

В.В. Ільченко, к.т.н., доцент, О.М. Криворучко, магістр, Б.Г. Самондрось, студент
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

РОЗРОБЛЕННЯ СУЧАСНОГО МЕТОДУ ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ ПОВЕРХНЕВОЇ ОБРОБКИ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ

Розглянуто відомі методи оцінки стійкості поверхневої обробки дорожнього покриття, запропоновано новий метод і конструкцію сучасного пристрою для оцінювання стійкості поверхневої обробки, проведено експериментальні випробування зразків поверхневої обробки.

Ключові слова: дорожнє покриття, поверхнева обробка, адгезійна стійкість, маятниковий пристрій.

Постановка проблеми. Шорсткість поверхні дорожнього покриття є однією з основних експлуатаційних характеристик автомобільної дороги, яка визначає безпечність руху автотранспорту за рахунок створення надійного контакту коліс автомобіля з проїзною частиною.

З метою забезпечення шорсткості поверхні на дорогах улаштовуються тонкошарові покриття зносу, зокрема різні види поверхневої обробки [1]. Про ефективність таких заходів свідчить той факт, що заміна гладкого покриття шорстким викликає зменшення аварійності більш ніж удвічі, а кількість дорожньо-транспортних подій, пов'язаних зі слизькістю покриття, зменшується майже в чотири рази [2].

Аналіз досліджень і публікацій. Робота поверхневих обробок дорожніх покриттів відбувається в складних природно-кліматичних умовах під дією динамічних транспортних навантажень. Досить часто порушення технології влаштування поверхневої обробки призводять до відшарування кам'яного матеріалу від основи й утворення бітумної плівки на поверхні покриття. Унаслідок цього очікуваний ефект підвищення зчіпних якостей, а також матеріальні й трудові витрати на влаштування поверхневої обробки виявляються марними [3 – 4]. Це підтверджується фотографіями, виконаними в період улаштування поверхневої обробки (рис. 1а) та через рік її експлуатації (рис. 1б).

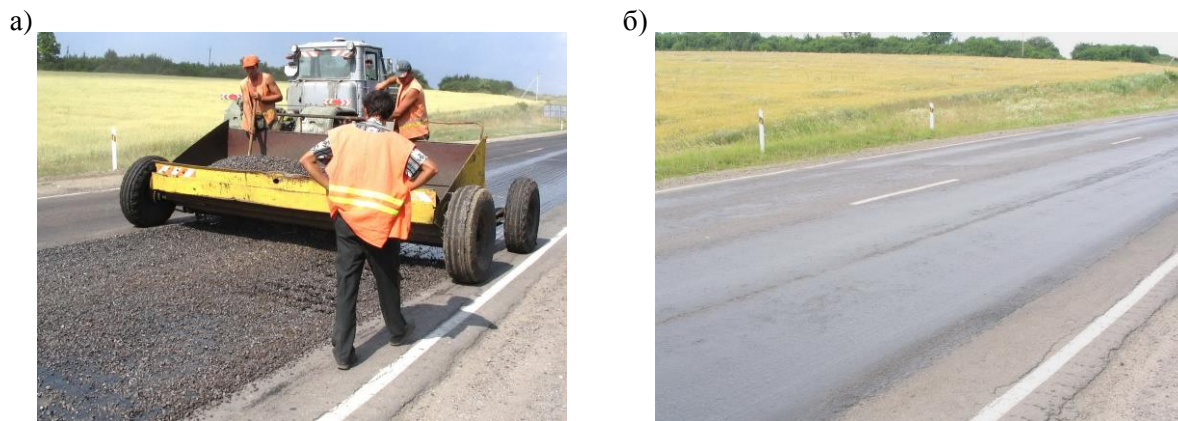


Рисунок 1 – Улаштування поверхневої обробки за традиційною технологією та її вигляд через рік експлуатації

Діючі на сьогодні в Україні нормативні документи [5 – 8], які стосуються поверхневої обробки дорожнього покриття, не передбачають проведення як лабораторних досліджень з визначення стійкості поверхневої обробки до виконання дорожніх робіт, так і польових випробувань при влаштуванні шорсткого шару покриття та його прийманні в експлуатацію.

У зарубіжній дорожній практиці для оцінки стійкості поверхневої обробки найбільш часто проводяться лабораторні випробування зразків поверхневої обробки за методом Віаліта [9].

