

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ЕГО ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ В ЛАБОРАТОРНЫХ И РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ДОРОЖНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Д. И. БОЧКАРЕВ, В.М.ШАПОВАЛОВ, В. В. ПЕТРУСЕВИЧ, П. А. КАЦУБО

В статье представлены методики исследований и анализ результатов определения коэффициента сцепления, полученных в лабораторных условиях и в процессе дорожных испытаний при проведении обработки асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог гидрофобным профилактическим составом.

Ключевые слова: *профилактическая обработка, коэффициент сцепления, гидрофобная композиция, дорожное покрытие.*

Введение

Для обеспечения максимального срока службы асфальтобетонных покрытий в климатических условиях Республики Беларусь при подборе рецептур асфальтобетона необходимо учитывать два основных фактора. Во-первых, при эксплуатации в летний период материал подвергается нагреву свыше 50 °С, что приводит к его пластической деформации. В результате этого наблюдается потеря прочностных свойств покрытия и образование на нем колеи. Во-вторых, при эксплуатации в зимний период, характеризующимся воздействием на покрытие чередующихся циклов замораживания – оттаивания происходит гидратация битумного вяжущего, трещинообразование и разрушение асфальтобетона [1].

Выполнение работ по текущему ремонту автомобильных дорог традиционными способами в настоящее время недостаточно эффективно, поскольку позволяет ликвидировать только визуально определяемые дефекты (трещины, выбоины и т.д.). Для более эффективной защиты от влияния разрушающих факторов внешней среды необходима разработка и внедрение альтернативных технологий, одним из вариантов которых является обработка покрытий гидрофобными составами на основе различных композиций. Применение данных материалов прогнозирует рост долговечности покрытий с одновременным улучшением транспортно-эксплуатационных характеристик. При распределении на покрытие данные составы проникая в объем асфальтобетона и заполняя в нем микротрещины и дефекты, могут обеспечивать снижение водонасыщения и увеличения коэффициента морозостойкости, а также повышения коэффициента сцепления с колесами транспортных средств [2-9].

В то же время, для объективной оценки влияния профилактической обработки на перечисленные показатели, необходима разработка эффективной методики проведения испытаний, наиболее достоверно воспроизводящей условия реальной эксплуатации автомобильной дороги.

Цель работы – разработка методологического подхода при оценке воспроизводимости результатов определения коэффициента сцепления путем их анализа и сравнения в лабораторных условиях и в процессе дорожных испытаний при проведении обработки асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог гидрофобным профилактическим составом.

Материалы и методы исследований

Ранее проведенные исследования позволили определить состав профилактического материала, обеспечивающего формирования покрытия с оптимальными эксплуатационными характеристиками и включающего: связующее (отходы переработки нефтепродуктов) 60-70 мас %, минеральный наполнитель (дефекат) 8-16 мас %, растворитель (керосин) 5-12

мас % и гидрофобизатор (метилсиликонат натрия в виде кремнийорганической гидрофобизирующей жидкости) [2, 3].

Гидрофобный состав для профилактической обработки готовили путем совмещения навесок исходных компонентов [3] и смешения их в течение 30 минут непосредственно перед проведением испытаний. Распределение производили механическим способом, обеспечивая норму обработки в пределах $0,5 \dots 0,8$ л/м² дорожного покрытия.

При проведении исследований по определению коэффициента сцепления согласно [10] и [11] в качестве испытательного оборудования используется автомобильная установка типа ПКРС-2, состоящая из автомобиля-тягача, прицепного одноколесного прибора, оборудованного датчиками ровности и коэффициента сцепления, а также установленных в автомобиле систем увлажнения покрытия, управления и регистрации. Однако установка типа ПКРС-2 отличается большими габаритами и массой, на проводимые измерения может оказывать влияние динамика движения тягача. Кроме того, при выполнении замеров отсутствует возможность обеспечения полной воспроизводимости контрольных заездов.

Одновременно с этим согласно [11] может использоваться прибор-деселерометр «Эффект-02», конструктивно состоящий из электронного блока обработки и отображения информации с органами управления, прикрепляемого на стекло автомобиля, а также датчика усилия, монтируемого на педаль тормоза. Данный прибор отличается удобством использования, однако на получаемые результаты измерений оказывает влияние техническое состояние автомобиля и отсутствие возможности определения уклона и ровности дорожного покрытия, на котором определяется коэффициент сцепления.

При диагностике и контроле качества автомобильных дорог коэффициент сцепления можно определить прибором ударного действия конструкции Ю. В. Кузнецова и измерителем коэффициента сцепления портативным ИКСп-2М. При достоверной имитации взаимодействия в системе «дорожное покрытие – колесо транспортного средства» величина коэффициента сцепления, определяемого приборами, зависит от материала и состояния поверхности резиновых имитаторов.

