

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СЦЕПНЫХ КАЧЕСТВ И РОВНОСТИ ПОКРЫТИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СОСТОЯНИЯХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ

Вячеслав Анатольевич Гулевский¹
Алексей Васильевич Скрыпников²
Вячеслав Геннадиевич Козлов¹
Дмитрий Валерьевич Ломакин²
Елена Юрьевна Микова²

¹Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

²Воронежский государственный университет инженерных технологий

Исследованиям сцепных качеств посвящено большое количество работ как в нашей стране, так и за рубежом. Необходимость дополнительных исследований вызвана тем, что изменения сцепных качеств покрытий в течение всех периодов года недостаточно изучены. Также недостаточно исследована роль параметров шероховатой обработки в различные периоды года и при различных погодных условиях. Были проведены экспериментальные наблюдения за изменением сцепных качеств и ровности покрытий на участках дорог с различным покрытием и типами шероховатой обработки во все периоды года при различных состояниях дорог (сухих, мокрых, заснеженных и обледенелых покрытиях). Результаты исследований показали, что летом большинство дорожных покрытий в сухом состоянии обеспечивает высокое значение коэффициента сцепления, а также ровности покрытий. Иное положение наблюдается на мокрых, грязных, заснеженных и обледенелых покрытиях в осеннее, весеннее и зимнее время. В этих условиях сцепные качества снижаются и коэффициент сцепления часто значительно ниже расчетного, требуемого по условиям безопасности движения. Изменение ровности также зависит от многих факторов, к которым относятся прочность дорожной одежды и земляного полотна, интенсивность и состав движения, уровень содержания лесовозных автомобильных дорог и погодно-климатические условия. Для эффективного функционирования дороги необходимо управлять изменением сцепных качеств и ровностью дорожной одежды по времени, по длине и ширине дороги в процессе проектирования, строительства и эксплуатации дорог. Необходимо разработать требования не только к допускаемым пределам изменения сцепных качеств во времени, но и по ширине проезжей части и обочин.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: автомобильные дороги, покрытие, ровность, коэффициент сцепления, сцепные качества, погодно-климатические условия.

EXPERIMENTAL EVALUATION OF TRACTION PROPERTIES AND ROAD EVENNESS IN VARIOUS ROAD AND WEATHER CONDITIONS

Vyacheslav A. Gulevsky¹
Aleksey V. Skrypnikov²
Vyacheslav G. Kozlov¹
Dmitry V. Lomakin²
Elena Yu. Mikova²

¹Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

²Voronezh State University of Engineering Technologies

A large number of scientific works both in our country and abroad are devoted to studying the traction properties. The need for additional studies is due to the fact that changes in the traction properties of road pavement during all periods of the year remain understudied. The role of parameters of rough treatment in various periods of the year and different weather conditions is also understudied. The authors have made experimental observations of changes in traction properties and evenness on road sections with various types of pavement and rough

treatment in all periods of the year under various conditions (dry, wet, snow-covered and icy pavements). The results of research showed that in summer most dry road pavements provided a high value of traction coefficient, as well as road evenness. A different situation was observed on wet, dirty, snow-covered and icy pavements in autumn, spring and winter. In such conditions the traction properties decrease and the traction coefficient is often significantly lower than the estimated value required by the conditions of traffic safety. The change in the evenness also depends on many factors, which include the strength of the pavement and roadbed, the intensity and composition of traffic, the level of maintenance of logging roads, and weather and climate conditions. Efficient functioning of roads requires controlling the changes in traction properties and pavement evenness over time and considering the length and width of the road in the process of designing, building and operation. It is necessary to develop the requirements not only to the permissible limits of changes in traction properties over time, but also to the width of the traffic way and the roadside.

KEY WORDS: automobile roads, pavement, evenness, traction coefficient, traction properties, weather and climate conditions.

