

## ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ ПО ОЦЕНКЕ СЦЕПЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОЛЕС С ДОРОЖНЫМ ПОКРЫТИЕМ

М.В. Талалай

talalay@list.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

---

### Аннотация

Исследовано явление сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием, предложены методы и средства его оценки. Рассмотрено влияние на результаты измерений скоростных режимов и погодных условий при проведении испытаний. Выполнены расчеты корреляционных функций для результатов измерений коэффициента сцепления и указанных факторов. Предложены меры по усовершенствованию стандартной методики испытаний благодаря дополнительной обработке результатов измерений. Проведение корреляционной обработки позволяет уменьшить дисперсию на 6,14 % в рассматриваемом скоростном диапазоне. По результатам анализа состава измерительного канала для измерения силы сцепления предложено использовать высокоточные волоконно-оптические датчики. Расчеты показывают, что при их применении точность измерений в процессе испытаний повышается в 7,2 раза.

### Ключевые слова

Коэффициент сцепления, измерительная установка, методика испытаний, измерение силы, корреляционная обработка, измерительный канал, дополнительные погрешности, волоконно-оптические датчики

Поступила в редакцию 11.04.2022

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022

---

**Введение.** Согласно статистике Государственной инспекции безопасности дорожного движения, от 25 до 40 % дорожных происшествий происходят по причине неудовлетворительного состояния дорог [1]. На практике для оценки сцепных свойств автомобильных колес и участков дорог применяют коэффициент сцепления, который по ГОСТ 33078–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Методы измерения сцепления колеса автомобиля с покрытием» определяется как отношение максимальной касательной силы, действующей вдоль дорожного покрытия на площади контакта испытательной установки с дорожным покрытием, к силе нормальной реакции на площади контакта испытательной установки с дорожным покрытием. Снижение коэффициента сцепления указывает на ухудшение сцепных свойств, проскальзывание колеса и повышение скользкости дорожного покрытия, приводит к ухудшению эксплуатационных характеристик транспортного средства (управляемости, маневренности) и увеличивает вероятность его опрокидывания. Зависимость числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП) от коэффициента сцепления, приводимая в отраслевых документах [2], представлена на рис. 1.

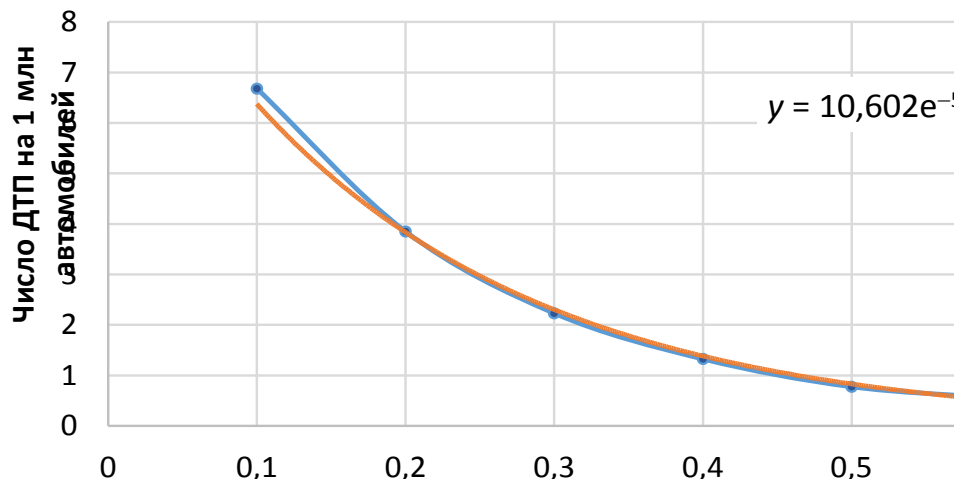


Рис. 1. Зависимость числа ДТП от коэффициента сцепления дорожного покрытия

**Методы определения сцепления.** Все современные методы можно подразделить по принципу действия используемого средства измерения: основанные на ударном принципе или с применением испытательного колеса.

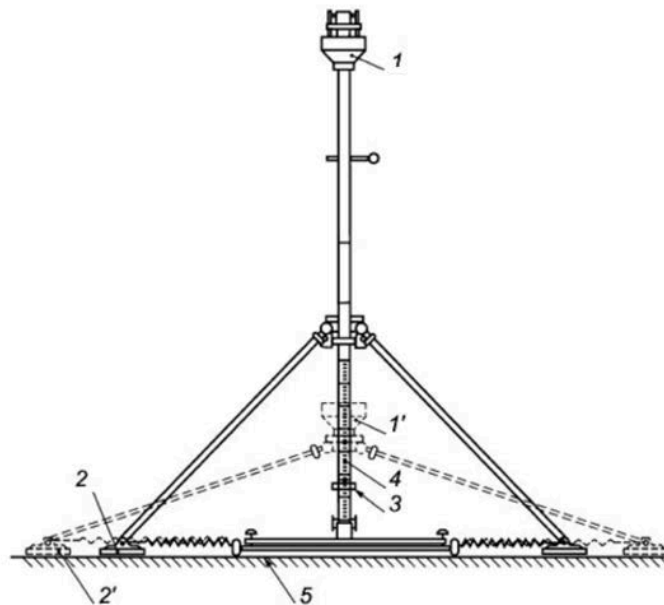


Рис. 2. Схема прибора портативного для измерения коэффициента сцепления дорожных покрытий (ППК):

