

Научный обзор
УДК 625.032.3 : 62-578.004.15

Устройства для определения сцепных свойств шин с дорожным полотном

Язан Ясерович Фаттух

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
Москва, Россия
yazan28@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются различные типы шинных тестеров - измерительных систем, применяемых для проведения испытаний шин на сцепление с дорожным покрытием при разгоне и торможении в реальных дорожных условиях.

В статье дано обоснование для необходимости чёткого соблюдения и регламентирования параметров сцепных свойств шины и дорожного покрытия.

Были приведены методы определения коэффициента скольжения колёс с целью выявления их сцепных свойств с дорожным полотном, изложены факторы и материалы, влияющие на качество сцепления. В работе предложены шинные тестеры, проведён сравнительный анализ этих устройств, выявлены достоинства и недостатки применяемых измерительных систем.

Ключевые слова: шинные тестеры, сцепные свойства, дорога.

Для цитирования: Фаттух Я.Я. Устройства для определения сцепных свойств шин с дорожным полотном // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2023. №2 (36).

Original article

Devices for determining the coupling properties of the roadway

Yazan Ya. Fattouh

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI),
Moscow, Russia
yazan28@mail.ru

Abstract. This article discusses various types of tire testers -measuring systems used to test tires for traction with the road surface during acceleration and braking in real road conditions.

The article provides a justification for the need for strict compliance and regulation of the parameters of the coupling properties of the tire and road surface.

The methods of determining the coefficient of sliding of wheels were given in order to identify their coupling properties with the roadbed, the factors and materials affecting the quality of adhesion were outlined. Bus testers are proposed in the work, a comparative analysis of these devices is carried out, the advantages and disadvantages of the applied measuring systems are revealed.

Keywords: tire testers, coupling properties, road.

For citation: Fattouh Ya.Ya. Devices for determining the coupling properties of the roadway. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2023. № 2 (36).

Введение

Проведенный анализ состояния аварийности на автомобильных дорогах Российской Федерации показал, что чаще всего дорожно-транспортному происшествию способствуют продольное либо поперечное проскальзывание шин автомобиля на поверхности дорожного покрытия [1].

Первые проведенные исследования в области изучения сцепных свойств автотранспортное средство (АТС) были начаты ещё в 1938-39 гг. XX века, в результате чего была разработана система норм на коэффициенты сцепления, приборы для контроля состояния дорожных покрытий. Были исследованы зависимости коэффициентов сцепления шин от многих факторов, таких как характеристики автомобильной шины, вид дорожного полотна, а также условия их взаимодействия.

Сегодня подавляющий процент в транспортном потоке составляют автомобили с антиблокировочными системами торможения, которые к состоянию характеристикам шин предъявляют специфические требования. Вместе с тем к характеристикам шин большегрузных автопоездов так же предъявляют специфические требования. Из-за относительно небольшого веса, который приходится на ведущие колёса (у некоторых моделей составляет не более четверти от полного веса), при движении на подъём

уменьшается сила сцепления автомобильной шины с дорожным покрытием. Также уменьшается сцепление с дорожным покрытием при дожде и, соответственно, при влажном состоянии дорожного покрытия происходит проникновение клина жидкости в зону контакта автомобильной шины с дорожным полотном. При этом сцепление с дорогой заметно сокращается. Кроме того, ещё ряд факторов определяет коэффициент сцепления. К этим факторам относится геометрический размер и вид автомобильной шины, форма протектора, вид дорожного покрытия, физические свойства жидкости, погодные условия, при которых происходит контакт с дорогой.

Целью настоящей статьи является изучение технических устройств, разработанных для определения коэффициента сцепления шин с дорожным полотном, и определение их сильных и слабых сторон.

Сравнение установок по измерению сцепных свойств дорожного полотна. Отличия методов измерения

Методика определения коэффициента сцепления с заблокированным колесом и частично заблокированным колесом применяется на сегодняшний день во всех странах мира. Стоит учитывать, что исторически получилось так, что практически в любом государстве присутствуют в наличии свои определённые моменты и варианты испытаний, которые изначально определяются национальными принятыми системами нормативно-технических требований и регуляторов методик выполнений измерений. Некоторая информация об установках для определения коэффициента сцепления колёс с дорожным полотном, используемых в различных странах, сведена в таблице 1 [2].

Таблица 1.

