

<https://doi.org/10.21122/2227-1031-2023-22-4-294-300>

УДК 625.7/8: 691.175.5/8

Исследование влияния состава гидрофобного профилактического «Протект-01» на физико-механические свойства материалов асфальтобетонных покрытий

Магистр В. В. Петрусевич¹⁾

¹⁾УО «Белорусский государственный университет транспорта» (Гомель, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2023

Belarusian National Technical University, 2023

Реферат. Асфальтобетонное покрытие в процессе эксплуатации подвергается различным деструктивным воздействиям, связанным с внешними природно-климатическими и эксплуатационными факторами, которые могут вызывать его преждевременный выход из строя. На протяжении последних 10 лет отмечается значительное увеличение парка автотранспортных средств в Республике Беларусь, а следовательно, и интенсивности движения на дорогах с пропорциональным ростом изнашивания и разрушения их покрытий. Данная ситуация усугубляется удлиненными межремонтными сроками ряда транспортных объектов. Необходимость в защите асфальтобетонных покрытий от воздействия внешних агрессивных сред определяет поиски новых технологических решений в создании нужных материалов, диапазон использования которых довольно широк. Существующие защитные композиции различаются как по назначению, так и по содержанию компонентов. Современные защитные обработки асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог, а также применяемые в дорожных организациях технологические процессы позволяют эффективно продлевать их срок службы. Вместе с тем выполненные в настоящее время научно-исследовательские работы, апробированные технологические процессы, а также известные труды ученых в данной области предлагают недостаточное количество обоснованных технических и конструктивных решений, позволяющих осуществлять непосредственно профилактическую защиту дорожных одежд и использовать для этой цели доступные, в том числе вторичные, материалы. Для эффективной защиты покрытий от комплексного воздействия воды и транспортных нагрузок в осенне-зимний и весенне-зимний периоды необходимы разработка и внедрение альтернативных технологий, одним из вариантов которых является обработка покрытий автомобильных дорог составом гидрофобным профилактическим «Протект-01». В статье представлены результаты исследований влияния обработки составом гидрофобным профилактическим «Протект-01» на водонасыщение (снижение на 30–40 %), морозостойкость (повышение на 10–12 %) и остаточную пористость (снижение на 12–25 %) кернов из асфальтобетонной смеси, а также установленные его оптимальные рецептуры.

Ключевые слова: состав гидрофобный профилактический, керны из асфальтобетонной смеси, водонасыщение, коэффициент морозостойкости, остаточная пористость асфальтобетона, оптимальная рецептура

Для цитирования: Петрусевич, В. В. Исследование влияния состава гидрофобного профилактического «Протект-01» на физико-механические свойства материалов асфальтобетонных покрытий / В. В. Петрусевич // *Наука и техника*. 2023. Т. 22, № 4. С. 294–300. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2023-22-4-294-300>

Study of the Influence of the Composition of Hydrophobic Preventive “Protect-01” on the Physical and Mechanical Properties of Asphalt Concrete Pavement Materials

V. V. Petrusевич

¹⁾Belarusian State University of Transport (Gomel, Republic of Belarus)

Abstract. During operation, the asphalt concrete pavement is subjected to various destructive influences associated with external natural, climatic and operational factors, which can cause its premature failure. Over the past 10 years, there has been

Адрес для переписки

Петрусевич Вадим Владимирович
УО «Белорусский государственный университет транспорта»
ул. Кирова, 34,
246653, г. Гомель, Республика Беларусь
Тел.: +375 29 750-37-67
petrusевичv@gmail.com