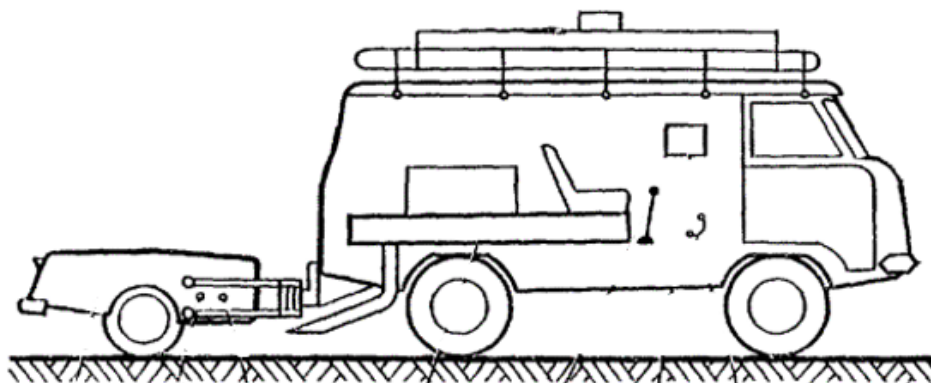
1 и 1' — положение груза до и после проведения испытаний; 2 и 2' — положение имитаторов до и после проведения испытаний; 3 — измерительное кольцо; 4 — шкала прибора; 5 — увлажненное дорожное покрытие

Типовая схема ударных приборов приведена на рис. 2. Предполагается, что установка имитирует воздействие на колесо и покрытие для следующих условий:

- нагрузка на колесо  $2942 \pm 49$  Н;
- скорость движения  $60 \pm 3$  км/ч;
- внутреннее давление в шине  $0,17 \pm 0,01$  МПа;
- протектор шины транспортного средства имеет гладкий рисунок.

Очевидно, что при ударном принципе не учитываются существование разных скоростных режимов транспортного средства, состояние шины, ее материал, а также возможные отклонения от указанных параметров, которые часто встречаются в реальных транспортных средствах. Таким образом, приборы данного типа позволяют оценивать только характеристики покрытия и полученные с их помощью оценки сцепления колеса с покрытием будут грубыми и завышенными.

Во избежание подобных усредненных оценок применяют измерительные установки с испытательным колесом, позволяющие имитировать реальные нагрузки на колесо, а также характер его движения и поведения материала шины. Функциональная схема подобных установок приведена на рис. 3.



**Рис. 3.** Общий вид установки с измерительным колесом — прибора для контроля ровности и скользкости дорожных покрытий (ПКРС)

Первичным преобразователем в установке, как правило, служит тензометрический датчик или динамометрическая пластина, прогиб которой определяется с помощью лазера. Приборы данного типа следует считать наиболее точными и дающими наиболее достоверные результаты благодаря использованию более эквивалентного реальным условиям эксплуатации метода проведения испытаний и более высокой точности. Результаты сравнения метрологических характеристик приборов приведены в табл. 1.

Сравнение основных метрологических характеристик измерительных приборов

Параметр сравнения	ПКРС	ППК
Диапазон измерения коэффициента сцепления	0–1	0,05–0,65
Диапазон измерения тяговой силы, кН	0,1–5,0	—
Предел допускаемой основной погрешности, %	±2	±5
Температура эксплуатации, °С	0–50	0–40
Цена деления измерения коэффициента сцепления	0,000001	0,01

**Необходимость и способы учета влияющих факторов при обработке результатов испытаний.** Коэффициент сцепления колес транспортных средств с дорожным покрытием  $\varphi$  является многофакторным параметром. На него влияют вид и состояние дорожного полотна, степень его неровности; разновидность и состояние шин транспортного средства, их материал и рисунок протектора; скорость движения транспортного средства; наличие посторонних веществ в зоне контакта (грязь, масло и др.); наличие продольных уклонов автомобильной дороги; температура и влажность окружающей среды, а также другие характеристики колеса, покрытия и условий окружающей среды.

