

УДК 343.98

САБАДАШ В.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; КЛЕЦ Д.М.<sup>2</sup>, к.т.н., доц.; ВАРЛАХОВ В.А.<sup>1</sup>, с.н.с.

<sup>1</sup> Харьковский научно-исследовательский институт судебных экспертиз  
им. Засл. проф. Н.С. Бокариуса

<sup>2</sup> Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПРИ РАЗГЕРМЕТИЗАЦИИ ЕГО КОЛЕСА

*Экспериментально определен радиус поворота и отклонение от траектории движения автомобиля при разгерметизации его колеса. Определена зависимость статического радиуса колеса от давления воздуха в шине.*

**Ключевые слова:** ускорение, мобильный измерительно-регистрационный комплекс, распределение, приемистость автомобиля

### Постановка проблемы

При исследовании механизма дорожно-транспортного происшествия (ДТП), который связан с уводом одного из транспортных средств (ТС) на стадии сближения до момента столкновения, перед экспертами возникает проблема проверки заданных в постановлении следователем (судом) исходных данных, характеризующих характер движения ТС на данной стадии. Указанная проблема может возникать в случае, если сближение ТС связано с движением одного из них после повреждения шины в результате прокола, пробоя, разреза, разрыва или пневматического взрыва. Для проверки показаний участников и свидетелей ДТП, а также заданных в постановлении о назначении экспертизы данных, эксперт должен иметь сведения о величине бокового увода в зависимости от скорости ТС и скорости падения давления в шине. Проблема, возникающая при определении механизма сближения транспортных средств после повреждения шины одного из его колес, может быть решена путем экспериментального исследования параметров движения ТС, а именно, радиуса поворота и бокового смещения при различных значениях динамического радиуса поврежденного колеса и давления воздуха в шине.

### Анализ последних достижений и публикаций

Устойчивость движения автомобиля, в числе многих факторов, зависит также и от соотношений динамических радиусов колес левого и правого бортов [2]. Занос автомобиля возникает вследствие появления поворачивающего момента, обусловленного неравномерностью касательных реакций на колесах противоположных бортов ТС. Одной из причин появления бортовой неравномерности касательных реакций на колесах различных бортов является изменение расстояния от осей вращения колес до основной поверхности, т.е. динамического радиуса. Появление разности динамических радиусов создает эффект «катящегося конуса», т.е. мост стремится развернуться вокруг колеса, у которого меньше динамический радиус. В этом случае возможны два варианта:

- водитель не удерживает автомобиль на прямолинейном курсе движения; при этом угловые скорости левого и правого колес одинаковы (дифференциал ведущего моста не работает);
- водитель удерживает автомобиль на прямолинейном курсе; при этом линейные скорости осей левого и правого колес одинаковы.

Практика экспертного исследования шин и колес ТС показывает, что повреждения шин и колес могут иметь как эксплуатационный, так и неэксплуатационный (аварийный) характер, когда повреждения возникают в результате ДТП, непосредственно перед ДТП или после него. Согласно принятой в настоящее время терминологии в экспертной практике различают следу-

ющие виды повреждений шин: прокол, пробой, разрез, разрыв и пневматический взрыв [1]. Первым общим характерным признаком неэксплуатационных (аварийных) повреждений шин может служить действие значительной по величине ударной силы, которая вызывает кроме повреждения шины различные повреждения частей и деталей колеса и прилегающих к нему частей (крыльев, рычагов, тяг и т.д.). Вторым общим характерным признаком неэксплуатационного повреждения шин является направление действия силы разрушения, которая не совпадает с плоскостью вращения колеса в процессе эксплуатации транспортного средства [1]. Решение вопроса оценки параметров движения при разгерметизации шины транспортного средства составляет основу расследования и судебного рассмотрения дел о ДТП.

### **Цель и постановка задач исследования**

Целью исследования является экспериментальное определение параметров движения транспортного средства при разгерметизации его колеса.

Для достижения указанной цели необходимо экспериментально определить параметры движения автомобиля при разгерметизации его колеса.

