

УДК 629.017

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ВЕЛИЧИНУ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ ШИН С ДОРОЖНЫМ ПОКРЫТИЕМ

¹Ботвинева Н.Ю., ²Буракова И.С., ²Стрельцова Т.Н., ¹Нестерчук А.В.

¹ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет»,

Пятигорск, e-mail: Botvineva@yandex.ru;

²СКФ ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», Лермонтов, e-mail: bis-mgus@yandex.ru

Проведено исследование влияния величины коэффициента сцепления шин автобусов с дорожным покрытием на величину полного пути торможения при различных погодных условиях. Дан обзор существующих методик исследования зависимости величины тормозного пути от коэффициента сцепления шин с дорожным покрытием при различных температурных режимах. Для проведения собственных исследований величины коэффициента сцепления шины с дорожным покрытием использовался прибор ПОКС-5. В ходе исследований выявлено, что подтверждаются теоретические положения о линейной зависимости величины тормозного пути от коэффициента сцепления; при увеличении значения коэффициента сцепления в 1,5 раза путь полного торможения снижается примерно в 1,9 раза; статистические характеристики модели показывают достаточно высокую связь между фактором сцепных свойств дорожного покрытия и путем торможения автобуса (коэффициент корреляции $R = 0,89$). Также были даны методические рекомендации службам безопасности автотранспортных предприятий при проведении сезонных инструктажей.

Ключевые слова: дорожное покрытие, безопасность дорожного движения, коэффициент сцепления шин с дорожным покрытием

RESEARCH OF WEATHER CONDITIONS EFFECT ON THE COEFFICIENT OF COUPLING BETWEEN TIRE AND COVERINGS OF HIGHWAYS

¹Botvineva N.Y., ²Burakova I.S., ²Streltsova T.N., ¹Nesterchuk A.V.

¹North-Caucasus Federal University, Pjatigorsk, e-mail: Botvineva@yandex.ru;

²North-Caucasus branch of State Technical University, Lermontov, e-mail: bis-mgus@yandex.ru

Study focuses on the influence of the coefficient of tire adhesion of buses on the road surface by the amount of the full path braking in all weather conditions. The techniques survey of the adhesion of tires coefficient stopping distance dependence with the road surface at different temperatures. To conduct their own research coefficient tire adhesion with the road surface used an apparatus POKS-5. Research has shown that the theoretical position of the linear dependence of the stopping distance of the coefficient of adhesion are confirmed; increasing the value of adhesion coefficient is 1,5 times then the full braking path is reduced by about 1,9 times; the statistical characteristics of the model show a fairly high correlation between the factor of coupling properties of road cover and by braking the bus (correlation coefficient $R = 0,89$). Methodic recommendations were also given to security services trucking companies during seasonal safety instructions.

Keywords: road covering, the coefficient of coupling between tire and coverings of highways

Одним из факторов, увеличивающих потенциальный риск ДТП, являются неблагоприятные погодные условия. Статистические данные подтверждают, что во время осадков число ДТП увеличивается. Выявлены закономерности, что неожиданные осадки после продолжительного сухого периода вызывают резкое увеличение риска ДТП, а затяжные осадки вызывают адаптацию водителей, в результате чего число ДТП постепенно уменьшается. На скользком дорожном покрытии, сразу после наступления гололеда, риск возникновения ДТП возрастает. По мере адаптации водителей к сложным дорожным условиям число ДТП постепенно уменьшается, влияние неблагоприятного внешнего фактора снижается.

Целью работы являлось исследование влияния величины коэффициента сцепления шин автобусов с дорожным покрытием на величину полного пути торможения при различных погодных условиях.

Анализ ранее выполненных работ по оценке влияния на тормозные свойства автомобилей факторов внешней среды позволил сделать следующие выводы.

На величину коэффициента сцепления влияет большое число факторов. Петров М.А., анализируя обширные экспериментальные данные, полученные многими исследователями в разное время, сделал вывод о том, что на опорных поверхностях, покрытых снегом и льдом, коэффициент сцепления увеличивается с уменьшением температуры. Особенно значительные изменения происходят в диапазоне температур от 0°C до -15°C [5]. Исследованиями Евтюкова С.А. установлена зависимость коэффициента сцепления от реальной дороги. Результаты экспериментальной работы исследователя, изучавшего влияние на тормозной путь величины коэффициента сцепления шины с дорогой, показывают, что величина тормозного пути изменяется

в зависимости от коэффициента сцепления, по линейной зависимости, по принципу «чем выше значение коэффициента сцепления – тем меньше тормозной путь» [2].

