

# СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-12-8-15

<sup>1</sup>Ядыкина В.В., <sup>2</sup>Тоболенько С.С., <sup>1</sup>Гриджин А.М., <sup>1,\*</sup>Выродова К.С.<sup>1</sup>Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова<sup>2</sup>МБУ "ОКС Белгородского района"

\*E-mail: vyrodova.christina@yandex.ru

## ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА УСТОЙЧИВОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОНА К ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований по влиянию стабилизирующих добавок из отходов промышленности на изменение физико-механических свойств асфальтобетона в результате воздействия погодно-климатических факторов. В качестве исходных компонентов использованы микропористые отходы целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБО) высокой плотности (гофрокартон), минеральные наполнители из известняка и отходов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (ММС) в стабильном и активированном состоянии и битумная эмульсия. В качестве критерия оценки влияния погодно-климатических факторов на физико-механические свойства ЩМА использовали коэффициент деградации их значений. Установлено, что после одного и трёх лет условного воздействия погодно-климатических факторов произошло увеличение прочности на растяжение при расколе и снижение предела прочности при сжатии при температурах 20 и 50 °С образцов всех составов ЩМА, что связано со старением вяжущего и отслоением битумной плёнки от поверхности минеральных материалов и компонентов стабилизирующей добавки. Показано, что в результате введения минеральных наполнителей в состав стабилизирующих добавок повышается их битумоудерживающая способность, что свидетельствует об увеличении структурирующего эффекта стабилизатора и способствует замедлению старения. Наибольшую эффективность показала стабилизирующая добавка, содержащая свежеземельченные отходы ММС, что объясняется их высокой адсорбционной способностью по отношению к органическому вяжущему. Установлено, что ЩМА с использованием разработанной стабилизирующей добавки подвергается значительно меньшей деградации в результате воздействия погодно-климатических факторов, чем асфальтобетон на традиционном стабилизаторе Viator.

**Ключевые слова:** асфальтобетон, щебеночно-мастичный асфальтобетон, стабилизирующие добавки, старение, погодно-климатические факторы.

**Введение.** Покрытия автомобильных дорог в процессе эксплуатации находятся под воздействием, главным образом, двух групп факторов – погодно-климатических и механических, обусловленных нагрузками от транспортных средств. В результате этого происходят необратимые изменения структуры и свойств асфальтобетона в слое покрытия, снижающие его долговечность. По данным [1–2] по степени разрушающего влияния на асфальтобетон на первом месте в общей группе воздействий стоят влажностный и температурный режимы работы материала. При воздействии влаги, высокой температуры и ультрафиолета, связи между минеральными зёрнами ослабевают, что ведет к уменьшению прочности [3], в результате чего на покрытии появляются сдвиговые деформации в виде волн и наплывов.

В настоящее время одним из основных материалов, обеспечивающих необходимую долговечность дорожного покрытия, является щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) [4–8].

При эксплуатации климатические воздействия, особенно циклические изменения температуры, вызывают разуплотнение структуры асфальтобетона, в том числе и щебеночно-мастичного, обусловленное старением вяжущего и накоплением дефектов, что с течением времени приводит к деградации физико-механических свойств материала [9]. Старение органического вяжущего связано с термоокислительными процессами и сорбционными изменениями на поверхности минеральных материалов.

Одним из структурообразующих компонентов ЩМА являются стабилизирующие добавки, состав которых достаточно разнообразен [10–16]. Их составляющие, наряду с минеральным порошком, являются тонкодисперсными, поэтому следует ожидать, что состав стабилизирующих добавок будет оказывать существенное влияние на степень структурированности битума и на деградационные процессы, происходящие в композите.

В связи с этим, одним из способов прогнозирования срока службы асфальтобетонных покрытий, представляющих значительный интерес для ЦМА с использованием различных стабилизирующих добавок, является оценка влияния погодных-климатических факторов на свойства композита.

