

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА КОЭФФИЦИЕНТ СЦЕПЛЕНИЯ

Д. И. БОЧКАРЕВ, В. В. ПЕТРУСЕВИЧ

В статье представлено исследование влияния композиций для обработки асфальтобетонных покрытий на коэффициент сцепления в лабораторных и реальных условиях. Проведен анализ методик определения коэффициента трения. Методология проведения экспериментальных исследований и используемое оборудование позволили оценить влияние концентрации и состава композиций на коэффициент сцепления обработанного асфальтобетона и имитаторов колеса транспортного средства.

Введение

Безопасность движения транспортного средства в значительной степени определяется его динамическими характеристиками, важнейшей из которых является эффективность торможения, определяемая коэффициентом сцепления колеса с дорожным покрытием.

Дорожные условия оказывают значительное влияние на сцепные свойства покрытий автомобильных дорог, которые определяются величиной коэффициента сцепления, и обеспечивают безопасность движения как отдельных автомобилей, так и всего потока транспортных средств в целом. В зависимости от состояния опорной поверхности коэффициент сцепления шин с дорогой принимают в пределах $\varphi = 0,1 \dots 0,8$. При этом представляет интерес исследование влияния обработки автодорог различными составами, увеличивающими коэффициент сцепления, а также учет таких факторов как температура и влажность покрытия.

В настоящей статье рассмотрены результаты экспериментальной оценки коэффициента сцепления автомобильной шины со специально изготовленными кернами, моделирующими асфальтобетонное покрытие, которые обработаны различными профилактическими составами.

Цель работы – определение и сравнение результатов влияния обработки асфальтобетонного покрытия на коэффициент сцепления в лабораторных условиях и эксплуатационных условиях.

Материалы и методы исследований

Исследованию сцепления колеса с опорной поверхностью посвящено большое количество работ как у нас в стране, так и за рубежом [1–5]. Анализ данных работ показывает, что на коэффициент сцепления оказывают влияние различные факторы, основными из которых являются состояние

дорожного покрытия, конструкция и материал шины, температура шины и покрытия и т. д.

Основными документами, регламентирующими в Республике Беларусь методические и технические средства для определения сцепных качеств дорожного покрытия, являются СТБ 1291–2007 «Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения» [6] и СТБ 1566–2005 «Автомобильные дороги. Методы испытаний» [7].

Согласно [6] и [7] в качестве испытательного оборудования следует использовать автомобильную установку типа ПКРС-2, состоящую из автомобиля-тягача, прицепного одноколесного прибора, оборудованного датчиками ровности и коэффициента сцепления, а также установленных в автомобиле систем увлажнения покрытия, управления и регистрации.

В тоже время 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 [7] 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.

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, внешний вид и конструктивное устройство которых представлено на рисунке 1. Принцип работы приборов основан на имитации процесса скольжения заблокированного колеса автомобиля по дорожному покрытию при нормированных условиях их взаимодействия: при нагрузке на колесо 2942 ± 49 Н, скорости движения 60 ± 3 км/ч на мокром дорожном покрытии с использованием шины с гладким рисунком протектора, размером: $6.45 \times 13''$ с внутренним давлением воздуха $0,17-0,01$ МПа и положительных температурах окружающей среды. При достоверной имитации взаимодействия в системе «дорожное покрытие – колесо транспортного средства» величина коэффициента сцепления, определяемого приборами, зависит от материала и состояния поверхности резиновых имитаторов.

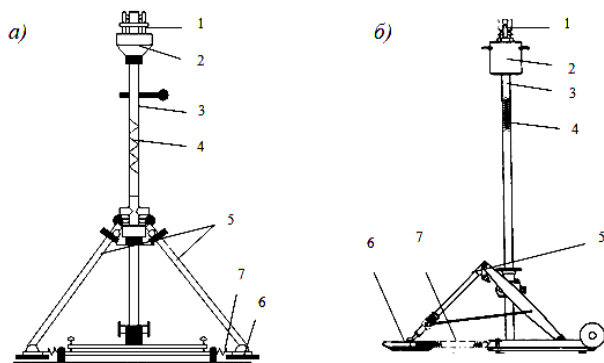


Рисунок 1 – Портативные приборы для определения коэффициента сцепления
 а – прибором ударного действия конструкции Ю. В. Кузнецова,
 б – измеритель коэффициента сцепления портативный ИКСп-2М;
 1 – сбрасывающее устройство, 2 – подвижный груз, 3 – опорная штанга, 4 – центральная пружина,
 5 – толкающие штанги, 6 – имитаторы шины, 7 – стягивающие пружины

Кроме того, на практике для определения сцепных качеств дорожного покрытия используются метод определения фактического коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием согласно приложению Б в [6]. При этом используют легковой автомобиль без антиблокировочной системы в приводе тормозов, техническое состояние которого соответствует требованиям Правил дорожного движения. Коэффициент сцепления вычисляется математически по результатам замеров тормозного пути на эталонном участке дороги со скорости 40 км/ч с заблокированными колесами. Недостаток данной методики заключается в погрешности измерений тормозного пути, уменьшение которой возможно при использовании *GPS* позиционирования, реализуемого в приборах *PerformanceBox* и *Driftbox* компании *Racelogic*. Данные устройства позволяют с высокой точностью замерять скорость, положение, ускорение и направление автомобиля 10 раз в секунду [9].