На рис. 1 представлено графическое изображение зависимости коэффициен-

та сцепления шины с дорогой от температуры воздуха. Других работ по оценке влияния на тормозные свойства автомобилей факторов внешней среды в ходе анализа состояния вопроса обнаружить не удалось.

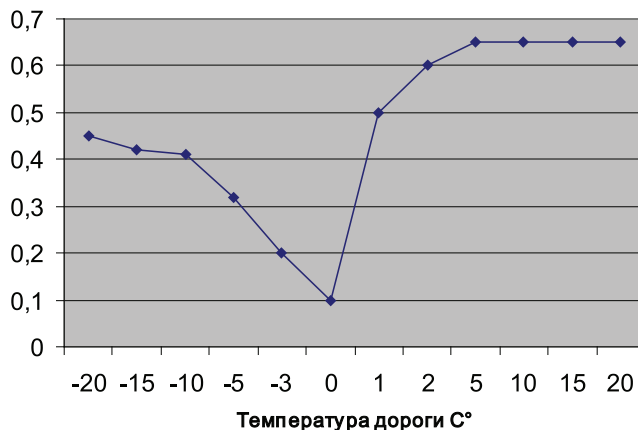


Рис. 1. Влияние температуры дороги на коэффициент сцепления

Влияние состояния дорожного покрытия на относительный риск ДТП следующее (табл. 1).

Таблица 1

Связь относительного риска возникновения ДТП с состоянием дорожного покрытия

№ п/п	Состояние дорожного покрытия	Относительный риск возникновения ДТП
1	Сухое чистое	1
2	Влажное чистое	1,3
3	Грязное	1,5
4	Покрытое твердым снегом	2,5
5	Покрытое снегом и льдом	4,4

Неровности дорожного покрытия в сочетании с неблагоприятными погодными условиями способствуют увеличению риска ДТП.

В настоящее время одним из показателей надежности контакта автомобильной шины с дорожным покрытием служит величина сопротивления скольжению автомобильной шины по поверхности проезжей части дороги, оцениваемая значением коэффициента сцепления (табл. 2) [2]. Значения коэффициента сцепления даны для скорости 40 км/ч. При увеличении скорости движения АТС и изношенных шинах, а также на грязных покрытиях, коэффициент сцепления резко снижается.

Наличие снега и льда увеличивает тормозной путь и опасность потери контроля

над управлением транспортных средств. Снежные заносы вдоль дороги снижают видимость и уменьшают используемую ширину проезжей части дороги. Низкий коэффициент сцепления приводит к увеличению тормозного пути.

Таблица 2

Коэффициент сцепления для различных дорожных покрытий, находящихся в удовлетворительном состоянии

Дорожные условия	Сухое покрытие	Мокрое покрытие
Асфальто- и цементобетонное покрытие	0,7–0,8	0,4–0,5
Гравийное покрытие	0,6–0,7	0,3–0,4
Грунтовая дорога	0,5–0,6	0,2–0,4
Дорога, покрытая укатанным снегом	0,2–0,3	0,2–0,3
Обледенелая дорога	0,1–0,2	0,1–0,2

Коэффициент сцепления ϕ представляет собой отношение максимально возможного на данном участке дороги значения силы сцепления между шинами транспортного средства и поверхностью дороги $P_{сц}$ к весу этого транспортного средства G_a :

$$\phi = \frac{P_{сц}}{G_a}$$

Необходимость в определении коэффициента сцепления возникает при расчете замедления при экстренном торможении транспортного средства, решении ряда

вопросов, связанных с маневром и движением на участках с большими углами наклона. Существенное влияние на величину коэффициента сцепления оказывают скорость движения транспортного средства, состояние протекторов шин, давление в шинах и ряд других, не поддающихся учету факторов.

Если необходимо точно определить значение коэффициента ϕ , следует провести эксперимент на месте происшествия. Значения коэффициента сцепления, наиболее приближенные к действительному, т.е. к бывшему в момент происшествия, можно установить путем буксировки заторможенного транспортного средства, причастного к происшествию (при соответствующем техническом состоянии этого транспортного средства), замеряя при этом с помощью динамометра силу сцепления.

Определение коэффициента сцепления с помощью динамометрических тележек нецелесообразно, поскольку действительное значение коэффициента сцепления конкретного транспортного средства может существенно отличаться от значения коэффициента сцепления динамометрической тележки.