Целью настоящей работы явилось изучение влияния разработанных стабилизирующих добавок из отходов целлюлозно-бумажной промышленности на изменение физико-механических характеристик ЦМА в результате воздействия погодных-климатических факторов и оценка эффек-

тивности стабилизаторов для обеспечения долговечности покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона.

**Материалы и методология.** Для испытаний были использованы разработанные стабилизирующие добавки, включающие микропористые отходы целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБО) высокой плотности (гофрокартон), минеральные наполнители из известняка и отходов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (ММС) в стабильном и активированном состоянии и битумную эмульсию. Составы стабилизирующих добавок представлены в таблице 1.

Таблица 1

Составы стабилизирующих добавок

№ состава	Картон, %	Минеральный порошок, %			Битумная эмульсия, %
		Известняк	Отходы ММС		
			в стабильном состоянии	в активированном	
1	75	5	–	–	20
2	75	–	5	–	20
3	75	–	–	5	20

Структурирующую способность стабилизирующих добавок оценивали по коэффициенту битумоудерживающей способности [17].

Влияние исследуемых стабилизирующих добавок на устойчивость асфальтобетона к воздействию погодных-климатических факторов проводили на образцах ЦМА-16 с использованием климатической камеры «Фойтрон», в которой моделировали воздействие ультрафиолетового и инфракрасного излучений, попеременного водонасыщения и высушивания, а также замораживания и оттаивания по методике, изложенной в работе [18]. Оценку влияния погодных-климатических факторов проводили по изменению предела прочности при сжатии при 20 и 50 °С, прочности на растяжение при расколе при 0 °С. Испытания проводили в течение 1 и 3 условных лет эксплуатации покрытия.

В качестве критерия оценки влияния погодных-климатических факторов на физико-механические свойства ЦМА использовали коэффициент деградации их значений [9]:

$$k_{AR} = \frac{2}{\Delta R_{20} + \Delta R_{50}} + \frac{1}{\Delta R_p} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $\Delta R_{20}$  – изменение предела прочности при сжатии при температуре 20 °С;  $\Delta R_{50}$  – изменение предела прочности при сжатии при температуре 50 °С;  $\Delta R_p$  – изменение предела прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С.

**Основная часть.** Граница раздела фаз «стабилизирующая добавка – вяжущее» в составе ЦМАС занимает значительное место и оказывает существенное влияние на процессы структурообразования, физико-механические и эксплуатационные характеристики асфальтобетона и дорожного покрытия.

Комплексное влияние микропористых ЦБО высокой плотности и различных наполнителей в составе стабилизирующей добавки на ее структурирующую способность оценивалось по коэффициенту битумоудерживающей способности (табл. 2).

Таблица 2

Битумоудерживающая способность исследуемых стабилизирующих добавок в асфальтовязущем

Показатель	Viator	Гофрокартон без наполнителя	Известняк + гофрокартон	ММС в стабильном состоянии + гофрокартон	ММС активированный + гофрокартон
Коэффициент битумоудерживающей способности, Кбс	1,148	1,037	1,111	1,074	1,222

Как и следовало ожидать, наличие тонкодисперсных наполнителей в составах стабилизирующих добавок из гофрокартона повышает их структурирующую (битумоудерживающую) способность. Так, увеличение Кбс стабилизатора при введении порошка из известняка составило 6,75 %, из отходов ММС в стабильном состоянии – 3,86 %. Наибольшую эффективность, даже по сравнению с Viator, показала стабилизирующая добавка, содержащая свежемельченые отходы ММС, при использовании которой битумоудерживающая способность повысилась на 18,32 % по сравнению со стабилизатором без наполнителя. Это объясняется высокой адсорбционной способностью исследуемого механоактивированного порошка по отношению к органиче-

скому вяжущему [19]. Закономерно предположить, что это положительно отразится на физико-механических характеристиках и долговечности ЩМА. Результаты дальнейших исследований подтвердили это предположение.