Введение

Сцепные качества дорожного покрытия представляют собой одну из важнейших характеристик автомобильной дороги. Основным расчетным параметром при проектировании геометрических элементов плана и продольного профиля дорог является коэффициент сцепления колеса автомобиля с поверхностью дороги.

Исследованиям сцепных качеств посвящено большое количество работ как в нашей стране, так и за рубежом [1, 3, 6, 11–14]. Необходимость дополнительных исследований обусловлена тем, что изменения сцепных качеств покрытий в течение всех периодов года недостаточно изучены. Анализ опубликованных источников информации показал, что измерения проводились только по одной полосе проезжей части в каждом направлении, в результате чего не изучено изменение сцепных качеств и ровности покрытий по всей ширине поверхности дороги, включая краевые полосы и обочины. Также недостаточно изучена роль параметров шероховатой обработки в различные периоды года и при различных погодных условиях.

Методика эксперимента

Проведен мониторинг изменений сцепных качеств и ровности покрытий на участках дорог с различным покрытием и типами шероховатой обработки во все периоды года при различных состояниях дорог (сухих, мокрых, заснеженных и обледенелых покрытиях).

Измерения ровности дорожных покрытий производили непрерывным способом с помощью передвижной лаборатории и одноколесного узла ПКРС-2 по неровностям участка автодороги со скоростью 50 ± 5 км/ч.

При определении ровности и сцепных свойств дорожных покрытий выполняли выборочные измерения в соответствии с действующими ГОСТами [2].

На большинстве измерений определялись параметры шероховатости покрытия методом песчаного пятна [3].

В зимнее время коэффициенты сцепления измерялись без полива водой, на скоростях от 20 до 60 км/ч [4, 5, 7–10].

Результаты и их обсуждение

Основные результаты выполненных исследований показывают, что летом большинство дорожных покрытий в сухом состоянии обеспечивает высокое значение коэффициента сцепления, достигающее 0,6–0,8. Иное положение наблюдается на мокрых, грязных, заснеженных и обледенелых покрытиях в осеннее, весеннее и зимнее время. В этих условиях сцепные качества снижаются и коэффициент сцепления часто значительно ниже расчетного, требуемого по условиям безопасности движения.

Установлено, что коэффициент сцепления загрязненных шероховатых поверхностей снижается по сравнению с коэффициентом сцепления чистых поверхностей на 20–30% и более, а при сильном загрязнении коэффициенты сцепления шероховатых и нешероховатых покрытий становятся одинаково низкими (рис. 1).

