

підвищенню прозорості процесів і формуванню довгострокових відносин із клієнтами. Незважаючи на певні труднощі, впровадження цифрових технологій є необхідною умовою розвитку сучасних СТО та їх адаптації до вимог ринку.

### Література

1. Porter M.E., Heppelmann J.E. How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. Harvard Business Review. 2014. Vol. 92(11). P. 64–88.
2. Bosch Automotive Handbook. 10th ed. Wiley, 2018. 1230 p.
3. Chaffey D. Digital Business and E-Commerce Management. Pearson, 2019. 620 p.

*Науковий консультант: Павленко В'ячеслав Миколайович, к.т.н., доц. каф. ICAT, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.*

Симивол Михайло, ст. гр. А-43-22, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Chirkov@gmail.com

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМУВАННЯ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ VOLKSWAGEN В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Слід чітко розуміти, що у процесі експлуатації автомобіль є частиною системи «автомобіль – водій – дорога – середовище» та її властивості виявляються у взаємодії з елементами цієї системи [1]. Тому важливість певного експлуатаційного якості залежить від умов, у яких цю властивість проявляється, тобто умовами експлуатації.

Загалом умови експлуатації визначаються дорожніми, транспортними та природно-кліматичними умовами [2].

Найбільше на експлуатаційні властивості легкових автомобілів впливають дорожні умови [2], до яких відносять: елементи профілю та плану доріг, рельєф місцевості, вид та рівність покриття, інтенсивність та режим руху по дорозі.

Чинні нормативи та стандарти визначають основні норми, параметри доріг та можуть бути використані для характеристики граничних умов руху легкового автомобіля, відповідно до яких діляться на п'ять категорій.

Основні критерії: розрахункова інтенсивність та швидкість руху, кількість смуг, їх ширина, найбільші поздовжні ухили тощо. На дорогах використовуються покриття чотирьох типів.

За режимом руху всі дороги поділяються на: магістральні, міські та гірські. Основний критерій – різні середні швидкості руху.

Природно-кліматичні умови визначаються особливостями зон помірного, холодного, спекотного та високогірного клімату.

Так як умови експлуатації легкових автомобілів істотно впливають на їх гальмівні властивості, це необхідно враховувати з метою забезпечення

необхідної ефективності гальмування і функціональної стабільності гальмівних систем в конкретних умовах експлуатації [1-5].

У цьому використовується відповідна класифікація умов експлуатації [5].

Взаємодія колеса з опорною поверхнею відбувається за плямою контакту. Ця взаємодія залежить від типу та стану опорної поверхні, від конструкції та стану шини (тиск повітря, малюнок протектора), навантаження на колесо і швидкості руху автомобіля, величини гальмівного моменту, що прикладається, та інших факторів [2-5].

При коченні колеса по поверхні, що не деформується в зоні контакту, при передачі гальмівного моменту відбувається прослизання елементів протектора по опорній поверхні. Чим більша величина гальмівного моменту, тим більше кількість елементів шини бере участь у ковзанні. У граничному випадку вся пляма контакту ковзає по опорній поверхні [2-5].

Коефіцієнт зчеплення шини з мокрою дорогою зменшується порівняно зі зчепленням із сухою дорогою на величину, пропорційну параметру, який характеризує форму та розміри елемента у плані [5].

Тип та стан дорожнього покриття змінюють коефіцієнт зчеплення шин з дорогою до відомих значень, що застосовуються на практиці [2-5].

Коефіцієнт зчеплення шин з покриттям, що знаходяться в різних станах (при експлуатації, головним чином сухому і мокрому), визначається при русі автомобіля з різними швидкостями руху і вертикальними навантаженнями, що змінюються [2-5].

При збільшенні швидкості руху автомобіля коефіцієнт зчеплення знижується більшою мірою на мокрій дорозі, ніж на сухій [3].

При збільшенні вертикального навантаження збільшується тиск у плямі контакту шини з опорною поверхнею та коефіцієнт зчеплення знижується [3].

При збільшенні товщини водяної плівки у плямі контакту коефіцієнт зчеплення також зменшується [3].

Коефіцієнт зчеплення суттєво, але не однозначно на різних дорожніх поверхнях залежить від величини та характеру розподілу нормальних тисків у контакті.

Питома сила тертя у контакті елементів шини з дорогою і двох складових, одна з яких пропорційна нормальному тиску, іншу залежить від величини тиску. Тому коефіцієнт тертя ковзання залишається постійним при зміні величини тиску в контакті шини з дорогою.

Відповідно коефіцієнт зчеплення збільшується при зниженні тиску в шині і навпаки. Цьому сприяє насиченість рисунка протектора шини [5].