Установлено, что после одного и трёх лет условного воздействия погодно-климатических факторов произошло увеличение прочности на растяжение при расколе и снижение предела прочности при сжатии при температурах 20 и 50 °С образцов всех составов ЩМА (таблицы 3-5). Это можно объяснить старением вяжущего в процессе эксплуатации, а также отслоением битумной плёнки от поверхности минеральных материалов и компонентов стабилизирующей добавки под воздействием погодно-климатических факторов.

Таблица 3

### Изменение прочности при сжатии при 20 °С ЩМА-15 под влиянием погодно-климатических факторов

Название добавок	R <sub>20</sub> , МПа	R <sub>20</sub> , после 1 условного года, МПа	Потеря прочности, %	R <sub>20</sub> , после 3 лет моделирования, МПа	Потеря прочности, %
Viator-66	3,7	3,1	16,2	2,5	32,4
№ 1	3,6	3,0	16,7	2,2	38,9
№ 2	3,5	2,8	20,0	2,0	42,9
№ 3	3,8	3,2	15,7	2,6	31,6

Результаты исследований изменения прочности при сжатии при 20 °С показали, что после одного условного года испытаний падение прочности составило от 15,7 до 20 %, а после 3 лет – от 31,6 до 42,9 %.

Потеря прочности при сжатии при 50 °С составила 16,1 – 23,3 и 25,9 – 43,3 % после одного и трех условных лет испытаний соответственно.

Таблица 4

### Изменение прочности при сжатии при 50 °С ЩМА-15 под влиянием погодно-климатических факторов

Название добавок	R <sub>50</sub> , МПа	R <sub>50</sub> , после 1 условного года, МПа	Потеря прочности, %	R <sub>50</sub> , после 3 лет моделирования, МПа	Потеря прочности, %
Viator-66	1,3	1,08	16,9	0,9	30,7
№ 1	1,24	1,02	17,7	0,8	35,4
№ 2	1,2	0,92	23,3	0,68	43,3
№ 3	1,43	1,20	16,1	1,06	25,9

Таблица 5

### Изменение прочности на растяжение при расколе при 0 °С ЩМА-15 под влиянием погодно-климатических факторов

Название добавок	R <sub>0</sub> , МПа	R <sub>0</sub> , после 1 условного года, МПа	Изменение прочности, %	R <sub>0</sub> , после 3 лет моделирования, МПа	Изменение прочности, %
Viator-66	4,3	4,4	3,3	4,6	7,0
№ 1	4,4	4,6	4,5	4,7	6,8
№ 2	4,3	4,7	9,3	4,9	14,0
№ 3	4,5	4,6	2,2	4,8	6,6

Прочность при расколе претерпела значительно меньшие изменения.

Анализ результатов, представленных в таблицах 3–5, свидетельствует о том, что наибольшее отрицательное влияние погодно-климатические факторы оказали на ЩМА, в состав которого входила стабилизирующая добавка № 2, не содержащая минеральных наполнителей. Как и следовало ожидать, наименьшие изменения исследуемых показателей наблюдались при использовании в составе ЩМА стабилизатора, включающего волокна из гофрокартона и активированный порошок из отхода ММС.

Это произошло из-за улучшения структурирования битума активной стабилизирующей добавкой, благодаря чему он полнее переводится в плёночное состояние, что согласно исследованиям [20], приводит к замедлению деградиционных процессов в вяжущем.

Интегральная оценка изменения структуры ЩМА с разными стабилизирующими добавками через 1 и 3 года моделирования погодно-климатического воздействия, характеризуемая коэффициентом дегградации [9, 21], приведена на рисунке 1.

