

УДК 629.3

С.Р. Кристальный, В.А. Фомичёв, Н.В. Попов

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ АБС НА АВТОМОБИЛЕ, ОСНАЩЁННОМ ШИПОВАННЫМИ ШИНАМИ, И ЕЁ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

Представлены результаты испытаний эффективности действия АБС на льду. Приведены зависимости коэффициента сцепления от скольжения для зимних шипованной и нешипованной шин на льду. Описывается метод определения коэффициента сцепления шипованной шины с опорной поверхностью при помощи автомобиля – шинного тестера.

Ключевые слова: шинный тестер, испытания, коэффициент сцепления, антиблокировочные системы, шипованные шины.

Кафедрой «Автомобили» МАДИ в сотрудничестве с НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ» на территории Дмитровского автополигона были проведены научно-исследовательские испытания эффективности действия антиблокировочных систем тормозов (АБС) на автомобилях, оснащённых шипованными шинами. В процессе испытаний планировалось получить зависимость коэффициента сцепления от скольжения для зимней шипованной шины ($\varphi - S$ диаграмму) на льду, а также сравнить эффективность действия АБС при торможении на льду легкового автомобиля, оснащенного шипованными и такими же нешипованными шинами. Для этого фирмой Yokohama были предоставлены два комплекта аналогичных по размеру и конструкции зимних шин модели iceGUARD Stud IG35 (размерность 185/70 R14 92T), отличающихся друг от друга только наличием шипов противоскольжения у одного комплекта.

Испытания были проведены с помощью автомобилешинного тестера, конструкция которого подробно описана в [5, 6, 7].

Характеристика проведенных испытаний

Программа испытаний была основана на методике измерения коэффициента реализуемого сцепления ε (Приложение 13 к Правилам ЕЭК ООН № 13 (-09)) [1] и включала проведение серий следующих испытательных заездов на льду:

- 1) торможение с начальной скоростью 55 км/ч с АБС, работающей в режиме непрерывной цикличности – для определения коэффициента торможения Z_{AL} ;
- 2) торможение с начальной скоростью 50 км/ч передней осью (задние тормозные механизмы отключены) без АБС с постепенным увеличением давления в тормозном трубопроводе – для определения коэффициента сцепления передней оси k_f ;
- 3) торможение с начальной скоростью 50 км/ч задней осью (передние тормозные механизмы отключены) без АБС с постепенным увеличением давления в тормозном трубопроводе – для определения коэффициента сцепления задней оси k_r .

Лёд был заморожен на прямолинейном горизонтальном участке для оценки тормозных свойств автомобилей с АБС полигона НИЦИАМТ. Стабильность результатов обеспечивалась тщательным соблюдением тождественности условий проведения испытаний: температуры окружающего воздуха и льда не отличались более чем на 0,5 °С от заезда к заезду, состояние льда и атмосферы были идентичными за все время проведения испытательных заездов (табл. 1).

Таблица 1

Условия проведения испытаний

Температура воздуха	-9,2...-9,7 °С
Температура льда	-7,6...8,1 °С
Состояние льда	Неразбитый, чистый
Состояние атмосферы	Осадки отсутствовали, солнечно

Весовые и геометрические характеристики испытательного автомобиля, используемые при определении коэффициента реализуемого сцепления ε , представлены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики испытательного автомобиля

Масса, приходящаяся на переднюю ось, кг	822,5
Масса, приходящаяся на заднюю ось, кг	551
Общая масса, кг	1373,5
База, мм	2615
Высота центра масс, мм	545,5

Общая масса автомобиля состояла из масс снаряженного автомобиля, испытателя-эксперта, балласта и испытательного оборудования. Автомобиль был забалластирован 75 кг с целью достижения равномерного распределения нагрузок по бортам для уравнивания массы водителя. Количество топлива в баке поддерживалось в диапазоне 25...28 л. Давление в шинах было выставлено номинальное – 2,2 кгс/м². Высота центра масс была определена по методике полигона НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ» (РД 37.052.207-89).

