

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**СКРИПЧЕНКО ОЛЕКСАНДРА В'ЯЧЕСЛАВІВНА**

УДК 625.75:625.089.1:625.032(043.3)

**ПІДВИЩЕННЯ ЗЧІПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ  
АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ  
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному авіаційному університеті, Міністерство освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук  
**Краюшкіна Катерина Вікторівна,**  
Національний авіаційний університет, доцент кафедри реконструкції аеропортів та автошляхів

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
**Угненко Євгенія Борисівна,**  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри вишукувань та проектування доріг і аеродромів

кандидат технічних наук  
**Панасюк Ярослав Ігорович,**  
Луцький національний технічний університет, старший викладач кафедри автомобільних доріг та аеродромів

Захист відбудеться «1» червня 2017 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.062.12 у Національному авіаційному університеті за адресою: 03058, м. Київ, просп. Космонавта Комарова 1, корп. 5, ауд. 303

З дисертацією можна ознайомитись у Науково-технічній бібліотеці Національного авіаційного університету за адресою: 03058, м. Київ, просп. Космонавта Комарова, 1.

Автореферат розісланий «\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
кандидат технічних наук, доцент

О.В. Степанчук

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Дорожня галузь – це головна складова частина транспортної системи України. Саме розвиток автомобільних доріг забезпечував економічний підйом багатьох країн світу.

Взятий Україною курс на Європейську інтеграцію вимагає забезпечення експлуатаційного стану доріг відповідно до вимог сучасного руху транспортних засобів.

В Україні, як і в усьому світі, асфальтобетонні покриття улаштовані на 90 % доріг, тому підвищення їх експлуатаційних показників, зокрема шорсткості є головною умовою забезпечення безпеки руху автомобілів.

Забезпечення безпеки руху транспортних засобів здійснюється завдяки достатньому зчепленню колеса автомобіля з асфальтобетонним покриттям, що оцінюється такими факторами:

- вимірюванням коефіцієнту зчеплення;
- визначенням структури показників, що обумовлюють геометричні характеристики шорсткості асфальтобетону в покритті.

Коефіцієнт зчеплення надає кількісну характеристику процесу взаємодії колеса автомобіля з поверхнею покриття. Величина коефіцієнту зчеплення впливає не тільки на швидкість, окремих автомобілів чи транспортного потоку, але й на дистанцію між автомобілями у транспортному потоці.

Однак за величиною коефіцієнту зчеплення не можливо виявити причини зниження зчіпних властивостей асфальтобетонного покриття в процесі експлуатації, тому що це в більшості випадків це пов'язано з шорсткістю поверхні.

Покращення зчіпних (фрикційних) властивостей це один із найбільш ефективних заходів підвищення безпеки руху автомобілів, завдяки чому можна попереджувати утворення місць концентрації дорожньо-транспортних пригод (ДТП) або знижувати ймовірність їх виникнення.

Існуючі способи підвищення зчіпних властивостей і шорсткості асфальтобетонного покриття базуються на використанні сумішей кам'яних матеріалів з бітумом або улаштуванні шару щебенево-мастикового асфальтобетону (ЩМА). Це не завжди забезпечує нормативні значення коефіцієнту зчеплення вже після першого року експлуатації відремонтованого покриття.

Таким чином, актуальним є удосконалення способу підвищення шорсткості існуючого асфальтобетонного покриття улаштуванням шару із шорсткої цементної суміші, розробка складу і технології нанесення шорсткого цементного шару, випробування в натурних умовах експлуатації і розробки рекомендацій щодо подальшого впровадження на дорогах України.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертація спрямована на реалізацію «Концепції Державної цільової програми підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2016 р.» (постанова Кабінету Міністрів України (КМУ) від 8.08.2012, №771), «Транспортної стратегії України на період до 2020 р.» (розпорядження КМУ від 20.10.2010, №2174), «Концепції сталого розвитку населених пунктів України» (постанова Верховної Ради України від 24.12.99, №1359 – XIV), Указу Президента України «Про пріоритетні завдання у

сфері містобудування» (13.05.1997, №422) та принципів сталого розвитку населених пунктів України (Закон України «Про основи містобудування», №2257-III). Задача пов'язана з держбюджетною та госпдоговірною тематикою кафедри «Підвищення шорсткості асфальто- і цементобетонних покриттів автомобільних доріг та аеродромів», 2016 р. (державний реєстраційний номер 0115U002470), «Розробити методичні рекомендації з поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання автомобільних доріг з цементобетонним покриття», 2013-2014 р.р. (державний реєстраційний номер 024U008190) темами дипломних проектів, магістерськими програмами й спецкурсами.

**Мета та задачі дослідження. Метою роботи** є удосконалення зчіпних властивостей асфальтобетонних покриттів автомобільних доріг за рахунок улаштування шорсткого тонкошарового цементного покриття виготовленого з цементної суміші.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі **задачі**:

- виконати аналіз існуючих методів підвищення зчіпних властивостей асфальтобетонних покриттів автомобільних доріг;

- провести дослідження з визначення та прогнозування параметрів шорсткості асфальтобетонних покриттів автомобільних доріг, а також розробити модель стану поверхні асфальтобетонного покриття з урахуванням динаміки погіршення шорсткості та коефіцієнту зчеплення в період експлуатації під дією руху автотранспорту;

- виконати аналіз параметрів шорсткості покриття автомобільної дороги за допомоги методу комп'ютерного зору та розробити модель автоматизованого процесу взаємодії протектору шини колеса з поверхнею асфальтобетонного покриття автомобільної дороги;

- розробити склад суміші для улаштування шорсткого тонкошарового цементного покриття, з урахуванням дійсних параметрів шорсткості асфальтобетонного покриття, експериментально підтвердити оптимальність підбраного складу суміші з визначенням фізико-механічних властивостей;

- провести дослідження по визначенню можливості використання базальтової фібри для дисперсного (хаотичного) армування цементної суміші, з визначенням оптимальної кількості введення фібри;

- розробити технологію нанесення цементної суміші на існуюче асфальтобетонне покриття;

- провести дослідження з визначення коефіцієнту зчеплення улаштованого шорсткого тонкошарового цементного покриття;

- визначити економічну ефективність улаштування шорсткого тонкошарового цементного покриття.

**Об'єкт дослідження** – шорсткість поверхні асфальтобетонного покриття.

**Предмет дослідження** – оптимальні принципи підвищення шорсткості асфальтобетонного покриття автомобільних доріг, для гарантування безпеки руху транспортних засобів.

**Методи дослідження.** Методи натурних обстежень та комп'ютерного зору; розробка оптимального складу шорсткої цементної суміші, лабораторні нормативні методи дослідження фізико-механічних властивостей цементної суміші, визначення

зчеплення з існуючим асфальтобетонним покриттям, зі статистичною обробкою даних, математичної статистики для обробки підсумків експериментів, математичне моделювання взаємодії колеса автомобіля з поверхнею асфальтобетонного покриття для визначення параметрів шорсткості асфальтобетону.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в наступному:

- вперше теоретично визначена і натурними дослідженнями підтверджена можливість улаштування шорсткого тонкошарового цементного покриття на нежорстку основу (існуюче асфальтобетонне покриття);
- вперше отримані експериментальні дані параметрів шорсткості зі застосуванням обробки зображення відбитку протектору шини на поверхні асфальтобетонного покриття за методом комп'ютерного зору;
- удосконалено процес моделювання поверхні асфальтобетонного покриття для прогнозування зміни зчепних властивостей в процесі експлуатації під дією автотранспорту, підбору оптимального складу цементної суміші з урахуванням параметрів шорсткості.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у наступному:

- розроблений склад суміші для шорсткого тонкошарового цементного покриття, з урахуванням параметрів шорсткості покриття автомобільної дороги та експериментально підтверджено її оптимальний склад та фізико-механічні характеристики;
- проведені дослідження по визначенню можливості використання базальтової фібри для дисперсного (хаотичного) армування цементної суміші, визначена оптимальна кількість введення фібри;
- розроблено технологію нанесення цементної суміші на існуюче асфальтобетонне покриття;
- розроблені рекомендації щодо методів ремонту та експлуатаційного утримання шорсткого тонкошарового цементного покриття.