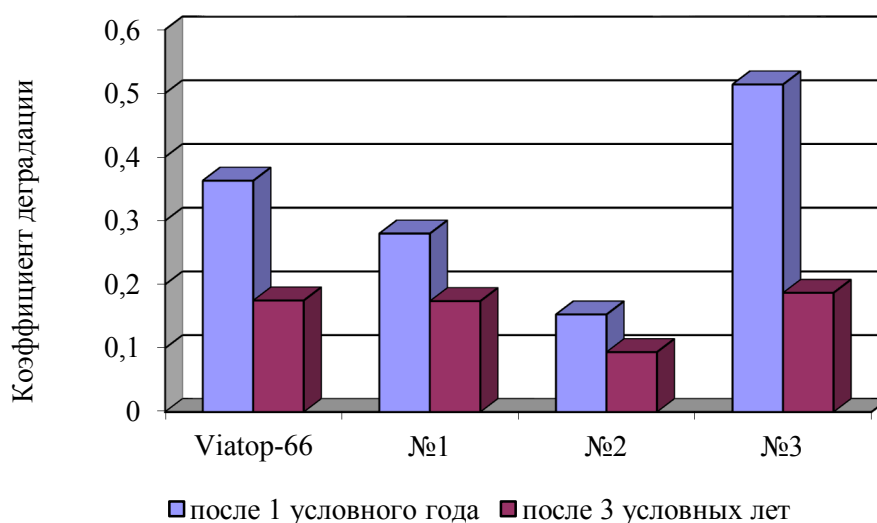


Рис. 1. Значения коэффициента дегградации для ЩМА с разными стабилизирующими добавками через 1 и 3 года моделирования погодно-климатического воздействия

Наибольшее значение коэффициента дегградации, а, следовательно, наименьшее изменение характеристик при воздействии погодно-климатических факторов, имеет ЩМА со стабилизирующей добавкой № 3 и Viatorp. Таким образом, добавки с высоким структурирующим эффектом обеспечивают высокую долговечность композита, причем ЩМА с использованием стабилизирующей добавки, содержащей гофрокартон и активированные отходы ММС, подвергается значительно меньшей дегградации, чем асфальтобетон на традиционном стабилизаторе Viatorp.

**Выводы.** Введение тонкодисперсных наполнителей в состав стабилизирующих добавок из гофрокартона повышает их структурирующую (битумоудерживающую) способность. Наибольший структурирующий эффект показала стабилизирующая добавка, содержащая свежизмельченные отходы ММС, что объясняется их высокой адсорбционной способностью по отношению к органическому вяжущему.

Установлено, что стабилизирующие добавки, обладающие высокой структурирующей способностью, замедляют процессы дегградации при воздействии погодно-климатических факторов.

Результаты исследований свидетельствуют об эффективности разработанных стабилизирующих добавок из отходов целлюлозно-бумажной промышленности для щебеночно-мастичного асфальтобетона, особенно с использованием механически активированных отходов ММС. В покрытии автомобильных дорог такой материал будет обладать высокой прочностью, водостойкостью, сдвигоустойчивостью при высоких летних температурах и трещиностойкостью зимой.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондарев Б.А., Прозорова Л.А., Бутузов Г.М. Прогнозирование долговечности асфальтобетонных покрытий городских автомобильных дорог на основе щебеночно-мастичного асфальтобетона // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. № 30(49). С. 328–335.
2. Иливанов В.Ю., Салихов М.Г. Исследование долговечности модифицированного щебеночно-мастичного асфальтобетона при действии агрессивной среды // Вестник поволжского государственного технологического университета.

Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2013. № 2(18). С. 38–45.

3. Салихов М.Г., Иливанов В.Ю., Малянова Л.И. Изучение температурного старения модифицированного щебеночно-мастичного асфальтобетона с отходами дробления известняков // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2017. Т.1. С. 216–220.

4. Дормидонтова Т.В., Лосев Д.А., Андреев Ф.С. Преимущества использования щебеночно-мастичного асфальтобетона при капитальном ремонте автомобильных дорог // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 74-3. С. 47–50.

