результату графічного моделювання у випадках, коли досліджуються граничні або незвичайні ситуації контакту транспортних засобів.

Така перевірка програмного забезпечення повинна проводитися або централізовано, при інсталяції програмного пакету в комп'ютерну систему експертних підрозділів, або особисто кожним експертом. Але у будь-якому випадку вказівка на перевірку достовірності стандартних комп'ютерних програм повинна згадуватися в тексті висновку експерта при описі результатів порівняльних досліджень за допомогою методу графічного моделювання.

Таким чином, вживаний в ТТЕ метод графічного моделювання разом з великою кількістю позитиву при його застосуванні, має ряд невирішених проблем, головною з яких є необхідність використання в транспортно-трасологічній експертизі реально точних вимірювань та необхідність тестування експертами пакету прикладних програм, що використовуються при провадженні транспортно-трасологічного дослідження.

Список використаної література

1. Кисир М.Я., Дубінін А.А. Графічне моделювання із застосуванням ПЕОМ як метод дослідження при виробництві автотехнічних експертиз / М.Я. Кисир, А.А. Дубінін // Теорія та практика судової експертизі і кріміналістіки. Вип. 2: Збірник матеріалів міжнарод. наук.-практ. конф. / Міністерство юстиції Україні, ХЩЦСУ ім. засл. проф. М.С. Бокаріуса, Академія правових наук Україні, Національна юрідічна академія Україні імені Ярослава Мудрого; Ред. колегія: М.Л. Цимбалів, М.І. Панів, Е.Б. Сімакова-Єфремян та ін. — Харків: Право, 2002. — С. 438–443.
2. *Майлис Н.П.* Руководство по трасологической зкспертизе / Н.П. Майлис. — М.: Щит-М, 2007. — 344 с.

О.І. Стабровський, ст. науков. співробітник

Львівський НДІ судових експертиз

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА ПАРАМЕТРИ ГАЛЬМУВАННЯ АВТОМОБІЛЯ

В статті досліджуються параметри та чинники, що впливають на коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою.

За даними прес-служби Департаменту ДАІ МВС України за 2009 рік, найбільш поширеними дорожньо-транспортними пригодами, як і в попередні роки, залишаються наїзди на пішоходів та зіткнення

транспортних засобів. На них припадає 69,3% всіх ДТП. В той же час тяжкі наслідки характерні для ДТП, пов'язаних з наїздом транспортних засобів на перешкоду — 20,1 загиблих на 100 ДТП, наїздом на гужовий транспорт — 16,2 загиблих на 100 ДТП.

Аналіз даних про дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) в Україні свідчить, що зіткнення транспортних засобів, наїзди на різного роду перешкоди становлять значну долю від загальної кількості ДТП. Тому при експертному дослідженні обставин ДТП приділяється особлива увага аналізу можливості уникнення зіткнення та наїздів на перешкоду.

Боротьба з аварійністю на автомобільному транспорті передбачає проведення комплексу заходів з покращення умов руху, вдосконалення конструкції транспортних засобів і їх технічного стану, підвищення кваліфікації і дисципліни водіїв, організованості інших учасників дорожнього руху. Особливе місце серед профілактичних заходів належить дослідженню причин ДТП і супутніх факторів. Визначити ці причини і встановити фактори, що сприяють виникненню та розвитку ДТП, можна лише на основі аналізу результатів детального дослідження дорожньої обстановки.

Правила дорожнього руху України зобов'язують водія під час вибору в установлених межах безпечної швидкості руху ураховувати дорожню обстановку, щоб мати змогу постійно контролювати його рух та безпечно керувати ним, а у разі виникнення небезпеки для руху, яку водій об'єктивно спроможний виявити, негайно вжити заходів для зменшення швидкості аж до зупинки транспортного засобу.

При проведенні експертних досліджень одним з основних питань, яке ставиться перед експертом, є питання про технічну можливість у водія зупинитися до місця наїзду (зіткнення) і таким чином уникнути дорожньої пригоди.

Одним з основних факторів, які безпосередньо впливають на розрахунок наявності технічної можливості у водія зупинитися до місця зіткнення, є сповільнення автомобіля в заданих дорожніх умовах (J_A).

Отже, сповільнення автомобіля, яке безпосередньо залежить від коефіцієнту зчеплення коліс з дорогою в конкретних дорожніх умовах, — являється основним показником, що використовується як експертами при аналізі дорожньої обстановки, так і водіями при виборі швидкості руху автомобіля.

Сповільнення транспортного засобу (ТЗ) на горизонтальній ділянці дороги залежить тільки від коефіцієнту зчеплення коліс з дорогою і визначається за формулою [1]:

$$J_A = g \cdot \varphi,$$

де g, м/с^2 — математична стала, прискорення вільного тяжіння g=9,8 м/с^2; φ — коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою.

Державний стандарт ДСТУ 2935–94 (п. 6.9 [4]) дає наступне визначення: “Коефіцієнт зчеплення (повздовжнього) — це відношення максимального можливої повздовжньої реакції колеса до його нормальної реакції”.

В залежності від напряму ковзання колеса, розрізняють коефіцієнт повздовжнього зчеплення (φ_X) та коефіцієнт поперечного (бокового) зчеплення (φ_Y).