**Особистий внесок здобувача.** Виконане математичне моделювання і комп'ютерне моделювання поверхні асфальтобетонного покриття, моделювання розміщення кам'яного матеріалу на поверхні покриття, визначені оптимальні параметри шорсткості покриття, а також прогнозування зміни параметрів шорсткості асфальтобетонного покриття автомобільних доріг у період експлуатації [1-3, 7, 8, 11]. Для порівняння параметрів, отриманих комп'ютерним моделюванням було виконано зйомку місць дотику шини колеса автомобіля з поверхнею покриття, і кам'яним матеріалом зокрема, що дозволило з використанням методу комп'ютерного зору оцінити параметри кам'яного матеріалу та параметри шорсткості з використанням оператора Канні та градієнтним переходом кольору на знімках поверхні [13, 15]. Змодельований процес взаємодії протектору шини колеса з поверхнею асфальтобетонного покриття автомобільної дороги та обґрунтовані параметри шорсткості дали можливість підбору оптимального складу суміші для улаштування шорсткого тонкошарового цементного покриття. Визначено можливість використання базальтової фібри для дисперсного (хаотичного) армування цементної суміші з проведенням лабораторних досліджень, які підтвердили покращення фізико-механічних властивостей дисперсно-армованої цементної суміші [4-6, 9]. Виконаний моніторинг коефіцієнту зчеплення впродовж

1,5 року показує, що по своїм середнім значенням коефіцієнт зчеплення після укладання суміші відповідає вимогам ДСТУ, виконано кошторисний розрахунок вартості будівництва даного покриття, та розраховано економічний ефект від застосування даної технології відновлення шорсткості [10, 12, 14, 16].

**Апробація результатів роботи.** Основні положення та результати дисертації доповідались і обговорювались на 9 міжнародних конференціях та конгресах, 1 всеукраїнській: I Міжнародному науково-практичному конгресі «Міське середовище – XXI сторіччя» – «Архітектура. Будівництво. Дизайн» (10 – 14 лютого 2014 р., Національний авіаційний університет (НАУ), Київ), Друга всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів і молодих учених “Молодь: наука та інновації” (2-3 грудня 2014 р., Державний ВНЗ «НГУ», Дніпропетровськ); XII Міжнародна науково-технічної конференція «Авіа-2015» (28-29 квітня 2015р., Національний авіаційний університет (НАУ), Київ); II Міжнародному науково-практичному конгресі «Міське середовище – XXI сторіччя» – «Архітектура. Будівництво. Дизайн» (15 – 18 березня 2016 р., НАУ, Київ), 18-а Міжнародна наукова конференція молодих вчених та студентів «Наука – майбутнє Литви. Інженерія транспорту та організація перевезень» Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (4-5 травня 2015 р., м. Вільнюс, Литва), 9-а Міжнародна наукова конференція «ТРАНСБАЛТИКА-2015» Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (8-9 травня 2015 р., м. Вільнюс, Литва), XIX Міжнародна наукова конференція студентів і молодих учених «Наука-майбутнє Литви. Транспорт» (5 - 8 травня, 2016 р., м. Вільнюс, Литва), 15th International scientific conference “Underground Urbanisation as a Prerequisite for Sustainable Development” (12-15 September 2016, м. Санкт-Петербург, Російська Федерація), 7 Всесвітньому конгресі "Авіація у XXI столітті" – "Безпека в авіації та космічні технології" (19-21 вересня 2016 р., Національний авіаційний університет м. Київ, Україна), The Transport Research Arena Conference 2016 (from 18 to 21 April 2016, м. Варшава, Польща).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 16 праць, зокрема 6 статей у фахових виданнях, з них 1 стаття у виданні, що індексовано в міжнародних наукометричних базах Web of Science та Scopus, 1 стаття у виданні, що індексовано в міжнародній наукометричній базі Index Copernicus, та 10 публікацій за матеріалами конференцій та конгресів.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертація містить вступ, 4 розділи, загальні висновки, список використаних джерел зі 116 найменувань (36 – англійською мовою) на 12 стор., 4 додатків на 15 стор., 52 рис. і 17 табл. Загальний обсяг дисертації – 162 стор., основного тексту – 147 стор.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність проблеми, сформульовано мету та задачі дослідження, наведено основні результати, отримані автором, виділено їх наукову новизну, практичну цінність і впровадження.

В **першому розділі** міститься аналіз існуючих заходів щодо підвищення шорсткості асфальтобетонних покриттів автомобільних доріг, виконано огляд існуючих методів оцінки шорсткості та коефіцієнта зчеплення нежорстких покриттів автомобільних доріг. Розглянуто способи математичного моделювання

процесів, зчеплення колеса автомобілів з асфальтобетонним покриттям автомобільної дороги.

Процес зчеплення колеса з поверхнею проїзної частини нежорсткого покриття автомобільної дороги досліджували В.О. Астров, І.Н. Богомольний, А.О. Белятинський, О.А. Білятинський, М.В. Боровий, О.П. Васильєв, Ф.П. Гончаренко, Б.М. Єлисеєв, В.І. Жуков, М.С. Замахаєв, Є.В. Іваніца, В.В. Ільченко, С.С. Кизима, Б.М. Косарєв, І.В. Крагельський, К.В. Краюшкіна, Ю.В. Кузнєцов, Н.І. Кульмурадов, О.Н. Ларін, Ю.С. Левіна, Р.Ф. Лукашук, Н.А. Лушніков, Л.Г. Мар'яхін, М.В. Немчінов, М.О. Паршин, Е.Г. Подліх, В.С. Порожняков, В.М. Сіденко, С.В. Сіденко, О.Є. Стефанович, Л.С. Стецюк, І.Н. Христюбов, В.М. Юмашев, Н. Abe, A. Andersen, G. Descornet, A. Doyen, M. Gothie, J. Henri, S. Kameyama, J. Lukas, A. Mazur, A. Pasquet, V. Sabey, J. Wambold та ін.

Для забезпечення якісного та економічного ремонту автомобільних доріг необхідний цілісний підхід, що включає діагностику стану автомобільної дороги та проведення ремонтних робіт з мінімальним перешкоджанням руху транспортних засобів. Ця проблема не є новою, але з підвищенням інтенсивності руху транспортних засобів та зміною складу в бік вантажних автомобілів, збільшення вантажоємності транспортних засобів, виникла проблема непрогнозованої зміни стану покриття з передчасним його руйнуванням та втратою транспортно-експлуатаційних властивостей.

Покращення зчепних якостей асфальтобетонного покриття розглядається як один з найефективніших заходів щодо поліпшення активної безпеки автомобільних доріг, під якою розуміється їх властивість запобігати ДТП або зменшувати ймовірність їх виникнення.