5. Ульмгрен Н., Дымов С. Зарубежный опыт применения щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей (на примере шведского концерна NCC) // Материалы и конструкции. Дорожная техника. Санкт-Петербург: издательский дом «Славутич». 2003. С. 22–31.

6. Тарановская Е.А., Гончаров В.О., Туркова Н.Ю. и др. Устройство нежестких дорожных одежд с применением щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА) // Тенденции развития науки и образования. 2017. № 23-3. С. 31–33.

7. Оев А.М., Оев С.А. Щебеночно-мастичный асфальтобетон – эффективный материал для дорожных покрытий // Вестник Таджикского технического университета. 2014. № 1(25). С. 98–100.

8. Бойко С.А., Калгин Ю.И., Строкин А.С. Разработка щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей с улучшенной удобоукладываемостью для устройства и ремонта дорожных покрытий // Научный журнал строительства и архитектуры. 2017. № 1 (45). С. 93–99.

9. Иноземцев С.С. Королёв Е.В. Эксплуатационные свойства наномодифицированных щебеночно-мастичных асфальтобетонов // Вестник МГСУ. 2015. № 3. С. 29–39.

10. Айзенштадт А.М., Тутыгин А.С., Шинкарук А.А., Бабаева В.А. Сравнение физико-механических характеристик щебеночно-мастичных асфальтобетонов с применением стабилизирующих добавок // Электронный сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. Наукоемкие технологии и инновации. 2019. С. 4–8.

11. Ядыкина В.В., Гридчин А.М., Тоболенко С.С. Стабилизирующая добавка для щебеночно-

мастичного асфальтобетона из отходов промышленности // Строительные материалы. 2012. № 8. С. 64–65.

12. Смирнов Д.С., Ягунд Э.М., Броднева В.Е. Оценка воздействия целлюлозных примесей на свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. №4 (54). С. 80–87.

13. Trautvain A.I., Yadykina V.V., Tobolenko S.S. Study of the Influence of Thin-Dispersed Powders on the Structuring Ability of Stabilizing Additives // Material Science Forum. 2020. № 974. Pp. 37–42.

14. Вачиев С.Е. Щебеночно-мастичный асфальтобетон с применением стабилизирующей добавки "Хризопро" // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. №4. С. 90–92.

15. Борисенко Ю.Г., Казарян С.О. Особенности напряженно-деформированного состояния покрытий из щебеночно-мастичного асфальтобетона, модифицированных керамзитовым порошком // Научный журнал строительства и архитектуры. 2019. №3 (55). С. 36–43.

16. Минь Дат Л.Ч., Балабанов В.Б., Проценко М.Ю. Применение гидролизного лигнина в качестве стабилизирующей добавки для щебеночно-мастичного асфальтобетона // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Т.9. №2 (29). С. 334–341.

17. Соломенцев А.Б., Баранов И.А. Оценка битумоудерживающей способности стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона в асфальтовяжущем // Строительство и реконструкция. Орел: Госуниверситет УНПК. 2010. №4(30). С. 53–58.

18. Соколов Б.Ф., Маслов С.М. Моделирование эксплуатационно-климатических воздействий на асфальтобетон. Воронеж: Изд-во ВГТУ. 1987. 104 с.

19. Траутвайн А.И., Ядыкина В.В., Гридчин А.М. Повышение реакционной способности наполнителей в результате помола // Строительные материалы. 2010. №12. С. 82–85.

20. Печеный Б.Г. Битумы и битумные композиции. М.: Химия. 1990. 256 с.

21. Баженов Ю.М., Гарькина И.А., Данилов А.М., Королев Е.В. Системный анализ в строительном материаловедении: монография. Москва: МГСУ. 2012. 432 с.

#### Информация об авторах

**Ядыкина Валентина Васильевна**, доктор технических наук, профессор кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: vvyu@intbel.ru. Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова. Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

**Тоболенько Сергей Сергеевич**, инженер по строительному контролю. E-mail: tobolenko-ss@yandex.ru. МБУ "ОКС Белгородского района". Россия, 308501, Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Дубовое, улица Ягодная, 1.