Суть методу Віаліта полягає у визначенні здатності в'язучого утримувати кам'яний матеріал на металевій пластині при ударному впливі. Метод Віаліта реалізовано в конструкції пристроїв «Matest B053» [10] (рис. 2а) і «Росдортех ПВ-01» [11] (рис. 2б), а також їх білоруським аналогом «ПС-2» [12].

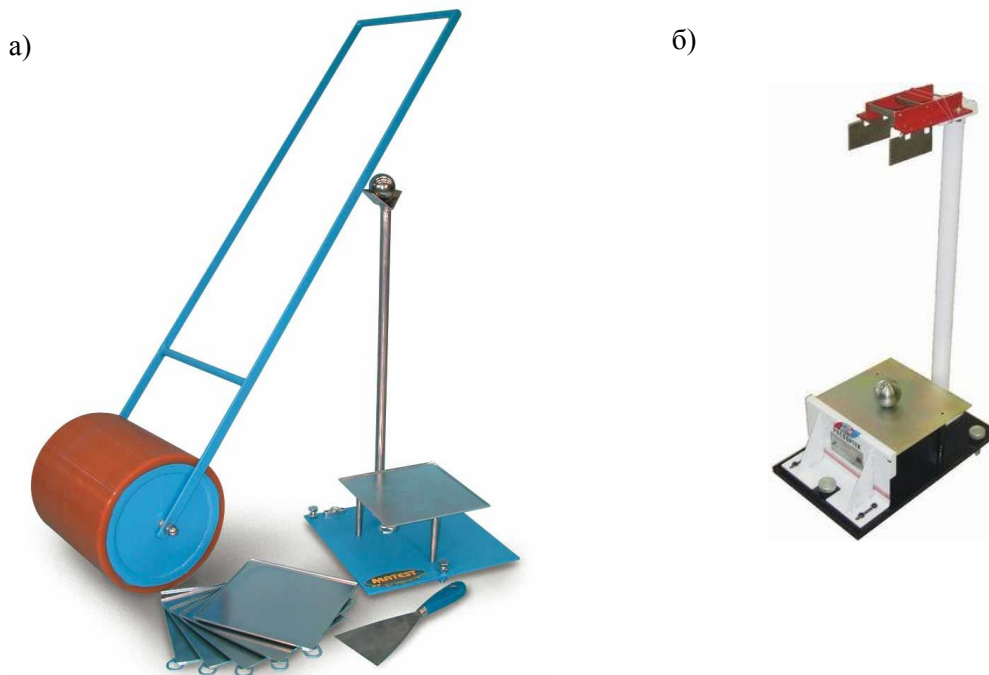


Рисунок 2 – Пристрої для лабораторних випробувань за методом Віаліта:
 а) «Matest B053» в комплекті з допоміжним обладнанням (Італія);
 б) «Росдортех ПВ-01» (Росія)

Пристрої методу Віаліта складаються зі штатива з опорною плитою, яка обладнана трьома регульовальними гвинтами для його встановлення в робоче положення. На плиті розташовано три опори, що утворюють у плані рівносторонній трикутник, та обмежувачі для фіксації дослідних зразків поверхневої обробки на металевих пластинах розміром 200×200×3 мм. На штативі «Matest B053» (див. рис. 2а) встановлено похилий тримач для скидання сталеві кулі вагою 0,5 кг з висоти 42 см, в «ПВ-01» (рис. 2б) для цього слугує центрувальний пристрій та пружинний фіксатор (уявна вертикальна вісь фіксатора проходить через точку перетину висот трикутника, утвореного опорами), а в «ПС-2» на штативі кріпиться фіксатор для стрижня з ударником вагою 0,6 кг.

Дослідний зразок поверхневої обробки готується шляхом нанесення на металеву пластину завчасно визначеної кількості нагрітого до робочої температури в'язучого матеріалу (бітум, бітумна емульсія) та розкладається 100 щєбінок, які прикочуються ручним котком масою 25 кг. Для формування структурних зв'язків дослідний зразок витримується за умов, що моделюють технологію влаштування тонкошарового покриття.

Після завершення підготовчих робіт дослідний зразок поверхневої обробки в перевернутому стані (щєбенем униз) закріплюється на штативі, а на його поверхню тричі скидається куля чи ударник. Після завершення випробування підраховується кількість щєбінок А, які відпали з пластини, й визначається коефіцієнт приживлення

$$K = \frac{100 - A}{100}. \quad (1)$$

Вважається, що стійкість поверхневої обробки забезпечується, якщо коефіцієнт приживлення становить не менш ніж 90% [13].

