

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ АВТОДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Д. И. БОЧКАРЕВ, В. В. ПЕТРУСЕВИЧ

В статье представлено исследование влияния композиций для профилактической обработки асфальтобетонных покрытий на водонасыщение, морозостойкость и коэффициент сцепления в лабораторных и реальных условиях.

Ключевые слова: *профилактическая обработка, дорожное покрытие, шлам от очистки резервуаров, дефекат, водонасыщение, коэффициент морозостойкости, коэффициент сцепления.*

Введение

В настоящее время асфальтобетонные покрытия практически не имеют альтернативы при устройстве дорожных одежд нежесткого типа. Срок службы горячего асфальтобетона, применяемого для устройства покрытий на автомобильных дорогах в условиях современного движения должен составлять 12-15 лет.

Для обеспечения в Республике Беларусь максимального срока службы асфальтобетонного покрытия необходимо учитывать в подборе состава асфальтобетона два основных фактора. Первый из них – летняя эксплуатация, когда материал, нагреваясь свыше 50 °С, учитывая пластическую деформацию теряет свои прочностные свойства, что приводит к образованию колеи. Второй фактор – эксплуатация в зимний период, характеризующийся тем, что под действием чередующихся циклов замораживания – оттаивания происходит трещинообразование и разрушение асфальтобетона [1].

Выполнение работ по текущему ремонту и содержанию автомобильной дороги традиционными способами в настоящее время недостаточно эффективно, поскольку позволяет ликвидировать только визуально определяемые дефекты (трещины, выбоины и т.д.). Более эффективно внедрение технологий, направленных на получение дорожно-строительных материалов с улучшенными физико-механическими характеристиками. В то же время полная реализация данных технологий возможна при строительстве новых объектов.

Для эффективной защиты покрытий от влияния разрушающих факторов внешней среды необходима разработка принципиально новых технологий. Одним из вариантов является химическая обработка покрытий реагентами на основе различных композиций. При нанесении на покрытие данные составы проникают в объем материала, заполняя микро-трещины и дефекты покрытия, что может приводить к снижению водонасыщения, а также повышению коэффициента сцепления с колесами транспортных средств. Такие материалы должны увеличивать долговечность покрытий с одновременным улучшением транспортно-эксплуатационных характеристик. Для реализации указанных выше показателей, учитывая отечественный и зарубежный опыт [2-8], в данной статье рассмотрено влияние одного из вариантов профилактической обработки на эксплуатационные и физико-механические свойства материалов автодорожных покрытий.

Цель работы – установление закономерностей влияния профилактической обработки на эксплуатационные и физико-механические свойства материалов автодорожных покрытий.

Материалы и методы исследований

В работе для проведения испытаний использовали керны из асфальтобетонной смеси типа *Б* согласно [9]. Для решения задачи по созданию на поверхности, а также в трещинах и порах асфальтобетонных покрытий защитного водоотталкивающего слоя, который снизит водонасыщение материала покрытия, а также повысит коэффициент сцепления, разработана профилактическая композиция. Она состоит из: связующего, представляющего собой отходы от переработки нефтепродуктов (шлам от очистки резервуаров), мас.% 60-70, минерального наполнителя, мас.% 8-16, при этом растворителем является керосин, мас.% 5-12, одновременно с этим состав дополнительно содержит гидрофобизатор (остальное).

В качестве связующего при получении композиций использовали отходы переработки нефтепродуктов (шлам от очистки резервуаров) ОАО «Мозырский НПЗ», содержащие полидиметилсилоксановый каучук [10].

В качестве минерального наполнителя использовали дефекат – отход сахарного производства, который образуется в процессе очистки сока сахарной свеклы известью. В предлагаемом изобретении использовали дефекат ОАО «Слущкий сахарорафинадный завод», имеющий состав, мас. %: CaCO_3 – 65,5-77,8; MgCO_3 – 3,4-8,6; Al_2O_3 – 0,2-3,8; P_2O_5 – 0,9-1,3; Fe_2O_3 – 0,2-1,0; органические вещества 12,0-15,0. Используемый дефекат представляет собой мелкодисперсный порошок светло коричневого цвета с удельной поверхностью 400-600 м²/г.