Детальний огляд методів підвищення шорсткості показав наявність різноманітних недоліків в цих методах, (наприклад механічні засоби підвищення шорсткості викликають передчасне руйнування дорожнього одягу, а поверхневі обробки, типу Slurry Seal і інші є нетехнологічними і неекономічними. Тому виникла необхідність розробки сучасної технології підвищення шорсткості існуючого асфальтобетонного покриття, яка задовольняє вимогам безпечного та комфортного руху транспортних засобів і є економічною та раціональною.

Вищевикладене стало базою для постановки мети та задач дисертації.

У **другому розділі** подані результати математичного моделювання, комп'ютерного моделювання поверхні асфальтобетонного покриття та кам'яного матеріалу на поверхні. За результатами моделювання були визначені оптимальні параметри шорсткості покриття, а також виконано прогнозування параметрів шорсткості асфальтобетонного покриття в процесі експлуатації.

В якості параметру, який описує форму виступів шорсткості, було використано радіус при вершині виступів ( $R_{сер}$ ).

Величина даного параметру у значній мірі залежить від стану асфальтобетонного покриття та строку експлуатації. При значному терміні експлуатації частини кам'яного матеріалу зазнають великого динамічного навантаження від транспорту, що призводить до руйнування і зменшення шорсткості.

Основою моделі щебню був прийнятий трикутник, де сторона – величина фракцій щебню.

Дану геометричну фігуру досить зручно використовувати для опису стану кам'яного матеріалу, що використовується при приготування асфальтобетонної суміші. Така форма наближена до реальної форми кам'яного матеріалу і використовуючи її при моделюванні можна враховувати показник лещадності, та ввести відповідний коефіцієнт на використання щебню такої форми, нормативні вимоги допускають вміст щебню лещадної форми не більше 15 % від загальної кількості матеріалу. Прийнята модель форми щебню дає можливість врахувати шліфування частинок кам'яного матеріалу при багаторазовому проїзді транспортних засобів, при цьому радіус біля вершини виступів поступово наближається до розрахункового, тобто радіусу кола, що вписане в трикутник. Схема розробленої моделі наведена на рисунку 1.

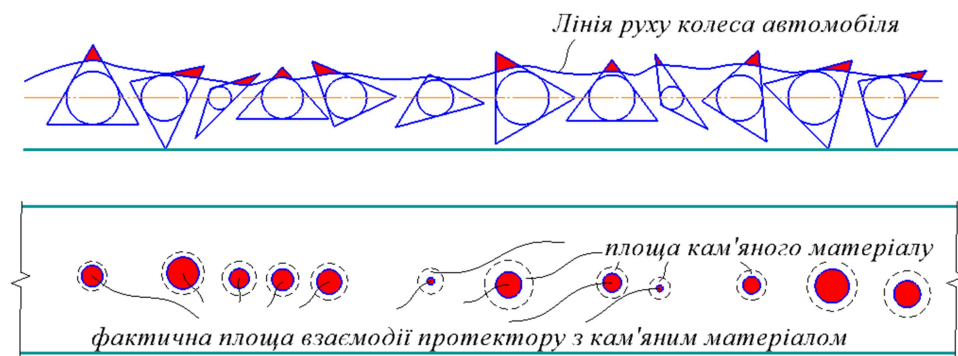


Рис. 1 Вигляд відбитку протектору шини на кам'яному матеріалі

На основі значень висоти нерівностей профілю для кам'яного матеріалу фракції 5-10 мм можна розрахувати середнє значення висоти нерівностей по десяти точках  $R_z$ , середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю  $R_a$ , середнє квадратичне значення відхилень профілю  $R_q$  та середнє значення параметру шорсткості  $R$ .

Проведені дослідження встановили, що на величину коефіцієнта зчеплення впливають не тільки висота, а й характер розподілу нерівностей шорсткості, глибина втискання виступів шорсткості протектор шини колеса автомобіля. В.А. Петровим було розроблено формулу, яка показує при якій шорсткості спостерігається мінімальний коефіцієнт зчеплення та наводиться геометричний показник виступів шорсткості:

$$\Delta = 1,34 \times 10^2 \left( \left( \frac{\tau_0}{a_{e\phi}} \right)^3 E B_n (r_0 a_2)^{\frac{1}{4}} \left( \frac{\epsilon}{P_W E G_K} \right)^{1/2} \right), \quad (1)$$

де  $\Delta$  - характеристика мікрогеометрії поверхні шорсткості:

$$\Delta = \frac{R_{max}}{R_n}, \quad (2)$$

де  $R_{max}$  - максимальна висота виступів текстури поверхні дорожнього покриття;

$R_n$  – середня глибина впадин між виступами;



$\tau_0$  – фрикційна характеристика, що залежить від умов роботи фрикційної пари, що треться (за фізичною суттю, пов'язані з появою третього тіла в контакті при терті);

$a_{\text{еф}}$  – коефіцієнт гістерезисних втрат при ковзанні мікроненівності, що залежить від напруженого стану в зоні дотику;

$E$  – модуль пружності;

$B_n$  – ширина протектору шини;

$r_0$  – радіус колеса, що відповідає радіусу бігової доріжки шини колеса, без навантаження;

$P_W$  – тиск повітря в шині;

$G_K$  – вертикальне навантаження на колесо автомобіля.

Коефіцієнт поверхні асфальтобетонного покриття,  $K_1$  визначається параметрами шорсткості (висотою, формою, щільністю розташування щібок і т. д.) на поверхні асфальтобетонного покриття. На абсолютно гладкому рівному покритті  $K_1 = 1$ . Відомі пропозиції по оцінці фактичної площі контакту шин стосуються лише експериментальних способів (фактично метод лише один – метод відбитків, різняться лише способи їх отримання). Будь-яких теоретичних (розрахункових) рішень з цього приводу немає.

Оскільки зменшення відносного наближення шини до покриття говорить про те, що в результаті збільшення нерівностей макрошорсткості відбувається не тільки кількісна, а й якісна зміна деформації протектора гуми, то доцільним є використання для моделювання щепеню фракцій 5-10, 10-20 – при великій висоті нерівності вже не втискаються в гуму, а шина перекочується по них.

Таким чином, отримано результати середнього значення висоти нерівностей для щепеню фракцій 5-10 мм, та 10-20 мм маючи ці дані можна перейти до розрахунку площі контакту протектору шини з поверхнею проїзної частини, оскільки величина площа контакту зв'язана з висотою нерівностей, а таким чином з величиною та формою кам'яного матеріалу.

На рисунку наведений розподіл величини радіусу при вершині кам'яного матеріалу. Три криві для прийнятих значень фракцій кам'яного матеріалу, та три рівняння залежності радіусу від розмірів кам'яного матеріалу (рис. 2).

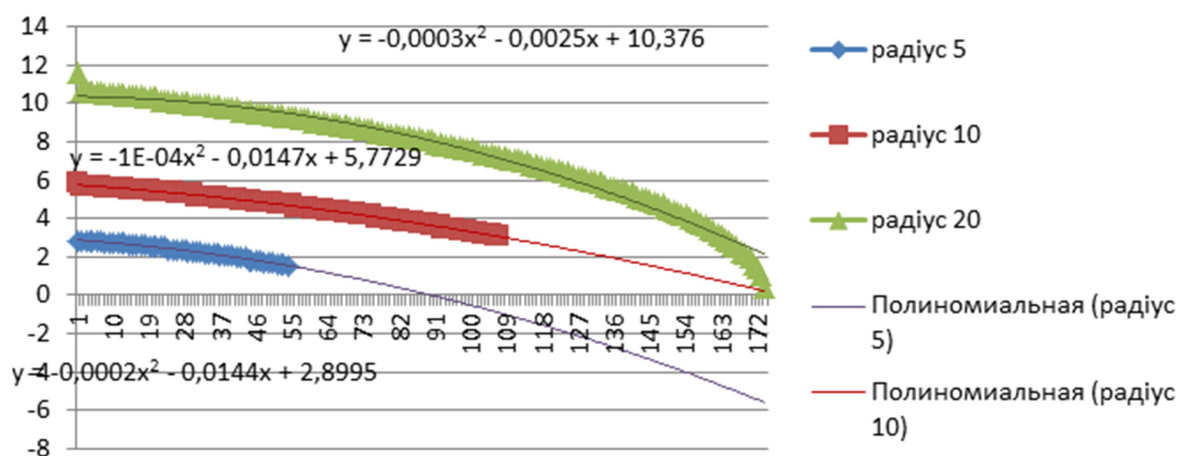


Рис. 2 Залежність радіусу при вершині кам'яного матеріалу від його геометричних характеристик

Оскільки було прийнято допущення про розрахунок лінії руху колеса по радіусу при вершині кам'яного матеріалу, площа контакту приведена до поверхні обертання.