Кроме того, на практике для определения сцепных качеств дорожного покрытия используется метод определения фактического коэффициента сцепления согласно приложению Б в [11]. При этом используют легковой автомобиль в технически исправном состоянии. Коэффициент сцепления вычисляется математически по результатам замеров тормозного пути на эталонном участке дороги со скорости 40 км/ч с заблокированными колесами.

Недостатки перечисленных выше методик могут быть значительно уменьшены при использовании высокоточного *GPS* позиционирования, реализуемого в приборах *Performance Box* и *Driftbox* компании *Racelogik*, а также *Dragy DRG69*.

Данные устройства содержат высокоточные *GPS* приемники и прецизионные акселерометры, что позволяет с высокой точностью замерять положение, скорость и ускорение автомобиля с частотой 10–20 Гц [12].

Исследование коэффициента сцепления в лабораторных условиях было произведено посредством имитации взаимодействия в системе «колесо транспортного средства – дорожное покрытие» на приборах ТММ-32А (таблица 1), ППК и измерителе коэффициента сцепления портативном ИКСп-2М (таблица 2) [3, 4].

Определение коэффициента сцепления дорожного покрытия, обработанного гидрофобным профилактическим составом, в дорожных условиях производилось посредством измерения динамических параметров при разгоне и торможении автомобиля Audi A6 4F 2,7 TDI Avant Quattro 2006 мод. г. массой 2108 кг (шины Dunlop Winter Sport 3D 255/40 R18 высота протектора 7,0 мм, давление в передних колесах – 0,29 МПа, задних – 0,31 МПа) с помощью прибора *Dragy DRG69* при температуре воздуха $0(\pm 1)^\circ\text{C}$.

Испытания проводились на закрытом участке автодороги М-10/Е95 перед ремонтируемым мостом через р. Сож со стороны н.п. Бобовичи (рисунок 1).



Рисунок 1 – Место проведения испытаний
 а – общий вид; б – расположение на карте

Для проведения испытаний использовали как чистое асфальтобетонное покрытие, так и асфальтобетонное покрытие, обработанное исследуемым гидрофобным составом для профилактической обработки (рисунок 2) [2, 3].



Рисунок 2 – Проведение испытаний на покрытии, обработанном гидрофобным составом для профилактической обработки

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ данных в таблице 1 и 2 свидетельствуют, что образцы, обработанные профилактическим составом, показали повышение коэффициента сцепления в лабораторных условиях. Это позволяет предположить, что и в реальных условиях возможен рост коэффициента сцепления колеса транспортного средства с асфальтобетонным покрытием автомобильной дороги, которая обработана предложенным составом.

Таблица 1 – Результаты испытаний по определению коэффициента сцепления на приборе ТММ-32-А

Характеристика образцов		$m_{об}, кг$	$G, Н$	$n, дел$ (средний по результатам 5 испытаний)	$F_{тр}, Н$	f (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

Таблица 2 – Результаты испытаний по определению коэффициента сцепления на приборах ППК и измерителе коэффициента портативном ИКСп-2М

Наименование обработки асфальтобетонного покрытия	Значение коэффициента сцепления (температура окружающего воздуха + 10 °С)									
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	Через 5 мин после обработки					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	Через 5 мин после обработки					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

Результаты измерений динамических параметров при разгоне и торможении автомобиля на чистом и обработанном покрытии, определенные с помощью прибора *Dragy DRG69*, представлены на рисунке 4. Полученные данные показали, что прогнозируемый рост коэффициента сцепления колеса транспортного средства с асфальтобетонным покрытием автомобильной дороги подтвердился при проведении дорожных испытаний.