На основании вышеизложенного определение коэффициента сцепления в системе «дорожное покрытие – колесо транспортного средства» возможно различными способами, выбор наиболее эффективного из которых осуществляется исходя из требований к точности измерений и учета факторов, влияющих на коэффициент сцепления. Кроме того, определение коэффициента сцепления возможно в лабораторных условиях на специально изготовленных модельных образцах дорожных покрытий и автомобильных шин различной жесткости. Обработка поверхностей образцов и шин испытываемыми составами позволит моделировать различные дорожные условия.

Результаты исследований и их обсуждение

Для определения коэффициента сцепления в лабораторных условиях была использована установка ТММ-32А, кинематическая схема которой представлена на рисунке 2.

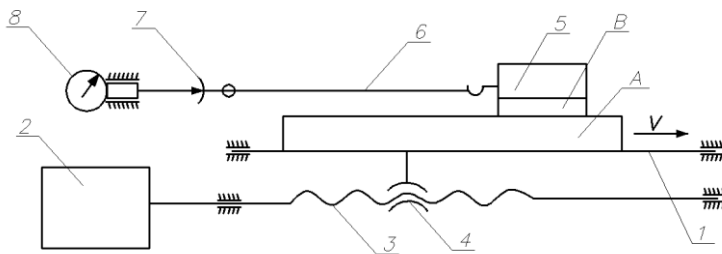


Рисунок 2 – Схема установки ТММ-32А

A – пластина, *B* – 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* (рисунок 3), обращенный поверхностью трения вверх, образуя вместе с салазками подвижный стол. Образец *A* представляет собой пластину, имитирующую поверхность колеса, изготовленную из шины *Uniroyal Rain Sport 205/55 ZR 16*. На него устанавливается второй образец *B* (рисунок 3) поверхностью трения вниз, представляющий собой керн 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 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*, чистый или обработанный различными составами [8], 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 (рисунок 3) на основании закона Кулона $f = F/G$, где G – вес образца с дополнительным грузом определить коэффициент трения.

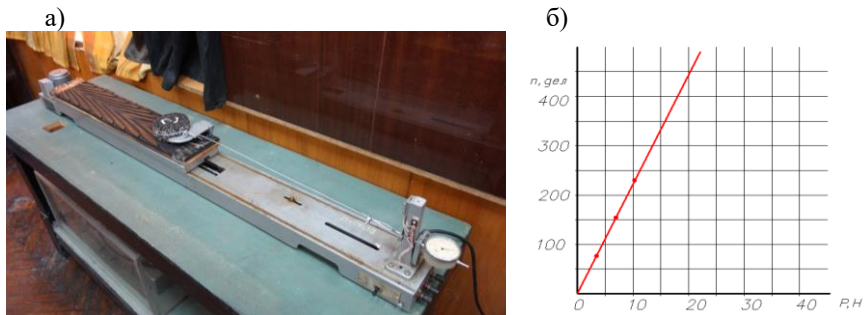


Рисунок 3 – Проведение испытания
 а – общий вид установки ТММ-32А, б – тарифовочный график

При проведении испытаний образцы 1.1 и 1.2 обработали дорожным клеем, применяемым для увеличения коэффициента сцепления автомобильных колес с дорожным покрытием при проведении соревнований по дрег-рейсингу [8]. Образцы 2.1 и 2.2 покрыли гидрофобной композицией, содержащей, мас. %: связующее (отходы переработки нефтепродуктов) 65-75; минеральный наполнитель (отходы сахарного производства) 8-16, растворитель (керосин ГОСТ 18499-73) – остальное. Результаты проведенного испытания представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерений и вычислений

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 клеевым составом	Образец 1.1	0,547	5,36	70	4,25	0,595
	Образец 1.2	0,634	6,21	78	4,9	0,592
Образцы, обработанные гидрофобной композицией	Образец 2.1	0,518	5,08	69	4,2	0,579
	Образец 2.2	0,626	6,13	85	5,0	0,571
Чистые образцы	Образец 3.1	0,827	8,10	95	6,1	0,536
	Образец 3.2	0,858	8,41	100	6,4	0,541

Анализ полученных результатов показывают, что у образцов, обработанных клеевым составом, более высокий коэффициент сцепления. Это может объясняться тем, что пленкообразующим веществом дорожного клея является полидиметилсилоксановый каучук [8], адгезия которого позволяет повысить коэффициент сцепления к асфальтобетону и резине. У образцов 2.1 и 2.2, обработанных гидрофобной композицией, результаты измерений выше чем у чистых образцов, так как связующим являются отходы перера-

ботки нефтепродуктов, содержащие в своем составе также производные каучука [8].