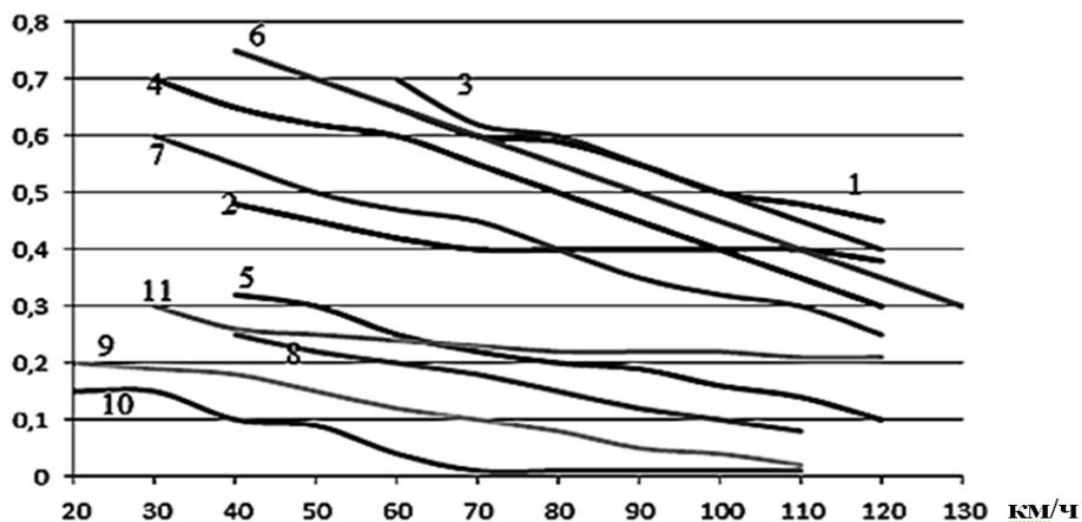


Рис. 1. Зависимость коэффициентов сцепления различных покрытий от скорости: 1, 2 – сухое и мокрое асфальтобетонное; 3, 4 – сухое и мокрое асфальтобетонное с шероховатой обработкой; 5 – то же, мокрое загрязненное; 6, 7 – сухое и мокрое асфальтобетонное без шероховатой обработки; 8 – то же, мокрое и загрязненное; 9 – уплотненная снежная корка; 10 – гололед; 11 – расчетные значения

В зимнее время на одном и том же покрытии могут наблюдаться различные характерные состояния, от которых во многом зависят сцепные качества.

Сухие чистые покрытия зимой, при температуре воздуха ниже минус 10°С, имеют высокий коэффициент сцепления – 0,45–0,65. При повышении температуры до минус 4°С наблюдается снижение коэффициента сцепления до 0,30–0,40 при скорости 60 км/ч.

Установлено, что на сухих чистых покрытиях зимой при температуре воздуха ниже минус 10°С коэффициент сцепления колеса с покрытием с увеличением скорости возрастает по линейной зависимости, который в диапазоне скоростей от 40 до 80 км/ч имеет вид

- для покрытий со средней высотой выступов шероховатости меньше 2 мм

$$\varphi_v = \varphi_{40} + 0,002(v - 40), \quad (1)$$

- для покрытий со средней высотой выступов шероховатости 2–3 мм

$$\varphi_v = \varphi_{40} + 0,0025(v - 40). \quad (2)$$

Это объясняется тем, что при увеличении скорости время контакта колеса с покрытием сокращается, что приводит к уменьшению вероятности образования водной пленки в зоне контакта. Зимой влияние температуры воздуха и чистого покрытия на коэффициент сцепления выражено сильнее, чем летом.

При наличии снежного покрова на покрытиях или гололеда величина коэффициента сцепления колеблется в пределах от 0,1 до 0,3 в зависимости от температуры воздуха, толщины и плотности снежного слоя и т.д.

Особое значение имеют результаты измерений сцепных качеств покрытий с различной шероховатостью зимой при наличии снежного наката и гололеда. Оказалось, что когда выступы шероховатости закрыты снегом или покрыты гололедом, коэффициент сцепления остается низким до 0,25 и не зависит от параметров шероховатости. Этот вывод согласуется с данными различных исследований [1, 3, 6].

Установлено, что формирование снежного наката зависит от интенсивности снегопада и метели, температуры и влажности воздуха, очищенности участка дороги от снежных заносов и продуваемости, величин неровностей и препятствий на поверхности дороги и шероховатости покрытия, интенсивности движения и оперативности патружной снегоочистки. Чем выше интенсивность движения, тем быстрее разрушается слой снега. В первую очередь эти разрушения происходят над выступами шероховатости, которые быстрее вступают в работу. На шероховатых покрытиях при толщине снежной корки и льда от 10 до 20 мм с увеличением интенсивности движения ускоряется разрушение снежного слоя и очищение выступов шероховатости от снега. Наблюдения различных исследователей [1, 3, 6], выполненные на гладких покрытиях, показали обратную зависимость: коэффициент сцепления падает тем быстрее, чем выше интенсивность движения, что может быть объяснено формированием снежного наката. Таким образом, установлена положительная роль шероховатости в разрушении тонких слоев снежного наката.

Шероховатая поверхностная обработка эффективно работает в период влажного и мокрого состояния покрытия. При сухом покрытии и при снежном накате толщиной более 20 мм шероховатая обработка перестает работать, хотя и способствует ускорению самоочистки дорог от снега или гололеда под действием движущихся автомобилей.