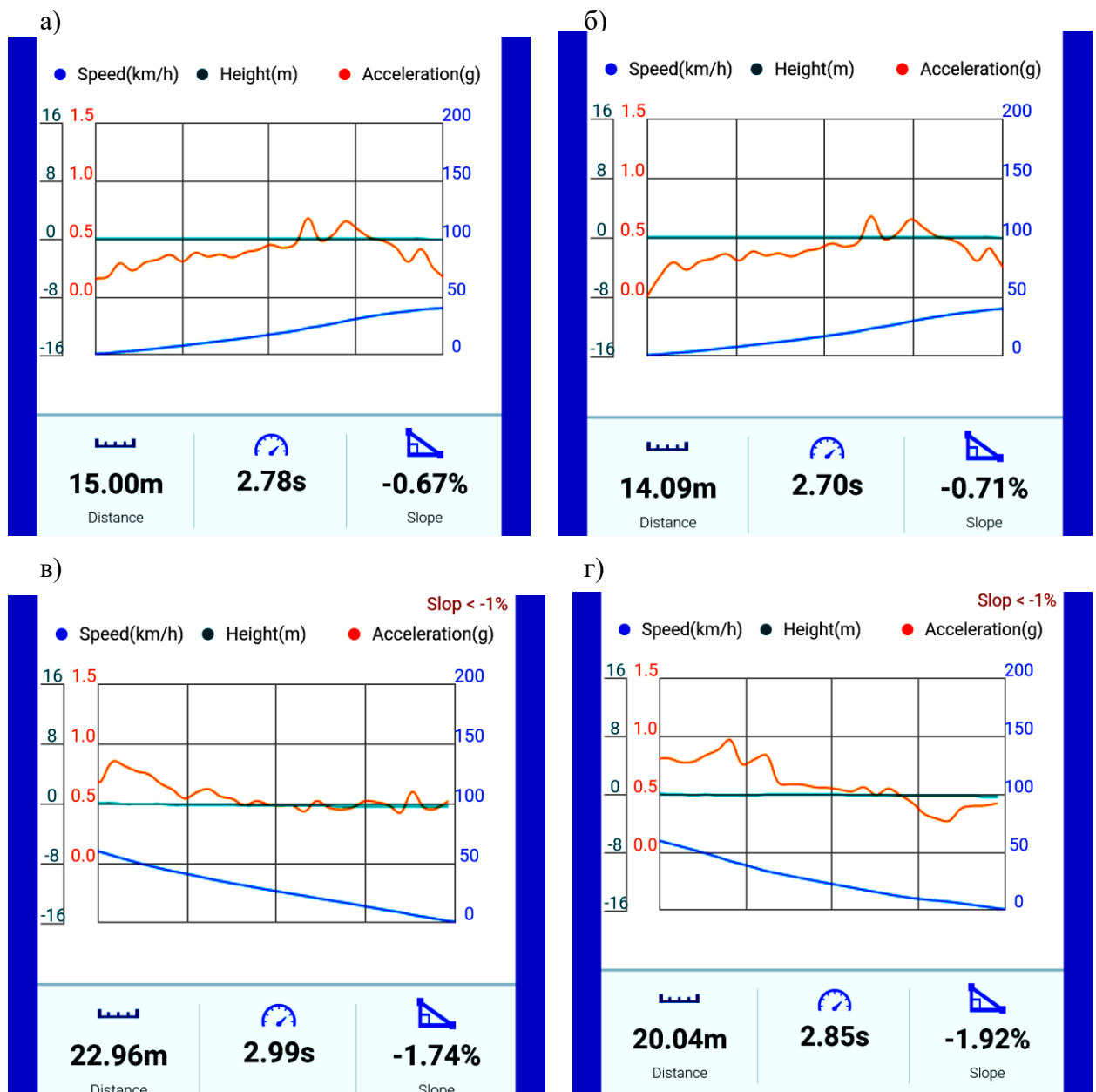


Рисунок 4 – Результаты проведения испытаний:

а – параметры разгона на чистом покрытии; б – параметры разгона на обработанном покрытии; в – параметры торможения на чистом покрытии; г – параметры торможения на обработанном покрытии

Анализ полученных графиков динамики разгона и торможения автомобиля приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Анализ динамики разгона и торможения автомобиля при движении по исследуемому покрытию

Параметр	Сухой асфальтобетон		Асфальтобетон, обработанный гидрофобным составом	
	Время, с	Путь, м	Время, с	Путь, м
0 – 5 м	1,76	–	1,71	–
0 – 10 м	2,37	–	2,33	–
0 – 15 м	2,84	–	2,82	–
0 – 40 км/ч	2,72	14,25	2,70	14,09
0 – 60 км/ч	4,42	22,96	4,36	22,05
40 – 0 км/ч	2,20	12,22	2,18	12,11
60 – 0 км/ч	2,99	22,96	2,85	20,04

Анализ результатов лабораторных исследований, представленных в таблицах 1, 2 и дорожных испытаний (таблица 3) позволяют отметить, что предлагаемый профилактический состав обеспечивает повышение коэффициента сцепления колес транспортного средства с асфальтобетонным покрытием на 3–5 %. Установленное повышение коэффициента сцепления достигается вследствие содержания полидиметилсилоксанового каучука в связующем (отходы переработки нефтепродуктов) исследуемого гидрофобного профилактического состава [2, 3]. Исходя из этого можно предположить, что составной частью наполнителя гидрофобного состава для профилактической обработки автомобильных дорог можно использовать *синтетический каучук изопреновый* (СКИ-3) ввиду невысокой стоимости и возможности его работы в среде воды, воздуха слабых растворов кислот и щелочей (недостаток – недостаточная стойкость к высокой температуре и солнечному свету) [13, 14], *синтетический каучук бутадиеновый* (СКБ) ввиду невысокой стоимости и возможности его растворяться в ароматических растворителях (бензине, керосине) образуя вязкие растворы (недостаток – невысокая морозостойкость), а также *бутадиенстирольный каучук* (СКС-30) ввиду хорошего сопротивления старению и более низкой морозостойкости ($-74 \dots -77 \text{ C}^\circ$), а также невысокой стоимости.

