

СУДОВА ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

УДК 343.98:331.45

В. В. Сабадаш, завідувач лабораторії Харківського НДІСЕ, кандидат технічних наук, доцент,

Д. М. Клец, судовий експерт Харківського НДІСЕ, кандидат технічних наук, доцент,

В. О. Варлахов, старший науковий співробітник Харківського НДІСЕ

ЕКСПЕРТНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МАНЕВРНОСТІ АВТОМОБІЛЯ ПРИ РОЗГЕРМЕТИЗАЦІЇ ЙОГО КОЛЕСА

Експериментально визначено радіус повороту та відхилення від траєкторії руху автомобіля при розгерметизації його колеса. Установлено залежність статичного радіуса колеса від тиску повітря в шині.

Ключові слова: прискорення, мобільний реєстраційно-вимірювальний комплекс, розгерметизація колеса, маневреність автомобіля.

При дослідженні механізму дорожньо-транспортної пригоди (ДТП), який пов'язаний з відведенням з курсу руху одного із транспортних засобів (ТЗ) на стадії зближення до моменту зіткнення, перед експертами виникає проблема перевірки заданих у постанові слідчим вихідних даних, що характеризують характер руху ТЗ на цій стадії. Зазначена проблема може виникати у випадку, якщо зближення ТЗ пов'язане з рухом одного з них після пошкодження шини в результаті проколу, пробою, розрізу, розриву або пневматичного вибуху. Для перевірки показань учасників і свідків ДТП, а також заданих у постанові про призначення експертизи даних, експерт повинен мати відомості про величину бічного відведення ТЗ залежно від його швидкості та швидкості падіння тиску в шині. Проблема, що виникає при визначенні механізму зближення ТЗ після пошкодження шини одного з його коліс, може бути розв'язана шляхом експериментального дослідження параметрів руху ТЗ, а саме – радіуса повороту та бічного зсуву при різних значеннях динамічного радіуса пошкодженого колеса й тиску повітря в шині.

Стійкість руху автомобіля в числі багатьох факторів залежить також від співвідношень динамічних радіусів коліс лівого і правого бортів¹. Занос автомобіля виникає внаслідок появи повертаючого моменту, зумовленого нерівномірністю дотичних реакцій на колесах протилежних бортів ТЗ. Однією із причин появи бортової нерівномірності дотичних реакцій на колесах різних бортів є зміна відстані від осей обертання коліс до основної поверхні, тобто динамічного радіуса. Поява різниці динамічних радіусів створює ефект «конуса, що котиться», тобто міст прагне розвернутися навколо колеса, у якого менше динамічний радіус. У цьому разі можливі два варіанти:

— водій не втримує автомобіль на прямолінійному курсі руху; при цьому кутові швидкості лівого та правого коліс однакові (диференціал ведучого мосту не працює);

— водій утримує автомобіль на прямолінійному курсі руху; при цьому лінійні швидкості осей лівого та правого коліс однакові.

Практика експертного дослідження шин коліс ТЗ показує, що пошкодження шин і коліс можуть мати як експлуатаційний, так і неексплуатаційний (аварійний) характер, коли пошкодження виникають у результаті ДТП, безпосередньо перед ДТП або після нього. Відповідно прийнятій у цей час термінології в експертній практиці розрізняють такі види пошкоджень шин: прокол, пробій, розріз, розрив і пневматичний вибух². Першою загальною характерною ознакою неексплуатаційних (аварійних) пошкоджень шин може слугувати дія значної за величиною ударної сили, яка викликає, крім пошкодження шини, різні пошкодження частин і деталей колеса та прилягаючих до нього частин (крил, важелів, тяг тощо). Другою загальною характерною ознакою неексплуатаційного пошкодження шин є напрямок дії сили руйнування, яка не збігається із площиною обертання колеса в процесі експлуатації ТЗ. Оцінювання параметрів руху ТЗ при розгерметизації його шини становить основу розслідування й судового розгляду справ про ДТП.

