

УДК 625.7/8

Р. В. Смолянюк

к.т.н., доцент, завідувач кафедри, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7087-7834>

Кафедра будівництва та експлуатації автомобільних доріг ім. О.К. Біруля

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, Україна, 61002

*автор-кореспондент, e-mail: smalia@ukr.net

Розробка нової технології визначення параметрів зчеплення колеса автомобіля з дорожнім покриттям

Цитувати як:

Смолянюк, Р. В. (2025). Розробка нової технології визначення параметрів зчеплення колеса автомобіля з дорожнім покриттям. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 23, 311-320. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13\(23\)-27](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13(23)-27)

© 2025, Смолянюк, Р. В.

Анотація. Зчінні властивості дорожніх покриттів є однією з найважливіших транспортно-експлуатаційних характеристик, що безпосередньо впливає на безпеку руху автотранспорту. Вони визначають здатність коліс транспортного засобу утримуватись на поверхні покриття під час руху, прискорення, гальмування або зміни напрямку. В статті запропоновано нову технологію визначення зчінних властивостей, яка базується на сучасному обладнанні для визначення рівності покриттів. Сучасні лазерні датчики мають частоту і дискретність вимірювань високих порядків, що дозволяє отримувати макротекстуру покриття у вигляді профілів. За отриманими профілями згідно чинних європейських і вітчизняних нормативних документів можна розраховувати параметри шорсткості дорожніх покриттів, в тому числі MPD та інші. Обробка отриманих даних по шорсткості дозволяє виділяти характерні ділянки поверхні покриття. Коефіцієнт зчеплення колеса автомобіля з покриттям вимірюється на бідь-якій з характерних ділянок, яка відноситься до певної категорії за параметрами шорсткості. За умови однакового матеріалу, віку і категорії параметрів шорсткості, можна стверджувати, що такі ділянки будуть мати ідентичні значення коефіцієнтів зчеплення. Таким чином можна суттєво зменшити об'єм вимірювань без втрати дискретності. Для реалізації описаної технології розроблено спеціалізоване програмне забезпечення, яке повинно інтегруватися у програмне забезпечення ходових дорожніх лабораторій, які виконують вимірювання рівності дорожніх покриттів. Реалізація описаної технології вимірювань дозволяє ефективніше контролювати стан дорожнього полотна, приймати своєчасні управлінські рішення та впроваджувати сучасні технології утримання дорожньої інфраструктури.

Ключові слова: зчінні властивості покриття, коефіцієнт зчеплення, шорсткість, дорожнє покриття.

Вступ

Аналіз літературних джерел та постановка проблеми. Зчіпні властивості дорожніх покриттів є однією з ключових транспортно-експлуатаційних характеристик, яка суттєво впливає на безпеку руху автотранспорту. Зокрема, саме від рівня зчеплення коліс із поверхнею дорожнього покриття залежить довжина гальмівного шляху транспортного засобу. Отже, своєчасна оцінка та підтримання оптимального рівня зчіпних властивостей покриттів є вкрай важливим завданням для забезпечення безпечної експлуатації автомобільних доріг [1].

На сьогоднішній день у світовій практиці відсутній уніфікований підхід до визначення зчіпних властивостей дорожніх покриттів, що пояснюється складністю взаємодії гумового колеса з поверхнею, яка залежить від багатьох факторів, зокрема шорсткості (або текстури) покриття, його стану та умов експлуатації конкретної ділянки дороги [2,3]. Також цьому сприяв недостатній розвиток вимірювальних засобів.

Значний термін експлуатації дорожніх покриттів, значна інтенсивність дорожнього руху, нерівномірність розподілу автомобілів по ширині смуги руху призводить до нерівномірного зношення дорожнього покриття [2]. Дослідженнями кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг ім. О.К. Біруля ХНАДУ встановлено, що коефіцієнт зчеплення по ширині проїзної частини може відрізнятися в декілька разів (рис. 1,2).