В качестве растворителя использовали керосин ГОСТ 18499-73.

В качестве гидрофобизатора использовали метилсиликонат натрия в виде кремнийорганической гидрофобизирующей жидкости ТУ 2229-008-42942526-00.

Композиции готовили путем совмещения навесок исходных компонентов в лабораторном лопастном смесителе в течение 30 минут при температуре 35 °С. Варианты исполнения составов профилактической обработки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы профилактических композиций, мас.%

Компонент	Варианты исполнения профилактической обработки				
	1	2	3	4	5
Связующее	60	62	64	66	68
Минеральный наполнитель	8	10	12	14	16
Растворитель	5	7	9	10	14
Гидрофобизатор	27	21	15	10	2

Обработка асфальтобетонных кернов осуществлялась путем нанесения кистью различных вариантов профилактического состава в один слой, после чего через два часа были последовательно начаты рассмотренные ниже испытания.

Исследование влияние профилактической обработки на водонасыщение

Определение количества воды, поглощенной образцом при заданном режиме насыщения определяли согласно [11], полученные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытания образцов на водонасыщение

Показатель	Чистый образец (средний по результатам 3 испытаний)	Варианты образцов				
		Варианты исполнения профилактической обработки (средний по результатам 3 испытаний)				
		1	2	3	4	5
Водонасыщение, %	0,02	0,016	0,012	0,011	0,013	0,017

Анализируя таблицу 2, можно утверждать о гидрофобности предлагаемого состава, при этом наилучшие показатели были выявлены у 3-го варианта профилактической обработки, имеющий состав, мас. %: связующее (нефтешлам) – 64 %, минеральный наполнитель (дефекат) – 12 %, растворитель (керосин) – 9 %, гидрофобизатор – остальное. Худшие показатели у варианта 1 и 5 ввиду недостаточного и слишком большого количества растворителя соответственно

Исходя из того, что данные исследования проводили с использованием кернов из асфальтобетонной смеси типа *Б*, можно предположить, что у кернов из асфальтобетонной смеси типа *А* показатели аналогичных испытаний должны быть лучше, так как остаточная пористость по объему меньше [9], соответственно у кернов из асфальтобетонной смеси типа *В, Г и Д* показатели на водонасыщение при проведении аналогичных испытаний покажут худший результат.

Исследование влияния профилактической обработки на морозостойкость

Определение влияния профилактической обработки на морозостойкость асфальтобетонного покрытия автомобильной дороги заключается в определении коэффициента морозостойкости. Сущность метода заключается в оценке потери прочности при сжатии предварительно водонасыщенных образцов, приготовленных в лаборатории согласно [10], после воздействия на них 50 циклов замораживания-оттаивания.

Проведение испытания и обработку результатов произвели согласно [10], полученные результаты коэффициента морозостойкости приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты испытаний по определению коэффициента морозостойкости

Показатель	Варианты образцов					
	Чистый образец (средний по результатам 3 испытаний)	Варианты исполнения профилактической обработки (средний по результатам 3 испытаний)				
		1	2	3	4	5
Коэффициент морозостойкости	0,82	0,89	0,90	0,89	0,86	0,84

Как следует из таблицы 3, увеличение коэффициента морозостойкости позволяют утверждать о гидрофобности профилактической обработки. Наилучшие показатели были выявлены у 2-го варианта профилактической обработки, имеющий состав, мас. %: связующее (нефтьшлам) – 62 %, минеральный наполнитель (дефекат) – 10 %, растворитель (керосин) – 7 %, гидрофобизатор – остальное. Худший показатель морозостойкости у 5 варианта профилактической обработки ввиду большого количества растворителя. Проведя испытания по определению коэффициента морозостойкости у кернов из асфальтобетонной смеси типа *Б* можно предположить, что при обработке кернов из смеси типа *А* показатели коэффициента морозостойкости могут увеличиться ввиду прямопропорциональной зависимости остаточной пористости и коэффициента морозостойкости. Исходя из этого можно предположить, что показатели коэффициента морозостойкости у кернов из асфальтобетонной смеси типа *В, Г и Д* при проведении аналогичных испытаний покажут худший результат.