Установки для измерения сцепных свойств

Название установки	Конструкция каркаса покрышки	Тип протектора автошины колеса	Методика проведения измерения	Страна
Stuttgarter reibungsmesser	Диагональная	С рисунком	Проскальзывание (20%) и блокировка колеса	Австрийская республика
Scrim	Диагональная	Гладкий	Угол скольжения (20°)	Бельгия, Германия, Испания, Франция
Crr odoliograph	Радиальная	Гладкий	Угол скольжения (20°)	Бельгия
Scrintex	-	Гладкий	Угол скольжения (20°)	Великобритания
Griptester	Диагональная	Гладкий	Проскальзывание (14,5%)	Великобритания
Dagmar/petra trailer	Диагональная	С рисунком	Переменное проскальзывание	Германия
Stradograf	Радиальная	Гладкий	Угол скольжения (12°)	Дания
Mumeter	Диагональная	С рисунком	Угол скольжения (7,5°)	Испания
Summs	-	Гладкий	Угол скольжения (20°)	Италия
Skid resistance tester	Диагональная	С рисунком	С блокированием колес автомобиля	Литва
Dww trailer	Радиальная	Гладкий	Проскальзывание (86%)	Нидерланды

Продолжение таблицы 1

Norsemeter oscar	Диагональная	Гладкий	Переменное (изменяемое)	Норвегия
Skid resistance tester	Диагональная	С рисунком	С блокированием колес автомобиля	Польша
Пкpc-2y	Диагональная	С рисунком (допускалось до 2014 года), гладкий	С блокированием колес автомобиля	СНГ
Astm e274	Диагональная	Гладкий	С блокированием колес автомобиля	США
Lcpc skid trailer adhera	-	Гладкий	С блокированием колес автомобиля	Франция
Stuttgarter gerät	Диагональная	С рисунком	Угол скольжения (20%) и с блокированием колес автомобиля	Швейцария, Германия
Skiddometer bv8	Диагональная	С рисунком	Угол скольжения (20%)	Швейцария
Skiddometer bv11	Диагональная	С рисунком	Угол скольжения (17%)	Швеция
Komatsu skid tester	-	Гладкий	Переменное скольжение	Япония

На основании приведенного материала в таблице можно сделать следующий перечень выводов, приведенных ниже:

1. В каждом государстве существует своя система проведения замеров коэффициента сцепления колес в дорожных условиях.
2. Колеса, подвергаемые экспериментам, в большинстве стран представляют собой автомобильные шины диагональной конструкции.
3. В каждом государстве присутствует своя система нормирования, предъявляемая к сцепным свойствам автомобильных шин, требования к сцепным свойствам дорожных покрытий.

По проведенным испытаниям приборов и их сравнительным результатам для уточнения оценки скользкости дорожного полотна ещё с

1973 года была введена стандартизация требования к испытываемой автошине, её протектору, нагрузке на колесо, системе увлажнения покрытия при проведении работ по замеру, а также скорости движения лаборатории.

Описание шинных тестеров

На сегодняшний день чаще всего прибором, испытывающим характеристики автомобильного колеса в определенных странах, является SCRIM (Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine) (рис. 1). Данное изделие-тестер было первоначально сконструировано лабораторией TRRL в Англии в 1953 году. Из себя оно представляет улучшенное грузовое транспортное средство с измерительным колесом, располагаемым между передней и задней осями. Измерительное колесо – это вид специального колеса, внешне напоминающее мотоциклетное, оно располагается с постоянным углом бокового скольжения 20 градусов. С помощью пружин создается стандартное механическое движение и, соответственно, создается определенная вертикальная нагрузка на колесо. В ходе проведения эксперимента дорожное полотно непрерывно увлажняют. Для этого из специального сопла из ёмкости подаётся жидкость, которая равномерно разбрызгивается и увлажняет дорожное покрытие.

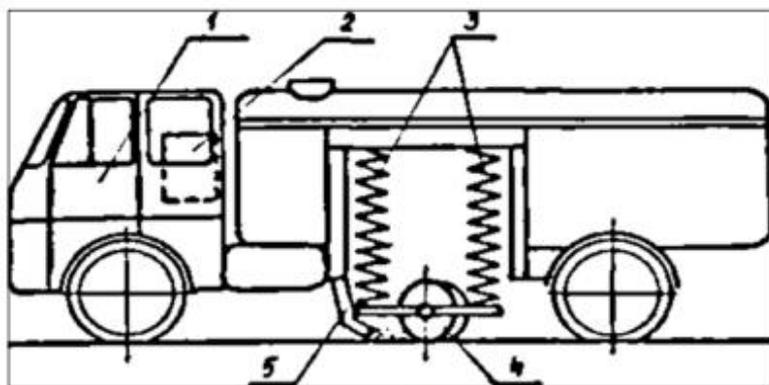


Рис. 1 Автомобиль-лаборатория "SCRIM" для определения коэффициента поперечного сцепления; 1 – автомобиль-тягач; 2 – комплекс регистрирующей аппаратуры; 3 – пружины для создания вертикальной нагрузки; 4 – измерительное колесо, установленное под углом к направлению движения; 5 – сопло системы увлажнения покрытия