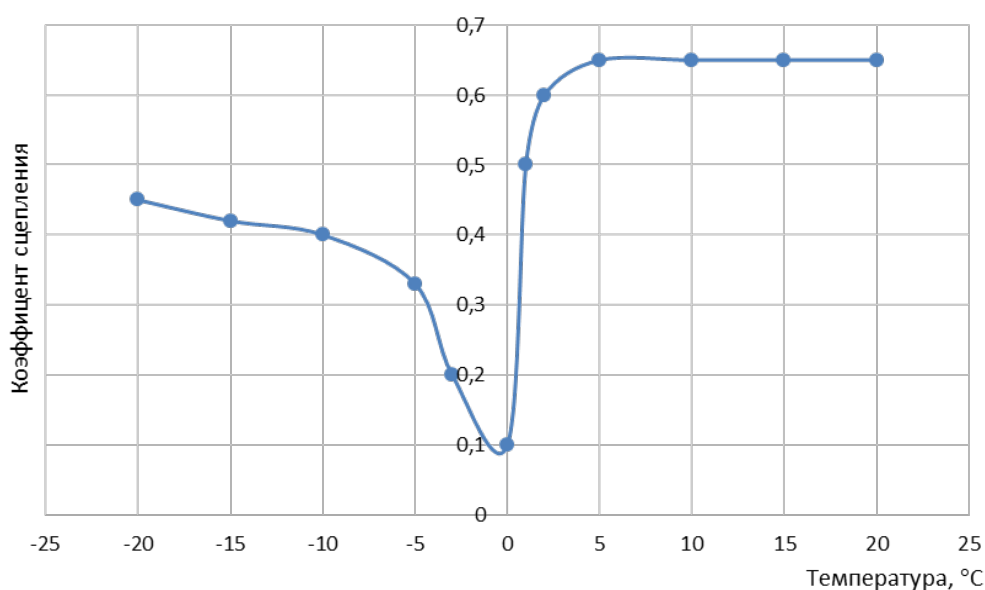
При проведении экспертизы ДТП рекомендовано применять фиксированные значения  $\varphi$ , регламентированные типом дорожного покрытия и его состоянием (сухое, мокрое). Наличие усредненных оценок, безусловно, удобно, однако приборы имеют шкалы, построенные на различных принципах, что не позволяет сравнивать получаемые результаты измерений между собой.

Для оценки влияния температуры окружающей среды на коэффициент сцепления существует теоретическая зависимость [3], представленная на рис. 4, однако она не соотносится с экспериментальными данными, полученными при проведении испытаний для трех различных температур. Результаты измерений также представлены на рис. 4.

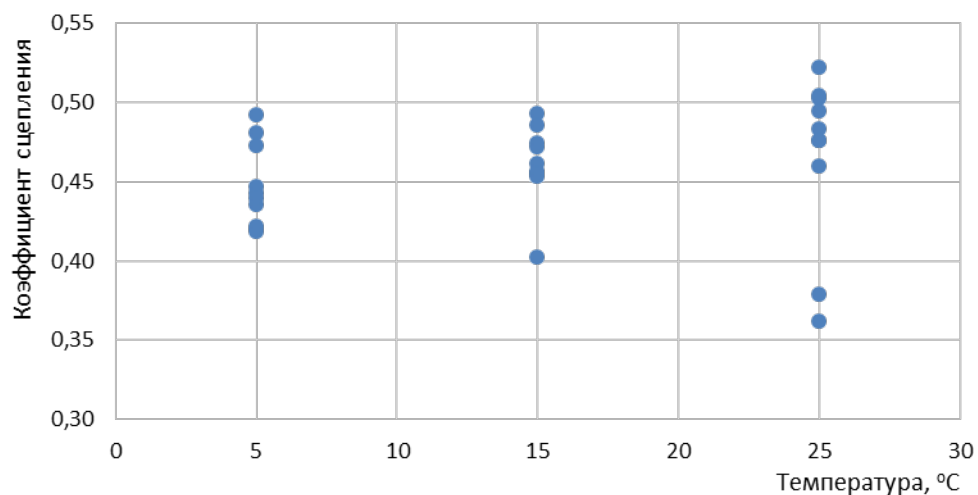
Для установления наличия связи между коэффициентом и температурой рассчитаем коэффициент корреляции

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)\sigma_x \sigma_y},$$

где  $r_{xy}$  — коэффициент корреляции двух величин;  $x_i, y_i$  —  $i$ -е значения величин;  $\bar{x}, \bar{y}$  — средние значения величин;  $n$  — число измерений;  $\sigma_x, \sigma_y$  — средние квадратичные отклонения величин.



а



б

**Рис. 4.** Зависимость значения коэффициента сцепления от температуры окружающей среды:  
*а* — теоретическая; *б* — полученная в результате измерения

В данном случае коэффициент корреляции между коэффициентом сцепления и температурой окружающей среды оказывается незначительной величиной:  $r_{xy}^t = 0,213$ . Критически низкие значения коэффициента сцепления достигаются при температурах  $-5...+1$  °C. Данные изменения можно объяснить климатическими явлениями, характерными для данных температур: появление на

покрытии ледяной корки приводит к снижению шероховатости поверхности, что, во-первых, ухудшает сцепные свойства (повышается вероятность проскальзывания колеса), а во-вторых, затрудняет торможение автомобиля, приводя к росту средней скорости на участке.