Методика обработки экспериментальных данных
и результаты проведённых испытаний

Коэффициент реализуемого сцепления ε определяется отношением максимального коэффициента торможения при включенной АБС (Z_{AL}) к коэффициенту сцепления (k_M) [1]:

$$\varepsilon = \frac{z_{AL}}{k_M}. \quad (1)$$

Коэффициент сцепления k_M рассчитывается с учётом динамических нагрузок на ось на основании полученных коэффициентов сцепления k_f и k_r .

Передний k_f и задний k_r коэффициенты сцепления для переднеприводного автомобиля рассчитываются по формулам [1]:

$$k_f = \frac{z_m \cdot P - 0,01 \cdot P_2}{P_1 + \frac{h}{E} \cdot z_m \cdot P}; \quad (2)$$

$$k_r = \frac{z_m \cdot P - 0,015 \cdot P_1}{P_2 - \frac{h}{E} \cdot z_m \cdot P}, \quad (3)$$

где z_m – средний минимальный коэффициент торможения; P – масса автомобиля, кг; P_1 – масса автомобиля, приходящаяся на переднюю ось, кг; P_2 – масса автомобиля, приходящаяся на заднюю ось, кг; h – высота центра масс, мм; E – база, мм.

Подробно процедура определения Z_{AL} , k_f и k_r и k_M изложена в [1].

Записи параметров движения автомобиля в графическом виде при проведении типовых заездов по определению коэффициентов Z_{AL} , k_f , k_r приведены на рис. 1-3. На графиках отображаются окружные скорости каждого из колёс, скорость автомобиля по «пятому коле-

су) и усилие нажатия на педаль тормоза. Также на рис. 1-3 были построены графики изменения во время заезда относительного скольжения затормаживаемых колёс, подсчитанного по формуле:

$$S = \frac{V_a - V_k}{V_a}, \quad (4)$$

где V_a – скорость автомобиля по «пятому колесу», км/ч; V_k – окружная скорость тормозящего колёса, км/ч.