Кроме того в данной работе экспериментальное определение коэффициента сцепления осуществлялось прибором 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 композициями, температура окружающего воздуха составляла + 10 С° (рисунок 4).



Рисунок 4 – Проведение испытания на приборе ППК
1 – чистый асфальт, 2 – обработка гидрофобной композицией, 3 – обработка клеевым составом

Полученные результаты измерений представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты измерений и вычислений

Наименование обработки асфальтобетонного покрытия	Коэффициент сцепления									
	Через 5 минут					Через 20 минут				
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 гидрофобным составом	0,540	0,532	0,538	0,541	0,539	0,540	0,545	0,539	0,537	0,545
Обработка клеевым составом	0,495	0,505	0,485	0,507	0,502	0,610	0,595	0,592	0,595	0,590
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 гидрофобным составом	0,545	0,538	0,542	0,541	0,534	0,535	0,535	0,541	0,542	0,545
Обработка клеевым составом	0,510	0,515	0,495	0,497	0,510	0,587	0,590	0,595	0,602	0,587

Проведя сравнение с предыдущим экспериментом и анализируя полученные результаты измерений на приборах ударного действия можно констатировать, что асфальтобетон, обработанный клеевым составом, 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. При этом на поверхности, обработанной гидрофобным составом, измеренный коэффициент сцепления выше чем у чистой поверхности за счет того, что в состав пленкообразующего вещества входят также производные каучука. Кроме того у гидрофобного состава в качестве растворителя, создающего необходимую для распределения материала вязкость, используется керосин, испаряемость которого к 5 минуте завершилась, что и объясняет одинаковые показатели через 5 и 20 минут.

Выводы. Представленные в работе результаты экспериментальных исследований, выполненных в лабораторных и реальных условиях, позволили количественно оценить коэффициент сцепления. Исходя из полученных результатов, можно сделать следующие выводы:

- обработка гидрофобной композицией повышает коэффициент сцепления вследствие увеличения адгезии асфальтобетонной поверхности и заполнения микротрещин и дефектов структуры покрытия;

- сравнение коэффициента сцепления, полученного в лабораторных условиях и на реальном дорожном покрытии, позволяют оценить адекватность применяемой методики и определить факторы, влияющие как на погрешность измерений, так и на величину коэффициента сцепления, что может позволить предложить решения по его повышению для конкретных условий эксплуатации.

Список литературы

1 Коэффициент сцепления новая и старая реальность / А.В. Кочетков, М.Л. Ермаков, А.А. Шестопалов // Безопасность на транспорте. – 2010. – №1. – С. 22–27.

2 **Чистяков, Е. Г.** Разработка методов повышения эксплуатационно-прочностных характеристик автомобильных дорог с учетом циклического воздействия нагрузок : автореф. дис...канд. техн. наук : 05.23.11 / Е. Г. Чистяков – Волгоград, 2010. – 23 с.

3 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.

4 **Леонович, И. И.** Диагностика и управление качеством автомобильных дорог : учеб. пособие / И. И. Леонович, С. Б. Богданович, И. В. Нестерович. – Минск : Новое знание, 2011. – 350 с.

5 Содержание и ремонт автомобильных дорог: пособие начальнику линейной дорожной дистанции и дорожному мастеру по ремонту и содержанию автомобильных дорог / С. Е. Кравченко [и др.]. – Минск : БНТУ, 2013. – 239 с.

6 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.

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

8 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.

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

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF PREVENTIVE
TREATMENT
COVERAGE OF ROADS ON CLUTCH COEFFICIENT

D.I. Bochkarev, V.V. Petrushevich
(*Educational establishment «Belarusian State University of
Transport»*)

The paper presents an investigation of the influence of compositions for the treatment of asphalt-concrete coatings on the coefficient of adhesion in laboratory and real conditions. The analysis of the methods for determining the coefficient of friction is carried out. The methodology of carrying out the experimental studies and the equipment used made it possible to evaluate the effect of the concentration and composition of the compositions on the coefficient of adhesion of the treated asphalt concrete and imitators of the vehicle wheel.

Сведения об авторах

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

Петрушевич 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: *petrushevichvvv@gmail.com*

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