В ходе испытаний также были проведены испытания по оценке коэффициента сцепления при различной влажности окружающей среды. Полученные результаты измерений коэффициента сцепления представлены на рис. 5.

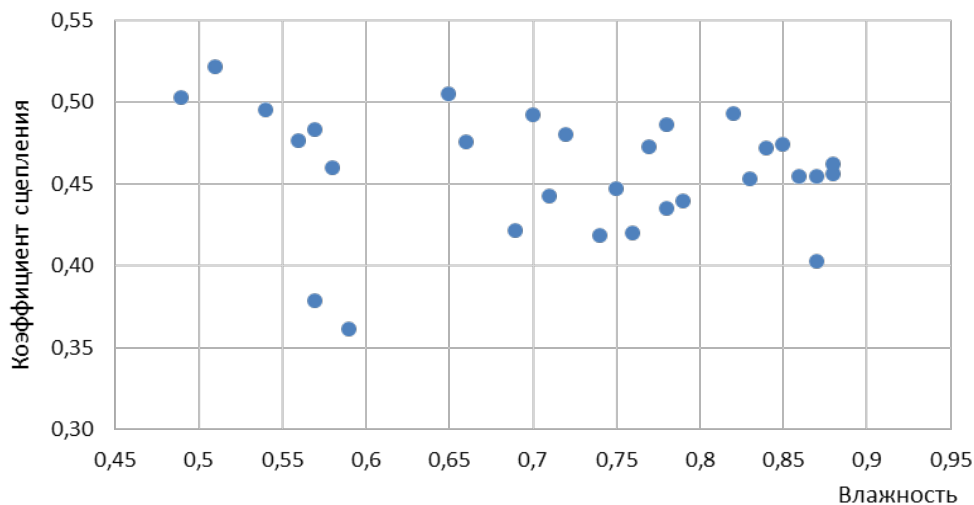


Рис. 5. Результаты измерения коэффициента сцепления при изменении влажности

Коэффициент корреляции между коэффициентом сцепления и влажностью окружающей среды  $r_{xy}^p = -0,166$ . Как и в случае с температурой, влияние на значение коэффициента сцепления оказывает в большей степени не влажность, а конкретные погодные условия, причем рассматривать приходится любые их комбинации.

Самым сильно влияющим фактором при оценке коэффициента сцепления является скорость движения транспортного средства, коэффициент корреляции между коэффициентом сцепления и скоростью движения на основании результатов испытаний составляет  $r_{xy}^v = -0,812$ . На практике применяют формулу для расчета коэффициента сцепления в зависимости от скорости колеса для известного значения при скорости 20 км/ч для шин с нормальным протектором [4]:

$$\varphi_v = \varphi_{20} - b_\varphi(v - 20),$$

где  $\varphi_v$  — вычисляемое значение;  $\varphi_{20}$  — значение коэффициента сцепления при скорости 20 км/ч;  $b_\varphi$  — коэффициент изменения сцепных качеств от скорости

(принимают в зависимости от типа и состояния покрытия);  $v$  — скорость, для которой осуществляется расчет.

Формула имеет линейный вид, что удобно в расчетах, однако вносит дополнительные погрешности в итоговый результат, а также вызывает недопонимание между исследователями, поскольку эти расчеты проводятся на основании данных для скорости 20 км/ч, в то время как в нормативных документах приведены значения для скорости 60 км/ч.

Испытания по оценке значения коэффициента сцепления при различных скоростных режимах проводились в диапазоне скоростей 50...70 км/ч. Исследование при более низких скоростях нецелесообразно, поскольку такие скорости нетипичны для большинства водителей, а на более высоких скоростях происходит подпрыгивание прицепа из-за возникающих динамических воздействий. Корреляционная зависимость для всех полученных данных приведена на рис. 6.