Address for correspondence

Petrusevich Vadim V.
Belarusian State University of Transport
34, Kirova str.,
246653, Gomel, Republic of Belarus
Tel.: +375 29 750-37-67
petrusевичv@gmail.com

a significant increase in the fleet of vehicles in the Republic of Belarus, and, consequently, the intensity of traffic on the roads with a proportional increase in wear and destruction of their coatings. This situation is exacerbated by extended turnaround times for a number of transport facilities. The need to protect asphalt concrete pavements from the effects of external aggressive environments determines the search for new technological solutions in the creation of necessary materials, the range of which is quite wide. Existing protective compositions differ both in purpose and in the content of components. Modern research in the field of protective treatments for asphalt concrete pavements of highways, as well as technological processes used in road organizations, can effectively extend their service life. At the same time, the current research work, proven technological processes, as well as the well-known works of scientists in this field offer an insufficient number of sound technical and design solutions that allow for direct preventive protection of pavements and use for this purpose available, including secondary, materials. For more effective protection of pavements from the complex effects of water and traffic loads in the autumn-winter and spring-winter period, it is necessary to develop and implement alternative technologies, one of which is the treatment of road surfaces with the Protect-01 hydrophobic prophylactic composition. The paper presents the results of studies of the effect of treatment with the Protect-01 hydrophobic preventive composition on water saturation (decrease by 30–40 %,) frost resistance (increase by 10–12 %) and residual porosity (decrease by 12–25 %) of cores from asphalt concrete mixtures, as well as its optimal formulations.

Key words: hydrophobic preventive composition, bituminous concrete cores, water saturation, frost resistance coefficient, residual porosity of asphalt concrete, optimal formulation

For citation: Petrushevich V. V. (2023) Study of the Influence of the Composition of Hydrophobic Preventive “Protect-01” on the Physical and Mechanical Properties of Asphalt Concrete Pavement Materials. *Science and Technique*. 22 (4), 294–300. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2023-22-4-294-300> (in Russian)

Введение

На состояние автомобильных дорог оказывают влияние транспортные нагрузки и погодноклиматические факторы. Наиболее неблагоприятное воздействие производит умеренно континентальный климат с атлантическими циклонами. При этом повышение влагосодержания асфальтобетона и значительное количество переходов температуры через 0 °C приводят к увеличению разрушающего воздействия на покрытие [1–3].

Современные защитные обработки асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог, а также применяемые в дорожных организациях технологические процессы позволяют эффективно продлевать их срок службы.

Вместе с тем выполненные в настоящее время научно-исследовательские работы, апробированные технологические процессы, а также известные труды ученых в данной области предлагают недостаточное количество обоснованных технических и конструктивных решений, позволяющих осуществлять непосредственно профилактическую защиту дорожных одежд и использовать для этой цели доступные, в том числе вторичные, материалы.

Разрушения слоев дорожного покрытия от комплексного воздействия воды и транспортных нагрузок в осенне-зимний и весенне-зимний периоды эксплуатации подталкивает на поиски новых технологических решений в создании

защитных материалов. Существующие защитные композиции различаются как по назначению, так и по содержанию компонентов. Прогнозируется, что применение данных материалов увеличит долговечность покрытий с одновременным улучшением транспортно-эксплуатационных характеристик. При распределении на покрытия данные составы проникают в объем материала, заполняя микротрещины и дефекты, что может приводить к снижению водонасыщения, увеличению коэффициента морозостойкости, а также повышению коэффициента сцепления с колесами транспортных средств [4–7].

Решение данной задачи, направленной на повышение эксплуатационных характеристик и долговечности дорожных покрытий, может быть достигнуто при распределении состава гидрофобного профилактического «Протект-01» [8, 9] (далее – СГП) автомобильных дорог, позволяющего прогнозировать:

- 1) создание на поверхности, а также в трещинах и порах асфальтобетонных покрытий защитного водоотталкивающего слоя;
- 2) снижение водонасыщения покрытия;
- 3) снижение остаточной пористости покрытия;
- 4) повышение морозостойкости материала покрытия;
- 5) повышение коэффициента сцепления с колесами транспортных средств;
- 6) расширение области применения отходов нефтяной промышленности, а также образующихся в сфере производства и потребления.

Для достижения поставленных целей СГП включает в себя [9]:

- нефтешлам (отходы переработки нефти), содержащий каучук;
- органический растворитель;
- минеральный наполнитель;
- гидрофобизатор.

Распределение состава по покрытию автомобильной дороги производится автогудронатором с модернизированным рабочим органом (форсунками системы распределения), что позволяет максимально использовать существующую и эксплуатируемую в дорожных организациях технику. В данной работе проведен анализ водонасыщения, коэффициента морозостойкости и остаточной пористости чистых и обработанных СГП кернов из асфальтобетонной смеси (согласно СТБ 1115–2013 [10]).