Для проведения собственных исследований величины коэффициента сцепления шины с дорожным покрытием использовался прибор ПОКС-5.

Все экспериментальные замеры по оценке торможения автобуса проводились на участке дороги промзоны г. Пятигорска. Выбор данного участка дороги определялся следующими соображениями:

1. Это безопасный участок дороги, где практически отсутствует движение транспорта.

2. На этом участке по причине отсутствия интенсивного движения автомобилей дорожные условия могут меняться в широком диапазоне коэффициента сцепления при изменении температуры воздуха. На этом участке улично-дорожной сети практически отсутствуют участки наката, характерные для большинства дорог региона Кавказских Минеральных Вод. Участки наката (искусственного гололеда) создают ситуацию, когда на дорожном покрытии, на ограниченном участке формируется неравномерность величины коэффициента сцепления.

Суть эксперимента заключалась в следующем. Автобус разогнался до скорости 50 км/ч, затем водитель нажимал на педаль тормоза в экстренном режиме. Автобус затормаживался до полной остановки, при этом достигался эффект «торможения на юз». Тормозной след, «след на юз», оставленный на дорожном покрытии замерялся с точностью до метра. Далее проводились работы по идентификации дорожно-транс-

портных условий в день и на участке эксперимента. В частности, с помощью прибора ПОКС-5 определялась величина коэффициента сцепления шин с дорогой, по интернету идентифицировалась температура воздуха в день эксперимента. В табл. 3 приведены результаты эксперимента.

Таблица 3
Экспериментальные данные

Величина экспериментальных показателей		
Температура воздуха $T_{в}, ^\circ\text{C}$	Коэффициент сцепления ϕ	Путь полного торможения $S_{ю}, \text{м}$
-27	0,36	28
-17	0,41	21
-21	0,45	18
-11	0,38	24
+2	0,28	32

Обработка экспериментальных данных проводилась на ЭВМ с использованием пакета прикладных программ Statistica 6. На рис. 2 представлено изображение итераций обработки данных на ЭВМ.

На рис. 3–5 представлены результаты эксперимента по установлению зависимости $S_{ю} = f(T_{в}, ^\circ\text{C})$. На рис. 3 результаты представлены в виде ломаной линии, на рис. 4 – в виде квадратичной модели.

Анализ показывает, что минимальное значение $S_{ю}$ для циклов торможения со скоростью $V = 50$ км/ч характерно для температуры воздуха $T_{в} = -15^\circ\text{C}$. При отклонении температуры воздуха от этого значения резко увеличивается величина пути полного торможения (торможения на «юз»).

На рис. 5 представлены результаты эксперимента по установлению зависимости $S_{ю} = f(\phi)$.

В ходе исследований выявлено:

– подтверждаются теоретические положения о линейной зависимости величины тормозного пути от коэффициента сцепления;

– при увеличении значения коэффициента сцепления ϕ в 1,5 раза (с $\phi = 0,30$ до 0,45) путь полного торможения снижается примерно в 1,9 раза (с 33 до 18 м)

– статистические характеристики модели $S_{ю} = f(\phi)$ показывают достаточно высокую связь между фактором сцепных свойств дорожного покрытия и путем торможения автобуса (коэффициент корреляции $R = 0,89$);

– математическая модель, описывающая данный процесс, линейная и выглядит как $S_{ю} = 60,7 - 93,5\phi$, т.е. при гололеде ($\phi = 0,1$) путь полного торможения (след «юза») может составить около 51,4 м.