Науковцями встановлено, що коефіцієнт зчеплення шин з дорогою є змінною величиною, яка залежить від багатьох факторів: типу та стану дорожнього покриття, температури шини та дорожнього покриття, швидкості руху автомобіля, типу та марки шин, тиску повітря в шині, терміну експлуатації шини, глибини протектора бігової доріжки шини.

Розглянемо більш детально, як впливають на коефіцієнт зчеплення шин з дорогою перелічені чинники.

1. Вплив типу та стану дорожнього покриття на коефіцієнт зчеплення.

Вплив типу та стану основних типів дорожнього покриття вивчався спеціалістами ще з середини XX сторіччя. Проведеними дослідженнями були визначені межі зміни коефіцієнту зчеплення для: асфальтового покриття, булижнику та щебеню, ґрунтової дороги в сухому та мокрому стані, а також для рихлого та втоптаного снігу та при ожеледиці.

Дослідженнями, проведеними на початку 2000 років, основні типи та стан дорожнього покриття були розширені і на теперішній час коефіцієнти зчеплення наводяться в таблицях [3] для наступних основних типів та стану дорожнього покриття:

- асфальтобетонне та цементно-бетонне покриття, в т.ч. типи покриття: гладке, шорсткувате, нове або яке знаходилось в експлуатації; стан покриття — сухе, вологе, мокре, чисте, брудне;
- гравійне, щебеневе та гравійно-щебеневе-ґрунтове покриття (сухе, мокре);
- ґрунтове покриття: втрамбоване чи рихле, сухе чи мокре;
- дорога, вкрита рихлим чи ущільненим снігом, з льодовою кіркою або без неї, оброблене мінеральними домішками чи без обробки;
- ожеледиця з обробкою мінеральними домішками чи без обробки.

В окремих документах, наприклад “Керівництві по боротьбі з зимовою слизькістю” [7] додатково наводяться наступні стани зимового покриття доріг:

– “рихлий сніг” — відкладається на дорожньому покриттю у вигляді рівного по товщині шару. Щільність свіжо-випавшого снігу може змінюватись від 0,06 до 0,20 г/см^3. В залежності від кількості вологи сніг може бути сухим, вологим та мокрим. При наявності шару рихлого снігу на дорожньому покритті коефіцієнт зчеплення шин з покриттям зменшується до 0,2.
– “сніговий накат” — являє собою шар снігу, ущільненого колеса транспортних засобів. Цей шар може мати різну товщину — від кількох міліметрів до кількох десятків міліметрів — та щільність від 0,3 до 0,6 г/см^3. Коефіцієнт зчеплення шин з покриттям зі снігового накату становить від 0,1 до 0,25.
– “скловидний лід” — з’являється на дорожньому покритті у вигляді гладкої скловидної плівки товщиною від 1 до 3 мм. Скловидний лід має щільність 0,7–0,9 г/см^3, а коефіцієнт зчеплення для такого покриття складає 0,08–0,15.

Разом з тим, значення коефіцієнтів зчеплення для деяких типів дорожнього покриття та видів стану покриття в спеціальній літературі для експертів відсутні.

Так, у Західних областях України дуже часто в якості дорожнього покриття використовується бруківка або шліфований булижник — для яких дані про коефіцієнт зчеплення для різних станів покриття відсутні.

В останні роки в якості дорожнього покриття почали використовувати штучну клінкерну цеглу — для даного типу дорожнього покриття коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою взагалі не визначався.

Отже, визначення можливих значень коефіцієнту зчеплення коліс з дорогою на мостових, вкритих бруківкою та клінкерною цеглою, вимагає окремих експериментальних досліджень.

2. Вплив шару водяної плівки на поверхні дороги.

У прикладах, наведених вище, мокрий асфальт — це асфальт рясно змочений водою без утворення шару водяної плавки поверх виступів шорсткуватості дорожнього покриття.

Якщо дорожнє покриття вкрите шаром води, то коефіцієнт зчеплення, в залежності від швидкості руху автомобіля та інших чинників [8], може змінюватись у широкому діапазоні — від 0,00 до 0,75.

Розглянемо основні процеси, які відбуваються у зоні контакту колеса з дорогою при наявності шару водяної плівки [8]. Під час кочення колеса (див. рис. 1) вода, що попадає між виступами протектора і дорогою, витискається через канавки шини і частково відводиться за межі зони контакту колеса з дорогою. Оскільки для відводу води

через канавки шини необхідний певний час, то під час руху автомобіля в зоні контакту утворюється деяка зона, в якій між виступами протектора шини та дорожнім покриттям залишається шар водяної плівки. Зі збільшенням шару водяної плівки на дорожньому покритті або зі збільшенням швидкості руху автомобіля площа зони, де контакт між шиною і дорогою відсутній, поступово зростає. При подальшому збільшенні шару води або швидкості автомобіля наступає момент, коли шина по всій поверхні в зоні контакту стає відірваною від дорожнього покриття і котиться або ковзає по водяній плівці. Автомобіль при цьому стає некерованим і навіть незначні бокові сили можуть діяти на автомобіль, приводять до заносу. Це явище називається аквапланування.