**Гриджин Анатолий Митрофанович**, доктор технических наук, профессор кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: agd@intbel.ru. Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова. Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

**Выродова Кристина Сергеевна**, аспирант кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: vyrodova.christina@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова. Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Поступила в мае 2021 г.

© Ядыкина В.В., Тоболенько С.С., Гриджин А.М., Выродова К.С., 2021

<sup>1</sup>Yadykina V.V., <sup>2</sup>Tobolenko S.S., <sup>1</sup>Gridchin A.M., <sup>1,\*</sup>Vyrodova K.S.

<sup>1</sup>Belgorod State Technological University named after I.I. V.G. Shukhova

<sup>2</sup>MBU "ACS of the Belgorod district"

\*E-mail: vyrodova.christina@yandex.ru

## THE EFFECT OF STABILIZING ADDITIVES ON THE STABILITY OF ASPHALT CONCRETE TO THE EFFECTS OF WEATHER AND CLIMATIC FACTORS

**Abstract.** The article presents the results of studies on the influence of stabilizing additives from industrial waste on the change in the physical and mechanical properties of asphalt concrete as a result of the influence of weather and climatic factors. Microporous waste from the pulp and paper industry of high density (corrugated cardboard), mineral fillers from limestone and waste from wet magnetic separation of ferruginous quartzites in a stable and activated state and a bituminous emulsion are used as initial components. As a criterion for assessing the influence of weather and climatic factors on the physical and mechanical properties of the stone mastic asphalt, the coefficient of degradation of their values was used. It is found that after one and three years of conditional exposure to weather and climatic factors, there was an increase in the tensile strength at splitting and a decrease in the compressive strength at temperatures of 20 and 50 °C of samples of all compositions of the stone mastic asphalt, which is associated with the aging of the binder and the separation of the bitumen film from the surface of mineral materials and components of the stabilizing additive. It is shown that as a result of the introduction of mineral fillers into the composition of stabilizing additives, their bitumen-retaining ability increases, which indicates an increase in the structuring effect of the stabilizer and helps to slow down aging. The most effective was shown by a stabilizing additive containing freshly ground wet magnetic separation waste, which is explained by their high adsorption capacity in relation to an organic binder. It is found that the stone mastic asphalt using the developed stabilizing additive undergoes significantly less degradation as a result of the influence of weather and climatic factors than asphalt concrete on a traditional Viatop stabilizer.

**Keywords.** Asphalt concrete, crushed stone-mastic asphalt concrete, stabilizing additives, aging, weather and climatic factors.

### REFERENCES

1. Bondarev B.A., Prozorova L.A., Butuzov G. M. Forecasting the durability of asphalt concrete coverings of urban highways based on crushed stone-mastic asphalt concrete [Prognozirovanie dolgovechnosti asfal'tobetonnyh pokrytij gorodskih avtomobil'nyh dorog na osnove shchebyonochno-mastichnogo asfal'tobetona]. Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture. 2013. No. 30(49). Pp. 328–335. (rus)
2. Ilivanov V.Yu., Salikhov M.G. Study of the durability of modified crushed-mastic asphalt concrete under the action of an aggressive environment

[Issledovanie dolgovechnosti modifitsirovannogo shchebyonochno-mastichnogo asfal'tobetona pri dejstvii agressivnoj sredy]. Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Environmental management. 2013. No. 2(18). Pp. 38–45. (rus)

3. Salikhov M.G., Ilivanov V.Yu., Malianova L.I. Study of temperature aging of modified crushed-mastic asphalt concrete with limestone crushing waste [Izuchenie temperaturnogo stareniya modifitsirovannogo shchebenochno-mastichnogo asfal'tobetona s othodami drobleniya izvestnyakov]. Modernization and scientific research in the transport complex. 2017. Vol. 1. Pp. 216–220. (rus)