Для порівняння параметрів, отриманих комп'ютерним моделюванням було виконано зйомку місць дотику шини колеса автомобіля з поверхнею покриття, і кам'яним матеріалом в цілому. Цей метод дозволив з використанням методу комп'ютерного зору оцінити геометричні характеристики кам'яного матеріалу та параметри шорсткості з використанням оператора Канні та градієнтним переходом кольору на знімках поверхні.

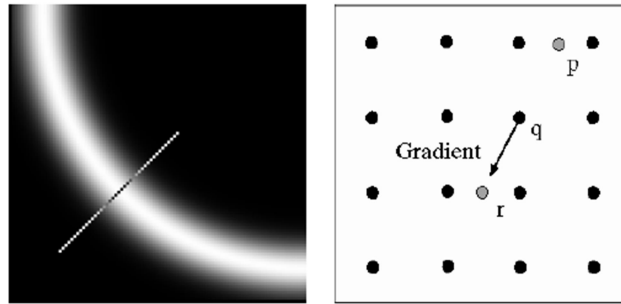


Рис. 3 Розмиття за Гаусом

Контакт рисунку протектора шини відбувається саме з частками кам'яного матеріалу, з втискуванням гуми у ці частки. Для аналізу шорсткості дослідження проводилось саме в місцях, в яких відбувається контакт. Для обробки зображень відбитку шини на поверхні часток кам'яного матеріалу використовувався метод комп'ютерного зору. В галузі комп'ютерного зору і обробки зображень під терміном виділення ознак (feature detection) маються на увазі методи, які спрямовані на обчислення абстракцій графічної інформації і дозволяють встановити для кожної точки зображення присутність ознаки зображення конкретного типу в цій точці чи її відсутність.

Основні етапи алгоритму:

1. Розмиття зображення для видалення шуму (рис 3). Оператор Канні використовує розмивання Гауса

$$B = \frac{1}{159} \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix} * A. \quad (3)$$

2. Пошук градієнтів. Границі відмічають там, де градієнт набуває найбільшого значення. Вони можуть мати різні напрямки, тому алгоритм Канні використовує чотири фільтри для визначення горизонтальних, вертикальних і діагональних ребер в розмитому зображенні.

3. Пошук локальних максимумів (Non-Maximum Suppression). Подвійна порогова фільтрація

Для дослідження величини середнього кроку нерівностей в сучасних умовах, можна використати комп'ютерну обробку зображення відбитку шини на поверхні асфальтобетонного покриття.

Для перетворення вихідного зображення в зображення в градаціях сірого, необхідно отримати його «яскравість» – складову. Для цього представлено зображення в кольоровій моделі YUV.

Спочатку зображення було представлено в RGB моделі, причому функція завантаження повертає три компоненти у вигляді однієї матриці. Для переводу зображення в модель YUV виконуємо наступні операції. Отримуємо матриці, що описують компоненти моделі (R, G, B):

$$\begin{aligned}
 rRGBMatrix &:= submatrix(RGBMatrix, 0, rows(RGBMatrix) - 1, 0, \frac{cols(RGBMatrix)}{3} - 1) \\
 gRGBMatrix &:= submatrix(RGBMatrix, 0, rows(RGBMatrix) - 1, 0, \frac{cols(RGBMatrix)}{3}, \frac{cols(RGBMatrix)2}{3} - 1) \\
 bRGBMatrix &:= submatrix(RGBMatrix, 0, rows(RGBMatrix) - 1, 0, \frac{cols(RGBMatrix)2}{3}, cols(RGBMatrix) - 1)
 \end{aligned} \tag{4}$$

Порядок роботи з програмою для розрахунку площ контакту наступний:

- запустити CannyEdgeDet.exe;
- помістити зображення, на якому необхідно виділити границі до каталогу з файлом CannyEdgeDet.exe;
- вказати "верхній" та "нижній" пороги;
- натиснути на кнопку "Розрахунок";
- відкрити текстовий файл "my\_file.txt", в якому зберігаються усі розрахунки.

Отриманий зовнішній вигляд розрахованих окремо площ контакту, та в цілому площі контакту по ділянці 10x10 см наведений на рисунку 4.

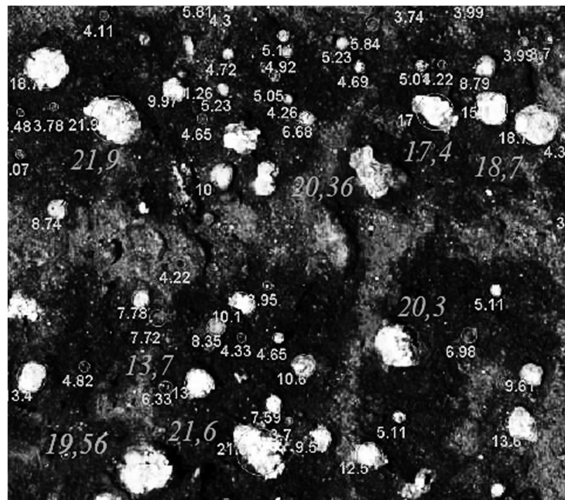


Рис. 4 Розраховані площі контакту шини кам'яним матеріалом (фрагмент)

Змодельований процес взаємодії протектору шини колеса автомобіля з поверхнею асфальтобетонного покриття та обґрунтовані параметри шорсткості дали можливість підбору оптимального складу суміші для улаштування шорсткого тонкошарового цементного покриття.

У **третьому розділі** наведені виконані лабораторні дослідження по визначенню можливості використання базальтової фібри для дисперсного

(хаотичного) армування цементної суміші. Результати досліджень показали, що матеріал може бути застосований як армуюча добавка, що призведе до покращення фізико-механічних властивостей дисперсно-армованої цементної суміші.

Для визначення міцності на стиск були заформовані зразки-куби  $10 \times 10 \times 10$  см, міцності на розтяг при згині зразки-балки  $10 \times 10 \times 40$  см.

Результати досліджень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

## Результати випробування міцності зразків

№ п/п	Найменування зразків цементної суміші	Кількість фібри, % від маси цементної суміші	Міцність на стиск, МПа, у віці			Міцність на розтяг при згині, МПа, у віці		
			7 діб	14 діб	28 діб	7 діб	14 діб	28 діб
Перша технологія								
1	Контрольні	-	14,8	15,5	22,4	4,0	4,3	5,9
2	3 базальтовою фіброю	2,0	18,8	19,1	28,3	6,1	6,7	9,1
3	3 базальтовою фіброю	4,0	15,8	16,4	23,2	4,5	5,1	7,2
Друга технологія								
4	Контрольні	-	14,9	15,4	22,2	4,1	4,5	5,9
5	3 базальтовою фіброю	2,0	18,9	19,8	28,4	5,7	6,9	9,2
6	3 базальтовою фіброю	4,0	15,6	16,1	23,3	4,7	5,0	7,1

Введення базальтової фібри до цементної суміші дозволяє покращити фізико-механічні характеристики – збільшення міцності на стиск на 20 %, міцність на розтяг при згині на 20 % – 25 %, морозостійкість і водостійкість на 15 – 20 % (рис. 5, б).