Исследование влияние профилактической обработки на коэффициент сцепления

Коэффициент сцепления обработанного покрытия экспериментально определяли на установке ТММ-32А, кинематическая схема которой представлена на рисунке 1.

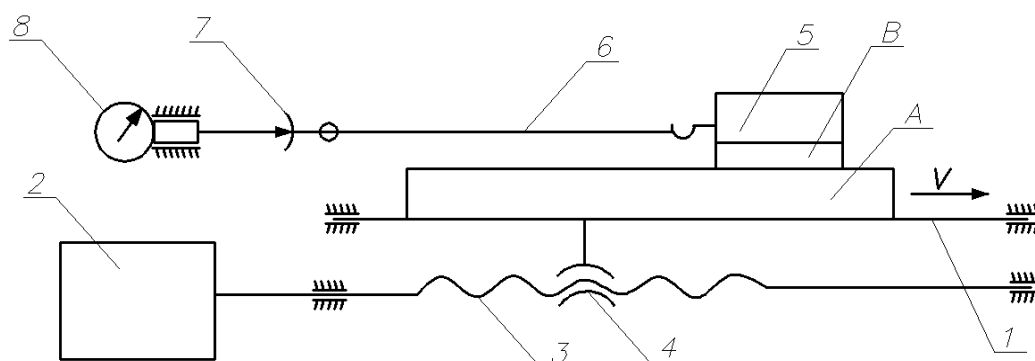


Рисунок 1 – Схема установки ТММ-32А

А – протекторная часть автомобильной шины, *Б* – керн асфальтобетонного покрытия 1 – подвижные салазки, 2 – мотор-редуктор, 3, 4 – винтовые кинематические пары, 5 – груз, 6 – трос, 7 – балочка, 8 – индикатор часового типа

Установка включает подвижные салазки 1, которым сообщается поступательное движение по неподвижным направляющим от мотор-редуктора 2 через винтовую кинематическую пару 3,4. На салазках закрепляется испытываемый образец *A*, обращенный поверхностью трения вверх, образуя вместе с салазками подвижный стол. Образец *A* представляет собой резиновую пластину, имитирующую поверхность колеса, изготовленную из протекторной части автомобильной шины. На него устанавливается второй образец *B* поверхностью трения вниз, представляющий собой kern асфальтобетонного покрытия, имитирующий поверхность автомобильной дороги. При проведении испытания на образец *B* устанавливается дополнительный груз, при этом через трос 6 образец *B* соединен с пружинящей балочкой 7. Последняя жестко соединена с основанием установки. С противоположной образцам стороны на балочку 7 опирается ножка индикатора часового типа 8, корпус которого зафиксирован на основании установки.

При включении установки образец 1 вместе с салазками передвигается с постоянной скоростью *V*. Образец *B*, базовый (необработанный) или обработанный различными составами, вместе с грузом 5 за счет силы *F* смещается в направлении движения образца *A*, деформируя балочку 7 на величину, пропорциональную силе *F*, и удерживается в этом положении тросом 6. Получаемые при этом показания индикатора фиксируются и позволяют с учетом построенного ранее тарировочного графика на основании закона Кулона $f = F/G$, где *G* – вес образца с дополнительным грузом, определить коэффициент трения. Результаты проведенных испытаний представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты испытаний по определению коэффициента сцепления

Характеристика образцов		<i>m_{об}</i> , кг	<i>G</i> , Н	<i>n</i> , дел (средний по результатам 5 испытаний)	<i>F_{тр}</i> , Н	<i>f</i> (средний по результатам 5 испытаний)
Образцы, обработанные профилактическим составом	Образец 1.1	0,518	5,08	69	4,2	0,579
	Образец 1.2	0,626	6,13	85	5,0	0,571
Базовый (необработанный)	Образец 2.1	0,827	8,10	95	6,1	0,536
	Образец 2.2	0,858	8,41	100	6,4	0,541

Коэффициент сцепления с колесами транспортных средств повышается за счет полидиметилсилоксанового каучука, содержащегося в составе связующего. Данный материал образует на покрытии однородную пленку, адгезия которой превышает адгезию дорожного покрытия, что и обеспечивает повышение коэффициента сцепления с ним колес транспортных средств.