4. Dormidontova T.V., Losev D.A., Andreev F.S. Advantages of using crushed-mastic asphalt concrete during major repairs of highways [Premushchestva ispol'zovaniya shchebenochno-mastichnogo asfal'tobetona pri kapital'nom remonte avtomobil'nyh dorog]. Trends in the development of science and education. 2021. No. 74-3. Pp. 47–50. (rus)
5. Ulmgren N., Dymov S. Foreign experience in the use of crushed stone-mastic asphalt concrete mixtures (on the example of the Swedish concern NCC) [Zarubezhnyj opyt primeneniya shchebenochno-mastichnyh asfal'tobetonnyh smesey (na primere shvedskogo koncerna NCC)]. Materials and structures. Road equipment. St. Petersburg: Slavutich Publishing House. 2003. Pp. 22–31. (rus)
6. Taranovskaya E. A., Goncharov V. O., Turkova N. Yu., etc. The device of non-rigid road clothes with the use of crushed-mastic asphalt concrete (SHCHMA) [Ustrojstvo nezhyostkih dorozhnyh odezhd s primeneniem shchebyonochno-mastichnogo asfal'tobetona (SHCHMA)]. Trends in the development of science and education. 2017. No. 23-3. Pp. 31–33. (rus)
7. Oev A.M., Oev S. A. Crushed-mastic asphalt concrete is an effective material for road surfaces [SHCHEbyonochno-mastichnyj asfal'tobeton – effektivnyj material dlya dorozhnyh pokrytij]. Bulletin of the Tajik Technical University. 2014. No. 1(25). Pp. 98–100. (rus)
8. Boyko S.A., Kalgin Yu.I., Strokin A.S. Development of crushed-mastic asphalt-concrete mixtures with improved workability for the device and repair of road surfaces [Razrabotka shchebyonochno-mastichnyh asfal'tobetonnyh smesey s uluchshennoj udoboukladyvaemost'yu dlya ustrojstva i remonta dorozhnyh pokrytij]. Scientific Journal of Construction and Architecture. 2017. No. 1 (45). Pp. 93–99. (rus)
9. Inozemtsev S.S. Korolev E.V. Operational properties of nanomodified crushed-mastic asphalt concrete [Ekspluatacionnye svoystva nanomodifirovannyh shchebyonochno-mastichnyh asfal'tobetonov]. Vestnik MGSU. 2015. No. 3. Pp. 29–39. (rus)
10. Aisenstadt A.M., Tutygin A.S., Shinkaruk A. A., Babaeva V. A. Comparison of physical and mechanical characteristics of crushed-mastic asphalt concrete with the use of stabilizing additives [Sravnenie fiziko-mekhanicheskikh harakteristik shchebenochno-mastichnyh asfal'tobetonov s primeneniem stabiliziruyushchih dobavok]. Electronic collection of reports of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 65th anniversary of the V. G. Shukhov BSTU. High-tech technologies and innovations. 2019. Pp. 4-8. (rus)
11. Yadykina V.V., Gridchin A.M., Tobolenko S. S. Stabilizing additive for crushed-mastic asphalt concrete from industrial waste [Stabiliziruyushchaya dobavka dlya shchebenochno-mastichnogo asfal'tobetona iz othodov promyshlennosti]. Construction materials. 2012. No. 8. Pp. 64–65. (rus)
12. Smirnov D.S., Yagund E.M., Brodneva V.E. Assessment of the impact of cellulose impurities on the properties of crushed-mastic asphalt concrete [Ocenka vozdejstviya cellyuloznyh primesej na svoystva shchebenochno-mastichnogo asfal'tobetona]. Proceedings of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2020. No. 4 (54). Pp. 80–87. (rus)
13. Trautvain A.I., Yadykina V.V., Tobolenko S.S. Study of the Influence of Thin-Dispersed Powders on the Structuring Ability of Stabilizing Additives. Materials Science Forum. 2020. No. 974. Pp. 37–42.
14. Achiev S.E. stone mastic asphalt with the use of a stabilizing additive "Chrysopa" [SHCHEbenochno-mastichnyj asfal'tobeton s primeneniem stabiliziruyushchej dobavki "Hrizopro"]. Scientific progress – work young. 2019. No. 4. Pp. 90–92. (rus)
15. Borisenko Yu.G., Kazaryan S.O. Features of the stress-strain state of coatings made of crushed-mastic asphalt concrete modified with expanded clay powder [Osobennosti napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya pokrytij iz shchebenochno-mastichnogo asfal'tobetona, modifirovannyh keramzitovym poroshkom]. Scientific Journal of Construction and Architecture. 2019. No. 3 (55). Pp. 36–43. (rus)
16. Min Dat L. Ch., Balabanov V.B., Protsenko M.Yu. Application of hydrolyzed lignin as a stabilizing additive for crushed-mastic asphalt concrete [Primenenie gidroliznogo lignina v kachestve stabiliziruyushchej dobavki dlya shchebenochno-mastichnogo asfal'tobetona]. Izvestiya vuzov. Investment. Construction. Realty. 2019. Vol. 9. No. 2 (29). Pp. 334–341. (rus)
17. Solomentsev A.B., Baranov I.A. Assessment of the bitumen-retaining ability of stabilizing additives for crushed-mastic asphalt concrete in an asphalt binder [Ocenka bitumouderzhivayushchej sposobnosti stabiliziruyushchih dobavok dlya shchebenochno-mastichnogo asfal'tobetona v asfal'tovyazhushchem]. Construction and reconstruction. Orel: UNPK State University. 2010. No. 4(30). Pp. 53–58. (rus)
18. Sokolov B. F., Maslov S. M. Modeling of operational and climatic impacts on asphalt concrete [Modelirovanie ekspluatacionno-klimaticheskikh vozdejstvij na asfal'tobeton]. Voronezh: VSTU Publishing house. 1987. 104 p. (rus)