Огляд сучасних наукових досліджень та аналіз накопичених експериментальних даних свідчать, що для отримання повної та достовірної інформації щодо зміни коефіцієнта тертя-ковзання і параметрів шорсткості необхідно проводити вимірювання цих показників по всій площі дорожнього полотна [4,5]. Водночас, на сучасному етапі розвитку технологій практично відсутні прилади, здатні забезпечити безперервний та повномасштабний контроль зчеплення коліс із дорожнім покриттям на всій його поверхні.

Це створює актуальну задачу розробки нових методів та технічних засобів для комплексного та ефективного моніторингу зчіпних характеристик, що є важливою складовою підвищення безпеки дорожнього руху.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є розробка нової технології виконання вимірювань параметрів зчіпних властивостей дорожніх покриттів, яка б дозволила підвищити дискретність вимірювань без значної витрати ресурсів. Завданнями дослідження є: розробка технології і програмного забезпечення для використання сучасних дорожніх ходових лабораторій для отримання даних щодо зчіпних властивостей покриттів.



Рис. 1. Результати вимірювання коефіцієнта зчеплення на автомобільній дорозі II категорії в Харківській області



Рис. 2. Результати вимірювання коефіцієнта зчеплення на автомобільній дорозі I категорії в Донецькій області

Матеріали та методи

Значний розвиток у галузі вимірювальної техніки, а особливо в сегменті безконтактних методів контролю поверхонь, відкриває нові перспективи для більш ефективної оцінки шорсткості. Сьогодні в світі накопичений значний досвід щодо використання лазерних систем для оцінки рівності дорожніх покриттів (рис. 3).



Рис. 3. Сучасні лазерні системи для визначення рівності дорожніх покриттів

За останні роки характеристики лазерних датчиків – основного компонента вищезгаданих систем – значно покращилися. Із збільшенням частоти вимірювань і розподільчої здатності характеристики лазерних датчиків наблизилися до таких, які дозволяють вимірювати мікропрофіль поверхні, або шорсткість покриття (рис. 4).

Таким чином, подібні установки одночасно із вимірюванням рівності можуть безперервно виконувати вимірювання шорсткості покриття. Згідно чинних нормативних документів [6-8] для визначення параметрів шорсткості необхідно мати мікропрофіль поверхні довжиною близько 200 мм.

Середня глибина профілю (MPD) є основним показником, що характеризує шорсткість дорожнього покриття.

Переваги використання MPD для оцінки шорсткості:

- вимірювання MPD може здійснюватися безперервно вздовж усієї довжини покриття із застосуванням мобільних технологій при звичайній швидкості руху. Це вигідно відрізняє її від методу плями, який є локальним, потребує зупинки транспорту та тимчасового обмеження дорожнього руху;
- значення MPD дає змогу обчислити раніше використовуваний показник – середню глибину шорсткості, що дозволяє порівнювати нові результати з історичними даними;
- MPD є узагальненим кількісним показником, який добре ілюструє шорсткість поверхні, хоча й не розкриває її якісних характеристик;

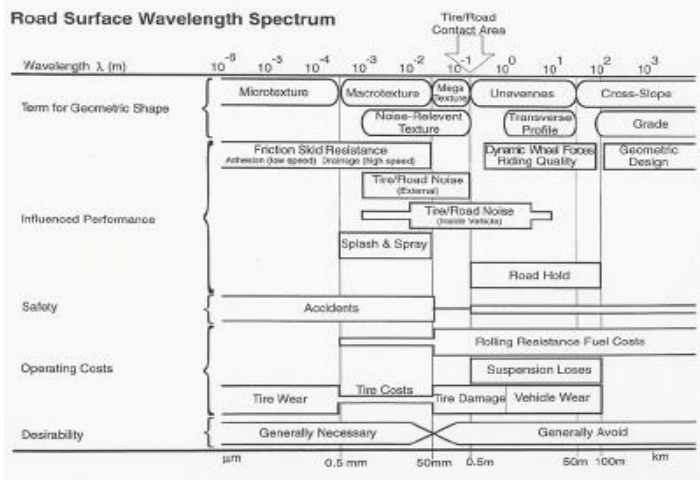


Рис. 4. Спектр довжин хвиль дорожнього покриття

- показник ефективно описує залежність коефіцієнта зчеплення від швидкості руху на вологій поверхні;
- використання MPD дає можливість порівнювати значення коефіцієнта зчеплення, отримані за допомогою різних типів обладнання, що відрізняються за принципом дії та точністю.