Метою цього дослідження є експериментальне визначення параметрів руху ТЗ при розгерметизації його колеса.

З метою виконання програми за методикою експерименту були використані такі матеріально-технічні засоби (рис. 1): автомобіль Skoda Fabia; рулетка вимірювальна металева P50B3 (ДСТУ 4179-2003); комплект шин Nokian W 185/65 R14 86TM+S; фотокамера Nikon D5000; секундомір із припустимою погрішністю вимірювання 0,2 с; манометр автомобільний (ГОСТ 1701-75); компресор автомобільний Miol 81-115; дошка 1000 × 120 × 20 мм для кріплення штирів; гострі штирі Ø 3,5–16 мм.

¹ Див.: Клец Д. М. Вплив експлуатаційних факторів та технічного стану автомобіля на його стійкість проти заносу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / Д. М. Клец. — Х., 2009. — 20 с.

² Див.: Аджиев Р. И. Справочные данные о нормативных и технических параметрах шин и колес. Типовые виды поврежденных шин / Р. И. Аджиев, В. Г. Григорян, С. И. Печеневский // Теория и практика судебной экспертизы. — 2008. — № 1(9). — С. 62–78.



Рис. 1. Матеріально-технічні засоби, використані при проведенні експериментальних досліджень

Для реєстрації даних під час проведення експерименту був використаний розроблений на кафедрі технології машинобудування та ремонту машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету мобільний реєстраційно-вимірювальний комплекс (МРВК)¹, призначений для вимірювання прискорень, уповільнення й швидкості автомобіля під час руху в різних умовах експлуатації (свідоцтво про Державну метрологічну атестацію № 2176 від 22.03.2013). Цей комплекс складається із двох датчиків прискорень Freescale Semiconductor моделі MMA7260QT, а також персональної електронно-обчислювальної машини (ПЕОМ) для зняття й архівації даних. Погрішність вимірювання прискорень, отриманих за допомогою МРВК, становить не більше 4 % (1 % – погрішність акселерометрів за паспортом і до 3 % – погрішність установлення).

Маса автомобіля, який брав участь в експерименті, визначалася за даними, зазначеними в експлуатаційно-технічній документації до ТЗ із урахуванням маси водія, наявності пально-мастильних матеріалів і апаратури. Дорожні ділянки відповідали стандартним умовам експлуатації (прямолінійні, горизонтальні, з асфальто-бетонним гладким, сухим і чистим покриттям). Поздовжні ухили не більш 0,05 %, поперечні ухили не більш 1 %. Рух ТЗ під час вимірювань проводився згідно із програмою й методикою експерименту. У процесі руху ТЗ реєструвалися такі параметри: коди аналогоцифрового перетворювача (АЦП) по осі ОХ (для переведення в поздовжні прискорення α_x); коди АЦП по осі ОУ (для переведення в бічні прискорення α_y); коди АЦП по осі ОZ (для переведення у вертикальні прискорення α_z); час t і швидкість V руху автомобіля.

¹ Див.: Пат. України на корисну модель № 51031, МПК G01P 3/00. Система для визначення параметрів руху автотранспортних засобів при динамічних (кваліметричних) випробуваннях / М. А. Подригало, А. І. Коробко, Д. М. Клец, В. Л. Файст ; заявник і патентовласник Харків. нац. авт.-дорож. ун-т. — № u201001136 ; заявл. 04.02.10 ; опубл. 25.06.10, Бюл. № 12.

Експериментальну залежність статичного радіуса досліджуваного колеса від надлишкового тиску повітря в шині наведено на рис. 2¹. Аналізування отриманої експериментальної залежності дозволило визначити такий аналітичний вираз

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

де P' – надлишковий тиск повітря в шині, МПа; r_{cm} – статичний радіус колеса, м.