19. Trautvain A.I., Yadykina V.V., Gridchin A.M. Increase in the reactivity of fillers as a result of grinding [Povyshenie reakcionnoj sposobnosti napolnitelej v rezul'tate pomola]. Construction materials. 2010. No. 12. Pp. 82–85. (rus)

20. Pechenyi B.G. Bitumens and bitumen compositions [Bitumy i bitumnye kompozicii]. M.: Chemistry. 1990. 256 p. (rus)

21. Bazhenov Yu.M., Garkina I.A., Danilov A.M., Korolev E.V. System analysis in construction materials science: monograph [Sistemnyj analiz v stroitel'nom materialovedenii]. Moscow: MGSU. 2012. 432 p. (rus)

*Information about the authors*

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

**Tobolenko, Sergey S.** Construction control engineer. E-mail: tobolenko-ss@yandex.ru. MBU "ACS of the Belgorod district". Russia, 308501, Belgorod region, Belgorod district, Dubovoye village, st. Yagodnaya, 1

**Gridchin, Anatoly M.** DSc, Professor. E-mail: agd@intbel.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Vyrodova, Kristina S.** Postgraduate student. E-mail: vyrodova.christina@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

---

*Received 30.07.2021*

**Для цитирования:**

Ядыкина В.В., Тоболенко С.С., Гридчин А.М., Выродова К.С. Влияние стабилизирующих добавок на устойчивость асфальтобетона к воздействию погодно-климатических факторов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 12. С. 8–115. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-12-8-15

**For citation:**

Yadykina V.V., Tobolenko S.S., Gridchin A.M., Vyrodova K.S. The effect of stabilizing additives on the stability of asphalt concrete to the effects of weather and climatic factors. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 12. Pp. 8–15. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-12-8-15