Однак на мокрих дорогах ця залежність може бути протилежною.

При зменшенні тиску у плямі контакту погіршується видавлювання води з-під протекторів, що призводить до зниження коефіцієнта зчеплення.

Особливо це важливо при гальмуванні, коли є повне ковзання колеса (при блокуванні). При цьому не тільки знижується гальмівна сила на колесі, а й колесо виявляється не в змозі протистояти невеликій величині бічної сили, що проводить до занесення [2-5].

Найбільш повною характеристикою еластичного колеса з реалізації тангенціальної сили в контактi є залежність коефіцієнта зчеплення від коефіцієнта відносного прослизання [3].

Розглянута схема утворення елементарних тангенціальних сил у контактi колеса з дорогою пояснюють характер залежності  $\varphi(s)$ , показану на рис. 1, та дозволяє аналізувати вплив конструктивних та експлуатаційних факторів на цю залежність [2-5].

При гальмуванні легкового автомобіля на горизонтальній ділянці шляху кочення коліс обох осей відбувається з 15% ковзанням, при якому коефіцієнт зчеплення має максимальне значення, тобто перетворюється на коефіцієнт тертя ковзання (див. рис. 1).

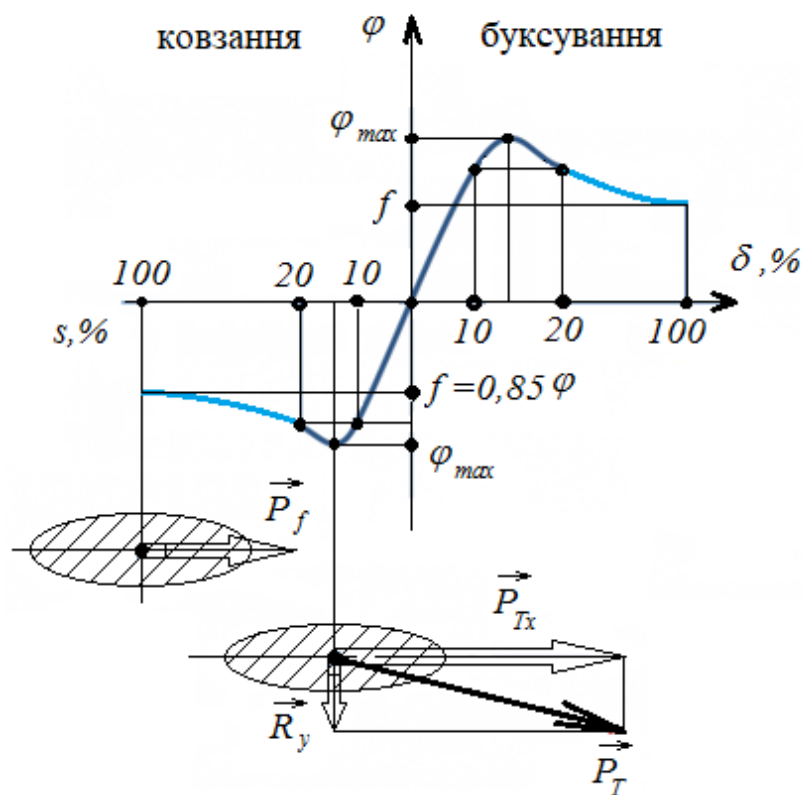


Рисунок 1 - Модель зміни коефіцієнта зчеплення

Таким чином, вплив конструктивних факторів на реалізацію коефіцієнта зчеплення у плямі контакту шини з опорною поверхнею можна характеризувати у загальному випадку наступними показниками [5].

Рисунок протектора. На твердих і сухих покриттях коефіцієнт зчеплення збільшується зі збільшенням коефіцієнта насиченості контакту.

На мокрих дорогах із твердим покриттям коефіцієнт зчеплення збільшується при поліпшенні виходу води та бруду з поверхні контакту.

На деформованих дорогах коефіцієнт зчеплення збільшується зі збільшенням площі зрізу елементів ґрунту та очищення малюнка протектора [2-5].

Динамічний діаметр колеса. Збільшення динамічного діаметра [1] колеса призводить до збільшення коефіцієнта зчеплення незначно на дорогах з твердим покриттям і істотно на дорогах, що деформуються, що пояснюється збільшенням кута нахилу реакції площини дороги, в результаті чого зменшується негативна складова подовжньої реакції [1].

Вплив експлуатаційних факторів на реалізацію коефіцієнта зчеплення у плямі контакту шини з опорною поверхнею можна характеризувати у загальному випадку такими показниками.

Тип та стан покриття. Зчеплення шини з дорогою визначає величину гальмівної сили на всіх колесах і впливає на подовжню та бічну стійкість автомобіля [1].