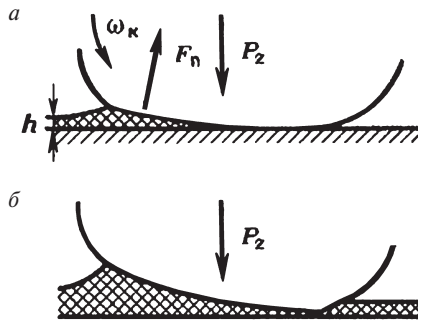

Рис. 1. Схеми взаємодії колеса з дорогою, яка вкрита шаром води: *а* — при частковому контакті шини з поверхнею дороги; *б* — при повній відсутності контакту шини з дорогою

Кількість води, що витискається шиною під час руху автомобіля за секунду, можна визначити за формулою:

$$V_B = \frac{V_A \cdot B_П \cdot h_B}{3{,}6 \cdot 1000}, \text{ л/с}$$

де V_A — швидкість руху автомобіля, км/год; ВП — ширина протектора шини, мм; h_B — товщина шару водяної плівки на дорозі, мм

Максимальна кількість води ($V_{B.MAX}$), що може відводитись шиною під час руху, залежить від багатьох факторів: глибини рисунка протектора, шорсткості дороги, а також величин, що входять в наведену формулу — швидкості руху автомобіля, ширини протектора та товщини шару водяної плівки. Якщо $V_{B.MAX} > V_B$, то контакт шини з дорогою зберігається, у противному випадку, при $V_{B.MAX} < V_B$ — повне проковзування колеса по водяній плівці на дорозі.

Для нових шин легкових автомобілів значення максимальної кількості води, що може бути відведена під час ковзання із зони контакту колеса з дорогою, коливається в межах 3–4 л/с (в залежності від типу та глибини рисунку протектора).

Спеціалістами шинної групи журналу “За Рулем” на полігоні “Котидром” (Ганновер, Німеччина) були проведені дослідження стійкості

нових шин різних моделей під час руху по дорозі з водяною плівкою. За результатами дослідження були визначені граничні швидкості початку аквапланування шин різних моделей. Для дослідження були обрані:

– шини російського виробництва — Кама-217, Kama Euro-224, Amtel Planet T-301, Cordiant Sport W1, Tunga Road та Matador Prima MP-14 омського виробництва;
– українські шини Rosava BC-49;
– польські шини Medeo;
– корейські шини Nexen Dark Horse II-65;
– Continental ContiEcoContact 3, Barum Brillantis.

При проведенні досліджень визначалися максимальне бокове прискорення (J_{AY}), яке може створити шина при проходженні кола діаметром 200 метрів по дорозі, вкритій шаром води, та максимальне значення коефіцієнту поперечного (бокового) зчеплення коліс з дорогою (φ_Y) для шин вказаних моделей. Результати дослідження наведені в табл. 1.

При екстреному гальмуванні шини автомобіля блокуються і, в такому випадку, під час руху із заблокованими колесами шина контактує з дорожнім покриттям одним і тим самим місцем. При цьому в первинний момент ковзання канавки протектора шини заповнюються водою і в наступні моменти руху вода може витискатися тільки за межі плями

Таблиця 1. **Величини граничної швидкості початку аквапланування, максимальне бокове прискорення, яке може створити шина при проходженні повороту, та максимальне значення коефіцієнту поперечного зчеплення коліс з дорогою для шин різних моделей**

Марка, модель шини	Швидкість початку аквапланування, км/год	Максимальне поперечне прискорення, J_{AY}, м/с^2	Макс. коеф. поперечного зчеплення, φ_Y
Cordiant Sport W1	91,3	3,6	0,367
Continental ContiEcoContact 3	90,6	4,0	0,408
Barum Brillantis	89,5	3,3	0,337
Amtel Planet T-301	88,2	3,7	0,378
Kama Euro-224	87,4	2,7	0,276
Matador Prima MP-14	86,6	2,8	0,286
Кама-217	84,3	2,4	0,245
Medeo	83,4	2,6	0,265
Rosava BC-49	82,4	2,5	0,255
Tunga Road	82,2	2,3	0,235
Nexen Dark Horse II-65	81,1	2,1	0,214

контакту. Крім того, при русі заблокованого колеса попереду бігової доріжки утворюється вал хвилі води, що значно збільшує товщину водяної плівки, яку долає колесо. Тому при блокуванні коліс під час гальмування при наявності водяної плівки на дорожньому покритті — "юз" коліс дуже часто переходить у ковзання колеса по водяній плівці, що значно збільшує гальмовий шлях.

3. Вплив температури на коефіцієнт зчеплення.

З теоретичних основ механіки фрикційної взаємодії (трибології — розділу фізики, що вивчає процеси тертя) відомо, що при зміні температури тіл змінюються і сили тертя в зонах контакту.

В даному розділі розглянемо вплив на коефіцієнт зчеплення температури шини, температури поверхні дороги та температури повітря.