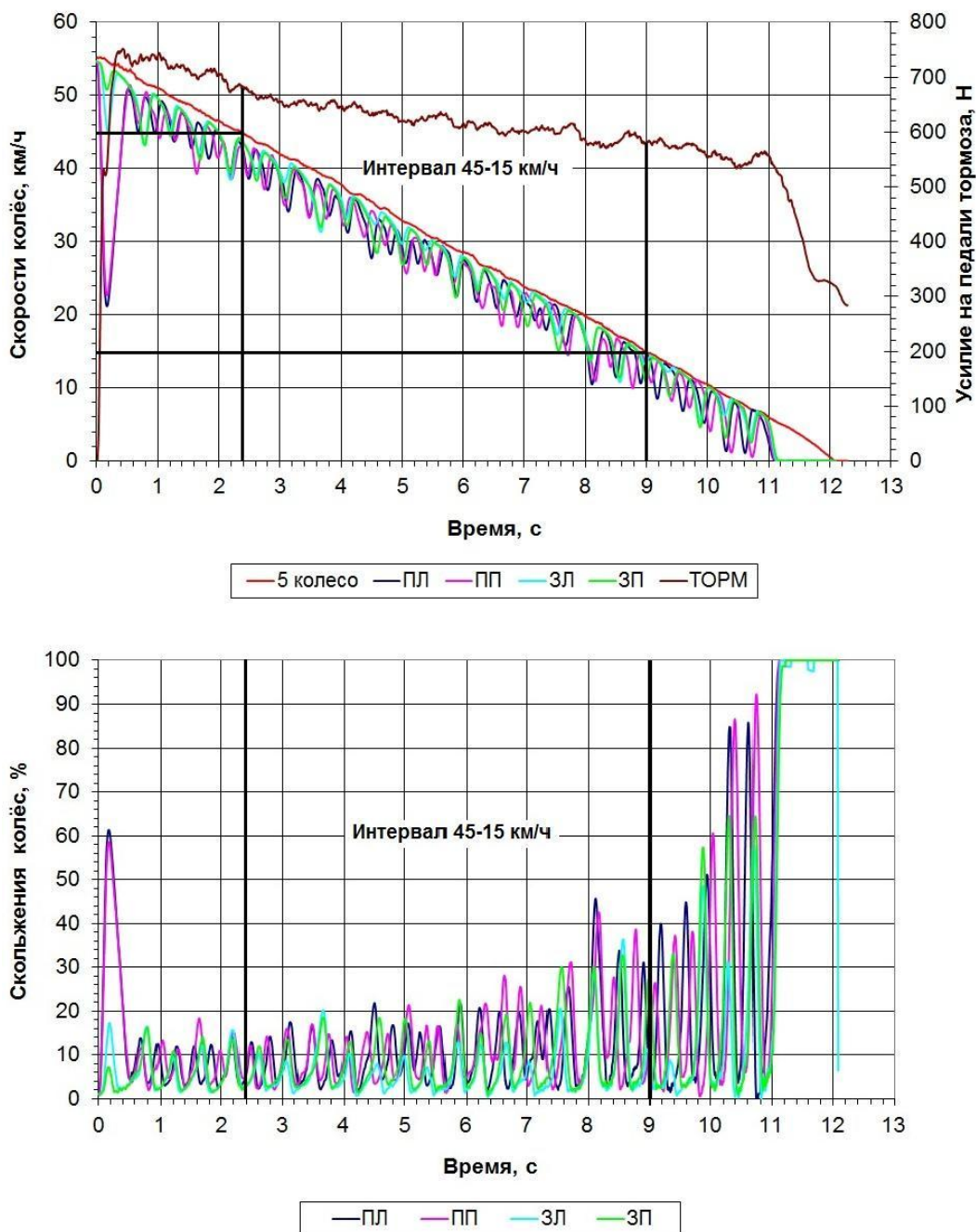


Рис. 1. Торможение с АБС – определение коэффициента Z_{AL} :

5-е колесо – скорость автомобиля по системе типа «пятое колесо»;

ПЛ, ПП, ЗЛ, ЗП – окружная скорость и скольжение соответственно переднего левого, переднего правого, заднего левого и заднего правого колёс; ТОРМ – усилие на педали тормоза