В результаті ми можемо отримати велику кількість даних, достатню для будь-якого аналізу. Але для повного визначення зчепних властивостей необхідно також значення коефіцієнта зчеплення або іншого аналогічного показника. Обладнання для визначення коефіцієнта зчеплення або інших аналогічних характеристик має незначну продуктивність, що необхідно враховувати під час вимірювань [9-10]. Тому була розроблена нова технологія виконання вимірювань.

Цей процес складається з наступних етапів:

1 етап. Безперервне визначення показника шорсткості MPD з використанням вдосконалених лазерних систем для оцінки рівності покриттів.

2 етап. Усереднення даних на ділянках, довжиною 10 м.

3 етап. За допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення виконуємо аналіз початкових даних. Встановлюємо граничні значення для розрахункового діапазону (рис. 5).

4 етап. На основі усереднених даних і нормативних вимог встановлюємо кількість категорій (рис. 6).

5 етап. В результаті розрахунків отримуємо кількість ділянок, де необхідно виконати вимірювання (рис. 7). Результат можна вивантажити у вигляді підсумкової відомості.

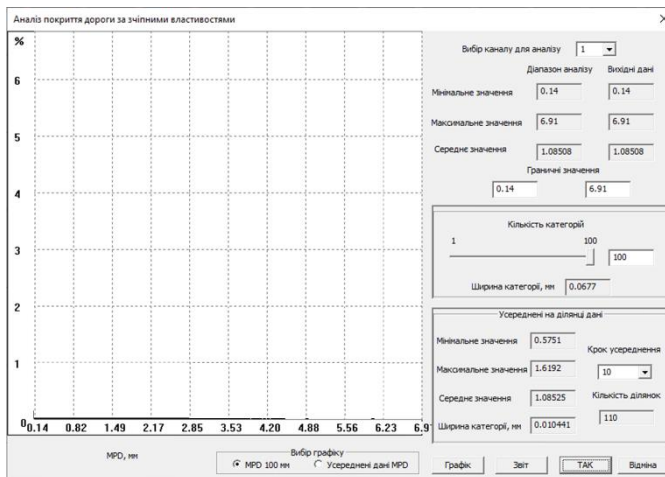


Рис.5.Робоче вікно програмного забезпечення для аналізу зчпних властивостей покриття

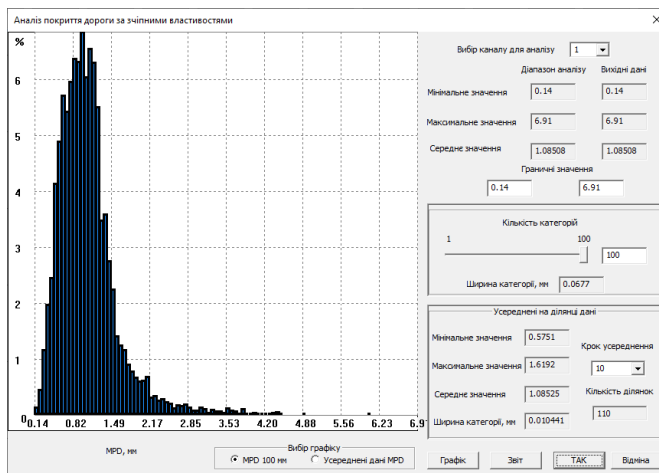


Рис.6. Робоче вікно програмного забезпечення із даними. Встановлено максимальна кількість категорій

Для отримання повних даних про зчпні властивості на будь-якій ділянці, що відповідає певній категорії по шорсткості, необхідно виконати вимірювання коефіцієнта зчеплення. За умов однакового матеріалу покриття отримані дані можна розповсюдити на всю досліджувану ділянку. В результаті отримуємо повну інформацію про зчпні властивості покриття

кожні 200 мм – тобто максимально деталізовану інформацію про зчіпні властивості.