Диагностика и оценка изменений сцепных качеств по ширине проезжей части и обочин в различные периоды года и в различных метеорологических условиях проводились на двух и трехполосных дорогах с шириной проезжей части от 7 до 11,25 м на участках с укрепленными и неукрепленными обочинами.

Методика измерений включала определение коэффициентов сцепления по нескольким однородным зонам по ширине проезжей части и обочин:

- 1 – ось проезжей части (центральная полоса);
- 2 – левая полоса наката;
- 3 – зона между левой и правой полосами наката;
- 4 – правая полоса наката;
- 5 – прикромочная полоса обочины;
- 6 – обочина.

Наблюдения показали, что коэффициенты сцепления на этих полосах различаются в широких пределах. Данные наблюдений за изменением коэффициента сцепления по ширине проезжей части дороги с асфальтобетонным покрытием показали, что размах колебаний между максимальными и минимальными значениями в поперечном направлении составляет летом 0,21, осенью и весной – 0,17, зимой – 0,22.

Таким образом, экспериментально установлена изменчивость сцепных качеств по ширине проезжей части и обочин, имеющая большое влияние на удобство и безопасность движения. Для эффективного управления функционированием дороги необходимо управлять изменением сцепных качеств по времени, по длине и ширине дороги.

Целесообразно разработать специальный стандарт, определяющий порядок выполнения измерений коэффициента сцепления, в котором должны быть оговорены требования к приборам для определения величины сопротивления скольжения, к динамометрическим приборам, к температуре и влажности воздуха и покрытия, ровности покрытия, скорости движения и др. Без выполнения этих требований сравнение измерений коэффициентов сцепления, выполненных разными приборами, в различных условиях является весьма условным и приближенным.

Проблема обеспечения требуемого коэффициента сцепления в зимнее время имеет особо важное значение для многих районов страны. В зимних условиях основ-

ным критерием для назначения параметров шероховатости является не отвод воды из зоны контакта, а обеспечение максимально возможного количества точек сухого контактирования поверхности покрытия с колесом в периоды гололеда, что легче достигается при средне- и малозернистой шероховатости покрытия.

Опыты показали, что шероховатость покрытия в зимнее время при устойчивых отрицательных температурах оказывает влияние на сцепные качества только при чистом сухом состоянии дорожного покрытия, а также при наличии на поверхности покрытия незначительного по толщине слоя снега, лишь частично закрывающего шероховатость покрытия. При других состояниях покрытия зимой параметры шероховатости значения не имеют.

Экспериментальные исследования изменения ровности дорожных покрытий по периодам года выполнялись на скорости 50 км/ч, три раза на каждой полосе движения, не реже одного раза в сезон, при этом фиксировалось состояние покрытия и обочин. Результаты измерений обрабатывались методами математической статистики, вычислялись средние и максимальные значения и строились графики измерения ровности по участкам.

Для измерения ровности применялись установки ПКРС-2 и толчкомер, между показаниями которых установлена корреляционная связь. Измерение ровности показали, что ровность по ПКРС-2 в течение года изменяется от 150 до 1200 см/км и более.

Результаты измерений ровности на дороге III технической категории с асфальтобетонным покрытием приведены на рисунке 2. Аналогичные результаты получены при измерении ровности на участках дорог II технической категории с асфальтобетонным покрытием. Характерным для них является отличная и хорошая ровность летом, удовлетворительная и неудовлетворительная ровность зимой.