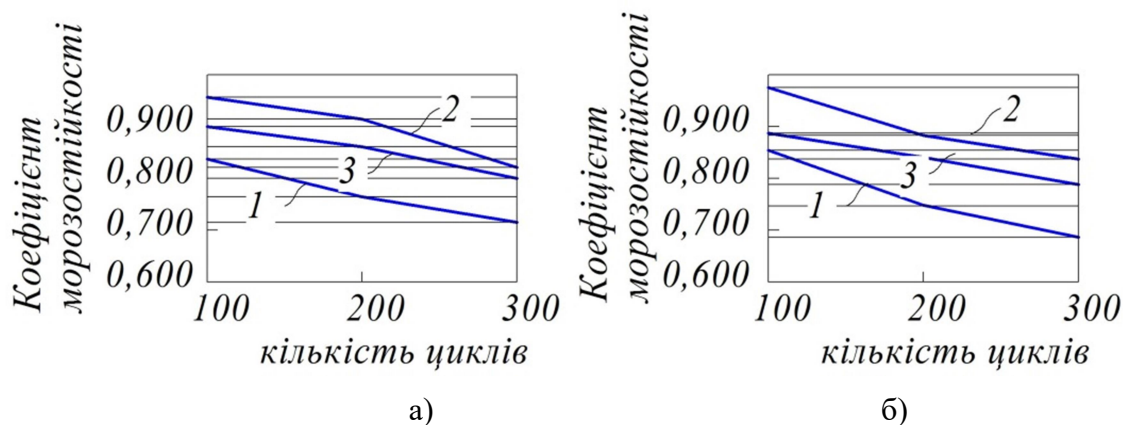


Рис. 5 Міцність на стиск за першою (а) та другою (б) технологіями: 1 – контрольні зразки, 2 – 4 % базальтової фібри, 3 – 2 % базальтової фібри

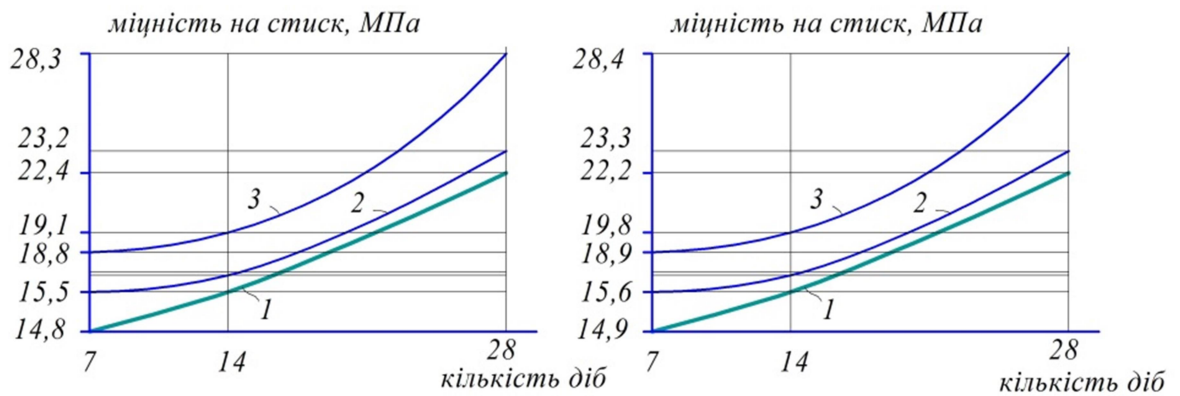


Рис. 6 Результати випробування зразків на морозостійкість

Зразки з 2% базальтової фібри мають більшу міцність на стиск та на розтяг при згині ніж контрольні зразки та зразки з фіброю у кількості 4%. Тобто 2,0% є оптимальною кількістю додавання базальтової фібри у цементну суміш.

Введення базальтової фібри сприяє формуванню щільної, міцної структури цементної суміші, зменшуються показники водопоглинання, підвищуються показники водонепроникності та морозостійкості.

Аналізуючи дані проведених досліджень видно, що значення морозостійкості вище у складів з додаванням базальтових волокон і підвищується зі збільшенням циклів заморожування відтаювання ніж у складів з введенням металевих фібр.

З існуючого асфальтобетонного покриття ділянки були отримані зразки асфальтобетону розміром 8x10x10 см для дослідження межі міцності на стиск, та 8x10x40 см для дослідження межі міцності на розтяг. Далі цементну суміш з 2% базальтової фібри було нанесено на асфальтобетонні зразки. Таким чином було отримано типові зразки 10x10x10 см для визначення міцності на стиск та 10x10x40 для визначення межі міцності на розтяг.

Фізико-механічні властивості бетонів визначалися шляхом випробувань зразків кубів 10×10×10 см та зразків балок розміром 10×10×40 см, які склалися з шару асфальтобетону товщиною 8 см та шару цементної суміші товщиною 2 см, у віці 7 діб та 28 діб після твердіння в нормальних умовах (рис. 7)

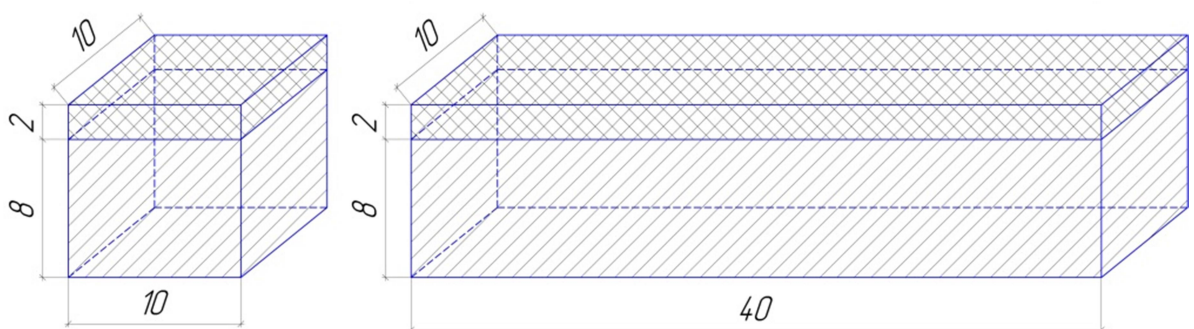


Рис. 7 Кубічний та прямокутний зразки асфальтобетону з цементною сумішшю

Далі наведені дані визначення шорсткості тонкошарового цементного покриття нанесеного на асфальтобетонне покриття. Для цього були використані прямокутні зразки.

Визначення шорсткості проводилось на дослідному зразку покриття в лабораторних умовах за допомогою маятникового приладу МП-3. Результати досліджень наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

## Визначення шорсткості поверхні тонкошарового цементного покриття

Найменування показника	Покриття з цементної суміші		Цементобетонне покриття		Дрібнозернистий асфальтобетон, тип «Б»	
	Суха поверхня	Мокра поверхня	Суха поверхня	Мокра поверхня	Суха поверхня	Мокра поверхня
Коефіцієнт зчеплення згідно ДСТУ 3587-97, п.3.15 більше 0,30	0,57	0,5	0,40	0,37	0,50	0,49

За результатами досліджень очевидно, що покриття з цементної суміші має значення коефіцієнта зчеплення, яке перевищує нормативне значення і вище ніж у традиційних покриттів.