Для звичайних автомобільних шин з підвищенням температури шини збільшується в певних межах еластичність шини та змінюються зчіпні якості, які залежать від фізико-хімічних властивостей гуми та спеціальних добавок, які вводяться в матеріал гуми при її виготовлені. При цьому, сучасні високошвидкісні шини для легкових автомобілів з підвищенням температури частково зменшують свої зчіпні якості. Для шин вантажних автомобілів та автобусів, а також низько-швидкісних транспортних засобів, навпаки, при збільшенні температури коефіцієнт зчеплення збільшується.

Оскільки об'єктивних даних про температурний режим шин автомобіля перед ДТП встановити неможливо, то дане питання детальніше не розглядається. Температуру поверхневого шару проїзної частини дороги також без спеціального обладнання визначити неможливо.

Отже, при експертному дослідженні дорожньої пригоди можна врахувати тільки температуру повітря на момент скоєння ДТП.

Розглядаючи питання про вплив температури на коефіцієнт зчеплення припускаємо, що температура повітря біля поверхні землі приблизно співпадає з температурою верхнього шару проїзної частини дороги.

Міждержавний стандарт ГОСТ 30413–96 (п. 4.4.2) [5] наводить наступні коректуючі поправки, які слід використовувати при визначенні значення коефіцієнту зчеплення в залежності від температури (див. табл. 2).

Таблиця 2. **Величини температурної поправки до коефіцієнту зчеплення**

Температура повітря, °С	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40
Величина поправки	–0,06	–0,04	–0,03	–0,02	0	+0,01	+0,02	+0,02	+0,02

З наведених даних вбачається, що з ростом температури коефіцієнт зчеплення поступово збільшується до певної величини (при t=+30°C), після чого його значення стабілізується.

Групою спеціалістів на полігоні в Дімітрово (Росія) під керівництвом керівника шинної групи С. Мішина були проведені тестові випробовування нових шин по визначенню впливу температури повітря на гальмові властивості автомобіля "Шкода-Октавия", обладнаного антиблокувальною системою (ABS). Результати дослідження проводились при температурі повітря: –5°C; +4°C; +11°C; +20°C; +40°C. По результатах випробувань були отримані величини гальмового шляху, з якого перераховувалися дані щодо коефіцієнту зчеплення коліс з дорогою. Для більшості автомобільних шин максимальне значення коефіцієнту зчеплення було отримане при температурі повітря +11°C. Для зручності сприйняття характеру зміни коефіцієнту зчеплення від температури повітря, його значення при температурі повітря +11°C було прийняте за 100% (базове значення), а значення коефіцієнту зчеплення при інших температурах перераховано в процентах відносно базового. Зміна коефіцієнту зчеплення для шин різних марок при зміні температури та усереднене значення зміни коефіцієнту зчеплення наведено в табл. 3.

З наведених даних вбачається, що кожна марка шин по різному реагує на зміну температури повітря. Наприклад, для шин Pirelli Dragon зменшення температури повітря від 11 до –5°C майже не впливає на зміну коефіцієнта зчеплення, а от при підвищенні температури до 40°C

Таблиця 3. **Зміна коефіцієнту зчеплення для шин різних марок в залежності від зміні температури повітря**

Марка шин \ Температура повітря, °C	–5	+4	+11	+20	+40
Bridgestone Turanza GR-80	93,3	96,7	100,0	97,2	95,7
Continental Conti Premium Contact 2	93,5	95,7	100,0	97,7	100,0
KUMHO ecsta XT	95,5	101,3	100,0	99,0	95,7
Michelin Energy E3A	99,7	100,0	100,0	97,4	92,8
Nokian HAKKA V	96,2	98,2	100,0	98,4	95,7
Pirelli Dragon	98,7	103,3	100,0	98,9	94,4
Toyo CF1 PROXES	94,0	97,4	100,0	95,7	94,0
Середнє значення для літніх шин	95,7	99,0	100,0	97,7	95,4
Зимові шини	100,9	100,9	100,0		

зменшує його на 5,5%. В той же час, для шин Continental Conti Premium Contact 2 при зменшенні температури до –5°С коефіцієнт зчеплення зменшується на 6,5%, а при збільшенні температури до +40°С коефіцієнт зчеплення залишається майже стабільним.

В цілому, з наведених даних вбачається, що в середньому при збільшенні температури від 11 до 20°С коефіцієнт зчеплення шин з дорогою зменшується в середньому на 2,3%, а з подальшим зростанням температури повітря до 40°С коефіцієнт зчеплення зменшується на 4,6%.

При поступовому зменшенні температури повітря з 11 до 4°С коефіцієнт зчеплення також починає зменшуватись в середньому на 1%, а з подальшим зменшенням температури до –5°С коефіцієнт зчеплення зменшується на 4,6%.

При проведенні дослідження впливу температури на гальмові властивості спеціалістами проводилось також випробовування комплекту нешипованих зимових шин марки Michelin X-Ice. При їх дослідженні встановлено, що в діапазоні температур від –5 до +4°С вони мають стабільний коефіцієнт зчеплення, а при подальшому збільшені температури коефіцієнт зчеплення починає зменшуватись.

