

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ОЦІНЮВАННЯ КОЛІЙНОСТІ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ

Визначено, що для ретельного аналізу та прийняття правильного рішення щодо призначення заходів з усунення причин колієутворення необхідне детальне оцінювання колійності, яке полягає в дослідженні поперечної конфігурації колії. З'ясовано, що відомі вітчизняні та закордонні методики оцінювання колійності частково розкривають питання колієутворення, при цьому процес визначення параметрів колії є трудомістким і малоінформативним. Розглянуто процес створення спеціалістами лабораторії автомобільних доріг і аеродромів Національного транспортного університету діючої моделі приладу для оцінювання колійності з використанням лазерного датчика. Встановлено, що розроблений прилад дає можливість визначати не лише максимальну глибину колії, а й отримувати дані для детального аналізу її поперечної конфігурації. При цьому прив'язка поперечного профілю до репера дозволяє отримувати не тільки фактичні дані про колійність у момент вимірювання, а й спостерігати за динамікою поперечного профілю в процесі експлуатації автомобільних доріг.

Ключові слова: дорожнє покриття, колійність, глибина колії, транспортно-експлуатаційні показники дорожнього покриття.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИК И СРЕДСТВ ОЦЕНКИ КОЛЕЙНОСТИ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Известно, что для тщательного анализа и принятия правильного решения о назначении мероприятий по устранению причин колеобразования необходима детальная оценка колеейности, которая заключается в исследовании поперечной конфигурации колеи. Установлено, что известные отечественные и зарубежные методики оценки колеейности частично раскрывают вопросы колеобразования, при этом процесс определения параметров колеи является трудоемким и малоинформативным. Рассмотрен процесс создания специалистами лаборатории автомобильных дорог и аэродромов Национального транспортного университета действующей модели прибора для оценки колеейности с использованием лазерного датчика. Установлено, что разработанный прибор дает возможность определять не только максимальную глубину колеи, но и получать данные для детального анализа ее поперечной конфигурации. При этом привязка поперечного профиля к реперу позволяет получать не только фактические данные о колеейности в момент измерения, но и наблюдать за динамикой поперечного профиля в процессе эксплуатации автомобильных дорог.

Ключевые слова: дорожное покрытие, колеейность, глубина колеи, транспортно-эксплуатационные показатели дорожного покрытия.

IMPROVING THE METHODS AND TOOLS FOR EVALUATION OF RUTTING PAVEMENT

For a thorough analysis and make correct decisions about actions to quickly eliminate the causes rutting requires a detailed assessment, which is to investigate transverse configuration rut.

In Ukraine using 2-meter rail for assessing rutting. It defines only one parameter – the maximum depth rut. Famous foreign rutting evaluation tools can be divided into two groups. The first group includes tools as a rectilinear rail length of 6 feet. Measurements performing by ruler or Rut Wedge, thus determining the maximum rut depth. The second group includes various profilometers such as: «Transverse Profile Beam», «MLS profiler» and others. With profilometers can get more detailed transverse profile, but for the functioning the majority of profilometers requires additional tools are arranged on the car-laboratory.

The search for more information about rut parameters led to the creation the new tools for rutting evaluation by specialists Laboratory of roads and airfields National Transport University. The first version was the two-meter wooden measuring rail on the piers. Defining the parameters of rut enforced through a variety of measurement probes. Wind load of traffic have caused measurement error and turning the device.

After much tests design of the device been improved and as a result has developed a working model of the device for assessing rutting. The main element of the device is accurate laser sensor mounted in the measuring carriage. Also in the measuring carriage are other necessary sensors, control which performs embedded computer. The device is equipped with a rechargeable battery, which provides independent measurement of more than 100 transverse profiles. These measurements are recorded on the SD card. Data processing measurement performed on the computer with the software Microsoft Excel. In the operation of the device defined features of his work, conducted its improvement and, as a result, the method of evaluation of rutting using a new the device.

A device to determine the profile of the chosen sites length of 2 m with points at 1 cm. At the beginning and end points of the profile is performed binding to constant rapper using leveling.

Thus the device makes it possible to determine not only the maximum depth, but also get data for detailed analysis transverse configuration rut. A linking of transverse profile to the rapper can get not only the actual data rutting at the time of measurement, but also to observe the dynamics of transvers profile in service of highways.