### **Экспериментальное определение параметров движения автомобиля при разгерметизации его колеса**

С целью выполнения программы и методики эксперимента были использованы следующие материально-технические средства (см. рис. 1): автомобиль Skoda Fabia; рулетка измерительная металлическая P50УЗК ДСТУ 4179-2003; комплект шин NokianW 185/65 R14 86TM+S; фотокамера Nikon D5000; секундомер с допустимой погрешностью измерения 0,2 с; манометр автомобильный ГОСТ 1701-75; компрессор автомобильный Mio1 81-115; доска 1000×120×20 мм для крепления штырей; острые штыри Ø3,5-16 мм.



**Рис.1. Материально-технические средства, использованные при проведении экспериментальных исследований**

Для регистрации данных во время проведения эксперимента был использован разработанный на кафедре технологии машиностроения и ремонта машин Харьковского национального автомобильно-дорожного университета мобильный регистрационно-измерительный комплекс (МРИК) [3], который предназначен для измерения ускорений, замедлений и скорости автомобиля во время движения в различных условиях эксплуатации (Свидетельство о Государственной метрологической аттестации № 2176 от 22.03.2013 г.). МРИК состоит из двух датчиков

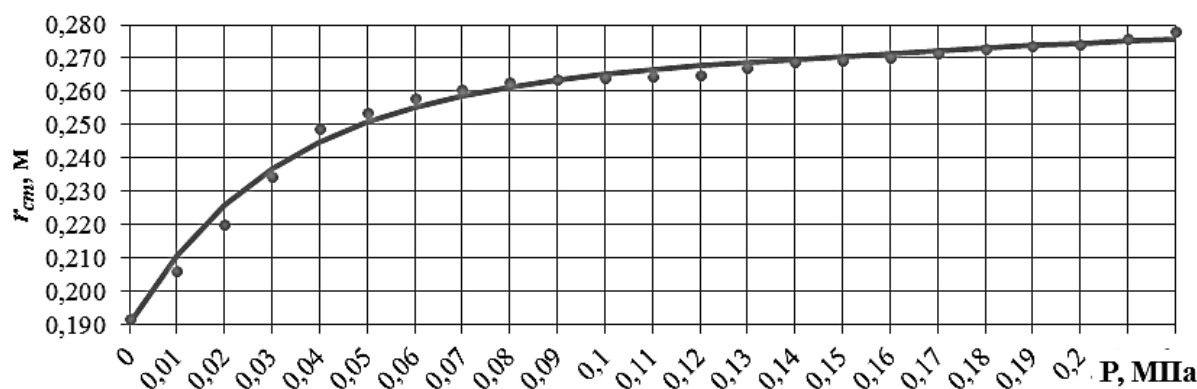
ускорений Freescale Semiconductor модели MMA7260QT, а также персональной электронно-вычислительной машины (ПЭВМ) для снятия и архивации данных. Погрешность значений ускорений, полученных с помощью МРИК, составляет не более 4% (1% – погрешность акселерометров по паспорту и до 3% – погрешность установки).

Масса автомобиля, который принимал участие в эксперименте, определялась по данным, указанным в эксплуатационно-технической документации к ТС с учетом массы водителя, наличия горюче-смазочных материалов и аппаратуры. Дорожные участки соответствовали стандартным условиям эксплуатации (прямолинейные, горизонтальные, с асфальто-бетонным гладким, сухим и чистым покрытием). Продольные уклоны не более 0,05% , поперечные уклоны не более 1%. Движение ТС во время измерений проводилось согласно программе и методике эксперимента. В процессе движения регистрировались следующие параметры: коды аналого-цифрового преобразователя (АЦП) по оси ОХ (для перевода в продольные ускорения  $\alpha_x$ ); коды АЦП по оси ОУ (для перевода в боковые ускорения  $\alpha_y$ ); коды АЦП по оси ОZ (для перевода в вертикальные ускорения  $\alpha_z$ ); время  $t$  и скорость  $V$  движения автомобиля.