До недоліків пристроїв для лабораторних випробувань за методом Віаліта можна віднести те, що ударний принцип дії не враховує реологічні властивості взаємодії в'язучого й кам'яного матеріалів у шарі покриття. Крім того, вони можуть застосовуватися лише в лабораторних умовах на дослідних зразках, що обмежує можливості їх практичного використання.

Серед сучасних методів оцінки стійкості поверхневої обробки є розробка Національного транспортного університету, яку реалізовано в конструкції центрифуги для визначення міцності адгезії «ЦП-НТУ» [14 – 16] (див. рис. 3).



Рисунок 3 – Центрифуга «ЦП-НТУ»

Суть цього методу полягає у визначенні здатності в'язучого матеріалу утримувати щебінь на металевих пластинах при дії на дослідні зразки поверхневої обробки відцентрового зусилля.

Пристрій «ЦП-НТУ» являє собою горизонтальну центрифугу з електродвигуном, ротор якої може обертатись із швидкістю до 3000 об/хв. У внутрішньому просторі ротора розташовано герметичні контейнери для встановлення дослідних зразків поверхневої обробки на металевих пластинах розміром 100×100 мм.

Приготування дослідних зразків, як і в попередньому випадку, ведеться за технологією влаштування тонкошарових покриттів. Дослідні зразки встановлюються вертикально в контейнери центрифуги і розкручуються там протягом певного часу. Після завершення випробування підраховується частка щебінок, які залишилися на пластині, й визначається показник приживлення за виразом (1).

До недоліків центрифуги «ЦП-НТУ» можна віднести те, що принцип його дії не відображає реальний процес відриву кам'яного матеріалу в шарі поверхневої обробки. По-друге, як і пристрої за методом Віаліта, він може застосовуватися лише в лабораторних умовах на дослідних зразках, що також обмежує можливості його практичного використання.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Хоча наведені способи й засоби оцінювання стійкості поверхневої обробки різняться принципом дії та конструкцією, проте вони не дозволяють здійснювати експрес-випробування в польових умовах під час улаштування й експлуатації таких шарів дорожнього покриття.

Мета даної статті – розроблення сучасного методу оцінки стійкості поверхневої обробки дорожнього покриття.

Виклад основного матеріалу дослідження. З огляду на фізичну суть процесу взаємодії коліс транспортних засобів з дорожнім покриттям в ході виконання досліджень авторами запропоновано новий метод оцінки стійкості поверхневої обробки.

Суть методу полягає у визначенні здатності в'язучого утримувати кам'яний матеріал, який під дією ударної сили намагається відірватися від в'язучого. Для реалізації запропонованого методу оцінки стійкості поверхневої обробки розроблено експериментальний маятниковий пристрій «ЕМПК» (рис 5).

Маятниковий пристрій «ЕМПК» (див. рис. 4) являє собою штатив, який встановлюється на лабораторну опорну поверхню 8 чи поверхню дороги і складається з двох стійок 1 та напрямної горизонтальної осі 4. На напрямній осі 4 шарнірно закріплені два важеля: упорний важіль 2 та ударний важіль 3 (вага ударника 0,5–3,0 кг і радіус обертання 0,5 м), що імітує динамічну дію колеса на щебінку в шарі поверхневої обробки під час руху транспортного засобу.