Keywords: *pavement, rut, rut depth, transport and maintenance indexes of pavement*

Вступ. Колія є одним з найбільш поширених дефектів покриття. Аналіз даних досліджень, проведених за кордоном, показує, що утворення колійності надмірної глибини становить від 20 до 35% усіх причин зниження транспортно-експлуатаційних якостей автомобільних доріг. Детальна оцінка колійності дозволить виконати ретельний аналіз та прийняти правильне рішення щодо призначення заходів для швидкого усунення причин виникнення цього дефекту.

На сьогодні в Україні для оцінювання колійності використовують двометрову рейку [12], за допомогою якої визначають лише один параметр – максимальну глибину колії. При вимірюванні поза увагою залишається поперечна конфігурація колії, яка є необхідною для встановлення причин колієутворення. Необхідність оцінювання поперечної конфігурації колії обумовила виконання цих досліджень.

Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій. Нині вимоги до стану доріг загального користування на стадії експлуатації регламентовані нормативним документом [1].

Що стосується граничних деформацій, то в нормативному документі [1] вказано: «3.1.1 Покриття проїзної частини не повинно мати осідань, вибоїн, напливів чи інших деформацій, що утруднюють рух транспортних засобів». Головним недоліком цих норм є відсутність вимог до такого показника, як колійність і методика його визначення.

У нормах [2] теж немає конкретної методики визначення колійності. Сказано лише про те, що пересувна лабораторія повинна мати дерев'яні рейки довжиною 1 і 2 м та лінійку з міліметровими поділками для визначення глибини колій.

У нормативному документі [3], уведеному в Російській Федерації на заміну норм [2], наведена спрощена методика. Як вказано в нормах [4], спрощений метод використовують для попереднього оцінювання характеру утворення колії, виявлення ділянок, які потребують усунення колії, призначення виду робіт і визначення їх орієнтовних обсягів. Методика базується на використанні двометрової рейки та вимірювального щупа (рис. 1).

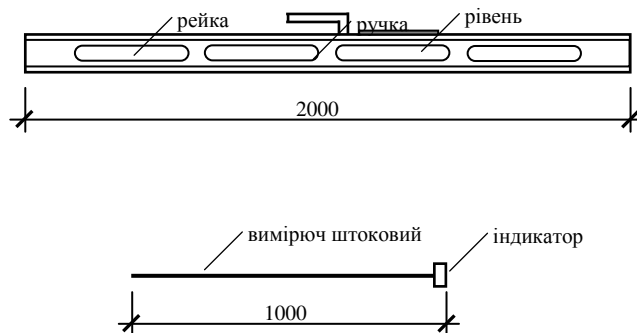


Рисунок 1 – Укорочена рейка та вимірювальний щуп для оцінювання стану поперечної рівності (колії)

За відсутності випорів рейку встановлюють на проїзну частину таким чином, щоб перекривати вимірювану колію [3].

Найбільш детальним джерелом інформації про колійність є рекомендації [4], в яких вказано, що роботи з вимірювання колійності проводять у теплий період року за відсутності води на поверхні дороги. Для планування робіт на наступний рік вимірювання проводяться в осінній період після зниження температури повітря на відкритій місцевості до $+15^{\circ}\text{C}$ удень. Вимірювання слід завершити до того, як середньодобова температура повітря стане нижчою за 0°C .

Для детального оцінювання параметрів колієутворення рекомендується використовувати спосіб вимірювання вертикальних відміток із застосуванням укороченої рейки і підкладальних стаканів (рис. 2) [4].

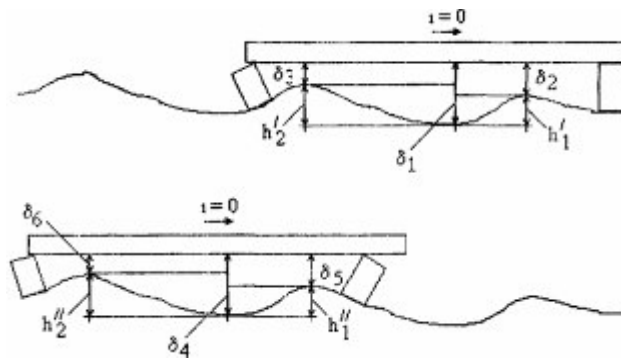


Рисунок 2 – Схема вимірювання параметрів колій за методикою вертикальних відміток

За методикою необхідно вимірювати величину найбільшого δ_1 і двох найменших δ_2 і δ_3 просвітів (рис. 2). При обробці результатів розраховують глибину колії відносно правого та лівого випорів як різницю $\delta_1 - \delta_2$ та $\delta_1 - \delta_3$ відповідно.