Материалы и методы исследований

Для проведения испытаний выбраны керны из асфальтобетонной смеси типа А, Б, В, Г, Д [10]. Обработка исследуемых кернов и образцов производилась СГП, который состоит из связующего, представляющего собой отходы от переработки нефтепродуктов (шлам от очистки резервуаров ОАО «Мозырский НПЗ»), минерального наполнителя (при этом растворителем является керосин, ГОСТ 18499–73), и одновременно с этим состав дополнительно содержит гидрофобизатор.

В качестве минерального наполнителя использовали дефекат – отход сахарного производства ОАО «Слуцкий сахарорафинадный завод», который образуется в процессе очистки сока сахарной свеклы известью и имеющий состав, мас. %: CaCO₃ – 65,5–77,8; MgCO₃ – 3,4–8,6; Al₂O₃ – 0,2–3,8; P₂O₅ – 0,9–1,3; Fe₂O₃ – 0,2–1,0; органические вещества 12,0–15,0. Используемый дефекат представлял собой мелкодисперсный порошок светло-коричневого цвета. В качестве гидрофобизатора состав содержит метилсиликонат натрия в виде кремнийорганической гидрофобизирующей жидкости ТУ 2229-008-42942526-00.

СГП готовили путем совмещения навесок исходных компонентов в лабораторном лопастном смесителе в течение 30 мин при температуре 25 °С. Для проведения испытаний подготовили следующие рецептуры СГП (табл. 1).

Исследование влияния профилактической обработки на водонасыщение асфальтобетонной смеси. Определение количества воды, поглощенной образцом при заданном режиме насыщения, определяли согласно СТБ 1115–2013 [10]. Полученные результаты приведены в табл. 2.

Полученные результаты позволяют установить закономерности влияния содержания компонентов СГП на водонасыщение обрабатываемого покрытия (рис. 1).

Таблица 1

Рецептуры состава гидрофобного профилактического
Recipes of the hydrophobic preventive composition

Компонент	Рецептура				
	1	2	3	4	5
Связующее (шлам от очистки резервуаров), мас. %	55	60	65	70	75
Минеральный наполнитель, мас. %	16	14	12	10	8
Растворитель, мас. %	19	16	13	10	7
Гидрофобизатор, мас. %	10	10	10	10	10

Таблица 2

Результаты испытания образцов на водонасыщение
Water saturation test results

Показатель	Тип асфальтобетона, из которого изготовлены керны	Способ обработки					
		Чистый образец (средний по результатам трех испытаний)	Рецептура состава (средняя по результатам трех испытаний)				
			1	2	3	4	5
Водонасыщение, %	Тип А	2,5	1,9	1,5	1,4	1,5	1,8
	Тип Б	2,00	1,6	1,2	1,1	1,3	1,7
	Тип В	1,75	1,5	1,25	1,2	1,4	1,6
	Тип Г	2,8	2,4	2,25	2,2	2,2	2,5
	Тип Д	2,9	2,5	2,4	2,4	2,45	2,8