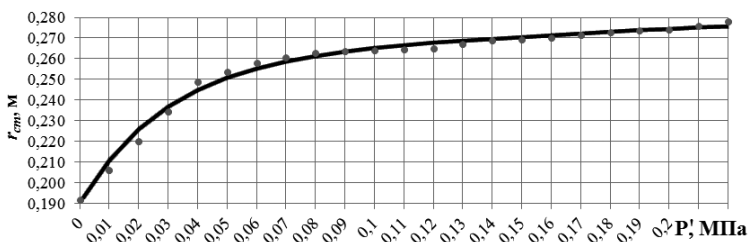


Рис. 2. Залежність статичного радіуса колеса Nokian W 185/65 R14 86TM + S від надлишкового тиску повітря в ній: «—» – дані, апроксимовані залежністю (1); «••••» – експериментально отримані дані

На рис. 3 наведено графіки величин відхилення траєкторії руху S_y досліджуваного автомобіля при спущеній шині² керованого колеса залежно від довжини пройденого шляху S_x . Апроксимовані залежності для визначення бічного зсуву від надлишкового тиску повітря спущеної шини автомобіля Skoda Fabia наведено в табл. 1.

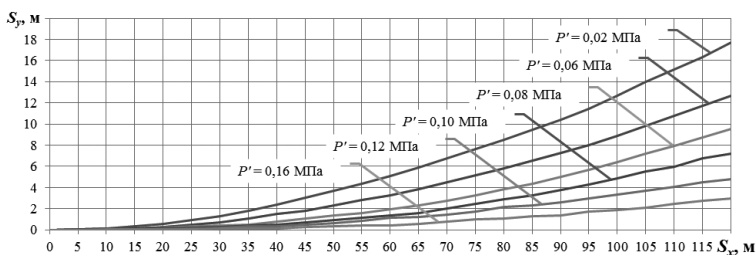


Рис. 3. Залежність бічного зсуву автомобіля S_y від пройденого шляху S_x при різних значеннях надлишкового тиску повітря P' у його спущеній шині

¹ Під статичним радіусом колеса ми розуміємо відстань від осі нерухомого колеса до опорної поверхні. «Нормальним» тиском повітря в шині ми називаємо атмосферне (коли шина повністю спущена). Якщо тиск повітря в шині більше атмосферного, цю різницю називаємо надлишковим тиском.

² Тобто шину називали спущеною при тиску повітря в ній нижче номінального значення.

Таблиця 1

Апроксимовані залежності для визначення бічного зсуву автомобіля S_y від надлишкового тиску повітря в спущеній шині й пройденого шляху S_x

P' , МПа	S_y , м	Критерії збіжності ¹			
		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

Дослідження отриманих експериментальних залежностей дало змогу визначити аналітичний вираз для розрахунків радіуса повороту автомобіля в площині дороги при русі його з розгерметизованою шиною при різних величинах надлишкового тиску повітря

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

Залежність радіуса повороту автомобіля при русі зі спущеною шиною Nokian W 185/65 R14 86TM + S від надлишкового тиску повітря в ній наведено на рис. 4 (отриманий шляхом оброблення даних рис. 3, далі виконана апроксимація).

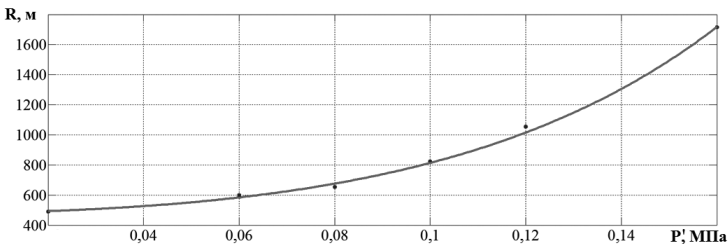


Рис. 4. Залежність радіуса повороту автомобіля при русі зі спущеною шиною Nokian W 185/65 R14 86TM + S від надлишкового тиску повітря в ній:

«—» – дані, апроксимовані залежністю (2); «•••» – експериментально отримані дані

¹ Після подання даних стандартною параметричною моделлю або моделлю, заданою користувачем, оцінювання якості наближення може бути проведене як графічно, так і з використанням різних критеріїв придатності наближення (критеріїв збіжності): SSE (сума квадратів помилок), R-square (критерій R-квадрат), Adjusted R-square (уточнений R-квадрат), RSME (корінь із середнього для квадрата помилки). Близькі до нуля значення SSE та RSME, а до одиниці значення R-квадрат і уточненого R-квадрат свідчать про адекватне подання вихідних даних параметричною моделлю. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : http://matlab.exponenta.ru/curvefitting/3_8.php.

Зовнішній вигляд предметів, якими проводилася розгерметизація шини у вигляді отворів $\text{Ø} 3,5$, 10 , 12 і 16 мм, зображено на рис. 5(а, б). Отвір в автомобільній шині, створений у процесі проведення експериментальних досліджень, зображено на рис. 6.

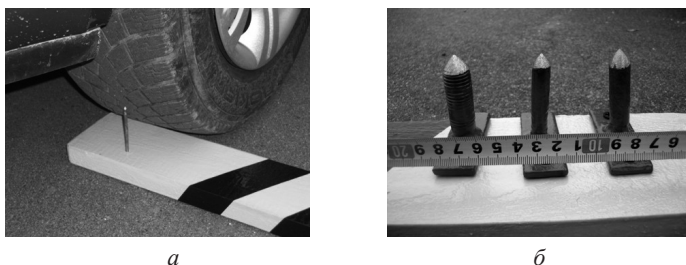


Рис. 5. Зовнішній вигляд предметів, якими проводилася розгерметизація шини у вигляді отворів: а – цвях $\text{Ø} 3,5$ мм, установлений перед колесом; б – цвяхи $\text{Ø} 10$, 12 і 16 мм



Рис. 6. Отвір в автомобільній шині, створений цвяхом $\text{Ø} 3,5$ мм

Залежність бічного зсуву автомобіля S_y від пройденого шляху S_x зі швидкістю $V_a = 10$ км/год при різних видах розгерметизації його шини наведено на рис. 7. У табл. 2 наведено апроксимовані залежності для визначення бічного зсуву автомобіля Skoda Fabia S_y залежно від надлишкового тиску повітря в розгерметизованій шині й пройденого шляху S_x .

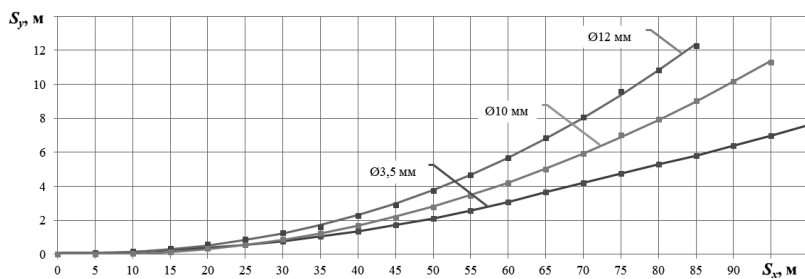


Рис. 7. Залежність бічного зсуву автомобіля S_y від пройденого шляху S_x при різних видах розгерметизації його шини ($V_a = 10$ км/год)

Таблиця 2

Апроксимовані залежності для визначення бічного зсуву автомобіля S_y від надлишкового тиску повітря в розгерметизованій шині й пройденого шляху S_x

Діаметр отвору в шині, мм	$S_y, \text{ м}$	Критерії збіжності		
		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

Отримані параметри руху транспортного засобу при розгерметизації колеса дозволяють визначити показники його стійкості на момент ДТП, що підвищить доказове значення висновку автотехнічної експертизи.