На территории Соединенных Штатов Америки применяют различные приборы для проведения замеров коэффициента сцепления колеса, в том числе и приборы, способные измерять коэффициент сцепления в режиме продольного скольжения. Широкое применение в Соединенных Штатах Америки для проведения замеров сцепных качеств аэродромные с дорожными покрытиями, нашел трехколесный прицепной прибор, именуемый мюметр (рис. 2). Имея при себе полную автономность, это устройство способно работать совместно с любым транспортным средством. Трехколесному прицепу во время проведения измерений, поворачивают навстречу друг другу два колеса, образуя при этом угол 15° , а в этот момент третье колесо является опорой, если быть точнее, то поперечной устойчивостью прицепа. В ходе опытов с замером коэффициентов сцепления при частичном продольном проскальзывании чаще всего применяют принцип силового замыкания. Колеса связывают с помощью жесткой кинематической связи, применяя при этом карданную или цепную передачи. За счет различных динамических, статических радиусов колес, либо переменных передаточных чисел шестерней, при движении установки, колесо которым проводят измерение проскальзывает, а в этот момент возникающий тормозной момент передается на колеса, из которых тормозной момент превращается в тяговый. Также при этом для движения изделия нет потребности уметь прикладывать большие усилия, в этот момент необходимо лишь преодолеть силу сопротивления качению колес. Эта система может позволить регулировать степень проскальзывания колеса, а также его пробуксовку не только благодаря передаточным числам применяемой передачи, но и изменением силовой нагрузки на колесо.



Рис. 2. Прибор для измерения поперечного сцепления колеса с покрытием мю-метр, США

На территории Соединенных Штатов и Королевства Великобритании нормативно-технические вопросы проведения регулировки сцепных свойств дорожного полотна уже были не только закреплены в нормативно-технической документации и стандартах, а также они были внедрены в настоящую практическую деятельность органов управления аэродромами и скоростными автобанами. [3].



Рис. 3. Внешний вид измерительного прибора ПКРС-2У [4]

Рассмотрим динамометрический прицеп типа ПКРС-2У. К какому-либо транспортному средству с помощью жёсткого сцепления в виде параллелограмма – буксира – присоединяют своеобразный прицеп в виде одного колеса на основании. Наружная рама этого прицепа даёт возможность постоянно сохранять параллельное к поверхности любого дорожного полотна положения, будь то асфальт или грунт.

Данное изделие применяется в передвижной лаборатории типа КП-514МП, а также возможно его применение с любым АТС, которые может быть оснащено бортовым компьютером.

Показатель ровности дорожного полотна и, следовательно, показатель прямого движения определяется исходя из суммарного перемещения колеса на прицепе дорожной передвижной лаборатории КП-514МП, его инерционной массы в расчёте на одну единицу длины дороги [5].

Метод, которым проводят измерение с помощью ПКРС-2У, осуществляется таким образом. Сначала включается электропитание устройства, производящего запись показаний. Затем транспортное средство разгоняют до скорости 50 км/ч к началу контрольного участка, включается запись. На записываемом графике фиксируются во времени значения показателя ровности дорожного полотна в величине см/км.

Корректировка показания скорости движения автомобиля (в случае если скорость немного выше или ниже) и приведения значения к цифре 50 км/ч происходит с помощью расчётных данных [6].

Тем временем результаты замеров сравнивают с минимально допустимыми, конечным итогом происходит выявление дорожных участков, где есть наличие неудовлетворительной ровности дорожного покрытия.

В работах [10, 11, 12] была представлена конструкция автомобильного - шинного тестера. Конструкция автомобиля – шинного тестера была реализована на базе АТС Ford Focus 1 поколения. Для того, чтобы создать

условия автомобильного - шинного тестера, на него был установлен перечень оборудования:

- измерительная система для проверки испытаний на ускорение и торможения ТС (предназначена для измерения параметров движения АТС (путь – скорость – тормоз с установкой пятого колеса);
- выносные датчики угловой скорости колеса, на основании информации об угловой скорости, определяется окружная скорость колеса;
- датчик усилия нажатия на педаль тормоза (измерение силы торможения);
- компактная мобильная система сбора и обработки данных (служит для записи регистрируемых параметров и их предварительной обработке);
- блок распределения питания (обеспечивает необходимое напряжение электропитания, а также его стабилизацию).