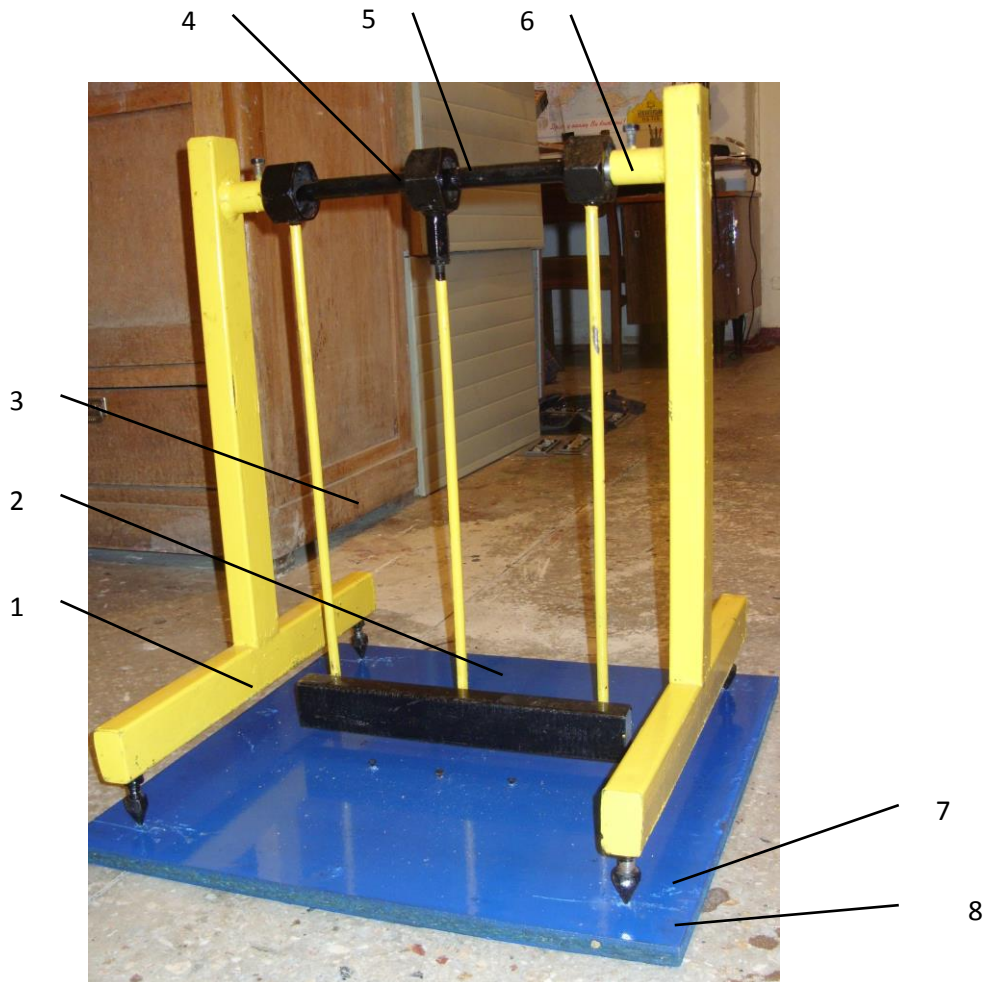


Рисунок 4 – Маятниковий пристрій «ЕМПІК»:

1 – стійка штатива; 2 – упорний важіль; 3 – ударний важіль; 4 – напрямна вісь; 5 – шарнір кріплення упорного важеля; 6 – шарнір кріплення ударного важеля; 7 – регульовальний гвинт (4 шт.); 8 – опорна поверхня

Маятниковий пристрій «ЕМПІК» можна використовувати для визначення стійкості поверхневої обробки в таких випадках:

– в лабораторних умовах на дослідних зразках з метою підбору оптимальної потреби кількості в'язучого та кам'яного матеріалів до влаштування поверхневої обробки;

– в польових умовах безпосередньо на дорожньому покритті:

а) під час влаштування поверхневої обробки для проведення оперативного контролю якості робіт;

б) в процесі експлуатації поверхневої обробки з метою поточного контролю стійкості покриття.

Приготування дослідних зразків виконують на металевих пластинах за технологією влаштування тонкошарових покриттів. Дослідний зразок встановлюється на опорну поверхню таким чином, щоб важіль 2 впирався вільним кінцем у поверхню однієї щєбінки на висоті близько 2/3 її діаметра від рівня поверхні пластини. Далі ударний важіль 3 відводиться на кут 45° чи 90° і під дією власної ваги вдаряє по упорному важелю, котрий передає енергію удару на щєбінку. По кожній щєбінці здійснюється лише один удар, після чого візуально оцінюється втрата її стійкості й визначають коефіцієнт приживлення

$$K = \frac{N - A}{N}, \quad (2)$$

де N – кількість щебінок, які були приживлені на зразках однієї серії;

A – кількість щебінок, що відірвалися чи втратили стійкість.