Таким чином, експериментальні дослідження параметрів руху автомобіля при розгерметизації його колеса в дорожніх умовах показали, що статичний радіус колеса змінюється залежно від надлишкового тиску повітря в шині за експонентним законом.

При русі автомобіля Skoda Fabia зі спущеною шиною керованого колеса в поздовжньому напрямку на відстань 120 м зі швидкістю $V_a = 10$ км/год відхилення від прямолінійної траєкторії становить до 18 м залежно від тиску повітря в шині. Радіус повороту автомобіля в цьому випадку становить 491 м. При русі автомобіля Skoda Fabia з проколотою шиною (отвір \varnothing 3,5 мм) керованого колеса в поздовжньому напрямку на відстань 85 м ($V_a = 10$ км/год) відхилення від заданої водієм траєкторії становить 5,82 м, а із пробитою шиною (отвір \varnothing 12 мм) – 12,41 м.

Проведені дослідження дозволяють експерту-автотехніку з достатньою точністю визначити параметри траєкторії ТЗ при русі з розгерметизованим колесом, здійснити відповідне технічне оцінювання дій водія й вирішити питання його технічної можливості попередити ДТП.

ЭКСПЕРТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАНЕВРЕННОСТИ АВТОМОБИЛЯ ПРИ РАЗГЕРМЕТИЗАЦИИ ЕГО КОЛЕСА

Сабадаш В. В., Клец Д. М., Варлахов В. А.

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

Ключевые слова: ускорение, мобильный измерительно-регистрационный комплекс, разгерметизация колеса, маневренность автомобиля.

EXPERT STUDY INTO MANEUVERABILITY PARAMETERS OF THE CAR WITH A PUNCTURED WHEEL

Sabadash V. V., Klets D. M., Varlakhov V. O.

The car movement stability depends on the correlations of dynamic radii of left and right wheels. In this case skidding results from the turning momentum of the car. The practice of the expert study into vehicle tires and wheels shows that the damage to tires and wheels may have both operational and accidental character, when the damage is done in traffic accidents, immediately before the traffic accident or in the aftermath. The article provides an experimentally determined turning radius and deviation from the car movement trajectory with its wheel punctured. It shows the dependence of the static wheel radius on the air pressure in the tire. The static wheel radius changes according to the exponential law depending on the excess air pressure. The present research allows specialists to determine with a sufficient degree of accurateness the parameters of the vehicle trajectory while moving with a punctured wheel, which eventually allows the expert to make the relevant technical assessment of the driver's actions and decide whether he was technically capable of preventing the traffic accident.

Keywords: acceleration, mobile measurement and registration complex, wheel puncture, car maneuverability.

УДК 656.08

О. В. Сараєв, декан автомобільного факультету Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, кандидат технічних наук, доцент

АВТОМАТИЗОВАНІ МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМУВАННЯ АВТОМОБІЛЯ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОЇ ПРИГОДИ

Розглянуто експертні методи, які дозволяють в автоматизованому режимі отримати дані про ефективність гальмування транспортного засобу. Розроблено вдосконалений метод оцінювання ефективності гальмування, що базується на автоматизованих засобах дослідження та враховує вплив сучасної антиблокувальної системи гальм на ефективність гальмування транспортного засобу.

Ключові слова: дорожньо-транспортна пригода, гальмування транспортного засобу, антиблокувальна система гальм, автоматизовані засоби.

У 70–90-х роках минулого століття в експертних установах постійно вдосконалювався процес дослідження ефективності гальмування транспортного засобу (ТЗ). Це було спричинено безперервним удосконаленням самих ТЗ. У ХХІ ст. гальмівні системи ТЗ отримали новий інтенсивний розвиток на базі конструкції антиблокувальної системи гальм. Ефективність гальмування ТЗ поліпшилася, але в експертних методиках розрахунку процесу гальмування ці реальні зміни не враховуються. Такий розрив між застарілим методичним забезпеченням та реальними змінами в конструкції ТЗ призво-