Аналізуючи методики, наведені в роботі [4], слід відзначити їх значну трудомісткість, відсутність можливості отримання чаші колії. Викликає сумнів і необхідність таких трудомістких робіт, результати яких ні в методиці розрахунку та прогнозування колієутворення на нежорстких дорожніх одягах [5], ні в рекомендаціях щодо усунення колій на автомобільних дорогах [6] не використовуються.

У білоруському стандарті [7] наведені вимоги до дефектів покриттів різних типів, у тому числі вимоги до колійності. Гранично допустима глибина колії залежно від рівня вимог для покриттів капітального і полегшеного типів – 3 – 5 см, для покриттів перехідного типу – 5 – 8 см. Стосовно методів, за якими проводити вимірювання колійності, в нормах [7] нічого не сказано.

У роботі [8] вказано, що вирівнюванню підлягають ділянки, які не задовольняють вимоги граничного стану за рівністю поверхні та за гранично допустимою глибиною колії (табл. 1).

Таблиця 1 – Шкала оцінювання стану дорожнього одягу за глибиною колії

Технічна категорія дороги	Гранично допустима глибина колії, мм
I	25
II	30
III	40
IV–V	50

Відповідно до норм [8], ділянки дорожнього одягу з глибиною колії, більшою ніж гранично допустимі значення, належать до небезпечних для руху автомобілів і вимагають негайного проведення робіт з усунення колії та підсилення конструкції відповідно до вимог нормативного документа [13]. Інформацію про методи та засоби, якими необхідно проводити вимірювання колійності, тут не наведено.

Зупинимося на відомих засобах і методах оцінювання колійності, які застосовуються за кордоном.

У роботі [11] наведено інформацію про прилад «Transverse Profile Beam» (балка для визначення поперечного профілю), розроблений компанією ROMDAS у Новій Зеландії у 2006 році (рис. 3). Він складається з балки довжиною 3,6 м і моторизованої каретки. Каретка рухає колесо поперек покриття, а її оптичні датчики фіксують коливання колеса по вертикалі з точністю 0,2 мм та по горизонталі з точністю 3 мм. Важлива особливість роботи приладу – потреба у взаємодії з комп'ютером під час вимірювання, що є суттєвим недоліком, тому що автономність роботи залежить у першу чергу від комп'ютера. Достатньо висока точність оптичних датчиків у цьому випадку не гарантує точність побудови профілю, бо під час руху колеса по поверхні покриття поза увагою знаходяться тріщини і невеликі вибоїни. Робота [9] розкриває й інші аспекти експлуатації приладу.



**Рисунок 3 – «Transverse Profile Beam»
(балка для визначення поперечного профілю)**

Інший прилад «MLS profiler», розробка якого розпочалася понад 20 років тому в штаті Техас (США) [10], працює подібно до «Transverse Profile Beam». Відмінністю є ручне пересування каретки з колесом по покриттю вздовж балки, яке виконує оператор. Вимірювання зміни у висоті по відношенню до базової площини для кожної горизонтальної координати здійснюється за допомогою лінійного змінного диференційного трансформатора (рис. 4). Система підключається до комп'ютера, який зберігає виміряні координати поперечного профілю. Автономність роботи «MLS profiler» залежить від комп'ютера, і тому він має обмеження у використанні.



Рисунок 4 – Прилад «MLS profiler»

У центрі транспортних досліджень Техаського університету в Остіні [10] для визначення максимальної глибини колії в першу чергу використано рейку довжиною 6 футів (приблизно 1,83 м) з клиновим промірником (рис. 5), а також прилад з лазерним далекоміром Leica (рис. 6), який переміщується оператором уздовж прямолінійної балки. Інформація автоматично записується в таблицю Excel через Bluetooth-з'єднання з комп'ютером. Один такий поперечний профіль може містити до 27 вимірювань, причому на кожне необхідно приблизно 4 секунди [10]. Можна відмітити, що висока точність цього методу вимірювань повністю нівелюється трудомісткістю та затратами часу на вимірювання.



Рисунок 5 – Використання рейки довжиною 6 футів і клинового промірника



Рисунок 6 – Вимірювання колійності з використанням лазерної системи Leica

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. На сьогодні в Україні для оцінювання колійності використовується 2-метрова рейка, за допомогою якої визначається лише один параметр – максимальна глибина колії. При вимірюванні не враховується поперечна конфігурація колії, яка є необхідною для встановлення причин колієутворення. Сучасні закордонні методи частково розв'язують це завдання, проте мають недоліки: необхідність постійного зв'язку з комп'ютером; складність конструкції приладів; недостовірність відображення результатів; трудомісткість проведення вимірювань.