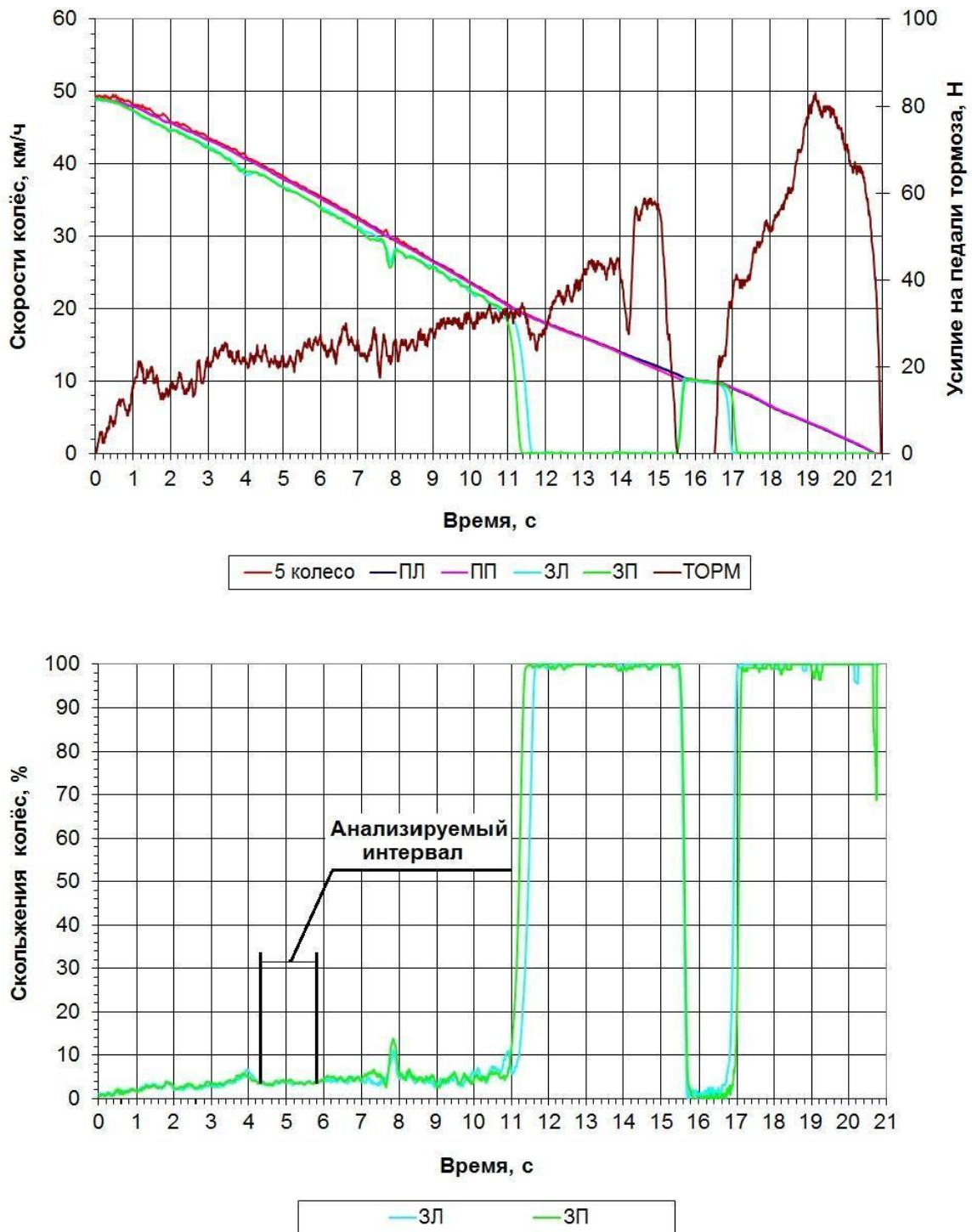


Рис. 2. Торможение задней осью – определение коэффициента k_r :

5-е колесо – скорость автомобиля по системе типа «пятое колесо»;
 ПЛ, ПП, ЗЛ, ЗП – окружная скорость и скольжение соответственно переднего левого, переднего правого, заднего левого и заднего правого колёс; ТОРМ – усилие на педали тормоза

Частота регулируемого АБС давления в тормозных механизмах колёс, определённая по графикам на рис. 1, составила 3,5 Гц. При проведении серии заездов были показаны стабильные результаты времени торможения в интервале снижения скорости от 45 до 15 км/ч, на основании которых по методике Приложения 13 к Правилам ЕЭК ООН № 13 (-09) были определены максимальные коэффициенты торможения с АБС (табл. 3).