Экспериментальная зависимость статического радиуса исследуемой шины от избыточного давления воздуха в ней приведена на рис. 2. Анализ полученной экспериментальной зависимости позволил определить следующее аналитическое выражение

$$r_{cm} = 0,26 \cdot e^{0,25 \cdot P} - 0,07 \cdot e^{-33 \cdot P}, \quad (1)$$

где  $P$  – избыточное давление воздуха в шине, МПа;  
 $r_{cm}$  – статический радиус колеса, м.



**Рис. 2. Зависимость статического радиуса шины Nokian W 185 /65 R14 86ТМ + S от избыточного давления воздуха в ней:**

— — — - данные, аппроксимированные зависимостью (1);  
 ••••• - экспериментально полученные данные

На рис. 3 приведены графики величин отклонения траектории движения  $S_y$  исследуемого автомобиля при спущенной шине управляемого колеса в зависимости от длины пройденного пути  $S_x$ . Аппроксимированные зависимости для определения бокового смещения от избыточного давления воздуха спущенной шины автомобиля Skoda Fabia приведены в табл. 1.

Анализ полученных экспериментальных зависимостей позволил определить аналитическое выражение для расчета радиуса поворота автомобиля в плоскости дороги при движении его с разгерметизированной шиной при различных величинах избыточного давления воздуха

$$R = 372 \cdot e^{-3,84 \cdot P} + 106,6 \cdot e^{16,6 \cdot P} \quad (2)$$

Зависимость радиуса поворота автомобиля при движении со спущенной шиной Nokian W 185 /65 R14 86TM + S от избыточного давления воздуха в ней приведена на рис. 4.

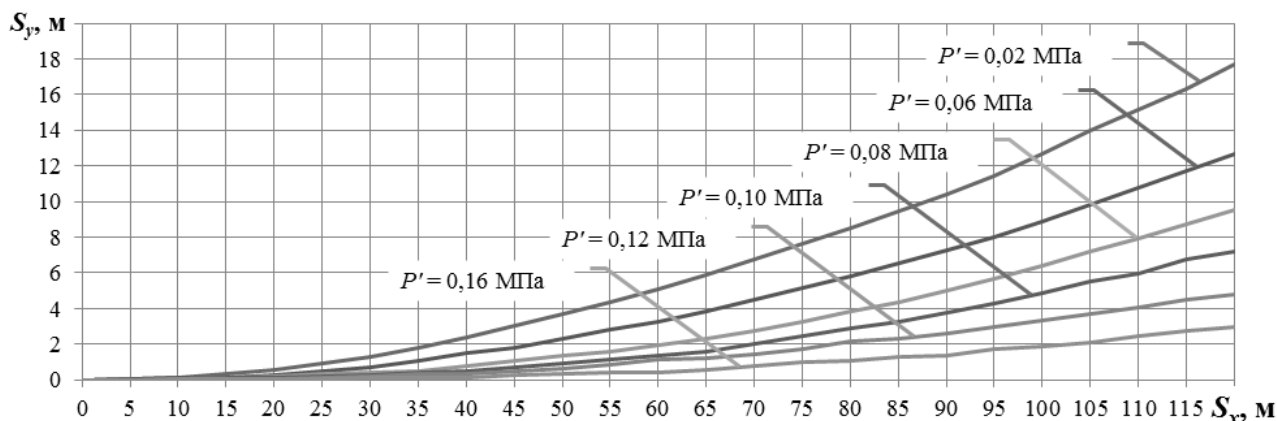


Рис. 3. Зависимость бокового смещения автомобиля  $S_y$  от пройденного пути  $S_x$  при различных значениях избыточного давления воздуха  $P'$  в его спущенной шине

Таблица 1

Аппроксимированные зависимости для определения бокового смещения автомобиля  $S_y$  от избыточного давления воздуха в спущенной шине и пройденного пути  $S_x$