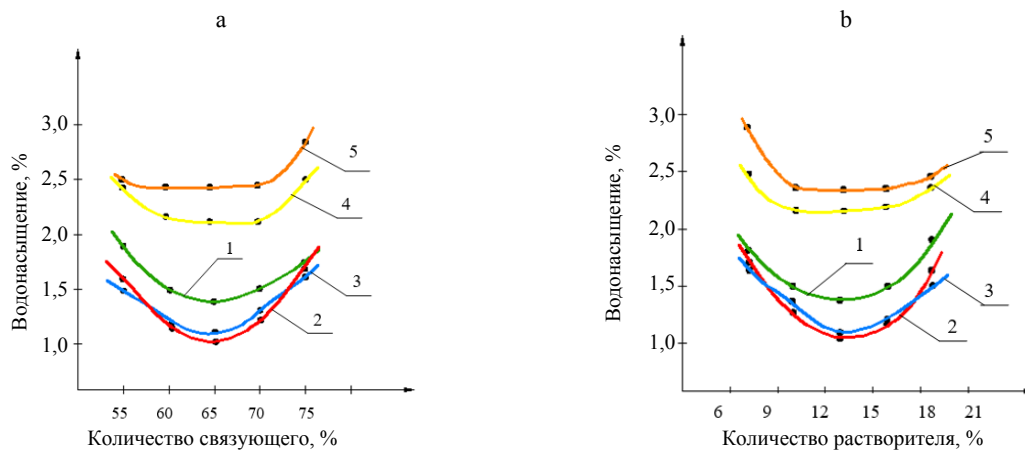


Рис. 1. Влияние содержания компонентов состава гидрофобного профилактического на водонасыщение асфальтобетонных образцов: а – связующего; б – растворителя; 1 – тип А; 2 – тип Б; 3 – тип В; 4 – тип Г; 5 – тип Д
 Fig. 1. Influence of the content of the components of the hydrophobic preventive composition on water saturation of asphalt concrete samples: а – binder; б – solvent; 1 – type А; 2 – type Б (B); 3 – type В (V); 4 – type Г (G); 5 – type Д (D)

Анализируя полученные результаты, необходимо отметить снижение водонасыщения обработанных образцов на 30–40 %, при этом следует признать, что наиболее высокие гидрофобные свойства выявлены у СГП, изготовленного по рецептуре 3, имеющего, мас. %: связующее (нефтешлам) – 70; минеральный наполнитель (дефекат) – 12; органический растворитель (керосин) – 13; гидрофобизатор – остальное. Худшие показатели гидрофобных свойств у СГП, изготовленного по рецептурам 1 и 5, ввиду слишком большого и недостаточного количества растворителя соответственно.

Возможными причинами различия в значениях водонасыщения для асфальтобетонов разных типов являются их разная плотность и гетерогенность, определяемые соотношением содержащихся в них материалов. Более низкие показатели водонасыщения наблюдаются у асфальтобетонных образцов из смесей типов Г, Д вследствие наличия в их составе значительного количества мелкофракционных минеральных материалов (песка природного дробленого или из отсева дробления) и недостаточного для них количества битума, а также из смеси типа А, у которой количество крупного заполнителя от 50 до 65 % от массы и недостаточное количество битума (4,5–5,5 % от массы) СТБ 1033–2016 [11, с. 3–14]. Это приводит к неравномерному проникновению в глубь материала при обработке составом. При этом соотношения материалов у асфальтобетонных смесей типов Б, В (СТБ 1033–2016 [11, с. 3–14]) более оптимальны с точки зрения гомогенно-

сти, что позволяет СГП равномерно проникать в глубь материала, обеспечивая более высокие показатели водонасыщения.

Полученные результаты позволяют установить закономерности влияния содержания компонентов СГП на водонасыщение обрабатываемого покрытия и его оптимальную рецептуру (рис. 2).

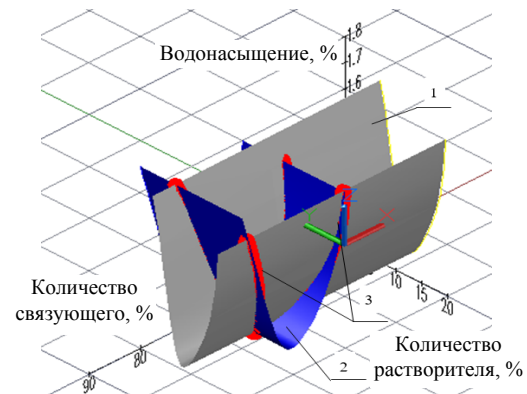


Рис. 2. Влияние содержания компонентов состава гидрофобного профилактического на водонасыщение асфальтобетонных образцов типа Б: 1 – растворителя; 2 – связующего; 3 – оптимальное соотношение

Fig. 2. Influence of the content of the hydrophobic preventive composition components for water saturation of asphalt concrete samples of type Б (B): 1 – solvent; 2 – binder; 3 – optimal ratio

Исследование влияния СГП на морозостойкость асфальтобетонной смеси. Оценка влияния профилактической обработки на морозостойкость асфальтобетонного покрытия автомобильной дороги может быть получена посредством

анализа коэффициента морозостойкости. Сущность метода заключается в оценке потери прочности при сжатии предварительно водонасыщенных образцов, приготовленных в лаборатории согласно СТБ 1115–2013 [10], после воздействия на них 50 циклов замораживания-оттаивания.