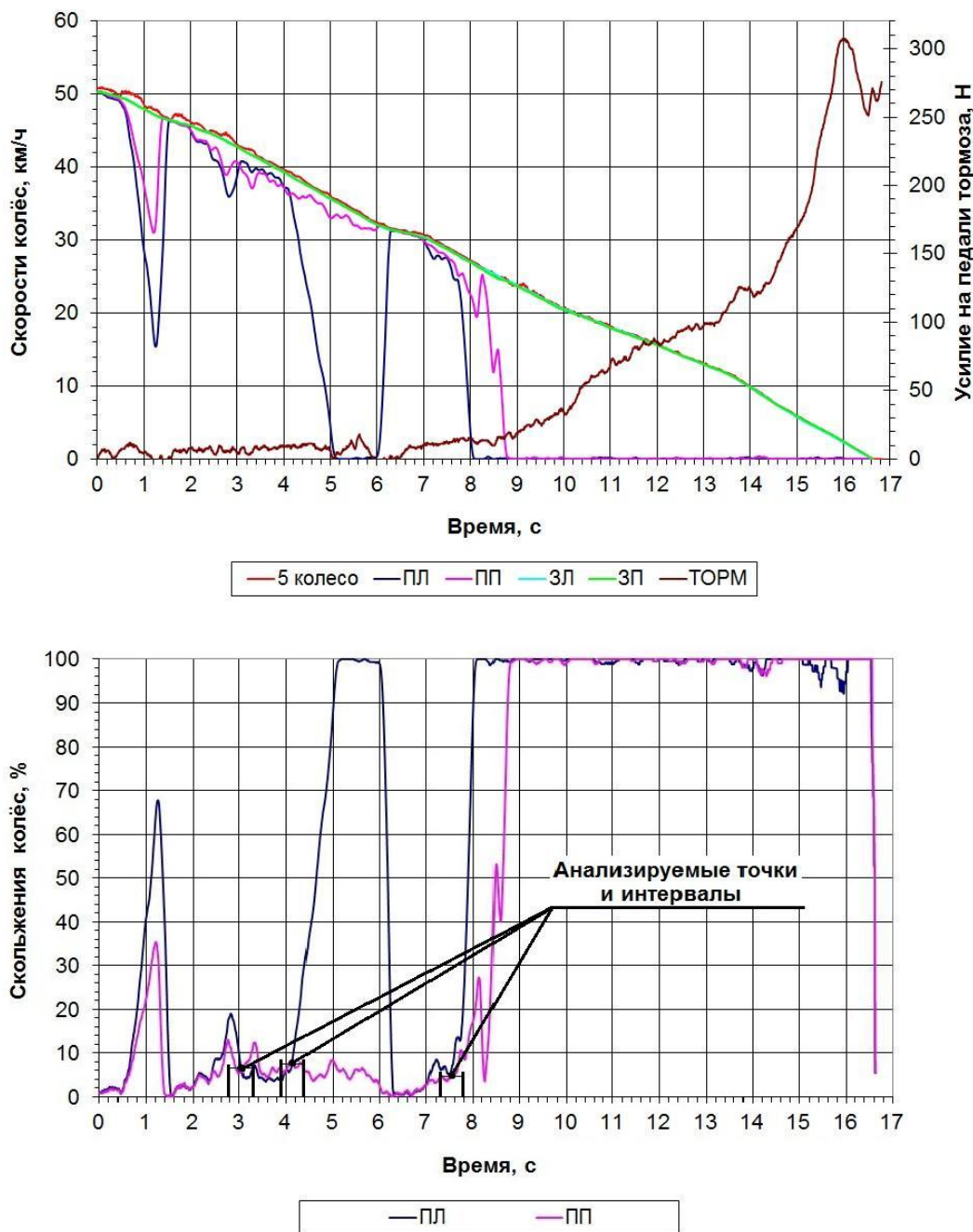


Рис. 3. Торможение передней осью – определение коэффициента k_f :

5-е колесо – скорость автомобиля по системе типа «пятое колесо»;
ПЛ, ПП, ЗЛ, ЗП – окружная скорость и скольжение соответственно переднего левого, переднего правого, заднего левого и заднего правого колёс; ТОРМ – усилие на педали тормоза

Таблица 3

Результаты испытаний эффективности действия АБС на льду

Коэффициент	k_f	k_r	k_M	Z_{AL}	ϵ
Нешипованные шины	0,163	0,179	0,169	0,149	0,88
Шипованные шины	0,210	0,214	0,211	0,171	0,81

Анализ заездов для определения коэффициентов k_f и k_r (рис. 2, 3) показал, что при торможениях на льду усилия, прилагаемые к тормозной педали, требуются очень небольшие. Данное обстоятельство значительно затрудняет дозирование тормозного усилия экспертом-испытателем при выполнении соответствующих заездов без блокировки тормозящих колёс. При этом, несмотря на большое мастерство экспертов-испытателей, блокировка колёс происходит довольно часто, что приводит к частой выбраковке заездов и трудоёмкости определения необходимых коэффициентов z_m .