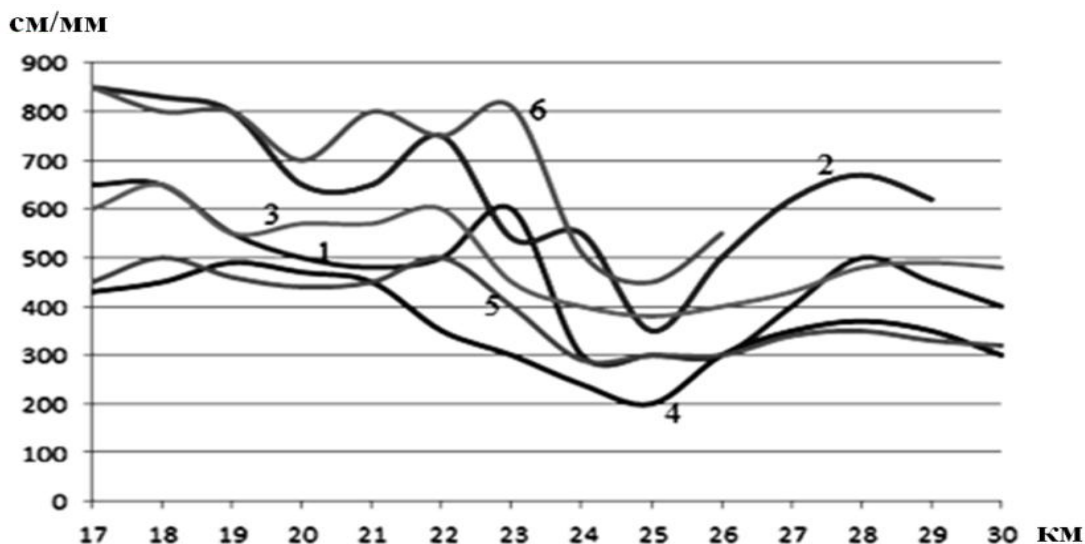


Рис. 2. Изменения ровности покрытия в течение года: 1 – июль, сухое покрытие; 2 – октябрь, покрытие снежное; 3 – ноябрь, покрытие увлажненное с наледью; 4 – декабрь, покрытие заснеженное; 5 – январь, покрытие заснеженное; 6 – март, снежный накат

Установлено, что в начале зимы при первых снегопадах ровность поверхности проезжей части мало отличается от ровности покрытия, а иногда даже несколько улучшается при небольшом слое снега на покрытии. Затем происходит ухудшение ровности. Если слой снега на покрытии не убирается, он начинает разрушаться под действием движущихся автомобилей. При новом снегопаде и недостаточной снегоочистке слой

снега увеличивается, и ровность проезжей части опять ухудшается. Во второй половине зимы обычно наблюдаются метели, и толщина слоя снега на покрытии может значительно увеличиваться. Если снег удаляется не полностью, то ровность проезжей части резко ухудшается. Отложения снега на дороге неравномерны и чистые участки дороги чередуются с заснеженными.

Выводы

Экспериментально установлена зависимость сцепных качеств и ровности покрытий по ширине проезжей части и обочин от погодных условий, которая оказывает большое влияние на безопасность и удобство движения.

Для эффективного управления функционированием дороги необходимо корректировать изменение сцепных качеств, а также ровность покрытий по времени, по длине и ширине дороги.

Необходимо разработать требования к допускаемым пределам изменения сцепных качеств и ровности покрытий по ширине проезжей части и обочины.

Библиографический список

1. Афоничев Д.Н. Анализ прочностных характеристик дорожных конструкций в лесозаготовительных предприятиях / Д.Н. Афоничев, С.И. Сушков, Д.В. Бурмистров // Успехи современной науки и образования. – 2017. – Т. 1, № 1. – С. 77–81.
2. ГОСТ 30413-96 Дороги автомобильные. Метод определения коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием. – Введ. 1997–07–01. – Москва : Госстрой России, ГУП ЦЦ, 1997. – 6 с.
3. Козлов В.Г. Методы, модели и алгоритмы проектирования лесовозных автомобильных дорог с учетом влияния климата и погоды на условия движения : дис. ... д-р техн. наук : 05.21.01 / В.Г. Козлов. – Архангельск : САФУ, 2017. – 406 с.
4. ОДН 218.0.006-2002 Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог (взамен ВСН 6-90). – Введ. 2002–10–03. – Москва : ГП «Информавтодор», 2002. – 139 с.
5. Руководство по оценке пропускной способности автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР. – Москва : Транспорт, 1982. – 88 с.