Аналіз справ по ДТП, що мали місце в зимовий період за останні роки в умовах низької температури –20...–30°С та, в багатьох випадках, в умовах відсутності шару снігу на асфальтовому покритті, показав, що в літературних джерелах відсутні дані для чистого, сухого, мерзлого асфальту при від'ємних температурах. В таких умовах, коли, наприклад, слідчий задає стан покриття "чистий, сухий асфальт, без пошкоджень" і "температура повітря –25°С", приймати значення сповільнення 6,9–7,5 м/с^2, що відповідає значенню коефіцієнта зчеплення 0,7–0,8, — технічно необґрунтовано.

Потребують окремого дослідження і дорожні умови, коли в осінньо-зимовий період температура повітря на протязі кількох годин зменшується від +1...+5°С до –1...–4°С. При такому різкому зменшенні температури на поверхні дороги конденсується волога, яка місцями перетворюється на тонку льодову корку. Такі дані по зміні коефіцієнту зчеплення в спеціальній літературі для експертів також відсутні, а тому потребують додаткових досліджень.

4. Вплив тиску повітря в шинах.

З підвищенням тиску повітря в шинах жорсткість шин збільшується, при цьому коефіцієнт зчеплення шин з дорогою дещо зменшується. При зменшенні тиску повітря в шинах жорсткість шин зменшується, при цьому коефіцієнт зчеплення шин з дорогою спочатку збільшу-

ється, а при значному зменшенні тиску повітря в шинах починається деформація шини в зоні контакту, внаслідок чого почне нелінійно змінюватись площа контакту шини з дорогою. Тому, як це вплине на зміну коефіцієнту зчеплення колеса з дорогою, не визначено.

В середини минулого сторіччя науковцями була виведена емпірична залежність між тиском повітря в шині та силою опору кочення колеса, яка має наступний вигляд:

$$F_K = \frac{G_K}{1000} \cdot \left(\frac{20,2}{P_W \cdot 0,64} + \frac{V^{3,7}}{0,778 \cdot 10^6 \cdot P_W{}^{2,03}} \right),$$

де G_K — нормальне навантаження на колесо, кг; V — швидкість руху автомобіля, км/год; P_W — внутрішній тиск повітря в шині, кг/см^2.

Зміна опору кочення колеса легкового автомобіля з дорогою при початковій швидкості 60 км/год показана на рис. 2.

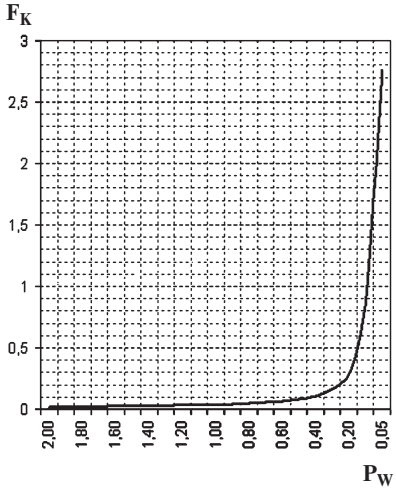

Рис. 2. Залежність коефіцієнту опору кочення колеса (F_K) від внутрішнього тиску повітря в шині (P_W)

З наведеного графіка вбачається, що при зменшенні тиску повітря в шині від 2,0 кс/см^2 до 0,5 кг/см^2 коефіцієнт опору кочення поступово зростає в діапазоні від 0,017 до 0,100, а з подальшим зменшенням тиску починає стрімко збільшуватись до безмежності.

Характер зміни коефіцієнту зчеплення колеса з дорогою при зміні тиску повітря в шині не вивчався, а тому потребує додаткових досліджень.

Необхідно також зазначити, що при зміні тиску повітря в шинах змінюється динамічний радіус кочення колеса. В такому випадку, при значній різниці тиску правого та лівого коліс автомобіля одночасно збільшуються: різниця в опорі кочення коліс, різниця в повздовжньому та поперечному зчепленні коліс з дорогою, різниця в кутах уводу коліс — що в певних дорожніх умовах може призвести до несподіваного заносу автомобіля.

5. Вплив швидкості руху автомобіля на зміну коефіцієнту зчеплення.

Зі збільшенням швидкості руху коефіцієнт зчеплення шин з дорогою зменшується. Це проходить за рахунок: зменшення тривалості

Таблиця 4. **Зменшення коефіцієнту зчеплення при збільшенні швидкості руху**

Тип дорожнього покриття	Швидкість руху, км/год										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Величина коефіцієнту зчеплення (φ_V) в % в залежності від початкової величини (φ_0)										
Цементобетонне	100	100	93	90	83	77	70	68	67	63	60
Асфальтобетонне	100	100	92	83	76	69	64	57	52	52	50
Чорне щебеневе	100	100	96	92	90	87	84	83	81	79	77

контактування ділянок шини з дорожнім покриттям; збільшення поштовхів від нерівностей дороги, внаслідок чого контакт колеса з дорожнім покриттям погіршується.

Проведеними дослідженнями [9] встановлені експериментальні дані щодо характеру зміни величини коефіцієнту зчеплення коліс з дорогою, які наводяться в табл. 4.