Проведение испытаний и обработку результатов произвели согласно СТБ 1115–2013 [10]. Полученные результаты коэффициента морозостойкости приведены в табл. 3.

Как следует из табл. 3, увеличение коэффициента морозостойкости на 10–12 % свидетельствуют об эффективности профилактической обработки. При этом анализ полученных результатов показывает, что наиболее высокий коэффициент морозостойкости для всех типов асфальтобетонной смеси обеспечивает рецептура 3 СГП, содержащая, мас. %: связующее (нефтешлам) – 65; минеральный наполнитель (дефекат) – 12; растворитель (керосин) – 13; гидрофобизатор – остальное. Наиболее низкие значения коэффициента морозостойкости наблюдаются у рецептуры 5 СГП ввиду недостаточного количества растворителя.

Полученные результаты позволяют установить закономерности влияния содержания компонентов СГП на коэффициент морозостойкости обрабатываемого покрытия (рис. 3).

Анализ рис. 3 показывает, что у образцов из асфальтобетонной смеси типа Б наблюдается наиболее высокий коэффициент морозостойкости, что может быть обусловлено однородностью материала и равномерным проникновением в его объем СГП. У образцов из асфальтобетонных смесей типов В, Г, Д (вследствие наличия в их составе значительного количества мелкофракционных минеральных компонентов) и типа А, у которого крупного заполнителя содержится от 50 до 65 % от массы и вяжущего 4,5–5,5 % от массы (СТБ 1033–2016 [11, с. 3–14]), не обеспечивается достаточная однородность и равномерное проникновение СГП в объем материала при обработке.

Полученные результаты позволяют установить закономерности влияния содержания компонентов СГП на коэффициент морозостойкости обрабатываемого покрытия и его оптимальную рецептуру (рис. 4).

Таблица 3

Результаты испытаний по определению коэффициента морозостойкости
Test results to determine the frost resistance coefficient

Показатель	Тип асфальтобетона, из которого изготовлены керны	Способ обработки					
		Чистый образец (средний по результатам трех испытаний)	Рецептура СГП (средняя по результатам трех испытаний)				
			1	2	3	4	5
Коэффициент морозостойкости	Тип А	0,81	0,86	0,87	0,89	0,87	0,84
	Тип Б	0,82	0,89	0,90	0,89	0,86	0,84
	Тип В	0,77	0,82	0,85	0,86	0,85	0,81
	Тип Г	0,72	0,75	0,79	0,80	0,77	0,74
	Тип Д	0,70	0,75	0,76	0,76	0,74	0,74

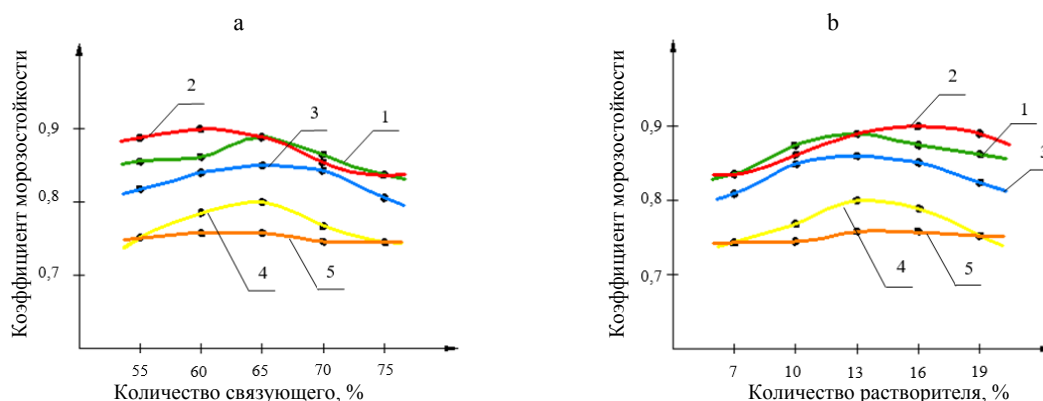


Рис. 3. Зависимость коэффициента морозостойкости асфальтобетонных образцов от содержания компонентов СГП: а – связующего; б – растворителя; 1 – тип А; 2 – тип Б; 3 – тип В; 4 – тип Г; 5 – тип Д