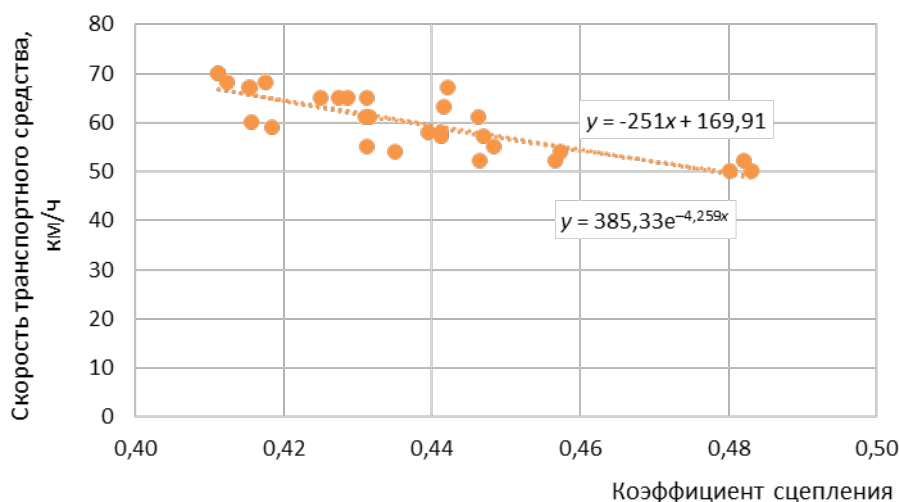


Рис. 6. Поле общей корреляции

Зависимость аппроксимируется к линейной, однако заметна дисперсия данных:

$$\sigma_{\varphi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{30} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0,000\ 407,$$

где  $\sigma_{\varphi}$  — среднее квадратичное отклонение коэффициента сцепления;  $x_i$  —  $i$ -е значение величины;  $\bar{x}$  — среднее значение величины;  $n$  — число измерений.

Для уменьшения разброса данных предлагается составлять зависимость для усредненных значений на каждой взятой скорости. Такая зависимость представлена на рис. 7.

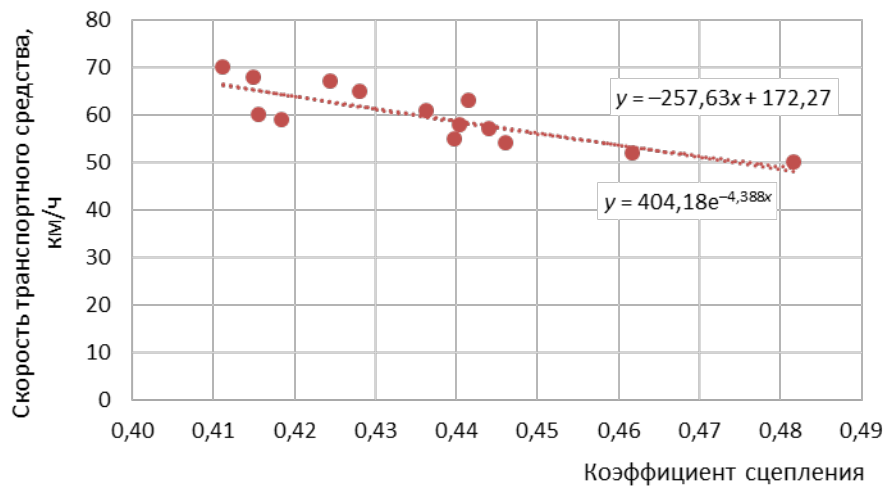


Рис. 7. Корреляционная функция для средних значений коэффициента сцепления при определенных скоростных режимах

Дисперсия данных в рассматриваемом случае составила

$$\sigma_{\varphi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{14} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0,000\ 382$$

и снизилась на 6,14 %. В данном случае зависимость более четкая из-за сниженной дисперсии. Эта зависимость характеризует изменение коэффициента сцепления на всем скоростном диапазоне.

Разобьем интервал 50...70 км/ч на более мелкие (50...56, 57...63, 64...71 км/ч), чтобы проверить возможность оценки коэффициента на узких интервалах, поскольку для широкого интервала возможно проявление погрешностей аппроксимации данных. В таком случае получаем следующие линейные аппроксимации:

$$\text{для скорости в диапазоне } 50 \dots 56 \text{ км/ч } \varphi = \frac{88,687 - v}{78,67};$$

$$\text{для скорости в диапазоне } 57 \dots 63 \text{ км/ч } \varphi = \frac{72,993 - v}{30,992};$$

$$\text{для скорости в диапазоне } 64 \dots 71 \text{ км/ч } \varphi = \frac{120,66 - v}{127,25}.$$

Все полученные зависимости различаются для разных интервалов, а снижение дисперсии внутри узких интервалов обусловлено очень ограниченным числом экспериментальных данных, отдельные значения существенно отклоняются от полученной модели зависимости. Таким образом, исследование узких интервалов неэффективно и не оправдано.



Уменьшение коэффициента сцепления с ростом скорости движения может быть объяснено деформацией шины: при больших скоростях движения протектор не успевает полностью зацепляться за неровности поверхности дороги. Кроме того, с увеличением скорости движения затрудняется «выжимание» влаги с поверхности дороги элементами шины в контакте. Появляется прослойка жидкости, увеличивающая вероятность проскальзывания. С увеличением скорости возрастает динамическая прочность жидкостной пленки, поэтому ее труднее разорвать и удалить с поверхности контакта [5].