Конкретних даних щодо впливу швидкості на коефіцієнт зчеплення в сучасних дослідженнях науковців не наводиться. Однак в технічних статтях мережі “Інтернет” [10] наводиться наступне: “При швидкості руху 40 м/с (144 км/год) коефіцієнт зчеплення в кілька разів менше, ніж при швидкості 10–15 м/с (36–54 км/год).

З наведених даних вбачається, що зі збільшенням швидкості руху автомобіля коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою суттєво змінюється, і в теперішній час, коли швидкості руху автомобіля значно перевищують 100 км/год, при аналізі обставин ДТП необхідно це враховувати.

6. Вплив рисунку протектору шин.

В залежності від призначення автомобільні шини мають наступні типи рисунку протектору: дорожній, універсальний, підвищеної прохідності, з направленим рисунком, зимовий без шипів або з металевими шипами.

Кожний тип шини та рисунок проектора має свою певну площу контакту, глибину та ширину канавок бігової доріжки, еластичність, інші фізико-хімічні властивості тощо, тому шини з різним рисунком протектора будуть мати різний коефіцієнт зчеплення шин з дорогою (в межах ±0,05).

На дорогах з високим коефіцієнтом зчеплення (при φ_X>0,5) різниця в коефіцієнтах зчеплення за рахунок різного рисунку протектора шин суттєво не впливають на гальмові властивості автомобіля, а от на дорогах з низьким коефіцієнтом зчеплення (при φ_X<0,5) шини з різним

рисунком протектора можуть стати причиною втрати керованості та заносу автомобіля.

В процесі експлуатації шини проходить поступовий знос протектора шини, що приводить до зменшення висоти виступів протектора. Досліджень впливу величини зносу протектора на зміну коефіцієнта зчеплення в спеціальній літературі для експертів немає, однак в технічних статтях на сайтах мережі Інтернет [10] є посилання, що зі зменшенням висоти протектора коефіцієнт зчеплення шин з дорогою зменшується і при повному стиранні виступів протектора коефіцієнт зчеплення має найменше значення. При цьому, при гальмуванні колесо раніше переходить на "юз".

Під час руху колеса з частково зношеним протектором по дорозі, вкритій шаром води, за рахунок меншої висоти канавок протектора зменшується кількість води, яка відводиться із зони контакту колеса з дорогою, а отже при меншій швидкості настає ефект аквапланування шини.

При повністю зношеному протекторі на гладкій (зношеній) поверхні твердого дорожнього покриття навіть при невеликих швидкостях руху між гумою шини та покриттям утворюється тонкий шар води, який колесо не може відвести за межі плями контакту, внаслідок чого коефіцієнт зчеплення різко падає і автомобіль втрачає керованість.

7. Вплив тривалості експлуатації шини.

При взаємодії шини з дорогою на коефіцієнт зчеплення впливають також адгезія та гістерезис матеріалу шини.

Адгезія (від лат. *adhaesio* — прилипання) — це зчеплення поверхонь різнорідних твердих або рідинних тіл. Адгезія обумовлена міжмолекулярною взаємодією в поверхневому шарі та характеризується питомою роботою, яку необхідно виконати для відокремлення контактуючих поверхонь.

При взаємодії протектора шини колеса з дорогою зовнішні атоми молекул гуми контактують з молекулами поверхні дороги, при цьому проходить їх "злипання". За рахунок полімерної структури ланцюгів атомів гуми при розриві зв'язків між атомами гуми та дорожнього полотна атомні ланцюги гуми дещо розтягуються, окремі ланцюги атомних зв'язків руйнуються і замість них утворюються нові міжатомні зв'язки. Цей процес під час кочення еластичної шини постійно повторюється і на його протікання витрачається певна робота, за рахунок чого сумарний коефіцієнт зчеплення збільшується.

Гістерезис (від грец. *hysteresis* — відставання) — явище, яке для автомобільних шин полягає в тому, що ділянки шини, які входять у

контакт з дорогою, деформуються з деяким запізненням, а потім з деяким запізненням відновлюють початкову форму, що обумовлюється внутрішнім тертям матеріалу в шині. При цьому матеріал шини в одних місцях розтягується, а в інших стискається. За рахунок внутрішнього тертя проходить нагрів шини. Всі ці процеси поглинають енергію, а отже впливають на опір руху шини, тобто на її зчеплення з дорогою.

Вказані процеси по різному впливають на роботу шини, що в даному випадку не розглядається. Однак завдяки спеціальним складникам матеріалу протектору шини саме за рахунок даних процесів досягається підвищення коефіцієнту зчеплення колеса з дорогою, який (за даними джерел Інтернет) може досягати величини φ=1,6

Гума має властивість "старіти". Швидкість старіння гуми залежить від температури зберігання, сонячного світла, вологості, навантаження та інших чинників. При цьому в матеріалі гуми зв'язки між окремими атомами втрачають пружність і стають жорсткими: матеріал гуми "дубіє". Шина втрачає властивості прилипання до дорожнього полотна (адгезію), втрати енергії на внутрішнє тертя зменшуються, оскільки проходить не тертя між послідовними шарами атомних ланцюжків гуми, а виникають мікротріщіни (розломи, розриви) між групами атомів. Шина ззовні покривається сіткою дрібних тріщин, які з часом приводять до повного руйнування шини.