*Рис. 4. Транспортное средство – колесный (шинный) тестер;
1 – система типа DB-PRINT “пятое колесо”; 2 – выносимый за пределы ТС датчик, измеряющий скорость колеса; 3 – контрольная метка*

Преимуществами данного автомобильного -колёсного тестера является:

- 1) отсутствие возможности буксировать колёсную телегу, что повышает манёвренность, а также мобильность проведения испытаний;

- 2) расширяется номенклатура испытываемых шин – возможность тестирования шипованных шин;
- 3) телескопические штанги могут позволить компенсировать перемещения колёс относительно кузова в вертикальное положение;
- 4) хорошая точность измерений “пятого колеса” на ледяном покрытии;
- 5) наличие возможности передать данные на внешнее устройство.

К минусам автомобильного-колесного тестера можно отнести:

- 1) проскальзывание колеса, подвергаемого измерительным действиям при недостаточной вертикальной нагрузке;
- 2) датчики скорости, работающие с помощью оптического метода, дают несвоевременный сбой во время проведения работ на нескольких видах покрытий (лёд в плюсовую температуру), также GPS-приёмники не обеспечивают необходимую точность измерений.



Рис. 5. Внешний вид измерительного прибора ППК-Ф [7]

Данное изделие в первую очередь предназначено для проведения замера коэффициента сцепления дорожного полотна. Изделие состоит из жёсткого основания, на которое вертикально закрепляется штанга. В нижней части этой штанги на пружинном механизме с тягами находится

специальная регистрирующая шайба с измерительной шкалой. В вертикальной положении присутствует ударный груз, механизм сбрасывания веса (груза) и устройство регулировки механизма из пружин.

Изделие устанавливается на определённое дорожное полотно таким образом, чтобы имитаторы возвышались над уровнем покрытия дорожного полотна на $10 \div 12$ мм. Поверхность дорожного полотна увлажняют, освобождается груз, происходит его скольжение по передней штанге и удар о соединение двух валов. Ударный импульс с помощью ударной штанги переходит на специальные имитаторы, которые воздействуют на дорогу. С помощью измерительного инструмента, специальной шайбы со шкалой, производится фиксация показания коэффициента сцепления (трения). Потенциальная энергия падающего используемого груза расходуется на деформацию измеряемой пружины и на работу сил трения данных имитаторов о дорожное полотно. Сам принцип работы представляет собой модель скольжения заблокированного колеса изделия по дорожному полотну при определенных условиях их взаимодействия: нагрузке на колесную часть ($2942+49$) Н, скорости движения АТС ($60+3$) км/ч на влажном полотне с помощью шины с гладким рисунком протектора размером в дюймах ($6,45 \times 13$), внутреннем создаваемом давлении воздуха ($0,17+0,01$) Мпа), а также положительных температурах окружающей среды [8].

Главное преимущество заключается в следующем: прибор переносной, не требует дополнительных подготовительных мероприятий. Производительность (количество измерений) данной установки составляет 5 измерений в минуту и более [7].

Вывод

В ходе написания работы мною были изучены приборы для измерения сцепных свойств шины с дорожным полотном. Также были рассмотрены методы измерения в различных странах и ключевые особенности данных

измерений. По результатам сравнения приборы можно разделить на две группы в зависимости от принципа своего действия.

К первой группе относятся устройства с прицепным механизмом и для проведения измерения таким устройствам необходим автомобиль, имитирующий движение в реальных дорожных условиях. Также необходима аппаратура для контроля и регистрации показаний прибора.

Ко второй группе можно отнести портативные устройства контроля сцепных свойств. Главным преимуществом таких устройств является простота в проведении тестов, нет необходимости в использовании автомобиля, но при этом имеется существенный недостаток – невозможно проанализировать поведение конкретной шины на данном участке дорожного полотна.