По методике Приложения 13 к Правилам ЕЭК ООН № 13 (-09) коэффициент z_m должен определяться из расчета заданного промежутка времени (t_m) для снижения скорости с 40 до 20 км/ч:

$$z_m = \frac{0,566}{t_m}. \quad (5)$$

Для увеличения точности и достоверности получения коэффициентов сцепления k_f и k_r методика определения коэффициента торможения z_m была скорректирована относительно Приложения 13 к Правилам ЕЭК ООН № 13 (-09). Корректировка стала возможной благодаря регистрации во время заезда скоростей вращения колёс и построенных на этом основании графиков относительных скольжений. Для получения коэффициентов торможения были рассмотрены следующие участки по всем заездам:

1) интервалы с неизменяющимся одинаковым относительным скольжением обоих тормозящих колёс (рис. 2);

2) интервалы продолжительностью 0,5 с, центры которых располагаются в точке с одинаковым относительным скольжением обоих тормозящих колёс (рис. 3). Продолжительность интервала в 0,5 с установлена экспериментально и представляет собой баланс между точностью определения замедления в исследуемой точке и необходимой точностью расчёта замедления для данного интервала.

Анализ этих участков позволяет решить более точно по сравнению с Приложением 13 к Правилам ЕЭК ООН № 13 (-09) задачу определения наиболее эффективных условий качения тормозящих колёс.

Коэффициент торможения z для исследуемого интервала определяется по формуле:

$$z = \frac{0,0283(V_2 - V_1)}{t_{yч}}, \quad (6)$$

где V_1 – скорость автомобиля в начале исследуемого интервала, км/ч; V_2 – скорость автомобиля в конце исследуемого интервала, км/ч; $t_{yч}$ – продолжительность участка, с

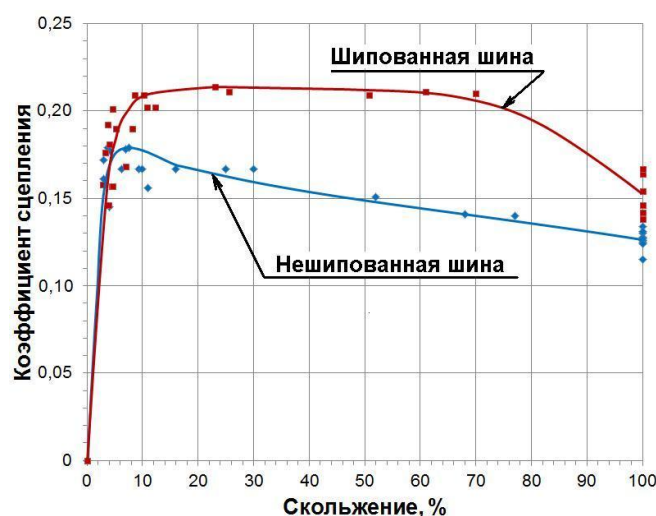


Рис. 4. Зависимости коэффициента сцепления от скольжения ($\phi - S$ диаграммы) на льду для зимних нешипованной и шипованной шин

Для каждого коэффициента торможения z необходимо регистрировать относительное скольжение тормозящих колёс, при котором он был рассчитан.

Из полученных коэффициентов торможения выбираются три минимальные величины, и подсчитывается как среднее арифметическое средний минимальный коэффициент торможения z_m . Коэффициенты сцепления k_f и k_r рассчитываются по формулам (2), (3) на основании определенных коэффициентов z_m для каждой оси – результаты представлены в табл. 3. Также в табл. 3 представлены результаты испытаний эффективности действия АБС при торможении с нешипованными и шипованными шинами на льду.

Если подсчитать k_f и k_r на основании z для всех участков, то можно получить массив данных коэффициентов сцепления и относительных скольжений, на основании которого можно построить зависимость коэффициента сцепления от скольжения ($\varphi - S$ диаграмму) (рис. 4).

Для определения коэффициента сцепления при проведении испытаний на эффективность действия АБС был применен новый метод, основанный на анализе скольжений колёс при торможении.

Достоинствами разработанного метода являются:

- более точное определение коэффициента сцепления;
- более точное определение коэффициента реализуемого сцепления ϵ ;
- определение величины оптимального скольжения, при котором обеспечивается максимальный коэффициент сцепления для каждой оси – перспектива совершенствования алгоритмов функционирования систем активной безопасности;
- возможность определения $\varphi - S$ диаграммы в дорожных условиях без применения специальных шинных тестеров (в том числе и для шипованных шин);
- меньшая трудоемкость проводимых испытаний, связанная с определением наименьшего коэффициента торможения при торможении одной осью (особенно на дорогах с низким коэффициентом сцепления).