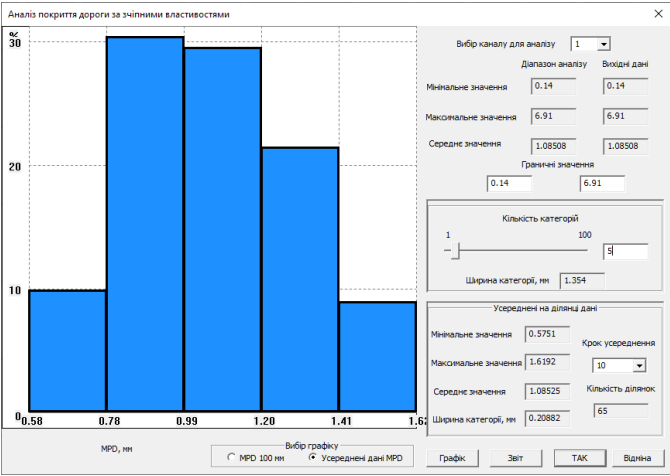


Рис. 7. Робоче вікно програмного забезпечення із даними.
Встановлено 5 категорій

Результати та обговорення

Важливим є питання кордонів категорій. Кордони категорій залежать від матеріалу покриття. На цей час це питання потребує подальшого дослідження. Але є і рекомендовані порогові значення глибини текстури, які залежать від особливостей країни, кліматичних умов і інших факторів. Наприклад, для англійських магістральних доріг застосовуються діапазони параметру MPD, наведені на рисунку 8.

MTD, мм	Рівень	Опис
> 1,1	1	Відмінно. Значний рівень шуму
0,8-1,1	2	Добре
0,4-0,8	3	Задовільно. Рівень попередження. Можливе значне зниження зчіпних якостей в складних погодних умовах
<0,4	4	Незадовільно. Рівень прийняття рішення щодо обмеження швидкості та ремонтних робіт

Рис.8. Рекомендований діапазон параметрів шорсткості для англійських магістральних доріг

Висновки

Використання сучасних методів і технологій вимірювання шорсткості дорожніх покриттів дозволяє отримати велику кількість точних і детальних даних. Подальший аналіз і обробка цих даних дають змогу класифікувати досліджувану ділянку дороги за категоріями шорсткості. Оскільки шорсткість поверхні безпосередньо впливає на інші параметри зчеплення колеса з покриттям (за умови, що тип і вік покриття залишаються однаковими), можна з упевненістю стверджувати, що ділянки, віднесені до однієї категорії, матимуть подібні значення коефіцієнта зчеплення. Запровадження такого підходу значно оптимізує процес оцінки зчепних властивостей дорожніх покриттів, скорочуючи обсяги та вартість вимірювань без втрати точності. Це, у свою чергу, сприяє більш ефективному контролю якості дорожнього полотна, своєчасному прийняттю управлінських рішень та підвищенню безпеки руху на автомобільних дорогах.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють, що у них немає конфлікту інтересів щодо поточного дослідження, включаючи фінансовий, особистий, авторський чи будь-який інший, який міг би вплинути на дослідження, а також на результати, наведені в цьому документі.

Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Доступність даних

Усі дані доступні в цифровій або графічній формі в основному тексті статті.

Використання штучного інтелекту

Автори підтверджують, що при створенні поточної роботи вони не використовували технології штучного інтелекту.