Постановка завдання. Метою дослідження є вдосконалення оцінювання колійності дорожніх покриттів за рахунок розроблення нового засобу визначення колійності та методики роботи з ним.

Основний матеріал і результати. Пошук способів отримання більш детальної інформації про параметри колії привів до створення спеціалістами лабораторії автомобільних доріг і аеродромів Національного транспортного університету двометрової дерев'яної вимірювальної рейки для визначення параметрів колії за допомогою багатьох вимірювальних щупів (рис. 7).



Рисунок 7 – Вимірювальна рейка з багатьма вимірювальними щупами

Вимірювальна рейка мала 11 щупів, які розташовувалися на відстані 20 см один від одного вздовж рейки та мали міліметрову шкалу загальною довжиною 300 мм. Вимірювання колійності виконували шляхом фотографування рейки з опущеними щупами, розміщеної у місці відповідного поперечного профілю (див. рис. 7). Після проведення вимірювань на дослідній ділянці виконувалась обробка результатів шляхом розшифрування знімків. Практичні виміри за допомогою вимірювальної рейки показали, що її легка і нестійка конструкція піддається впливу вітру та проїжджаючого поруч транспорту, що дуже впливає на результати вимірювання.

У подальших пошуках дерев'яну рейку замінили на алюмінієву балку, яка мала 10 щупів та встановлювалась безпосередньо на покриття (рис. 8)



Рисунок 8 – Вимірювальна об'ємна алюмінієва балка

У подальших пошуках способу отримання більш детальної інформації про параметри колії Володимиром Павлюком та Віктором Павлюком було розроблено модель приладу для оцінювання колійності з використанням лазерного датчика, який дозволяє визначити профіль довжиною 2 м з кроком вимірювань через 1 см (рис. 9).

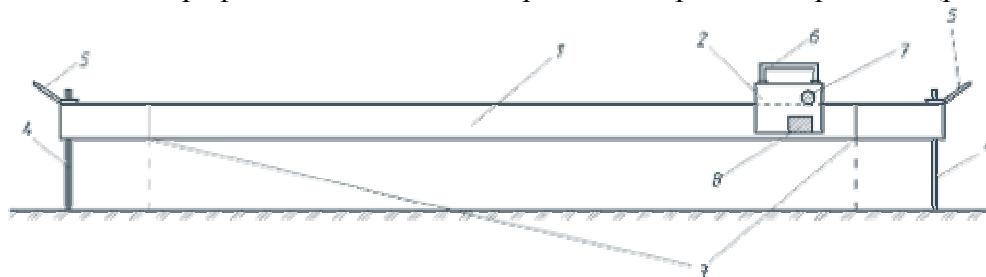


Рисунок 9 – Конструкція приладу для вимірювання колійності:

- 1 – балка; 2 – вимірювальна каретка; 3 – межі вимірювання; 4 – регулюючі опори;
- 5 – ручки для переміщення балки; 6 – ручка для переміщення каретки;
- 7 – датчик нахилу (інклінометр); 8 – лазерний датчик

Основним вимірювальним елементом приладу є рухома вимірювальна каретка з лазерним датчиком (рис. 10)



Рисунок 10 – Вимірювальна каретка приладу (вигляд зверху і знизу)

Лазерний датчик приладу проводить вимірювання відстані до поверхні дорожнього покриття в межах обраного поперечного профілю. У точках початку і кінця профілю виконується прив'язка до постійного репера за допомогою нівеліра (рис. 11).



Рисунок 11 – Приклад закріплення постійного репера

Загальний вигляд процесу вимірювання наведено на рис. 12.



Рисунок 12 – Загальний вигляд процесу вимірювання та прив'язки до постійного репера

Результати вимірювань записуються на флеш-накопичувач, установлений у вимірювальну каретку. Обробка цих результатів виконується за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel. Приклад поперечного профілю, побудованого за даними вимірювань, наведено на рис. 13