Выводы

Таким образом, в результате проведения дорожных испытаний, с использованием высокоточного прибора *Dragy DRG69* с *GPS* позиционированием показано, что воспроизводимость результатов исследований в лабораторных условиях практически соизмерима с данными эксплуатационных испытаний, что указывает на возможность эффективного использования для оценки коэффициента сцепления колес транспортного средства с асфальтобетонным покрытием лабораторных испытаний. Это позволит сократить затраты и временные параметры на проведение эксплуатационных испытаний, а также будет способствовать увеличению количества проводимых в лабораторных условиях экспериментов и их достоверности.

Список использованных источников

- 1 Оценка влияния эксплуатационных характеристик асфальтобетонных покрытий на безопасность дорожного движения / Д. И. Бочкарев, В. В. Петрусевиц // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2015. - № 1 (10). – С. 40–45.
- 2 Использование метода ИК-спектроскопии для идентификации отходов нефтехимического производства / Д.И. Бочкарев, В.В. Петрусевиц, А.М. Валенков // Науч.-техн. журнал. Горная механика и машиностроение. – 2017. – № 2. – С. 84–89.

3 Гидрофобный состав для профилактической обработки асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог: заявка № а 20180114: МПК7 E 01C 14/24 / Д.И. Бочкарев, В.В. Петрусевич – № а 20180114; заявл. 23.03.2018.

4 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.

5 Исследование влияния профилактической обработки на эксплуатационные и физико-механические свойства материалов автодорожных покрытий / Д.И. Бочкарев, В.В. Петрусевич // Горная механика и машиностроение. – 2018. – № 2. – С. 82–88.

6 Исследование влияния профилактической обработки покрытий автомобильных дорог на коэффициент сцепления / Д.И. Бочкарев, В.В. Петрусевич // Вестник ТАДИ. – 2018. – № 1. – С. 20–25.

7 Performances d'adherence des revetements sur les chaussees francaises. Brosseaud Yves, Delalande Gerard // Revue General des Routes.-2001.-№794.

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

9 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.

10 СТБ 1291–2007 Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения – Введ. 01.07.11. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. – 24 с.

11 СТБ 1566–2005 Автомобильные дороги. Методы испытаний – Введ. 01.09.11. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. – 19 с.

12 Приборы *PerformanceBox* и *Driftbox* компании *Racelogic* [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.racelogic.su>. – Дата доступа: 28.11.2017.

13 Латхин, Ю. М. Материаловедение : учебник для машиностроительных вузов – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение. 1980. – 493 с.

14 Шашок, Ж. С. Технология эластомерных композиций : учеб.-метод. Пособие / Ж. С. Шашок, К. В. Вищневский. – Минск : БГТУ, 2014. – 100 с.

METHODOLOGY FOR THE EVALUATION OF THE REPRODUCIBILITY OF
THE COEFFICIENT COUPLING ASPHALT-CONCRETE COATING
WITH HIS PREVENTIVE TREATMENT
IN LABORATORY AND REAL CONDITIONS OF ROAD TESTS

*D.I. Bochkarev, V.M. Shapovalov, V.V. Petrusevich, P.A. Katsubo
(Educational establishment «Belarusian State University of Transport»)*

The article presents research methods and analysis of the results of determining the adhesion coefficient, obtained in the laboratory and in the process of road tests during the processing of asphalt concrete pavement of highways with a hydrophobic preventive composition.

Сведения об авторах

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

Шаповалов Виктор Михайлович
д.т.н., профессор, Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем им. В.А.Белого НАН Беларуси», зав. отделом №1 «Композиционные материалы и рециклинг полимеров»

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

Кацубо Павел Андреевич – преподаватель Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта»

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

Электронная почта: *petrusevichvvv@gmail.com*

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

Адрес редакции: 220073, г. Минск, 4-й Загородный пер. 60

тел./ факс (017) 204 32 94, 207 25 41, 259 83 93

E-mail: *beldornii@dor.mtk.by*