Целесообразно проводить измерения на разных скоростях, так как не прослеживается одной четкой зависимости для любых значений скорости. При рассмотрении результатов испытаний следует принимать во внимание зависимость по усредненным значениям — она отражает, какие значения можно получить при определенных скоростных режимах, и позволяет определить реальное состояние дорожного покрытия на конкретном участке дороги. Экстраполировать полученные зависимости на более высокие скорости нецелесообразно, поскольку реальная корреляционная зависимость может иметь другой вид (например, экспоненциальный), что вызовет значительные расхождения между теоретической и эмпирической функциями, однако можно использовать подобный подход к обработке данных.

**Повышение точности получаемых оценок за счет использования волоконно-оптических первичных преобразователей.** Коэффициент сцепления определяют как отношение тяговой силы при торможении к реакции опоры автомобиля:

$$\varphi = \frac{F}{N},$$

где  $\varphi$  — коэффициент сцепления;  $F$  — тяговая сила при торможении, измеряемая с помощью установки ПКРС;  $N$  — реакция опоры автомобиля.

Первичным преобразователем в измерительном канале является тензометрический датчик, общий принцип работы которого заключается в получении в контролируемых точках нагружения тела значений упругих деформаций, по которым на основании закона Гука определяются соответствующие напряжения [6, 7]. Однако электрические тензорезисторы имеют ряд характеристик, оказывающих значительное влияние на погрешность измерения:

- температурная характеристика сопротивления;
- дрейф выходного сигнала;
- сопротивление изоляции;
- поперечная чувствительность.

В результате влияния внешних факторов основную часть погрешности измерительного канала составляют дополнительные погрешности тензометрического датчика.

Поскольку законы распределения составляющих погрешностей неизвестны, рассмотрим наихудший случай, чтобы получить оценку сверху. Выберем нормальное распределение, поскольку именно оно из всех одномодальных законов обладает наибольшим средним квадратичным отклонением. Тогда суммарная погрешность датчика определяется по формуле [12]

$$\delta_{\Sigma} = \pm k \sqrt{\sum_{j=1}^m \delta_j^2} = \pm 1,1 \sqrt{\sum_{j=1}^m \delta_j^2},$$

где  $k$  — коэффициент, зависящий от закона распределения погрешностей (для нормального закона распределения  $k=1,1$  при доверительной вероятности  $P=0,95$ );  $\delta_j$  —  $j$ -я составляющая погрешности измерения.

Составляющие погрешности датчика следующие:

*основная погрешность* тензодатчика  $\delta_{\text{осн}} = \pm 2 \%$ ;

*дополнительные погрешности:*

ползучесть характеристики  $\delta_{\text{полз}} = \pm 0,6 \%$ ;  $\delta_{0\text{т}} = \pm 0,2 \%$  /  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

нестабильность передачи  $\delta_{\text{нестаб}} = \pm 0,05 \%$ ;

гистерезис  $\delta_{\text{гист}} = \pm 1,5 \%$ ;

нелинейность характеристики  $\delta_{\text{нелин}} = \pm 2,1 \%$ ;

нестабильность нуля  $\delta_0 = \pm 2 \%$ ;

температурное отклонение нуля  $\delta_{0\text{т}} = \pm 0,2 \%$  /  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

температурное отклонение чувствительности  $\delta_{\text{чувств}} = \pm 0,2 \%$  /  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Суммарная погрешность датчика

$$\begin{aligned} \delta_{\Sigma} &= \pm 1,1 \sqrt{\delta_{\text{осн}}^2 + \delta_{\text{полз}}^2 + \delta_{\text{нестаб}}^2 + \delta_{\text{гист}}^2 + \delta_{\text{нелин}}^2 + \delta_0^2 + \delta_{0\text{т}}^2 + \delta_{\text{чувств}}^2} = \\ &= \pm 1,1 \sqrt{2^2 + 0,6^2 + 0,05^2 + 1,5^2 + 2,1^2 + 2^2 + 0,04^2 + 0,04^2} = \pm 4,3 \%. \end{aligned}$$

Существенные дополнительные погрешности тензодатчика приводят к снижению достоверности получаемых экспериментальных данных, а также требуют калибровки перед проведением каждого испытания, а потому следует заменить датчик на менее подверженный факторам электрической природы, а также температурным воздействиям.

Наиболее оптимальным выглядит применение волоконно-оптических датчиков. В качестве чувствительного элемента выступает волоконный световод, который помимо приемника информации является средством ее передачи [8].

К преимуществам волоконно-оптических датчиков относятся:

- миниатюрные размеры (диаметр датчика 0,25 мм);
- возможность размещения на одном волокне до 16 датчиков;

Повышение достоверности результатов измерений при проведении испытаний...

- отсутствие необходимости электропитания датчиков, благодаря чему — повышенная помехозащищенность;
- высокая чувствительность и долговечность.