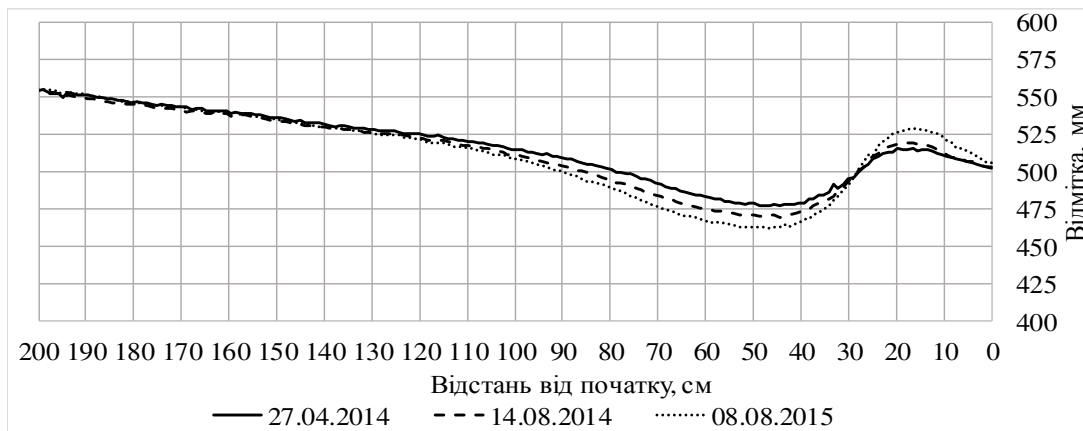


Рисунок 13 – Поперечний профіль проїзної частини правої смуги накату на автомобільній дорозі М-12 (км 213+970)

У процесі експлуатації приладу визначались особливості його роботи та проводилося його вдосконалення. У результаті досліджень було розроблено методику оцінювання колійності. Згідно з нею перш за все необхідно обрати дослідну ділянку. Відмітки поперечного профілю слід визначати через кожні 6 м довжини ділянки. Перед вимірюванням покриття потрібно ретельно очистити від пилу й бруду, щоб було чітко видно межі покриття та обочин. Для проведення вимірювання прилад установлюється над зовнішньою смугою накату поперек осі дороги таким чином, щоб його початок знаходився біля крайової розмітки або кромки покриття (у разі відсутності крайової розмітки). Необхідно позначити місця встановлення опор приладу та межі (початок і кінець) сканування, навівши їх фарбою (рис. 14).



Рисунок 14 – Приклад позначення місця встановлення опор приладу

Після проведення вимірювання необхідно виконати нівелювання меж (початку і кінця) поперечного профілю з прив'язкою до постійного репера, що є одним з основних пунктів методики, яка дозволяє отримувати не тільки фактичні дані про колійність у момент вимірювання, а й спостерігати за динамікою поперечного профілю в процесі експлуатації автомобільних доріг.

Висновки. У результаті аналізу сучасних засобів визначення колійності дорожніх покриттів були встановлені їх недоліки: необхідність постійного зв'язку з комп'ютером; складність конструкції приладів; недостовірність відображення результатів; трудомісткість проведення вимірювань. Для їх усунення виникла потреба у створенні нових засобів оцінювання колійності. Було розроблено прилад у вигляді рейки з багатьма вимірювальними щупами. У процесі виявлення недоліків під час експлуатації прилад багаторазово вдосконалювався. У результаті конструкція була повністю змінена, і на цьому етапі розроблено діючу модель приладу, що являє собою балку з рухомою кареткою. Прилад дає можливість визначати не лише максимальну глибину, а й отримувати дані для детального аналізу поперечної конфігурації колії.

Література

1. ДСТУ 3587-97. *Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану.* – К. : Держстандарт України, 1997. – 23 с.
2. ВСН 6-90. *Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог.* – М. : Стройиздат, 1990. – 21 с.
3. ОДН 218.0.006-2002 (взамен ВСН 6-90). *Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог.* – М., 2002. – 78 с.
4. *Рекомендации по выявлению и устранению колей на нежестких дорожных одеждах. Часть 1. Методика измерений и оценки эксплуатационного состояния дорог по глубине колеи.* – М., 2002. – 23 с.
5. *Рекомендации по выявлению и устранению колей на нежестких дорожных одеждах. Часть 2. Методические рекомендации по расчету и прогнозированию колеобразования на нежестких дорожных одеждах.* – М., 2002. – 29 с.
6. *Рекомендации по выявлению и устранению колей на нежестких дорожных одеждах. Часть 3. Рекомендации по устранению колей на автомобильных дорогах.* – М., 2002. – 33 с.
7. СТБ 1291-2001. *Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности движения.* – Минск, 2001.
8. Р В.2.7-218-02071168-784:2011. *Рекомендації щодо вибору армуючих матеріалів для підвищення стійкості асфальтобетонних покриттів до утворення колії.* – К. : Укравтодор, 2011. – 22 с.
9. Mallela R. *Harmonizing Automated Rut Depth Measurement / R. Mallela, H. Wang, Wellington // Land Transport New Zealand Research Report 277.* – Wellington, 2006. – 58 p.
10. *Field Evaluation of Automated Rutting Measuring Equipment. Technical Report No. FHWA/TX-12/0-6663-1 / P. A. Serigos, J. A. Prozzi, B. H. Nam, M. R. Murphy // Texas Department of Transportation.* – Austin, 2012. – 170 p.
11. *The ROMDAS Transverse Profile Beam (TPB) Reference Profiler [Electronic resource].* – Access mode: <http://www.romdas.com/hard/specs/sp-tpb.pdf>.
12. *Методичні рекомендації щодо класифікації колій на дорожніх покриттях і способів їх ліквідації / Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор).* – К. : Укравтодор, 2002. – 17 с.
13. ГБН Г.1-218-182:2011. *Ремонт автомобильных доріг загального користування. Види ремонтів та перелік робіт. / Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор).* – К. : Укравтодор, 2011 – 21 с.