Fig. 3. Dependence of frost resistance coefficient of asphalt concrete samples on the content of the hydrophobic preventive composition components: a – binder; b – solvent 1 – type А; 2 – type Б (B); 3 – type В (V); 4 – type Г (G); 5 – type Д (D)

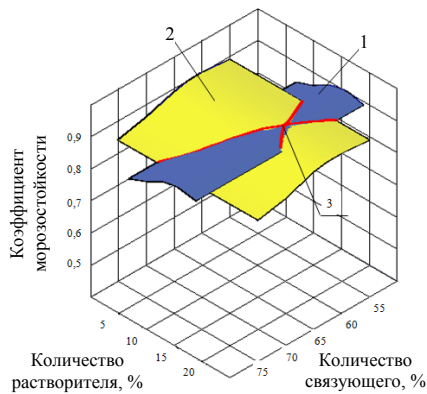


Рис. 4. Зависимость коэффициента морозостойкости асфальтобетонных образцов типа Б от содержания компонентов СГП: 1 – растворителя; 2 – связующего; 3 – оптимальное соотношение

Fig. 4. Dependence of frost resistance coefficient of asphalt concrete samples of type Б (B) from the content of SGP components: 1 – solvent; 2 – binder; 3 – optimal ratio

Исследование влияния СГП на остаточную пористость асфальтобетонной смеси. Оценка влияния СГП на остаточную пористость асфальтобетонной смеси выполнена на образцах согласно методике, изложенной в СТБ 1115–2013 [8]. Полученные результаты приведены в табл. 4.

Полученные результаты позволяют установить закономерности влияния содержания компонентов СГП на остаточную пористость обрабатываемого покрытия (рис. 5).

Анализируя рис. 5, стоит отметить, что уменьшение остаточной пористости на 12–25 % свидетельствует об эффективности профилактической обработки. При этом анализ полученных результатов показывает, что наиболее низкие значения остаточной пористости обеспечивает рецептура 3 СГП.

Таблица 4

Результаты испытаний по определению остаточной пористости
Results of tests to determine the residual porosity

Показатель	Тип асфальтобетона, из которого изготовлены керны	Способ обработки			
		Чистый образец (средний по результатам трех испытаний)	Рецептура СГП (средняя по результатам трех испытаний)		
			2	3	4
Остаточная пористость, %	Тип А	1,6	1,3	1,2	1,35
	Тип Б	2,9	2,4	2,4	2,5