Волоконная брэгговская решетка [9], представляет собой структуру с периодической модуляцией показателя преломления сердцевины волоконного световода (рис. 8), которая связывает основную моду волоконного световода с модой, имеющей противоположное направление распространения, в результате чего на определенной длине волны  $\lambda$ , заданной соотношением  $\lambda = 2n_i\Lambda$  (где  $\Lambda$  — период решетки,  $n_i$  ( $i = 0, \dots, 3$ ) — эффективный коэффициент преломления волокна), возникает отражение. Точность измерения деформации брэгговскими решетками может достигать порядка  $10^{-6}$  при условии использования в измерительной системе спектрометра с разрешающей способностью 0,001 нм.

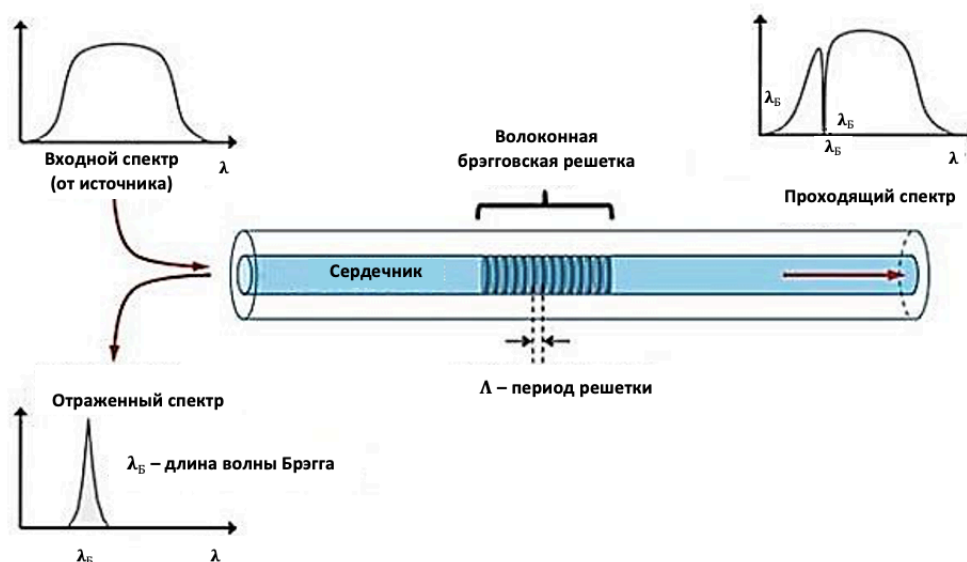


Рис. 8. Волоконная брэгговская решетка

Волоконно-оптические датчики являются пассивными датчиками, не требующими питания, поэтому погрешности электрической природы для них отсутствуют.

Сравнение погрешностей электрического тензодатчика и оптико-волоконного датчика представлено в табл. 2.

Суммарная погрешность волоконно-оптического датчика определяется по той же формуле, что и для тензометрического датчика:

$$\delta_{\Sigma} = \pm 1,1 \sqrt{\sum_{j=1}^m \delta_j^2} = \pm 1,1 \sqrt{\delta_{\text{осн}}^2 + \delta_{\text{гист}}^2 + \delta_{0\text{т}}^2 + \delta_{\text{чувств}}^2} = \pm 1,1 \sqrt{0,5^2 + 0,3^2 + 0,02^2 + 0,01^2} = \pm 0,6 \%$$

Сравнение погрешностей тензометрических и волоконно-оптических датчиков

Наименование погрешности	Электрический тензодатчик	Волоконно-оптический датчик
Основная, %	2,0	0,5
Ползучесть характеристики, %	0,6	Не характерна
Нестабильность передачи, %	0,05	Не характерна
Гистерезис, %	1,5	0,3
Нелинейность характеристики, %	2,1	Не характерна
Нестабильность нуля, %	2,0	Не характерна
Температурное отклонение нуля, % / 10 °С	0,2	0,1
Температурное отклонение чувствительности, % / 10 °С	0,2	0,05

Таким образом, при замене тензодатчика волоконно-оптическим датчиком достигается более высокая точность (в 7,2 раза точнее) и достоверность измеренной информации.

**Выводы.** Анализ технической документации, литературы, и нормативных документов показал, что существующие методы оценки коэффициента сцепления колес транспортного средства с дорожным покрытием не дают достоверных результатов испытаний. Проведенные эксперименты по определению влияния различных факторов на коэффициент сцепления с применением стандартной методики испытаний показали, что наибольшее влияние на результат измерения оказывает скорость, соответственно, требуется провести измерения коэффициента сцепления не на фиксированной скорости, а в некотором диапазоне с последующим усреднением получаемых значений для всего диапазона, что позволяет повысить достоверность получаемых результатов на 5...7 %. По результатам точностной оценки измерительного канала определения сил в качестве первичных преобразователей предложено применять стекловолоконные датчики, что позволит на порядок уменьшить дополнительные погрешности при измерении сил.

### Литература

- [1] Показатели безопасности дорожного движения. *gibdd.ru: веб-сайт*. URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 17.01.2022).
- [2] Алферов В.А., Федоров В.А., ред. Расследование дорожно-транспортных происшествий. М., Лига Разум, 1998.