Якщо пристрій «ЕМПК» використовується в польових умовах, то спочатку його необхідно встановити на дорожню поверхню й привести в робоче положення за допомогою регулювальних гвинтів 7. Після цього упорний важіль 2 виставляється у вихідне положення відносно однієї з щебінок у шарі поверхневої обробки й повторюється описана вище послідовність випробування її стійкості та визначення коефіцієнта приживлення за виразом (2).

У процесі експериментальних досліджень у лабораторних умовах виготовлено дві серії зразків поверхневої обробки зі щебеню фракції 15–20 мм на бітумі марки БНД-60/90 без модифікаторів (по три зразки в кожній серії), характеристику яких наведено у табл. 1.

За розробленою авторами методикою було випробувано по два зразки з кожної серії (зразки ПО-*-1 та ПО-*-2) на стійкість щебінок на удар при підйомі ударника на кут $\alpha=45^\circ$, а по одному зразку з кожної серії (зразки ПО-*-3) – при підйомі ударника на кут $\alpha=90^\circ$.

Результати випробування дослідних зразків наведено у табл. 2.

Таблиця 1 – Опис дослідних зразків поверхневої обробки

№ зразка	Кількість щебінок на пластині	Норма витрати в'язучого, кг/м ²	Фактична витрата в'язучого, кг/м ²	Відхилення (%)	Середня витрата в'язучого, кг/м ²
ПО 1-1	6	0,8	0,815	1,87	0,801
ПО 1-2	6		0,811	1,38	
ПО 1-3	6		0,805	0,63	
ПО 2-1	6	1,0	1,01	1,00	1,006
ПО 2-2	6		1,015	1,50	
ПО 2-3	6		0,993	-0,70	

Таблиця 2 – Результати випробувань дослідних зразків

№ зразка	Кількість щебінок на пластині до удару	Кут підйому ударника α , град.	Кількість щебінок на пластині після удару	Коефіцієнт приживлення	Форма втрати стійкості
ПО 1-1	6	45	0	0	A
ПО 1-2	6		1	0,17	A
ПО 1-3	6	90	0	0	A
ПО 2-1	6	45	2	0,33	AK
ПО 2-2	6		2	0,33	AK
ПО 2-3	6	90	1	0,17	A

Примітка: А – адгезійна форма втрати стійкості,
К – когезійна форма втрати стійкості

Результати випробування дослідних зразків поверхневої обробки зі щебеню фракції 15–20 мм на бітумі марки БНД-60/90 без модифікаторів, які наведено у табл. 2, показують:

– дослідні зразки серії ПО 1 під час удару по окремих щебінках з величиною миттєвої енергії 0,6 кг (кут $\alpha=45^\circ$) та 2,1 кг (кут $\alpha=90^\circ$) мають адгезійну форму втрати стійкості кам'яного матеріалу; коефіцієнт приживлення K , обчислений за виразом (2), складає в середньому відповідно 0,08 та 0,00, що вказує на низький рівень стійкості поверхневої обробки;

– дослідні зразки серії ПО 2 під час удару по окремих щабінках з величиною миттєвої енергії 0,6 кг (кут $\alpha=45^\circ$) мають змішану адгезійно-когезійну, а при ударі 2,1 кг (кут $\alpha=90^\circ$) – адгезійну форму втрати стійкості кам'яного матеріалу; коефіцієнт приживлення K складає відповідно 0,33 та 0,17, що вказує на відносно низький рівень стійкості поверхневої обробки.

Таким чином, при влаштуванні поверхневої обробки зі щебеню фракції 15–20 мм на бітумі марки БНД-60/90 без модифікаторів можлива втрата стійкості щебеневого шару внаслідок низької здатності в'язучого втримувати кам'яний матеріал на поверхні покриття. Зі збільшенням кількості в'язучого простежується зростання коефіцієнта приживлення при ударі з величиною миттєвої енергії 0,6 кг від 0,08 до 0,33 та при ударі в 2,1 кг – від 0,00 до 0,17; при цьому форма втрати стійкості переходить від адгезійної в змішану за рахунок збільшення площі огортання кам'яного матеріалу в'язучим.

Висновки. Результати випробування дослідних зразків поверхневої обробки із застосуванням маятникового пристрою «ЕМПК» свідчать, що запропонований авторами метод оцінки стійкості поверхневої обробки дозволяє забезпечити необхідну ефективність та достовірність як лабораторних досліджень (з метою підбору оптимальної потреби кількості в'язучого та кам'яного матеріалів до влаштування поверхневої обробки), так і польових випробувань (під час влаштування й експлуатації поверхневої обробки).