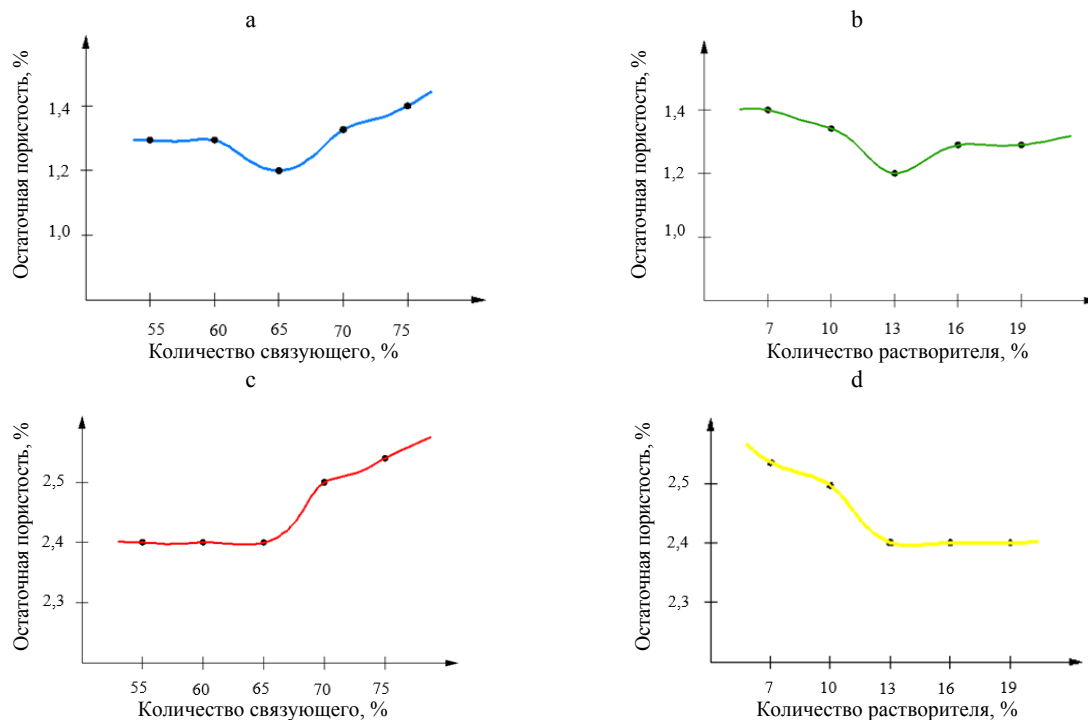


Рис. 5. Зависимость остаточной пористости асфальтобетонных образцов от содержания компонентов СГП: а, б – тип А; с, д – тип Б
Fig. 5. Dependence of residual porosity of asphalt concrete samples on the content of SGP components: а, б – type А; с, д – type Б (B)

ВЫВОДЫ

Исходя из представленных в работе результатов экспериментальных исследований, можно сделать следующие выводы:

– эффективность СПП подтверждается проведенными исследованиями;

– экспериментально установлены закономерности влияния рецептур СПП на водонасыщение (снижение на 30–40 %), коэффициент морозостойкости (повышение на 10–12 %), остаточную пористость (снижение на 12–25 %) обработанных асфальтобетонных смесей;

– наиболее оптимальные показатели обеспечивает СПП, изготовленный по рецептуре 3, имеющий мас. %: связующее (шлам от очистки резервуаров) – 65, минеральный наполнитель – 12, растворитель – 13 и гидрофобизатор – остальное.

ЛИТЕРАТУРА

- Ковалев, Я. Н. Дорожно-строительные материалы и изделия: учеб.-метод. пособие / Я. Н. Ковалев, С. Е. Кравченко, В. К. Шумчик. Минск: Новое знание: М.: Инфра-М, 2018. 628 с.
- Бочкарев, Д. И. Исследование влияния профилактической обработки на эксплуатационные и физико-механические свойства материалов автодорожных покрытий / Д. И. Бочкарев, В. В. Петрусевиц // Горная механика и машиностроение. 2018. № 2. С. 82–88.
- Петрусевиц, В. В. Подбор оптимального состава профилактической обработки и анализ его влияния на физико-механические свойства материалов асфальтобетонных покрытий / В. В. Петрусевиц // Горная механика и машиностроение. 2019. № 2. С. 73–77.
- Методология оценки воспроизводимости коэффициента сцепления асфальтобетонного покрытия при его профилактической обработке в лабораторных и реальных условиях дорожных испытаний / Д. И. Бочкарев [и др.] // Автомобильные дороги и мосты. 2019. № 1. С. 25–30.
- Бочкарев, Д. И. Исследование влияния гидрофобной профилактической обработки на морозостойкость асфальтобетонной смеси / Д. И. Бочкарев, В. В. Петрусевиц // Проблемы безопасности на транспорте: материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25–26 ноября, 2021 г.: в 2 ч. / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. Гомель: БелГУТ, 2021. Ч. 1. С. 257–258.
- Assessment of Continuous Pavement Deflection Measuring Technologies / National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Washington, DC: The National Academies Press, 2013. <https://doi.org/10.17226/22766>.
- Lee, Ch. Alligator Cracking Performance and Life-Cycle Cost Analysis of Pavement Preservation Treatments / Ch. Lee, W. A. Nokes, J. T. Harvey [Electronic Resource] // University of California Pavement Research Center. 2008. Mode of access: <https://escholarship.org/uc/item/893562th>.
- Состав гидрофобный профилактический Протект-01: Технические условия ТУ ВУ 192670194.002–2019. Введ. 03.10.2019. Минск: Минстройархитектуры. 2019. 29 с.
- Гидрофобный состав для профилактической обработки асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог: заявка ВУ а 20180114 / Д. И. Бочкарев, В. В. Петрусевиц. Опубл. 30.10.2019.
- СТБ 1115–2013. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методы испытаний. Введ. 01.07.2014. Минск: Госстандарт, 2014. 50 с.
- СТБ 1033–2016. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. Введ. 01.07.2017. Минск: БелдорНИИ, 2017. 44 с.