Проведеними дослідженнями встановлена оптимальна кількість введення фібри, яка складає для цементної суміші 2,0 % за масою. Технологія введення практично не впливає на фізико-механічні показники цементної суміші.

Економічна ефективність використання дисперсно-армованою базальтовою фіброю цементної суміші відбувається за рахунок збільшення строку служби дорожнього покриття і можливого зменшення товщини верхнього шару, а також зниження витрат на ремонт і експлуатаційне утримання доріг.

Підібраний склад цементної суміші можна рекомендувати для дослідного впровадження в виробничих умовах на автомобільних дорогах всіх категорій і значення в усіх дорожньо-кліматичних зонах України.

У розділі 4 наведені дослідження запропонованої технології улаштування тонкошарового покриття з цементної суміші, яка проводилась на існуючому асфальтобетонному покритті на території виробничої бази в Святошинському районі м. Київ по вулиці академіка Крижанівського площиною 2157 м<sup>2</sup>, по якому спостерігається інтенсивний рух заводського вантажного та легкового транспорту. Дану ділянку було побудовано в 2011 році.

На дослідній ділянці було проведено візуальний огляд та наступні виміри перед початком виконання робіт:

- відбір кернів асфальтобетону для визначення фізико-механічних властивостей асфальтобетонного покриття;
- міцність покриття;
- рівність покриття;
- коефіцієнт зчеплення.

Визначення коефіцієнту зчеплення проводилось портативним маятниковим приладом МП-3 (рис. 8).





Рис. 8 Портативний маятниковий прилад МП-3

Укладання тонкошарового покриття необхідно виконувати на вирівняну, відремонтовану поверхню, очищену від пилу та бруду. Для забезпечення шорсткості на покритті застосовується кам'яний матеріал, який розподіляється за допомогою щепенерозподілювача після проходу бетоноукладача. Після розподілу цементної суміші виконується прикатка легким котком один прохід по одному сліду. Захист шару свіжоукладеного шару від атмосферних опадів в процесі улаштування слід здійснювати рулонною плівкою, що закріплюється на машині для нанесення плівкоутворюючих матеріалів (рис. 9).



Рис. 9 Загальний вигляд шорсткого тонкошарового цементного покриття

Впродовж 1,5 року після побудови шорсткого тонкошарового цементного покриття був проведений моніторинг коефіцієнту зчеплення, який показав, що по своїм середнім значенням коефіцієнт зчеплення після укладання суміші відповідає вимогам ДСТУ 3587-97 «Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану» (рис. 10).

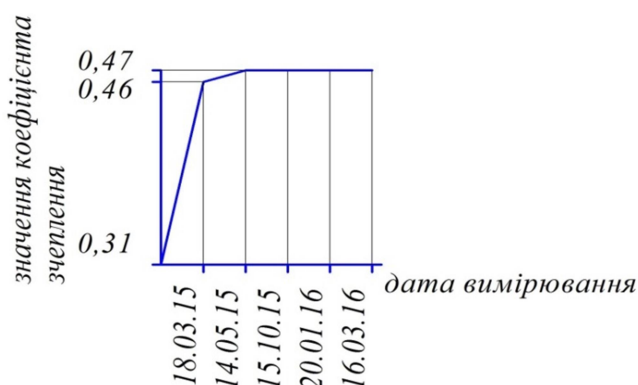


Рис. 10 Динаміка зміни коефіцієнта зчеплення

За період експлуатації взимку не відбулось зменшення коефіцієнту зчеплення.

Розраховано калькуляцію за даними виробничої бази вартості відновлення шорсткості існуючого покриття з використанням цементної суміші – 13,187 тис. грн

(100 м<sup>3</sup>) та порівняно її із вартістю виконання одиночної поверхневої обробки 17,949 тис. грн (100 м<sup>3</sup>) за даними Броварського ДЕУ (рис. 11).



Рис. 11 Порівняння вартостей відновлення шорсткості асфальтобетонного покриття

Нормативний коефіцієнт порівняльної ефективності ( $E_n$ ) дорівнює 0,12 для автомобільних доріг. Він позначає мінімум зниження поточних витрат на одиницю додаткових одноразових витрат (тобто їх різниці за варіантами), при якому ці додаткові витрати можуть бути визнані ефективними.

В даному розрахунку коефіцієнт порівняльної ефективності складає 0,37, що втричі більше за нормативний. Термін окупності робіт складає 1,5 року. Таким чином метод відновлення шорсткості з використанням цементної суміші є більш економічно ефективним ніж традиційний метод.

Собівартість відновлення шорсткості покриття за допомогою цементної суміші є меншою ніж собівартість суміші традиційного відновлення на 23%. Це обумовлено більш збалансованим використанням кам'яного матеріалу, зменшенням використання бітуму та удосконаленою технологією робіт.

Визначена економічна ефективність впровадження у виробництво відновлення шорсткості покриття з використанням цементної суміші. Встановлено, що рентабельність реалізації робіт з відновлення шорсткості існуючого асфальтобетонного покриття становитиме 35%, період окупності становить 1,5 роки, а також точка беззбитковості знаходиться в межах 52% від номінального обсягу виробництва. Таким чином, даний спосіб вважається прибутковим та раціональним.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений огляд традиційних методів підвищення шорсткості існуючих асфальтобетонних покриттів показав необхідність розробки і застосування сучасної економічної технології, яка б у повній мірі задовольняла потреби безпечного та комфортного руху транспортних засобів. Вперше теоретично визначено і експериментально підтверджено лабораторними та натурними спостереженнями можливість улаштування шорсткого тонкошарового цементного покриття на нежорстку основу – існуюче асфальтобетонне покриття, як нового



перспективного способу підвищення довговічності і шорсткості існуючого верхнього асфальтобетонного шару покриття.

2. Отримано нові експериментальні дані параметрів шорсткості (площі контакту протектору шини з кам'яним матеріалом покриття, радіусу при вершині кам'яного матеріалу), за допомогою комп'ютерної обробки зображення відбитку протектору шини на поверхні асфальтобетонного покриття, що значно спростило визначення цих параметрів для подальшого вибору методу відновлення шорсткості. Розроблено модель поверхні асфальтобетонного покриття з урахуванням динаміки погіршення шорсткості під впливом автотранспорту, що дозволило не тільки оцінити стан існуючого покриття, а й спрогнозувати його стан у динаміці.

3. Отримано автоматизований процес визначення площі контакту шини з кам'яним матеріалом за допомоги методу комп'ютерного зору. Обґрунтовано параметри шорсткості поверхні автомобільної дороги, та з урахуванням цього обрано оптимальну фракцію щебню для побудови шорсткого тонкошарового цементного покриття (5 – 10 та 10 – 20).

4. Розроблено склад цементної суміші для улаштування шорсткого тонкошарового цементного покриття, з урахуванням існуючих параметрів шорсткості асфальтобетонного покриття автомобільної дороги, експериментально підтверджена оптимальність складу суміші та визначені фізико-механічні характеристики суміші, які задовольняють вимогам діючих нормативних документів. Підібраний склад цементної суміші можна рекомендувати для дослідного впровадження в виробничих умовах на автомобільних дорогах всіх категорій і значення в усіх дорожньо-кліматичних зонах України.