Згідно з даними мережі Інтернет, максимальний термін експлуатації автомобільних шин при відсутності перевантажень та експлуатаційних пошкоджень не перевищує 6 років, для зимових шин термін експлуатації становить 4 роки. При цьому, в даному випадку період експлуатації рахується не з моменту встановлення шин на автомобіль, а з моменту їх виготовлення заводом. Спеціалісти компанії "Continental" рекомендують використовувати автомобільні шини не більш ніж 4 сезони.

Дата виготовлення шини, як правило, вказується на боковій поверхні покришки після напису "DOT ...".

Безпосередніх досліджень впливу терміну експлуатації шин на їх зчіпні якості не проводилось. Ознакою старіння шини є збільшення поверхневої твердості матеріалу протектору гуми.

Крім того, тривала експлуатація шин може стати причиною раптового розриву або розгерметизації шини. Згідно даних спеціалізованих форумів мережі Інтернет, 85% випадків раптового розриву шини під час руху автомобіля (коли ознак пошкодження — проколів, порізів, пробоїв тощо до ДТП не було) припадає на шини з тривалим терміном експлуатації T=5–10 років.

8. Особливості застосування шин у різні пори року.

Промисловістю випускаються шини, призначені для експлуатації у певну пору року, наприклад, літні, зимові.

Для досягнення певних експлуатаційних властивостей при виготовленні таких шин до складу гуми вводять спеціальні добавки, завдяки чому літні шини показують кращі показники в теплу пору року, а, відповідно, зимові шини краще працюють при низьких температурах.

При дослідженні на полігоні в Дімітрово (Росія) впливу температури на зміну коефіцієнта зчеплення, наведених у пункті 3, спеціалістами проводився порівняльний аналіз властивостей літніх та зимових шин марки "Michelin". Дослідження проводилось для шин: літніх — Michelin Energy E3A; зимових — Michelin X-Ice. Порівняння ефективності гальмування літніх та зимових шин в діапазоні температур від –5°C до + 11°C наведено в табл. 5.

Таблиця 5. **Порівняння ефективності гальмування літніх та зимових шин в залежності від зміні температури повітря**

Марка шин, розрахункові показники		Температура повітря, °C		
		–5	+4	+11
		Величина гальмового шляху		
Літні шини Michelin Energy E3A		37,70	37,60	37,60
Зимові шини Michelin X-Ice		46,10	46,10	46,50
Збільшення гальмового шляху зимових шин в порівнянні з літніми	м	8,4	8,5	8,4
	%	22,3	22,6	22,3

З проведених досліджень вбачається, що при використанні зимових шин в теплий період року гальмовий шлях автомобіля збільшується, приблизно на 22% в порівнянні гальмовим шляхом аналогічного автомобіля з встановленими літніми шинами.

Числових даних для порівняння гальмових властивостей зимових та літніх шин в зимовий період в довідниках відсутні. Тому дане питання потребує вивчення та проведення додаткових досліджень.

9. Вплив завантаження автомобіля.

При збільшенні навантаження на колесо коефіцієнт зчеплення шини з дорогою зменшується. Вплив завантаження автомобіля (споряджений стан, 50% та 100% завантаження) врахований у методичних рекомендаціях для експертів [2].

У Львівському НДІСЕ при розслідуванні однієї з кримінальних справ був поставлений експеримент, мета якого полягала у визначенні параметрів гальмування автомобіля ВАЗ-2108 при завантаженні: водій, 6 пасажирів з середньою вагою 75 кг та вантаж 30 кг. За результатами експериментальних заїздів з поступовим завантаженням автомобіля ВАЗ-2108 були отримані дані, наведені в табл. 6.

Таблиця 6. **Залежність параметрів гальмування автомобіля в залежності від завантаження**

Номер випробовування	Завантаженість автомобіля	Середнє сповільнення J_A, м/с^2	Розрах. коеф. зчеплення шин з дорогою	Зміна коеф. зчеплення від завантаження, %
1	Без завантаження	7,0	0,714	100,0
2	Водій та 1 пасажир	6,7	0,684	95,7
3	Водій та 2 пасажира	6,4	0,653	91,6
4	Водій та 4 пасажира	6,0	0,612	87,7
5	Водій та 6 пасажирів	5,5	0,561	83,9

За результатами проведених експериментів було встановлено, що сповільнення автомобіля залежить від ступеню завантаження автомобіля (див. табл. 6).

Оскільки кількість досліджень не дозволяла провести математичну та статистичну обробку отриманих даних, то отримані залежності використовувались як інформаційні.

10. Одночасний вплив кількох факторів на значення коефіцієнту зчеплення коліс з дорогою.

За даними про взаємодію шини автомобіля з дорогою, при одночасному впливі різних факторів, сумарний коефіцієнт зчеплення зменшується в параболічній залежності (див. табл. 7).

Професор С.К. Черніков у книзі “Автомобілі. Теорія” наводить наступну залежність коефіцієнта зчеплення від швидкості руху автомобіля та товщини водяної плівки на дорожньому полотні (рис. 3).