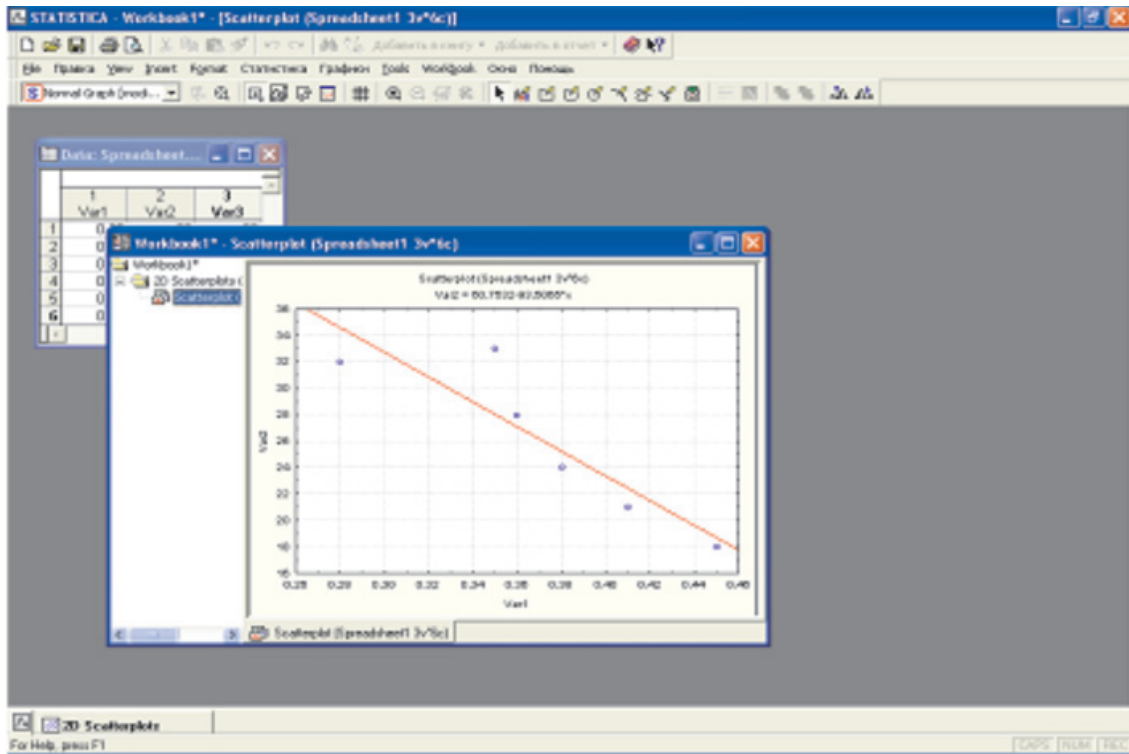


Рис. 2. Четвертая итерация обработки информации

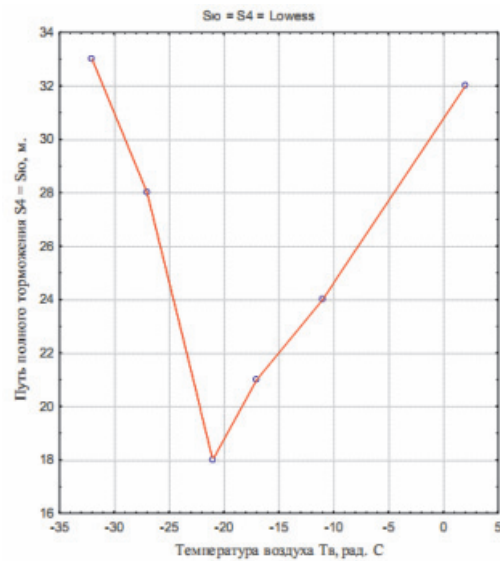


Рис. 3. Зависимость $S_{ю} = f(T_6^{\circ}C)$, построенная в виде ломаной

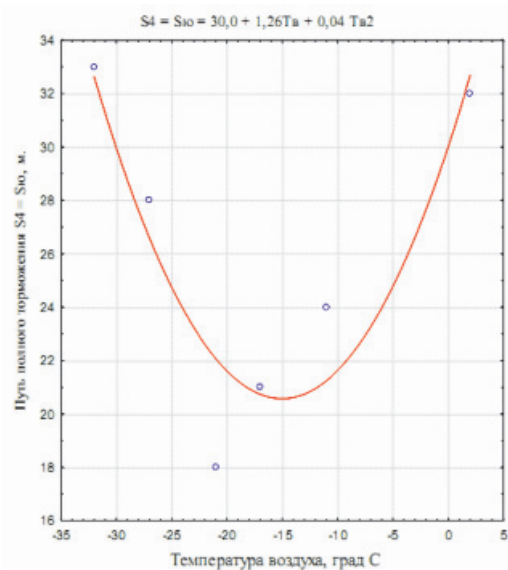


Рис. 4. Зависимость $S_{ю} = f(T_6^{\circ}C)$, построенная в виде квадратичной модели

– приблизительный расчет показывает, что остановочный путь для автобуса в условиях гололеда ($\varphi = 0,1$) может достигь 95 м.