$P'$ , МПа	$S_y$ , м	Критерии сходимости			
		SSE	R-square	Adjusted R-square	RMSE
0,02	$S_y = 0,001037 \cdot S_x^2 + 0,02529 \cdot S_x - 0,2126$	0,2264	0,9997	0,9997	0,1014
0,06	$S_y = 0,0008471 \cdot S_x^2 + 0,005334 \cdot S_x - 0,08538$	0,09014	0,9998	0,9998	0,06401
0,08	$S_y = 0,0007925 \cdot S_x^2 - 0,01696 \cdot S_x + 0,15$	0,08989	0,9996	0,9996	0,06392
0,10	$S_y = 0,0006299 \cdot S_x^2 - 0,01609 \cdot S_x + 0,1434$	0,1101	0,9991	0,9991	0,07075
0,12	$S_y = 0,000391 \cdot S_x^2 - 0,006293 \cdot S_x + 0,03266$	0,07837	0,9987	0,9985	0,05969
0,16	$S_y = 0,0002817 \cdot S_x^2 - 0,009834 \cdot S_x + 0,0969$	0,0599	0,9972	0,9969	0,05218

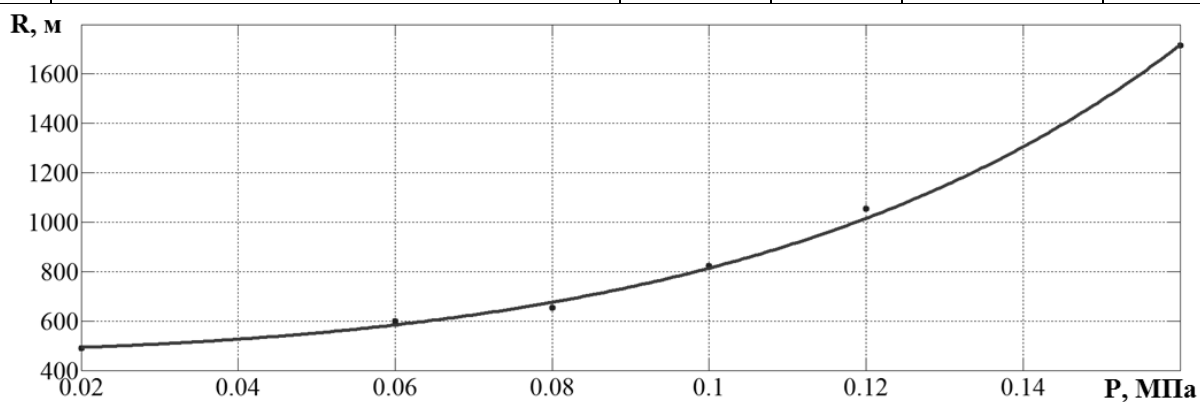
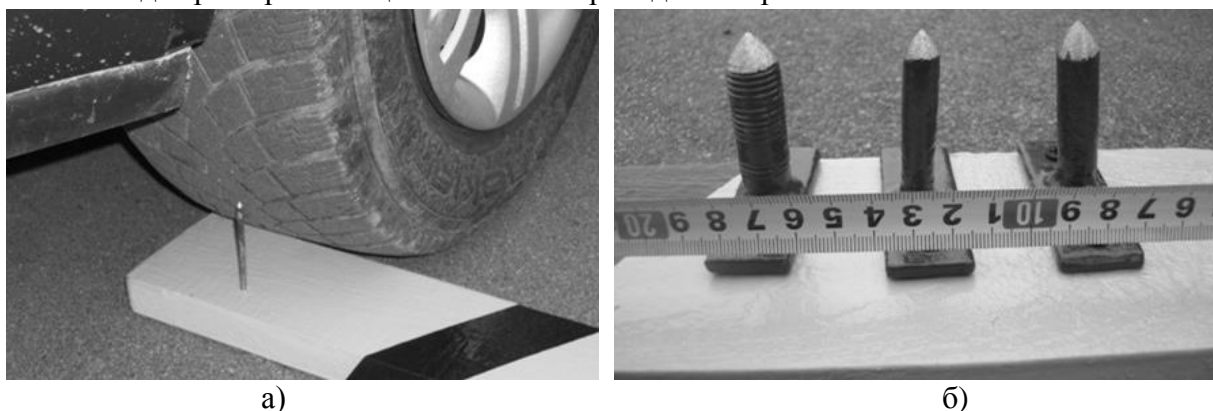