Коэффициент сцепления также экспериментально определяли при помощи прибора ударного действия типа ППК конструкции Ю. В. Кузнецова и измерителем коэффициента сцепления портативным ИКСп-2М. При проведении испытаний под резиновыми имитаторами поверхность асфальтобетонного покрытия была обработана различными профилактическими композициями, температура окружающего воздуха составляла + 10 С°. Полученные результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты испытаний по определению коэффициента сцепления

Наименование обработки асфальтобетонного покрытия	Значение коэффициента сцепления									
Прибор ударного действия конструкции Ю. В. Кузнецова										
Чистый асфальтобетон	0,520	0,525	0,512	0,515	0,517	0,525	0,512	0,530	0,518	0,525
Обработка профилактическим составом	Измерения начатые через 5 мин после обработки					Измерения начатые через 20 мин после обработки				
	0,540	0,532	0,538	0,541	0,539	0,548	0,545	0,551	0,547	0,545
Измеритель коэффициента сцепления портативный ИКСп-2М										
Чистый асфальтобетон	0,518	0,527	0,525	0,518	0,510	0,520	0,522	0,520	0,515	0,520
Обработка профилактическим составом	Измерения начатые через 5 мин после обработки					Измерения начатые через 20 мин после обработки				
	0,545	0,538	0,542	0,540	0,534	0,535	0,545	0,547	0,542	0,545

Как следует из таблиц 4 и 5 предлагаемый профилактический состав позволяет повысить коэффициент сцепления колес транспортного средства с асфальтобетонным покрытием. Анализируя полученные результаты измерений на приборах ударного действия можно констатировать, что асфальтобетон, обработанный профилактической обработкой, показывает различные значения коэффициента сцепления, т. к. пленкообразующее вещество, которое определяет его адгезионные и когезионные свойства, начинает оптимально работать через 20 минут после нанесения на поверхность. Это объясняется тем, что у профилактического состава в качестве растворителя, создающего необходимую для распределения материала вязкость, используется керосин, испаряемость которого к 5 минуте завершилась, что и объясняет неодинаковые показатели через 5 и 20 минут.

Исследование влияния добавок на проникающую и адгезионную способность профилактической обработки

Посредством внесения керосина снижена характеристическая вязкость профилактической композиции, в результате чего обеспечивается повышение проникающей способности данного состава в поверхностные слои дорожного покрытия, при этом происходит интенсификация процесса заполнения микротрещин и дефектов структуры покрытия, что может способствовать снижению его водопоглощения (рисунок 1).

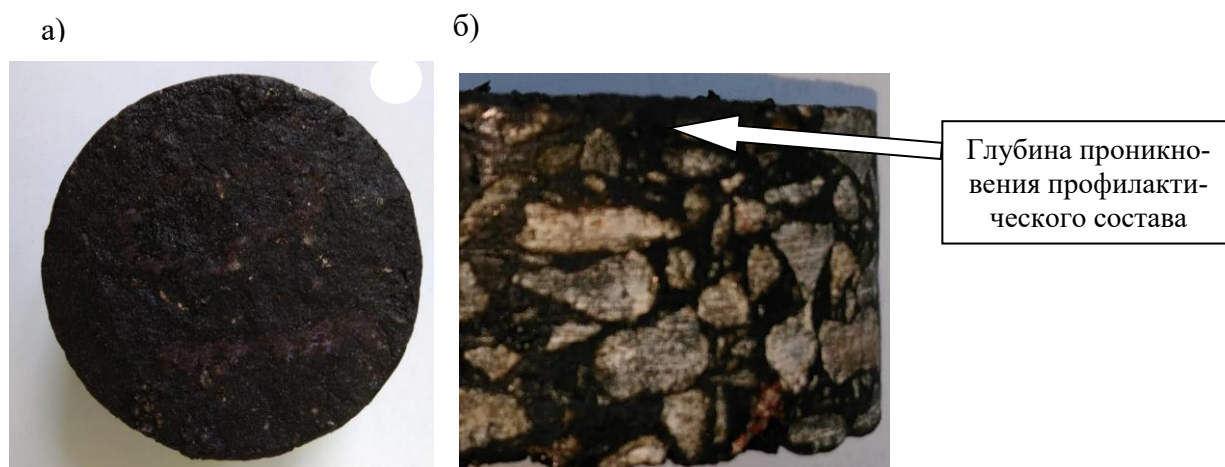


Рисунок 1 – Общий вид обработанного асфальтобетонного керна:
а – вид сверху, б – вид сбоку