References

1. International PIARC Experiment to Compare and Harmonize Texture and Skid Resistance Measurements // PIARC Publication 01.04.T, Permanent International Association of Road Congresses. – Paris (France), 1995. – P. 128-158. [in English].
2. Smolianiuk R.V. Otsinka ekspluatatsiinoho stanu dorozhnikh pokryttiv na osnovi vdoskonalennia metodiv vymirivannia rivnosti ta zchipykh yakosti: dys. ... kandydata tekhn. nauk: 26.10.05 / Smolianiuk Roman Volodymyrovych. Kh., 2005. – 157 s.
3. Smolianiuk R.V. Rozrobka kompleksnoho pokaznyka dlya otsinky zchipykh vlastyvostry pokryttiv avtomobil'nykh dorih / R.V. Smolianiuk, V.M. Mytrofanov//Mosti, tuneli i dorohy: stan, problemy utrymannya ta perspektyvy pidvyshchennya dovvichnosti: Vseukr. nauk.-prakt. Internet konf., 25 trav. 2018 r./Kharkiv. nats. avtomob.-dor. un-t. – Kharkiv, 2018. S. 139–144.
4. Congzhen, Liu & Gao, Chen & Hongzhu, Liu & Qiang, Ma & Chengwei, Xu & Hui, Meng & Guol, Wang. (2024). Investigating Tire Ground Contact Mechanics Under Partial

Hydroplaning Conditions: A Multivariate Analysis Approach. Insights of Automation in Manufacturing. 1. 106-117. 10.59782/iam.v1i1.212. [in English].

5. Vilsan, Alexandru & Sandu, Corina. (2023). Hydroplaning of Tires: A Review of Numerical Modeling and Novel Sensing Methods. 10.1115/DETC2023-116314. [in English].

6. DSTU EN ISO 13473-1:2021 Vyznachennya kharakterystyky shorstkosti dorozhn'oho pokryttya dlya profiliv yoho poverkhni. Chastyna 1. Vyznachennya seredn'oyi hlybyny (EN ISO 13473-1:2019, IDT; ISO 13473-1:2019, IDT).

7. DSTU ISO 13473-2:2021 Vyznachennya kharakterystyky shorstkosti dorozhn'oho pokryttya za profilyamy yoho poverkhni. Chastyna 2. Terminolohiya ta osnovni vymohy shchodo analizu profiliv shorstkosti pokryttya (ISO 13473-2:2002, IDT).

8. DSTU ISO 13473-3:2021 Vyznachennya kharakterystyky shorstkosti dorozhn'oho pokryttya za profilyamy yoho poverkhni. Chastyna 3. Spetsyfikatsiya ta klasyfikatsiya profilometriv (ISO 13473-3:2002, IDT).

9. DSTU 3587:2022 Bezpeka dorozhnogo rukhu. Avtomobilni dorohy. Vymohy do ekspluatatsiinogo stanu. [Chynnyi vid 2022-12-01]. Vyd. ofits. Kyiv : DP «UkrNDNTs», 2022. 31 s.

10. DSTU 8746:2017 Avtomobil'ni dorohy. Metody vymiryuvannya zchpnykh vlastyvostry poverkhni dorozhn'oho pokryttya. [Chynnyi vid 2019-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : DP «UkrNDNTs», 2017. 16 s.

Література

1. International PIARC Experiment to Compare and Harmonize Texture and Skid Resistance Measurements // PIARC Publication 01.04.T, Permanent International Association of Road Congresses. – Paris (France), 1995. – P. 128-158. [in English].

2. Смолянюк Р.В. Оцінка експлуатаційного стану дорожніх покриттів на основі вдосконалення методів вимірювання рівності та зчпних якостей: дис. кандидата техн. наук: 26.10.05 / Смолянюк Роман Володимирович. Х., 2005. – 157 с.

3. Смолянюк Р.В. Розробка комплексного показника для оцінки зчпних властивостей покриттів автомобільних доріг / Р.В. Смолянюк, В.М. Митрофанов//Мости, тунелі і дороги: стан, проблеми утримання та перспективи підвищення довговічності: Всеукр. наук.-практ. Інтернет конф., 25 трав. 2018 р./Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т.– Харків, 2018. – С. 139–144.