Рис. 4. Зависимость радиуса поворота автомобиля при движении со спущенной шиной Nokian W 185 /65 R14 86TM + S от избыточного давления воздуха в ней:

- — данные, аппроксимированные зависимостью (2);
- — экспериментально полученные данные

Внешний вид предметов, которыми производилась разгерметизация шины в виде отверстий  $\varnothing 3,5$  мм,  $\varnothing 10$  мм,  $\varnothing 12$  мм,  $\varnothing 16$  мм приведены на рис. 5. Отверстия в автомобильной шине, созданные в процессе проведения экспериментальных исследований, приведены на рис. 6. Зависимость бокового смещения автомобиля  $S_y$  от пройденного пути  $S_x$  со скоростью  $V_a = 10$  км/ч при различных видах разгерметизации его шины приведена на рис. 7.



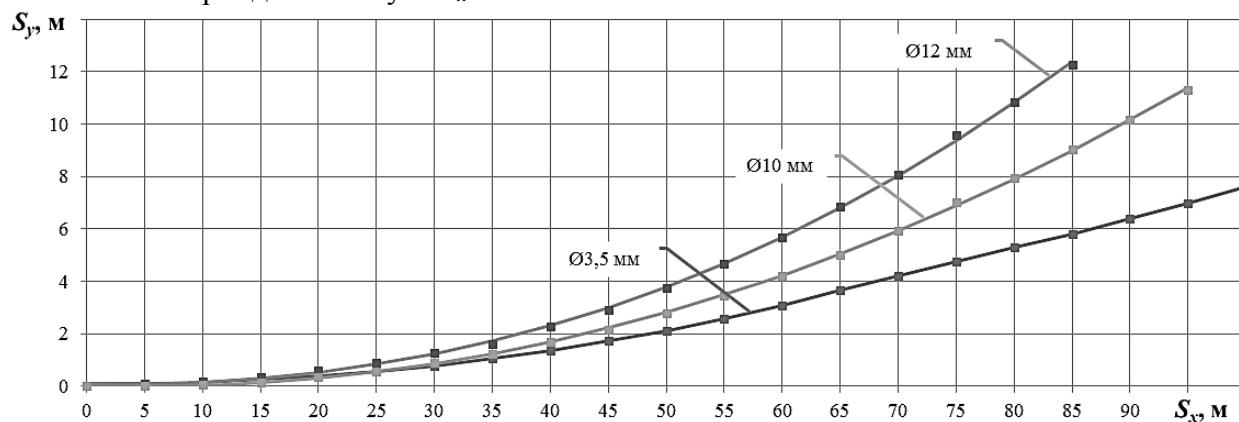
**Рис. 5. Прокол автомобильного колеса в процессе проведения экспериментальных исследований:**

- а) – прокол гвоздем  $\varnothing 3,5$  мм;  
 б) – внешний вид предметов, которыми создавалась разгерметизация шины в виде отверстий  $\varnothing 10$  мм,  $\varnothing 12$  мм,  $\varnothing 16$  мм



**Рис. 6. Отверстие в автомобильной шине, созданное гвоздем  $\varnothing 3,5$  мм**

В табл. 2 приведены аппроксимированные зависимости для определения бокового смещения автомобиля Skoda Fabia  $S_y$  в зависимости от избыточного давления воздуха в разгерметизированной шине и пройденного пути  $S_x$ .



**Рис. 7. Зависимость бокового смещения автомобиля  $S_y$  от пройденного пути  $S_x$  при различных видах разгерметизации его шины ( $V_a = 10$  км/ч)**

Полученные параметры движения транспортного средства при разгерметизации колеса позволяют определять показатели его устойчивости на момент ДТП, что повысит доказательную роль вывода автотехнической экспертизы.