З наведеного графіку вбачається, що:

– зі збільшенням швидкості коефіцієнт зчеплення зменшується;
– зі збільшенням товщини водяної плівки коефіцієнт зчеплення зменшується;
– на мокрому асфальтовому покритті при швидкості руху автомобіля 120 км/год та товщині водяної плівки 0,2–2,0 мм коефіцієнт зчеп-

Таблиця 7. **Коефіцієнти зчеплення пневматичних шин для різного стану поверхні дороги**

Швидкість руху автомобіля, км/год	Стан шин	Стан проїзної частини дороги				
		Сухе	Мокре, при товщині водяної плівки біля 0,2 мм	Сильний дощ, товщина водяної плівки біля 1 мм	Калюжі, товщина водяної плівки біля 2 мм	Лід
50	Нова Зношена	0,85 1,0	0,65 0,5	0,55 0,4	0,5 0,25	0,1 і менше
90	Нова Зношена	0,8 0,95	0,6 0,2	0,3 0,1	0,05 0,05	
130	Нова Зношена	0,75 0,9	0,55 0,2	0,2 0,1	0 0	

Примітка. В даній таблиці під зношеною шиною розуміються шини з залишковою висотою протектора 1,6–2,0 мм.

лення шин з дорогою становить, приблизно, 0,1, що відповідає руху автомобіля по дорозі, вкритій льодом.

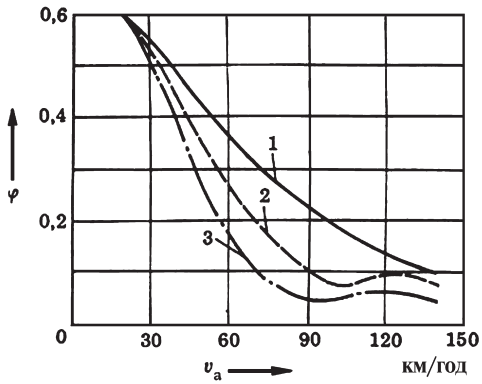

Рис. 3. Залежність коефіцієнту зчеплення від швидкості руху автомобіля при різній товщині водяної плівки (h) на твердому дорожньому покритті (за даними С.К. Чернікова): *1* — при h=0,2 мм; *2* — при h=1,0 мм; *3* — при h=2,0 мм

Проведені дослідження показують, що на коефіцієнт зчеплення пневматичної автомобільної шини з дорогою впливають багато окремих чинників. Кожен з них на деяку величину поступово зменшує коефіцієнт зчеплення.

За даними статистики, недостатня величина коефіцієнту зчеплення коліс з дорогою є причиною, в середньому, 16% ДТП, а в несприятливі періоди року — до 70% дорожньо-транспортних пригод.

Враховуючи наведене, рішенням міжнародної ко-

місії по боротьбі зі слизькістю дорожнього покриття ухвалено, що величина коефіцієнта зчеплення по умовам безпеки дорожнього руху повинна бути не менше 0,4.

Список використаної літератури

1. Судебная автотехническая экспертиза. Часть II. Теоретические основы и методики экспертного исследования при производстве автотехнической экспертизы [Текст]: Пособие для экспертов-автотехников, следователей и судей; ответственный редактор В.А. Иларионов. — М.: ВНИИСЭ, 1980. — 392 с.
2. *Суворов Ю.Б.* Результаты систематизации экспериментально-расчетных значений параметров торможения автотранспортных средств [Текст]: Науч.-тех. сб. / Ю.Б. Суворов, Ю.И. Маркоишвили. — М.: ВНИИСЭ, 1990. — Вып. 3. — 29 с. — (Серия "Экспертная практика и новые методы исследования").
3. *Суворов Ю.Б.* Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Судебно-экспертная оценка действий водителей и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП / Ю.Б. Суворов. — М.: Экзамен, Право и закон, 2004.
4. ДСТУ 2935-94 "Безпека дорожнього руху. Терміни та визначення".
5. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30413–96. "Дороги автомобильные. Метод определения коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием".
6. *Кнороз В.И.* Шины и колеса / В.И. Кнороз. — М.: Машиностроение, 1975.
7. ОДМ. "Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах". Утверждено 16.06.2003 года.
8. *Флаксман М.* Шина и дождь // Шины и колеса США. — 2002. — № 10.
9. *Боровский Б.Е.* Безопасность движения автомобильного транспорта. Анализ дорожно-транспортных происшествий [Текст] / Б.Е. Боровский. — Л.: Лениздат, 1984. — 304 с.: ил.
10. Інтернет-сайт: http://www.avtovodila.ru/index.php?art=sila_tygi&menu.

Л.В. Афанасьев, судебный эксперт

Харьковский НИИ судебных экспертиз

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА, СОПРОВОЖДАЕМОГО УТЕЧКОЙ ЖИДКОГО ТОПЛИВА ИЗ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЯ

В статье на основе анализа экспертных исследований пожаров автотранспортных средств отображены особенности наступления пожаровзрывоопасного события, вызванного нештатным выходом жидкой фазы горючего за пределы топливной коммуникации.

Пожары автомобилей чаще представляют собой тяжелые аварии. В фундаментальных работах Х.И. Исхакова и др. [1], Н.М. Булочникова [2], в других широкоизвестных научно-технических источниках,