4. Congzhen, Liu & Gao, Chen & Hongzhu, Liu & Qiang, Ma & Chengwei, Xu & Hui, Meng & Guol, Wang. (2024). Investigating Tire Ground Contact Mechanics Under Partial Hydroplaning Conditions: A Multivariate Analysis Approach. Insights of Automation in Manufacturing. 1. 106-117. 10.59782/iam.v1i1.212. [in English].

5. Vilsan, Alexandru & Sandu, Corina. (2023). Hydroplaning of Tires: A Review of Numerical Modeling and Novel Sensing Methods. 10.1115/DETC2023-116314. [in English].

6. ДСТУ EN ISO 13473-1:2021 Визначення характеристик шорсткості дорожнього покриття за профілями його поверхні. Частина 1. Визначення середньої глибини (EN ISO 13473-1:2019, IDT; ISO 13473-1:2019, IDT).

7. ДСТУ ISO 13473-2:2021 Визначення характеристик шорсткості дорожнього покриття за профілями його поверхні. Частина 2. Термінологія та основні вимоги щодо аналізування профілів шорсткості покриття (ISO 13473-2:2002, IDT).

8. ДСТУ ISO 13473-3:2021 Визначення характеристик шорсткості дорожнього покриття за профілями його поверхні. Частина 3. Специфікація та класифікація профілометрів (ISO 13473-3:2002, IDT).

9. ДСТУ 3587:2022 Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги. Вимоги до експлуатаційного стану. [Чинний від 2022-12-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 31 с.

10. ДСТУ 8746:2017 Автомобільні дороги. Методи вимірювання зчіпних властивостей поверхні дорожнього покриття [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 16 с.

Відомості про статтю:	Article information:
Отримано 22.05.2025	Received 22.05.2025
Отримано у доопрацьованому вигляді 23.05.2025	Received in revised form 23.05.2025
Прийнято 01.06.2025	Accepted 01.06.2025
Опубліковано 25.06.2025	Published 25.06.2025

R. V. Smolianiuk

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Head of the Department, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7087-7834>

Department of Construction and Operation of Motor Roads named after O.K. Birulia

Kharkiv National Automobile and Highway University, Yaroslava Mudroho Str., 25, Kharkiv, Ukraine, 61002

Development of a new technology for determining the tire–pavement friction parameters

How to Cite:

Smolianiuk, R. V., (2025). Development of a new technology for determining the tire–pavement friction parameters. *Modern technologies and calculation methods in construction*, 23, 311-320. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13\(23\)-27](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13(23)-27)

Abstract. The frictional properties of road surfaces are among the most critical transport-operational characteristics, directly affecting road traffic safety. They determine the ability of vehicle tires to maintain contact with the pavement during movement, especially when accelerating, braking, or changing direction. Insufficient grip can lead to skidding, increased braking distance, and loss of vehicle control, all of which significantly raise the risk of traffic accidents. Currently, there are several methods for evaluating pavement friction, but most of them are labor-intensive, resource-demanding, and do not provide complete coverage of the road surface. Furthermore, many traditional methods rely on spot measurements, which can result in missing potentially hazardous sections.

This article proposes a new approach to assessing the frictional properties of road surfaces based on the use of advanced equipment for non-contact measurement of surface microtexture. Using profilometric data, the system analyzes pavement texture and identifies critical areas with either increased or decreased roughness.

On these selected sections, the coefficient of friction is additionally determined, which allows for a significant reduction in the total number of direct measurements without compromising the accuracy or spatial resolution of the results. The proposed technology improves the efficiency of pavement condition monitoring, optimizes diagnostic costs, and enables timely decision-making regarding road maintenance and repair.

Ultimately, this contributes to enhanced traffic safety and prolongs the service life of the pavement, supporting modern road infrastructure management strategies.

Keywords: frictional properties of payment, friction coefficient, payment texture, road payment.