Выводы

Представленные в работе результаты экспериментальных исследований, выполненных в лабораторных и реальных условиях, позволили количественно оценить влияние профилактической обработки на водонасыщение, морозостойкость и коэффициент сцепления. Исходя из полученных результатов, можно сделать следующие выводы:

- основываясь на данных таблиц 2 и 3 можно утверждать о гидрофобности предлагаемого профилактического состава;
- данные таблиц 4 и 5 позволяют утверждать, что обработка гидрофобной композицией повышает коэффициент сцепления вследствие увеличения адгезии поверхности асфальтобетона и заполнения микротрещин и дефектов структуры покрытия;
- технологические режимы и рецептура профилактической обработки определяются по результатам оценки состояния покрытия и технико-экономического обоснования.

Список использованных источников

1 Оценка влияния эксплуатационных характеристик асфальтобетонных покрытий на безопасность дорожного движения / Д. И. Бочкарев, В. В. Петрусевич // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2015. – № 1 (10). – С. 40–45.

2 Методические рекомендации по устройству защитного слоя износа из литых эмульсионно-минеральных смесей типа «Сларри Сил» / Минтранс России, Гос. служба дор. хоз-ва (Росавтодор). – М., 2001.

3 Performances d'adherence des revetements sur les chaussees fracaises. Brosseau Yves, Delalande Gerard // Revue General des Routes.-2001.-№794.

4 Glet Walter. Aspekte bei der Anwendung diinner und sehr diinner Schichten im Asphaltstrassenbau // Bitumen. – 1997. – 59, № 1.

5 Полимерно-битумные вяжущие материалы на основе СБС для дорожного строительства / Гохман Л.М., Гурарий Е.М., Давыдова А.Р., Давыдова К.И. – М., 2002. – (Автомоб. дороги: Обзорн. информ. / ГП «Информавтодор»; Вып. 4).

6 Поверхностная обработка битумными материалами, модифицированными полимерами // Highways. – 1989. – Vol. 57. – № 1945.

7 Milhau J.-P., Lootvoet A., Rubio R. Couchc de roulement en beton bitumineux arme coule" a chaud sur un giratoire a fort trafic // Revue Generate des Routes. - 2000. - № 784, mai.

8 Васильев А., Шамбар П. Поверхностная обработка с синхронным распределением материалов. - М.: Трансдорнаука, 1999.

9 СТБ 1033-2004 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия – Введ. 01.07.2007. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. – 19 с.

10 Использование метода ИК-спектроскопии для идентификации отходов нефтехимического производства / Д.И. Бочкарев, В.В. Петрусевич, А.М. Валенков // Науч.-техн. журнал. Горная механика и машиностроение. – 2017. – № 2. – С. 84–89.

11 СТБ 1115–2004 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методы испытаний – Введ. 06.05.2004. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2004. – 35 с.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF PREVENTIVE TREATMENT FOR OPERATING AND PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES MATERIALS OF ROAD COVERINGS

D.I. Bochkarev, V.V. Petrusevich

(Educational establishment «Belarusian State University of Transport»)

The paper presents the study of the influence of compositions for the preventive treatment of asphalt-concrete coatings on water saturation, frost resistance and the coefficient of adhesion in laboratory and real conditions.

Сведения об авторах

Бочкарев Дмитрий Игоревич – декан строительного факультета Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», кандидат технических наук;

Петрусевич Вадим Владимирович – преподаватель Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», магистр технических наук;

Номера телефонов: моб. +375 (29) 7503767; раб. (факс) 8-0232-315186.

Электронная почта: *petrusevichvv@gmail.com*

Почтовый адрес для переписки: г. Гомель ул. Головацкого 109д/24, индекс 246006.