- [3] Ботвинева Н.Ю., Буракова И.С., Стрельцова Т.Н. и др. Исследование влияния погодных условий на величину коэффициента сцепления шин с дорожным покрытием. *Фундаментальные исследования*, 2013, № 11-3, с. 407–411.
- [4] Янте А. *Механика движения автомобиля*. Т. 1. М., Машгиз, 1958.
- [5] Клокова Н.П. *Тензорезисторы: теория, методики расчета, разработки*. М., Машиностроение, 1990.
- [6] Мехеда В.А. *Тензометрический метод измерения деформаций*. Самара, Изд-во СГАУ, 2011.
- [7] Гармаш В.Б., Егоров Ф.А., Коломиец Л.Н. и др. Возможности, задачи и перспективы волоконно-оптических измерительных систем в современном приборостроении. *Фотон-экспресс*, 2005, № 6, с. 128–140.
- [8] Вялышев А.И., Добров В.М., Долгов А.А. и др. Волоконно-оптические датчики для контроля параметров состояния объектов и окружающей среды в задачах мониторинга. *Природообустройство*, 2014, № 3, с. 32–37.

**Талалай Мария Викторовна** — магистрант кафедры «Метрология и взаимозаменяемость», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**Научный руководитель** — Комшин Александр Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Метрология и взаимозаменяемость», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:**

Талалай М.В. Повышение достоверности результатов измерений при проведении испытаний по оценке сцепления автомобильных колес с дорожным покрытием. *Политехнический молодежный журнал*, 2022, № 04(69). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2022-04-789>



## IMPROVING THE RELIABILITY OF MEASUREMENT RESULTS IN IN TIRE-ROAD GRIP TESTS

M.V. Talalay

talalay@list.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

---

### Abstract

The tire-road grip effect is investigated, the methods and means of its estimation are proposed. The influence of speed modes and weather conditions during tests on the results of measurements is considered. Calculations of correlation functions for measuring results of grip coefficient and the mentioned factors have been carried out. Measures to improve the standard test methodology through additional processing of measurement results are proposed. Correlation processing allows to reduce dispersion on 6,14 % in considered speed range. Based on the analysis of the measuring channel composition, it is proposed to use high-precision fiber-optic sensors to measure the coupling force. Calculations show that their application increases the accuracy of measurements during tests by 7.2 times.

### Keywords

Adhesion coefficient, measuring apparatus, test methodology, force measurement, correlation processing, measuring channel, additional errors, fibre-optic sensors

Received 11.04.2022

© Bauman Moscow State Technical University, 2022

---

### References

- [1] Pokazateli bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Traffic safety indexes]. *gibdd.ru: website* (in Russ.). URL: <http://stat.gibdd.ru/> (accessed: 17.01.2022).
- [2] Alferov V.A., Fedorov V.A., eds. *Rassledovanie dorozhno-transportnykh proisshествiy* [Investigation of road accidents]. Moscow, Liga Razum Publ., 1998 (in Russ.).
- [3] Botvineva N.Yu., Burakova I.S., Strel'tsova T.N. et al. Research of weather conditions effect on the coefficient of coupling between tire and coverings of highways. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research], 2013, no. 11-3, pp. 407–411 (in Russ.).
- [4] Yante A. *Mekhanika dvizheniya avtomobilya*. T. 1 [Mechanics of car motion. Vol. 1]. Moscow, Mashgiz Publ., 1958 (in Russ.).
- [5] Klokov N.P. *Tenzorezistory: teoriya, metodiki rascheta, razrabotki* [Strain gages: theory, calculation methods, development]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1990 (in Russ.).
- [6] Mekheda V.A. *Tenzometricheskii metod izmereniya deformatsii* [Strain-gauge method for measuring deformation]. Samara, Izd-vo SGAU Publ., 2011 (in Russ.).
- [7] Garmash V.B., Egorov F.A., Kolomiets L.N. et al. Fiber-optic measuring systems in modern industry possibilities, aims and perspectives. *Foton-ekspres*, 2005, no. 6, pp. 128–140 (in Russ.).
- [8] Vyalyshev A.I., Dobrov V.M., Dolgov A.A. et al. Fiber-optical sensors for the control of parameters of the state of objects and environment in the tasks of monitoring. *Prirodobustroistvo*, 2014, no. 3, pp. 32–37 (in Russ.).

**Talalay M.V.** — Student, Department of Metrology and Interchangeability, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

**Scientific advisor** — Komshin A.S, Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Metrology and Interchangeability, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

**Please cite this article in English as:**

Talalay M.V. Improving the reliability of measurement results in in tire-road grip tests. *Politekhniicheskiy molodezhnyy zhurnal* [Politechnical student journal], 2022, no. 04(69). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2022-04-789.html> (in Russ.).