К недостаткам применённого метода можно отнести:

- необходимость установки и настройки сложного испытательного оборудования, обеспечивающего высокую точность измерений;

В заключение хотелось бы выразить глубокую признательность директору Центра испытаний НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ» (Дмитровского автополигона) Загарину Денису Александровичу за помощь в организации экспериментальных исследований и предоставленную возможность использования инфраструктуры НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ».

Библиографический список

1. **Правила ЕЭК ООН № 13-09.** Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения механических транспортных средств категорий М, N и O в отношении торможения. – Введены 1996-06-28. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 112 с.
2. **Кристалльный, С.Р.** Проблемы эффективности действия антиблокировочных систем автомобилей, оснащенных средствами противоскольжения / С.Р. Кристалльный, Н.В. Попов, В.А. Фомичёв // Автотранспортное предприятие. 2012. №5. С. 44–49.
3. **Кристалльный, С.Р.** Проблемы функционирования АБС на автомобилях, оснащённых средствами противоскольжения / С.Р. Кристалльный, Н.В. Попов, В.А. Фомичёв // Вестник МАДИ. 2012. №2 (29). С. 10–17.
4. **Кристалльный, С.Р.** Проблемы эффективности действия антиблокировочных систем автомобилей, оснащенных шипованными шинами/ С.Р. Кристалльный, Н.В. Попов, В.А. Фомичёв // Журнал автомобильных инженеров. 2012. №2 (73). С. 32–37.
5. **Кристалльный, С.Р.** Шинный тестер для исследования характеристик шипованных шин / С.Р. Кристалльный, В.Н. Задворнов, Н.В. Попов, В.А. Фомичёв // Вестник МАДИ. 2013. № 3 (34). С. 10–17.

6. **Кристалльный, С.Р.** Шинные тестеры. Перспектива и альтернатива / С.Р. Кристалльный [и др.] // Автотранспортное предприятие. 2013. № 9. С. 37–44.
7. **Кристалльный С.Р.** Принцип создания шинного тестера на базе серийного легкового автомобиля / С.Р. Кристалльный [и др.] // Журнал автомобильных инженеров. 2013. № 5 (82). С. 38–45.
8. **Кристалльный, С.Р.** Выбор, подготовка и настройка измерительного и регистрирующего оборудования для проведения испытаний эффективности действия АБС на автомобиле, оснащённом шипованными шинами / С.Р. Кристалльный [и др.] // Известия Волгоградского государственного технического университета – Серия «Наземные транспортные системы». 2013. Вып. 7. № 21 (124). С. 28–38.
9. **Кристалльный, С.Р.** Легковой автомобиль – шинный тестер / С.Р. Кристалльный [и др.] // Автомобильная промышленность. 2014. № 1. С. 34–36.
10. **Кристалльный, С.Р.** Проблемы функционирования АБС на автомобилях, оснащённых шипованными шинами / С.Р. Кристалльный, Н.В. Попов, В.А. Фомичёв // Автомобильная промышленность. 2012. № 8. С. 20–22.
11. **Иванов, А.М.** Экспериментальная проверка методов оценки эффективности систем динамической стабилизации АТС / А.М. Иванов [и др.] // Автомобильная промышленность. 2009. №7. С. 31–33.

*Дата поступления
в редакцию 20.09.2014*

S.R. Kristalnyi, V.A. Fomitchev, N.V. Popov

**THE EFFICIENCY OF THE ABS ON VEHICLES EQUIPPED WITH STUDED TIRES
AND ITS EXPERIMENTAL DEDUCTION**

Moscow state automobile and road technical university

The test report for the efficiency of the ABS on an icy surface is been considered. The relationship between the coefficient of friction with relative skidding for winter studded tires and non-studded tires on an icy surface is shown. The article describes the method of determining the coefficient of friction of studded tires with the road surface of a vehicle with the help of the tire tester.

Key words. Tire tester, testing, coefficient of friction, anti-lock braking system, studded tires.