Список источников

1. Кузнецов, Ю.В. Сцепные качества автомобильных шин и дорожных покрытий: учеб. пособие / Ю.В. Кузнецов. – М.: МАДИ, 2022. – 158 с.
2. Вопросы нормирования и оценки сцепных качеств покрытий автомобильных дорог [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosasfalt.org/articles/grip.pdf>, (дата обращения: 15.03.2023).
3. Патент устройства [Электронный ресурс]. – URL: <https://findpatent.ru/patent/261/2616018.html>, (дата обращения 15.03.2023).
4. Портативный прибор для определения сцепления дорожных покрытий [Электронный ресурс]. – URL: <https://folkmap.ru/articles/pribor-dlya-opredeleniya-stsepleniya-dorozhnyh-pokrytiy.html>, (дата обращения: 15.03.2023).
5. ГОСТ 33078-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Методы измерения сцепления колеса автомобиля с покрытием.
6. СНиП II-Д5-72 «Автомобильные дороги. Нормы проектирования», Строительные нормы и правила, Часть II, раздел Д, Глава 5. – М.: Стройиздат, 1973.
7. Измеритель коэффициента сцепления ППК-МАДИ [Электронный ресурс]. – URL: [Http://dsi-ug.ru/product/24/izmeritel-koeffitsienta-stsepleniya-ppk-madi](http://dsi-ug.ru/product/24/izmeritel-koeffitsienta-stsepleniya-ppk-madi) (дата обращения: 15.03.2023).
8. Авторское свидетельство № 976778 А1 СССР, МПК G01N 19/02. Устройство для определения коэффициента сцепления пневматических колес с дорожным покрытием: № 3303537: заявл. 15.06.1981: опубл. 30.04.1985 / М.А. Печерский, В.А. Шмагин, Л.П.

Волкова, А.П. Виноградов; заявитель ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ "АЭРОПРОЕКТ".

9. Приборы для измерения коэффициента сцепления дорожных покрытий [Электронный ресурс]. – URL: <https://dmsht.ru/pribory-dlya-izmereniya-koeffitsienta-stsepleniya-dorozhnyh-pokrytiy/> (дата обращения: 15.03.2023).

10. Принцип создания шинного тестера на базе серийного легкового автомобиля / С.Р. Кристальный, Н.В. Попов, В.А. Фомичев, В.Н. Задворнов // Журнал автомобильных инженеров. – 2013. – № 5(82). – С. 38-45.

11. Шинный тестер для исследования характеристик шипованных шин / С.Р. Кристальный, В.Н. Задворнов, Н.В. Попов [и др.] // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2013. – № 3(34). – С. 11-18.

12. Легковой автомобиль-шинный тестер / С.Р. Кристальный, В.Н. Задворнов, Н. В. Попов, В.А. Фомичев // Автомобильная промышленность. – 2014. – № 1. – С. 34-36.

References

1. Kuznetsov, Yu.V. *Stsepnnyye kachestva avtomobil'nykh shin i dorozhnykh pokrytiy* (Coupling qualities of automobile tires and road surfaces), Moscow, MADI, 2022, 158 p.
2. URL: <https://rosasfalt.org/articles/grip.pdf>.
3. URL: <https://findpatent.ru/patent/261/2616018.html>.
4. URL: <https://folkmap.ru/articles/pribor-dlya-opredeleniya-stsepleniya-dorozhnyh-pokrytiy.html>.
5. *Dorogi avtomobil'nyye obshchego pol'zovaniya GOST 33078-2014. Metody izmereniya stsepleniya koleasa avtomobilya s pokrytiyem* (Public roads. Methods for measuring the grip of a coated car wheel State Standart 33078-2014).
6. SNiP II-D5-72 «Avtomobil'nyye dorogi. Normy proyektirovaniya», *Stroitel'nyye normy i pravila, Chast' II, razdel D, Glava 5* (SNiP II-D5-72 "Highways. Design standards", Building codes and Regulations, Part II, Section D, Chapter 5), Moscow, Stroyizdat, 1973.
7. URL: [Http://dsi-ug.ru/produ](http://dsi-ug.ru/produ)
8. Pecherskiy M.A., Shmagin V.A., Volkova L.P., Vinogradov A.P. Copyright certificate No. 976778 A1 USSR, 30.04.1985.
9. URL: <https://dmsht.ru/pribory-dlya-izmereniya-koeffitsienta-stsepleniya-dorozhnyh-pokrytiy/>.
10. Kristal'nyy S.R., Popov N.V., Fomichev V.A., Zadvornov V.N. *Zhurnal avtomobil'nykh inzhenerov*, 2013, no. 5(82), pp. 38-45.

11. Crystal S.R., Zadvornov V.N., Popov N.V., et al. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)*, 2013, no. 3(34), pp. 11-18.

12. Kristal'nyy S.R., Zadvornov V.N., Popov N.V., Fomichev V.A. *Avtomobil'naya promyshlennost'*, 2014, no. 1, pp. 34-36.

Рецензент: В.Н. Богумил, канд. техн. наук, доц., МАДИ

Информация об авторе

Фаттух Язан Ясерович, студент, МАДИ.

Information about the authors

Fattouh Yazan Ya., student, MADI.

Статья поступила в редакцию 01.06.2023; одобрена после рецензирования 01.06.2023; принята к публикации 02.06.2023.

The article was submitted 01.06.2023; approved after reviewing 01.06.2023; accepted for publication 02.06.2023.