6. Скрыпников А.В. Стадийное повышение транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных лесовозных дорог в системе автоматизированного проектирования : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 / А.В. Скрыпников. – Воронеж, 2002. – 237 с.
7. СНиП 2-05-02-85. Автомобильные дороги. Госстрой СССР, 1986. – 56 с.
8. Справочная энциклопедия дорожника. Т. II. Ремонт и содержание автомобильных дорог ; под ред. д-р техн. наук, проф. А.П. Васильева. – Москва : Информавтодор, 2004. – 1129 с.
9. Справочная энциклопедия дорожника. Т. V. Проектирование автомобильных дорог ; под ред. Г.А. Федотова, П.И. Поспелова. – Москва : Информавтодор, 2007. – 815 с.
10. Справочник инженера-дорожника. Изыскания и проектирование автомобильных дорог ; под ред. О.В. Андреева. – Москва : Транспорт, 1977. – 559 с.
11. Mathematical model of statistical identification of car transport informational provision / A.V. Skrypnikov, S.V. Dorokhin, V.G. Kozlov, E.V. Chernyshova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 12, No. 2. – Pp. 511–515.
12. Ceccarelli M. History of IFToMM, International Symposium on History of Machines and Mechanisms / M. Ceccarelli // Proceedings of HMM, 2000. – Kluwer, Dordrecht. 2000. – Pp. 27–86.
13. Comparison of Linear Scheduling Model and Repetitive Scheduling Method / K. Park, Y. Hwang, S. Seo, M. Asce, H. Seo // Journal of Construction Engineering and Management. – 2003. – Vol. 129, No. 1. – Pp. 25–31.
14. Development of scientific bases of forecasting and reliability increasement of mechanisms and machines - one of the key problems of engineering science / O. Berestnev, Y. Soliterman, A. Goman // International Symposium on History of Machines and Mechanisms : Proceedings of HMM, 2000. – Pp. 325–332.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Вячеслав Анатольевич Гулевский – доктор технических наук, профессор кафедры математики и физики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-18-68, e-mail: main@srd.vsau.ru.

Алексей Васильевич Скрыпников – доктор технических наук, профессор, декан факультета «Управление и информатика в технологических системах», зав. кафедрой информационной безопасности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 255-38-17, e-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru.

Вячеслав Геннадиевич Козлов – доктор технических наук, доцент кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: vya-kozlov@yandex.ru.

Дмитрий Валерьевич Ломакин – экстерн кафедры информационной безопасности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: atommic93dv@mail.ru.

Елена Юрьевна Микова – экстерн кафедры информационной безопасности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: Leencha@ya.ru.

Дата поступления в редакцию 27.02.2018

Дата принятия к печати 12.03.2018

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Vyacheslav A. Gulevsky – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Mathematics and Physics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, tel. 8(473) 253-18-68, e-mail: main@srd.vsau.ru.

Aleksey V. Skrypnikov – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Dean of the Control and Informatics in Technological Systems Faculty, Head of the Dept. of Information Security, Voronezh State University of Engineering Technologies, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 255-38-17, e-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru.

Vyacheslav G. Kozlov – Doctor of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Transport Vehicles and Production Machines Operation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, E-mail: vya-kozlov@yandex.ru.

Dmitry V. Lomakin – External Student, the Dept. of Information Security, Voronezh State University of Engineering Technologies, Russian Federation, Voronezh, e-mail: atommic93dv@mail.ru.

Elena Yu. Mikova – External Student, the Dept. of Information Security, Voronezh State University of Engineering Technologies, Russian Federation, Voronezh, e-mail: Leencha@ya.ru.

Received February 27, 2018

Accepted March 12, 2018