Література

1. Ільченко, В.В. Пошук ефективних способів відновлення шорсткості дорожнього покриття / В.В. Ільченко, А.В. Шарпило // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – Вип. 1 (29). – С. 249–253.
2. Немчинов, М.В. Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобилей / М.В. Немчинов. – М.: Транспорт, 1985. – 231 с.
3. Васильев, А. Поверхностная обработка с синхронным распределением материалов / А. Васильев, П. Шамбар – М.: Трансдорнаука, 1999. – 80 с.
4. Павлюк, Д.А. Некоторые аспекты совершенствования оценки сцепных качеств дорожных покрытий / Д.А. Павлюк, В.В. Ильченко, Л.Л. Рыбицкий // Сборник научных трудов научно-практической конференции Межправительственного совета дорожников стран СНГ “Научно-технические проблемы дорожной отрасли”. – М.: МАДИ(ТУ), 2000. – С. 193–195.
5. ДБН В.2.3-4:2007. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 84 с.
6. ВБН В.2.3-218-010-97. Влаштування шорстких поверхневих обробок покриттів автомобільних доріг. – К.: Укравтодор, 1997. – 38 с.
7. ДСТУ 4044-2001. Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2001. – 14 с.
8. ДСТУ Б.В.2.7-135:2007. Бітуми дорожні, модифіковані полімерами. Технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 22 с.
9. DIN EN 12272-3-2003. Surface dressing – Test method. Part 3: Determination of binder aggregate adhesivity by the vialit plate shock test method. German version EN 12272-3:2003. – P. 22.
10. Vialit – Binder adhesion test [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.matest.com>.
11. Каталог продукції ПО «Росдортех» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://him-esi.com.ua/rosdorтех>.
12. Бусел, А.В. Ремонт автомобильных дорог / А.В. Бусел. – Мн.: АртДизайн, 2004. – 208 с.
13. СТБ 1220-2000. Битумы модифицированные дорожные. Технические условия. – Мн.: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2000. – 24 с.
14. Павлюк, Д.О. Пристрій для оцінки приживлення щебеню при влаштуванні поверхневої обробки / Д.О. Павлюк, О.С. Лебедєв та ін. // Автошляховик України. – 2005. – №6. – С. 25–27.

15. Пат. 91954 Україна, МПК (2009) B04B 3/00. Центрифуга з подвійним тілом обертання для визначення міцності адгезії / Д.О. Павлюк, В.В. Павлюк, О.С. Лебедєв, В.М. Глухова. – заявл. 13.01.09; опубл. 10.09.10, Бюл. №17.

16. Павлюк, Д.А. Исследование приживаемости каменного материала для тонких слоев износа дорожных покрытий / Д.А. Павлюк, В.М. Глухова // Материалы Международной научно-практической конференции «Перспективные направления проектирования, строительства и эксплуатации дорог, мостов и подземных сооружений». – Минск: БНТУ, 2010. – С. 155–159.

Надійшла до редакції 05.12. 2011

© В.В. Ильченко, О.М. Криворучко, Б.Г. Самондрось

УДК 625.7/.8

В.В. Ильченко, к.т.н., доцент, А.Н. Криворучко, магистр, Б.Г. Самондрось, студент
Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

РАЗРАБОТКА СОВРЕМЕННОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ СТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Рассмотрены известные методы оценки стойкости поверхностной обработки дорожного покрытия, предложен новый метод и конструкция современного устройства для оценивания стойкости поверхностной обработки, проведены экспериментальные испытания образцов поверхностной обработки.

Ключевые слова: дорожное покрытие, поверхностная обработка, адгезионная стойкость, маятниковое устройство.

UDC 625.7/.8

**V.V. Ilchenko, Ph.D., Associate Professor, O.M. Kryvoruchko, magister,
B.G. Samondros, student**

Poltava National Technical University named after Yuriy Kondratyuk

DEVELOPING A MODERN METHOD FOR EVALUATION OF STABILITY OF THE SURFACE TREATMENT OF ROAD PAVEMENT

The known methods for evaluation surface treatment stability of road pavement have been considered, a new method and the design modern device for evaluation of surface treatment stability have been offered, experimental tests of surface treatment samples have been conducted out.

Keywords: road pavement, surface treatment, adhesive stability, pendulum device.