Таблица 2

**Аппроксимированные зависимости для определения бокового смещения автомобиля  $S_y$  от избыточного давления воздуха в разгерметизированной шине и пройденного пути  $S_x$**

Диаметр отверстия в шине, мм	$S_y$ , м	Критерии сходимости		
		R-square	Adjusted R-square	RMSE
3,5	$S_y = 0,0468 \cdot S_x^2 + 2,902 \cdot S_x + 3,0838$	0,9994	0,9994	6,033
10	$S_y = 0,00042 \cdot S_x^3 + 0,145 \cdot S_x^2 - 0,89 \cdot S_x + 8,76$	0,9996	0,9995	8,807
12	$S_y = 0,1422 \cdot S_x^2 - 1,548 \cdot S_x + 4,382$	0,9998	0,9998	5,515

### Выводы

1. Экспериментальные исследования параметров движения автомобиля при разгерметизации его колеса в дорожных условиях показали, что статический радиус шины изменяется в зависимости от избыточного давления воздуха по экспоненциальному закону.

2. При движении автомобиля Skoda Fabia со спущенной шиной управляемого колеса в продольном направлении на расстояние 120 м, отклонение от прямолинейной траектории составляет до 18 м в зависимости от давления воздуха в шине. Радиус поворота автомобиля в данном случае составляет 491 м. При движении автомобиля Skoda Fabia с проколотой шиной (отверстие Ø3,5 мм) управляемого колеса в продольном направлении на расстояние 85 м со скоростью  $V_a=10$  км/ч, отклонение от заданной водителем траектории составляет 5,82 м, а с пробитой шиной (отверстие Ø12 мм) отклонение составляет 12,41 м.

3. Проведенные исследования позволяют специалистам с достаточной точностью определить параметры траектории транспортных средств при движении с разгерметизированным колесом, что в дальнейшем позволит эксперту-автотехнику провести соответствующую техническую оценку действий водителя и решить вопрос его технической возможности предупреждения ДТП.

### Список литературы

1. Аджиев Р.И. Справочные данные о нормативных и технических параметрах шин и колес. Типовые виды повреждений шин / Р.И. Аджиев, В.Г. Григорян, С.И. Печеневский. – М.: Теория и практика судебной экспертизы. – 2008. – №1 (9). – с. 62-78.

2. Клец Д.М. Вплив експлуатаційних факторів та технічного стану автомобіля на його стійкість проти заносу: автореф. дис. на здобуття ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / Д.М. Клец. — Харків, 2009. — 20 с.

3. Пат. 51031 Україна, МПК G01P 3/00 25.06.2010. Система для визначення параметрів руху автотранспортних засобів при динамічних (кваліметричних) випробуваннях / Подригало М.А., Коробко А.И., Клец Д.М., Файст В.Л.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. університет. – № u 2010 01136; заявл. 04.02.10 ; опубл. 25.06.10, Бюл. № 12.

**Сабадаш В.В., Клец Д.М., Варлахов В.О. Експериментальні дослідження динаміки транспортного засобу при розгерметизації його колеса**

*Анотація.* Експериментально визначено радіус повороту і відхилення від траєкторії руху автомобіля при розгерметизації його колеса. Визначено залежність статичного радіуса колеса від тиску повітря в шині.

*Ключові слова:* прискорення, мобільний вимірювально-реєстраційний комплекс, розподіл, прийомистість автомобіля.

**Sabadash V.V., Klets D.M., Varlahov V.O. Experimental investigation of vehicle dynamics at its wheel depressurization**

*Abstract.* Experimentally determined turning radius and the deviation from the vehicle trajectory at its wheels depressurization. The dependence of the wheels static radius on the air pressure in the tire is determined.

*Keywords:* acceleration, mobile measurement and registration system, distribution, vehicle throttle response.

Стаття надійшла до редакції 07.09.2013 р.