Шорсткість покриття. Оптимальний розмір мікронерівності 2-3 мм, кути при вершині нерівностей - 70-1200 [1]. При зношуванні дороги коефіцієнт зчеплення знижується, тому необхідна спеціальна обробка покриттів для відновлення зчіпних властивостей.

Швидкість руху. Зі збільшенням швидкості коефіцієнт зчеплення знижується, причому переважно на мокрій і брудній дорозі (плівка води, гідродинамічний тиск, аквапланування).

Рекомендується [2-5] як розрахунковий приймати значення коефіцієнта зчеплення, що відповідає початковій швидкості гальмування.

Зношування протектора. При зносі протектора коефіцієнт зчеплення зменшується, причому інтенсивніше при зносах, що перевищують 50%.

При повних зносах і недостатній шорсткості покриття знижується до 0,2-0,25. Вимогами стандарту [5] встановлено граничну глибину малюнка протектора для легкових автомобілів – до 1,6 мм.

Тиск повітря у шині. На сухих чистих і твердих покриттях збільшення тиску призводить до зменшення коефіцієнта зчеплення [5].

На дорогах, що деформуються, зменшення тиску призводить до зростання коефіцієнта зчеплення.

Нормальне навантаження. На дорогах, що деформуються, при збільшенні навантаження збільшується негативна складова подовжньої сили, що є проекцією реакції на площину дороги [2-5].

На дорогах із твердим покриттям збільшення навантаження призводить до збільшення коефіцієнта зчеплення [5].

## Література

1. Alexander Nazarov. Improvement of functional stability of brake systems of cars equipped ABS: materials of the 25th international scientific and technical conference "EKO VARNA" (Bulgaria, Varna, June 14-16, 2019)/ [Vladimir Volkov, Alexander Nazarov, Ivan Nazarov, Yevgeny Shpinda]. с.102-107.

2. Alexander Nazarov Relative increase of the resource of disc brakes of motor vehicles: based on the materials of the 26th International Scientific and Technical Conference "EKO VARNA" (Bulgaria, Varna, October 8-10, 2020) / [Alexander Nazarov, Yevgeny Shpinda, Nicolay Sergienko, Igor Pogorilyi]. Т.27. Ч.1. с. 91-99.

3. Optimization of control strategy for regenerative braking of an electrified bus equipped with an anti-lock braking system / Zhang J., Kong D., Chen L., Chen X. Journal of Automobile Engineering. 2012. vol. 226, № 4, pp. 494–506.

4. Герман, С., Валерій, В., Віктор, М., & Богдан, Т. (2025). Методи розрахунку реалізованого зчеплення між шиною автомобільного колеса та поверхнею дорожнього покриття. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*, (28), 25-36.

*Науковий консультант: Назаров Олександр Іванович, к.т.н., доц. каф. ІСАТ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.*

Скиба Олександр ст. гр. А-42-22, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, [Skiba@gmail.com](mailto:Skiba@gmail.com)

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ І ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА АЛЬТЕРНАТИВНОМУ ПАЛИВІ**

Паливна економічність і екологічні показники автомобілів у період підготовки і здійснення пуску залежать від умов протікання робочого процесу, який безпосередньо пов'язаний з типом системи живлення, наявністю засобів теплової підготовки та умов експлуатації [1].

Одним із дієвих способів наближення паливної економічності і екологічних показників автомобілів до рівня сучасних вимог в умовах експлуатації є забезпечення теплового стану двигуна у відповідних межах у період пуску і прийняття навантаження. Перспективи поліпшення паливної економічності, енергетичних та екологічних показників автомобілів в умовах експлуатації, у разі встановлення на них екологічно чистих систем теплової підготовки, роблять цей шлях привабливим для власників, а зменшення шкідливого впливу на оточуюче середовище є необхідним для всього суспільства, що є актуальним на сьогодні.

Фактори, які визначають вплив конструктивних особливостей автомобілів, системи живлення (рідким та газовим паливом), виду палива, двигуна як джерела енергії, споживача різних видів палив та шкідливих викидів з відпрацьованими газами [2]: модель, тип автомобіля; загальна маса, вантажопідйомність і пасажиромісткість; тип двигуна і системи живлення; стан та тип трансмісії, передаточні числа коробки передач та механічний ККД; стан системи живлення двигуна автомобіля; стан і характеристики ходової частини; вид і якість палива; характеристики та особливості будови системи живлення газовим і рідким паливом (бензин); температури системи охолодження двигуна і аеродинамічний опір кузова автомобіля.

Автори робіт [1-3], що розглядають експлуатацію автомобілів з бензиновим двигуном та додатково встановленою системою живлення зрідженим газовим паливом, стверджують, що основні несправності виникають