References

1. DSTU 3587-97. *Bezpeka dorozhnogo ruhu. Avtomobilni dorogi, vulitsi ta zaliznichni pereyizdi. Vimogi do ekspluatatsiyного stanu.* – K. : Derzhstandart Ukrayini, 1997. – 23 s.
2. ВСН 6-90. *Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог.* – М. : Stroyizdat, 1990. – 21 с.

3. ODN 218.0.006-2002 (vzamen VSN 6-90). *Pravila diagnostiki i otsenki sostoyaniya avtomobilnyh dorog.* – M., 2002. – 78 s.
4. *Rekomendatsii po vyyavleniyu i ustranenyu koley na nezhestkih dorozhnyh odezhdah. Chast 1. Metodika izmereniy i otsenki ekspluatatsionnogo sostoyaniya dorog po glubine kolei.* – M., 2002. – 23 s.
5. *Rekomendatsii po vyyavleniyu i ustranenyu koley na nezhestkih dorozhnyh odezhdah. Chast 2. Metodicheskie rekomendatsii po raschetu i prognozirovaniyu kolee-obrazovaniya na nezhestkih dorozhnyh odezhdah.* – M., 2002. – 29 s.
6. *Rekomendatsii po vyyavleniyu i ustranenyu koley na nezhestkih dorozhnyh odezhdah. Chast 3. Rekomendatsii po ustranenyu koley na avtomobilnyh dorogah.* – M., 2002. – 33 s. 7. *STB 1291-2001. Dorogi avtomobilnye i ulitsy. Trebovaniya k ekspluatatsionnomu sostoyaniyu, dopustimomu po usloviyam obespecheniya bezopasnosti dvizheniya.* – Minsk, 2001.
8. *R V.2.7-218-02071168-784:2011. Rekomendatsiyi shchodo vboru armuyuchih materialiv dlya pidvishchennya stiykosti asfaltobetonnih pokrytyy do utvorenniya koliyi.* – K. : Ukravtodor, 2011. – 22 s.
9. *Mallela R. Harmonizing Automated Rut Depth Measurement / R. Mallela, H. Wang, Wellington // Land Transport New Zealand Research Report 277.* – Wellington, 2006. – 58 p.
10. *Field Evaluation of Automated Rutting Measuring Equipment. Technical Report No. FHWA/TX-12/0-6663-1 / P. A. Serigos, J. A. Prozzi, B. H. Nam, M. R. Murphy // Texas Department of Transportation.* – Austin, 2012. – 170 p.
11. *The ROMDAS Transverse Profile Beam (TPB) Reference Profiler [Electronic resource].* – Access mode: <http://www.romdas.com/hard/specs/sp-tpb.pdf>.
12. *Metodichni rekomendatsiyi shchodo klasifikatsiyi koliy na dorozhnyh pokrytyyah i sposobiv yih likvidatsiyi / Derzhavna sluzhba avtomobilnih dorig Ukrayini (Ukravtodor).* – K. : Ukravtodor, 2002. – 17 s.
13. *GBN G.1-218-182:2011. Remont avtomobilnih dorig zagalnego koristuvannya. Vidi remontiv ta perelik robit. / Derzhavna sluzhba avtomobilnih dorig Ukrayini (Ukravtodor).* – K. : Ukravtodor, 2011 – 21 s.

© Чаповський В.С.
Надійшла до редакції 03.04.2016