5. Проведені лабораторні дослідження по визначенню можливості використання базальтової фібри для дисперсного (хаотичного) армування цементної суміші показали, що матеріал може бути застосований як армуюча добавка, що призведе до покращення фізико-механічних властивостей дисперсно-армованої цементної суміші. Введення базальтової фібри до цементної суміші дозволяє покращити фізико-механічні характеристики (збільшення міцності на стиск на 20 %, міцності на розтяг при згині на 20 % – 25 %, морозостійкості і водостійкості на 15 – 20 %). Проведеними дослідженнями встановлена оптимальна кількість введення фібри, яка складає для цементної суміші 2,0 % за масою. Технологія введення практично не впливає на фізико-механічні показники цементної суміші.

6. Розроблено технологію нанесення на поверхню існуючого асфальтобетонного покриття цементної суміші для улаштування шорсткого тонкошарового цементного покриття.

7. Шорстке тонкошарове цементне покриття має значення коефіцієнта зчеплення, яке перевищує нормативне значення і вище ніж у традиційних покриттів та складає 0,47. Моніторинг коефіцієнту зчеплення впродовж 1,5 року показує, що по своїм середнім значенням коефіцієнт зчеплення після укладання суміші відповідає вимогам ДСТУ 3587 «Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану». Важливо, що за період експлуатації взимку не відбулось зменшення коефіцієнту зчеплення.

8. Метод відновлення шорсткості з використанням цементної суміші є більш економічно ефективним ніж традиційні методи. Загальний економічний ефект

від застосування нового методу відновлення шорсткості складає 4762 тис. грн. на кожні 100 м<sup>2</sup> відновленої ділянки. Економічна ефективність використання дисперсно-армованою базальтовою фіброю цементної суміші виникає за рахунок збільшення строку служби нежорсткого дорожнього одягу, можливого зменшення товщини верхнього шару, зменшення витрат на ремонт і утримання доріг з асфальтобетонним покриттям.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **Публікації у наукових фахових виданнях України**

1. Белятинський А.О. Підвищення шорсткості цементобетонних покриттів автомобільних доріг / О.В. Скрипченко, А.О. Белятинський, Д.Е. Прусов // Проблеми розвитку міського середовища: наук.-техн. зб. – К.: НАУ, 2014. – Вип. 1(11). – С. 433-442.
2. Скрипченко О.В. Проблеми відомих математичних моделей взаємодії колеса з поверхнею дорожнього покриття / О.В. Скрипченко, А.О. Белятинський, К.В. Краюшкіна // Наукові нотатки: міжвузівський зб. наук. праць. – Луцьк, ЛНТУ – 2014. – Вип. 45. – С. 36-41.
3. Краюшкіна К.В. Особливості моделювання кам'яного матеріалу на поверхні покриття автомобільної дороги / О.В. Скрипченко, К.В. Краюшкіна // Проблеми розвитку міського середовища: Наук.-техн. збірник / – К.:НАУ, №2, 2016. – с.79-87.
4. Краюшкіна К.В. Методологія армування нежорстких дорожніх конструкцій / К.В. Краюшкіна, Т.Ю. Химерик, О.В. Скрипченко // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво / – Полтава: ПНТУ, № 2 (47), 2016. – с. 278-289. (Міжн. науком. база Index Copernicus).
5. Краюшкіна К.В. Вплив стабілізаторів на покращення властивостей ґрунтів земляного полотна / К.В. Краюшкіна, Т.Ю. Химерик, О.В. Скрипченко // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник / - К.: НТУ, № 98, 2016 – с. 112-119.

### **Публікації у закордонних наукових періодичних виданнях**

6. Krayushkina K. Perspectives on using basalt fiber filaments in the construction and rehabilitation of highway pavements and airport runways / K. Krayushkina, O. Prentkovskis, A. Bieliatynskyi, J. Giginishvili, A. Skrypchenko, A. Laurinavičius, K. Gopalakrishnan, J. Tretjakovas // The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering. Vilnius (Lietuva): 2016. – vol. 1, no.2 – p.77 –83.

### **Публікації у збірниках праць за матеріалами конференцій**

7. Krayushkina K. Introduction of the acoustic emission method in technical diagnostics of bridges / A. Bieliatynskyi, E. Krayushkina, A. Skrypchenko, P. Koval // ECCE-GSCE-WCCE Proceedings of the International Scientific Conference Seismics-2014, 29-30 May, 2014. – Tbilisi, Georgia, 2014. – p. 181-186.

8. Белятынський А.А. Исследование факторов влияющих на взаимодействие колеса автомобиля с поверхностью автомобильной дороги / А.А. Белятынський, Е.В. Краюшкіна, А.В. Скрипченко, Г.В. Щербакова // Наука-будущее Литвы: сб. статей 18-й конф. молодых ученых. Инженерия транспорта и менеджмент, 6 мая 2015 г. – Литва. Вильнюс: 2015. – С. 130-134.
9. Krayushkina K. The use of basalt fibers in top layer of cement surfaces / K. Krayushkina, A. Skrypchenko // Proceedings of the 19th Conference for Junior Researchers «Science – Future of Lithuania» Transport Engineering And Management, 6 May, 2016 – Vilnius, Lithuania: 2016. – p. 26-29.
10. Krayushkina K. Modern Technologies and Materials for Cement Concrete Pavement's Repair // K. Krayushkina, A. Bieliatynskiy, A. Skrypchenko // TRANSBALTICA 2015. Proceedings of the 9th International Scientific Conference. May 7-8, 2015. VGTU, Lithuania. Vilnius: 2015. – p. 344-347.
11. Белятинський А.О. Моделювання процесу взаємодії колеса з поверхнею проїзної частини автомобільної дороги / А.О. Белятинський, К.В. Краюшкіна, О.В. Скрипченко // Матеріали XII міжнародної науково-технічної конференції «ABIA-2015», 28-29 квітня 2015 р. – К.: НАУ, 2015. – с. 22.8-22.11.
12. Краюшкіна Е.В. Особливості використання цементних покриттів для забезпечення шорсткості на існуючих автомобільних дорогах / К.В. Краюшкіна, О.В. Скрипченко // Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні геоінформаційні і комп'ютерно-інформаційні технології дорожньої галузі, аеродромного будівництва і землевпорядкування», ХНАДУ, Харків, 26-27 травня 2016 р. – с. 19-23.
13. Белятинський А.О. Дослідження факторів, що впливають на площу контакту шини з поверхнею проїзної частини / А.О. Белятинський, К.В. Краюшкіна, О.В. Скрипченко // «Молодь: наука та інновації». – Матеріали другої всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих учених, Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «НГУ», 2-3 грудня, 2014 р. – с. 4-2 – 4-3.
14. Bieliatynskiy A. Inject Method of Using Geopolymeric Materials for Strengthening the Foundations of Airport Concrete Pavement Constructions / A Bieliatynskiy, K. Krayushkina, O. Skrypchenko // Poster of the Conference: Transport Research Arena 2016, Warsaw, Poland, DOI: 10.13140/RG.2.1.3555.9280 DOI: 10.13140/RG.2.1.3555.9280 04/2016.
15. Skrypchenko O. Method of increasing the roughness of the existing road / O. Skrypchenko, K. Krayushkina, T. Khymerik, A. Bieliatynskiy // 15th International scientific conference “Underground Urbanisation as a Prerequisite for Sustainable Development”, 12-15 September 2016, St. Petersburg, Russia: 2016. – p. 1766-1770
16. Skrypchenko O. Features of reinforcing materials for the layers of the road with increased roughness O. Skrypchenko, K. Krayushkina, T. Khymerik // The seventh world congress «Aviation in the XXI-st century» Safety in aviation and space technologies, September 19-21, 2016.: theses. – Kiev, 2016. – p. 10.1.13-10.1.16

## АНОТАЦІЯ

**Скрипченко Олександра В'ячеславівна - Підвищення зчіпних властивостей асфальтобетонних покриттів автомобільних доріг. – На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми. – Національний авіаційний університет МОН України. – Київ, 2017.