Поступила 17.03.2023

Подписана к печати 23.05.2023

Опубликована онлайн 31.07.2023

REFERENCES

- Kovalev Ya. N., Kravchenko S. E., Shumchik V. K. (2018) *Road-Building Materials and Products*. Minsk, Novoye Znanie Publ.; Moscow, Infra-M Publ. 628 (in Russian).
- Bochkarev D. I., Petrushevich V. V. (2018) Study of the Influence of Preventive Treatment on the Operational and Physical and Mechanical Properties of Road Pavement Materials. *Gornaya Mekhanika i Mashinostroenie = Mining Mechanical Engineering and Machine-Building*, (2), 82–88 (in Russian).
- Petrusevich V. V. (2019) Selection of the Optimal Composition of Preventive Treatment and Analysis of its Effect on the Physical and Mechanical Properties of Asphalt Concrete Pavement Materials. *Gornaya Mekhanika i Mashinostroenie = Mining Mechanical Engineering and Machine-Building*, (2), 73–77 (in Russian).
- Bochkarev D. I., Shapovalov V. M., Petrushevich V. V., Katsubo P. A. (2019) Methodology for Assessing the Reproducibility of Adhesion Coefficient of Asphalt Concrete Pavement During its Preventive Treatment in Laboratory and Real Road Test Conditions. *Avtomobilnye Dorogi i Mosty [Highways and Bridges]*, (1), 25–30 (in Russian).
- Bochkarev D. I., Petrushevich V. V. (2021) Study of the effect of Hydrophobic Preventive Treatment on the Frost Resistance of an Asphalt Concrete Mixture. *Problemy Bezopasnosti na Transporte: Materialy XI Mezhdunar. Nauch.-Prakt. Konf., Gomel', 25–26 Noyabrya, 2021 g. Ch. 1 [Transport Safety Issues: Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference, Gomel, 25–26 November 2021. Part 1]*. Gomel, Belarusian State University of Transport, 257–258 (in Russian).
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2013) *Assessment of Continuous Pavement Deflection Measuring Technologies*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/22766>.
- Lee Ch., Nokes W. A., Harvey J. T. (2008) Alligator Cracking Performance and Life-Cycle Cost Analysis of Pavement Preservation Treatments. *University of California Pavement Research Center*. Available at: <https://escholarship.org/uc/item/893562th>.
- TU [Specifications] BY 192670194.002–2019. *Hydrophobic Preventive Composition PROTEKT-01*. Minsk, Publishing House of Minstroyarkhitektury, 2019. 29 (in Russian).
- Bochkarev D. I., Petrushevich V. V. (2019) Hydrophobic Composition for Preventive Treatment of Asphalt Concrete Pavements of Highways: Application BY No a 20180114 (in Russian).
- STB [Standards of the Republic of Belarus] 1115-2013. *Asphalt Concrete Mixes for Road, Airfield and Asphalt Concrete. Test Methods*. Minsk, Gosstandart Publ., 2014. 50 (in Russian).
- STB [Standards of the Republic of Belarus] 1033–2016. *Asphalt Concrete Mixes for Road, Airfield and Asphalt Concrete. Specifications*. Minsk, Belarus Road Research Institute, 2017. 44 (in Russian).

Received: 17.03.2023

Accepted: 23.05.2023

Published online: 31.07.2023