp. 82–85. (rus)

10. Pershin M.N., Vladicin S.O. Activated mineral powder for asphalt mixtures [Aktivirovannyj mineral'nyj poroshok dlya asfal'tobetonnyh smesej]. Patent RF, no 2112759; Appl. 08.01.1997; publ.27.10.1998. (rus)

11. Kuryanov V.V. Research of ways of activation of mineral powder of plant "Kratsvetmet [Issledovanie sposobov aktivacii mineral'nogo poroshka zavoda «Kratsvetmet». Sb.Materialov V11 Vseros. Nauchno-tekhn.konf.siudentov, aspirantov, i molodyh uchyonyh « Molodezh' i nauka». Krasnoyarsk: Sib. feder.un-t. 2011. Pp. 23–25.

12. Alekseenko V.V., Saltanova Y.V. The use of modified mineral powders in the production of hot asphalt concrete [Ispol'zovanie modifitsirovannyh mineral'nyh poroshkov pri proizvodstve goryachego asfal'tobetona]. Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii. 2016. Vol.2. No. 2. Pp. 1–5. (rus)

13. Neurov G.P. Activated mineral powder [Aktivirovannyj mineral'nyj poroshok]. Patent RF. no. 2112759, 1998. (rus)

14. Dunaev A.I., Kosorenkov R.Z. Kunevsky V.V., Activated mineral powder for asphalt concrete mixtures [Aktivirovannyj mineral'nyj poroshok dlya asfal'tobetonnyh smesej]. Patent RF. 2160238, 2000. (rus)

15. Kalashnikov V.I., Khvastunov V.L., Nesterov V.Yu., Vasilik P.G. Organic hydrophobizers in mineral slag composite materials from rocks

[Organicheskie gidrofobizatory v mineral'noshlakovyh kompozitsionnyh materialah iz gornyh porod]. Building materials. 2005. No. 4. Pp. 26–29. (rus)

16. Kalashnikov V.I., Moroz M.N. Theoretical bases of wettability of mosaic hydrophobic-hydrophilic surfaces. [Teoreticheskie osnovy smachivayemosti mozaichnyh gidrofobno-gidrofil'nyh poverkhnostej]. Building materials. 2008. No. 1. Pp. 47–49. (rus)

17. Misnikov O.S., Belugin D.Yu. Development of a method of hydrophobic modification of building materials by organic additives on the basis of peat [Razrabotka metoda gidrofobnoj modifikacii stroitel'nyh materialov organicheskimi dobavkami na osnove torfa]. Peat and business. 2007. No. 1(7). Pp. 38–46. (rus)

18. Recommendations for use of the preparation GF (hydrophobizer) for mineral powders [Rekomendacii po primeneniyu preparata GF (gidrofobizator) dlya mineral'nyh poroshkov]. Innovatsionnye dorozhnye materialy «OOO SELENA». Pp. 1–5. (rus)

19. GOST 32704-2014 Public roads. Mineral powder. Method for determining hydrophobicity [Dorogi avtomobilnye obshchego polzovaniia Poroshok mineralnyi Metod opredeleniia gidrofobnosti]. 2015-02-01. Pp. 1–6. (rus)

20. Kaidalova I.I., Kuznetsova E.V. Improving the Properties of mineral powder as a result of treatment with a hydroboser [Uluchsheniya svoystv mineral'nogo poroshka v rezul'tate obrabotki gidrofobizatorom] V sb.: Aktual'nye voprosy tekhnicheskikh nauk i tekhniki: sb.nauch.trudov po itogam Mezhdunarod.nauch. prakt. konf. Belgorod : izd-vo BGTU, 2017. Pp. 11–13. (rus)

Information about the authors

Yadykina, Valentina V. DSc, Professor. E-mail: vvy@intbel.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 46 Kostyukova str., Belgorod, 308012, Russia.

Kuznetsova, Ekaterina V. Postgraduate student. E-mail: kuznecova.k@inbox.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 46 Kostyukova str., Belgorod, 308012, Russia.

Lebedev, Mikhail S. Researcher of the Central research University E-mail: michaell1987@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 46 Kostyukova str., Belgorod, 308012, Russia.

Received 25.12.2019

Для цитирования:

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

For citation:

Yadykina V.V., Kuznetsova E.V., Lebedev M.S. Change in the properties of asphalt concrete when using hydrophobized mineral powder. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 4. Pp. 17–23. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-4-17-23