– максимальные значения коэффициента сцепления шин с дорогой в зимних условиях достигаются примерно при температурах воздуха около $-15^{\circ}C$. В услови-

ях более низких температур путь полного торможения $S_{ю}$ резко вырастает, также как и при температурах воздуха, близких к $0^{\circ}C$. Объясняется это тем, что при очень низких зимних температурах и при температурах близких, к $0^{\circ}C$, формируются различные механизмы взаимодействия колеса с опорной поверхностью. Определяется

это тем, что изменяются как свойства опорной поверхности, так и тем, что меняются свойства материала шин. В любом случае,

максимальные сцепные свойства шины с поверхностью дороги характерны для температур воздуха около -15°C .

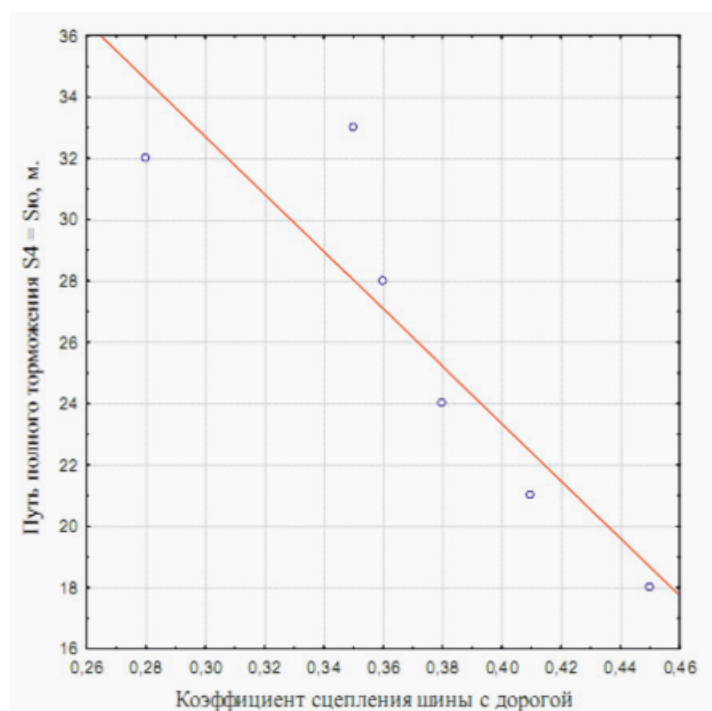


Рис. 5. Зависимость $S_{\text{ю}} = f(\phi)$

Список литературы

1. Бачурин Д. Дорожно-транспортные происшествия. Порядок действия при ДТП: Д. Бачурин. – М.: АСТ, 2008.
2. Евтюков С.А. Дорожно-транспортные происшествия: расследование, реконструкция, экспертиза: С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. – СПб.: Изд-во ДНК, 2008.
3. Евтюков С.А. Влияние факторов на сцепные качества покрытий автомобильных дорог // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3.
4. Петров М.А. Работа автомобильного колеса в тормозном режиме // Сибирский автомобильно-дорожный институт им. В.В. Куйбышева.– Омск: Западно-Сибирское книжное издательство. Омское отделение, 1973.
5. Расследование дорожно-транспортных происшествий: Справочно-методическое пособие / под ред. В.А. Алферова и В.А. Федорова – М., 1998.

References

1. Bachurin D. Dorozhno-transportnye proisshestvija. Porjadok dejstvija pri DTP: D. Bachurin M.: AST, 2008.
2. Evtjukov S.A. Dorozhno-transportnye proisshestvija: rassledovanie, rekonstrukcija, jekspertiza: S.A. Evtjukov, Ja.V. Vasil'ev SPb.: Izd-voDNK, 2008.

3. Evtjukov S.A. vlijanie faktorov na scepnye kachestva pokrytij avtomobil'nyh dorog // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2012. no. 3.

4. Petrov M.A. Rabota avtomobil'nogo kolesa v tormoznom rezhime / Sibirskij avtomobil'no-dorozhnyj institutim. V.V. Kujbysheva. Omsk: Zapadno-Sibirskoe knizhnoe izdatel'stvo. Omskoeotdelenie, 1973.

5. Rassledovanie dorozhno-transportnyh proisshestvij: Spravochno-metodicheskoe posobie / red. V.A. Alferovai, V.A. Fedorova. M., 1998.

Рецензенты:

Мишин В.М., д.т.н., профессор, Северо-Кавказский государственный технический университет, филиал, г. Пятигорск;

Родионов В.А., д.т.н., профессор кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», ГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», г. Пенза.

Работа поступила в редакцию 16.12.2013.