Роботу присвячено підвищенню зчіпних властивостей асфальтобетонних покриттів автомобільних доріг. Виконане математичне моделювання, комп'ютерне моделювання поверхні покриття, а також окремо моделювання кам'яного матеріалу на цій поверхні. Визначені оптимальні параметри шорсткості покриття і прогнозування зміни цих параметрів за період експлуатації. Для порівняння параметрів, отриманих комп'ютерним моделюванням було виконано зйомку місць дотику шини колеса автомобіля з асфальтобетонною поверхнею покриття, і кам'яним матеріалом в цілому, що дозволило з використанням методу комп'ютерного зору оцінити параметри кам'яного матеріалу та параметри шорсткості з застосуванням оператора Канні та градієнтним переходом кольору на знімках поверхні. Змоделюваний процес взаємодії протектору шини з поверхнею асфальтобетонного покриття автомобільної дороги та обґрунтовані параметри шорсткості дали можливість підбору оптимального складу цементної суміші для улаштування шорсткого тонкошарового цементного покриття. Проведені лабораторні дослідження по визначенню можливості використання базальтової фібри для дисперсного (хаотичного) армування цементної суміші показали, що матеріал може бути застосований як армуюча добавка, що призведе до покращення фізико-механічних властивостей дисперсно-армованої цементної суміші. Моніторинг коефіцієнту зчеплення впродовж 1,5 року показує, що по своїм середнім значенням коефіцієнт зчеплення після укладання суміші відповідає вимогам ДСТУ 3587-97«Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану». Виконано розрахунок вартості улаштування шорсткого тонкошарового цементного покриття, та розраховано економічний ефект від застосування сучасної технології відновлення шорсткості існуючого асфальтобетонного покриття.

**Ключові слова:** коефіцієнт зчеплення, асфальтобетонне покриття, математичне моделювання, комп'ютерне моделювання, параметри шорсткості покриття, кам'яний матеріал, оператор Канні, тонкошарове покриття, базальтова фібра, економічний ефект.

## АННОТАЦИЯ

**Скрипченко Александра Вячеславовна - Повышение сцепных свойств асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог. - На правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.11 - автомобильные дороги и аэродромы. - Национальный авиационный университет МОН Украины. - Киев, 2017.

Работа посвящена повышению сцепных свойств асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог. Выполнено математическое моделирование, компьютерное моделирование поверхности покрытия, а также отдельно моделирование каменного материала на этой поверхности. Определены оптимальные параметры шероховатости покрытия, а также выполнено прогнозирование изменения этих параметров за период эксплуатации. Для сравнения параметров, полученных компьютерным моделированием, была выполнена съемка мест соприкосновения шины колеса автомобиля с поверхностью асфальтобетонного покрытия, и каменным материалом в целом, что позволило с использованием метода компьютерного зрения оценить параметры каменного материала и параметры шероховатости с использованием оператора Канны и градиентным переходом цвета на снимках поверхности. Смоделированный процесс взаимодействия протектора шины с поверхностью покрытия автомобильной дороги и обоснованные параметры шероховатости дали возможность подбора оптимального состава смеси для устройства шероховатого тонкослойного цементного покрытия. Проведенные лабораторные исследования по определению возможности использования базальтовой фибры для дисперсного (хаотического) армирования цементной смеси показали, что материал может быть применен как армирующая добавка и это приведет к улучшению физико-механических свойств дисперсно-армированных материалов. Мониторинг коэффициента сцепления в течение 1,5 года показывает, что по своим средним значениям коэффициент сцепления после укладки смеси соответствует требованиям ДСТУ. Выполнен расчет стоимости строительства данного покрытия, и рассчитан экономический эффект от применения данной технологии восстановления шероховатости.

## ABSTRACT

**Skripchenko Alexandra – Improving the coupling properties of asphalt concrete pavement of roads. – On the manuscript.**

Thesis for scientific degree of candidate of technical sciences, specialty 05.22.11 – highways and airfields. – National Aviation University MES. – Kiev, 2017.

In recent years, much complicated conditions of road surfaces due to increased traffic vehicles. Road clothing that is designed and built in compliance with existing regulations, in most cases, cannot withstand the specified service life. This leads to the rapid destruction of the coating and pavement as a whole, rather than normative 16-18 years, 3-4 years covering work. The main type of covering on the roads is asphalt, which erases during service to form cracks and other deformations. Therefore, the development of which enhance its transport operational performance and durability are important and necessary.

Roads Ukraine widely used by stacking thin-layer coating-type Slarry Seall on the existing asphalt pavement roughness to improve and increase the service life of overhaul. But the main disadvantage of this technology is its high price in Ukraine. Therefore, in the present conditions of repair roads need not only a productive technology, but also economic efficiency.

There are quite a number of technology apparatus rough surface layers. These include the mechanical processing of existing surface, which often leads to even more destruction of the surface of the road with the times.

The modern concept of operation roads involves the repair early damage of surface layer the coating. The modern concept of operation roads involves the repair early damage of surface layer the coating. The primary means of enhanced adhesion is formation a rough surface that will provide the required performance properties of the road, including unfavorable condition coverage. Much of concepts to ensure the roughness of road surfaces is reduced to that the upper layer coating is a self-important constructive element road. This layer is designed to enhance comfort and safety, ensure the required speed.

Work to improve the performance of transport by arrangement covering the existing asphalt pavement on a thin layer of cement with high roughness and strength held for the first time.

In the semi rigid road surfaces asphalt concrete and cement solution combined to bring together the benefits of both materials. Due to the effects caused by viscosity, hardness and ductility of asphalt cement provided the opportunity to cast placement, a strong and durable coverings in comparison with the coverings material hydraulic binders are also economical.

It must be emphasized that this is a fundamentally new type of thin-layer coating in which a hard layer thickness of 20 mm concluded on non-rigid base and improve transport performance properties of asphalt pavement at any time of year.

Comfortable and safe traffic, surface durability on heavily trafficked roads are major challenge of road organizations who responsible for managing exploitation and are the need for drivers.

The work is dedicated to increasing coupling properties of asphalt concrete pavement of roads. The mathematical modeling, computer simulation of surface coverage, as well as separate simulation stone material on this surface. The optimum parameters of roughness coverage, as well as forecasting of these parameters is made during the operation. To compare the parameters obtained by computer simulation, shooting locations car tire contact was made with the surface of the coating and stone material in general, which allowed using the method of computer vision to estimate the parameters of the stone material and roughness parameters using the operator Canny and gradient transition of color on the surface of photographs . Modeled process tread interaction with the surface coating of the road and informed roughness parameters given the opportunity to select the optimal composition of the mixture for the thin-film device of the rough cement cover. The laboratory studies to determine if the use of basalt fibers to disperse (chaotic) reinforcing cement mixture showed that the material can be used as a reinforcing additive, and this will lead to improved physical and mechanical properties of dispersion-reinforced materials. Monitoring of the coefficient of friction for 1.5 years shows that its average value of the coefficient of adhesion after laying the mixture meets the requirements of Ukraine State Standard. Completed budget calculation of the cost of construction of the coating, and designed the economic effect of this roughness recovery technology.