



УДК 625.7.032.32

- © І.В. Кіяшко, канд. техн. наук, професор,
- © Р.В. Смолянюк, канд. техн. наук, доцент,
- © Д.М. Новаковський,
- © О.Ю. Пархоменко,
- © О.С. Мінаков (ХНАДУ)

ДІАГНОСТИКА СТАНУ ПОКРИТТІВ НОВІТНІМИ ХОДОВИМИ ДОРОЖНІМИ ЛАБОРАТОРІЯМИ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Анотація. Наведено короткий огляд сучасних ходових лабораторій для оцінки стану дорожніх покриттів за рівністю і ступенем пошкодження (аналіз наявності і розмірів дефектів). Наведені основні характеристики останніх розробок ХНАДУ у цій галузі – систем ЛВС-3 та ОКО-2. Вказані основні відмінності новітніх систем від попереднього покоління. Розглянуто перспективи удосконалення систем діагностики стану дорожніх покриттів.

Ключові слова: рівність поверхні дорожніх покриттів, лазерне сканування, міжнародний індекс рівності (IRI), дефекти дорожнього покриття, ходові дорожні лабораторії.

Аннотация. Приведен краткий обзор современных ходовых лабораторий для оценки состояния дорожных покрытий по ровности и степени повреждения (наличие и размер дефектов). Приведены основные характеристики последних разработок ХНАДУ в этой области – систем ЛВС-3 и ОКО-2. Указаны основные отличия новейших систем от предыдущего поколения. Рассмотрены перспективы совершенствования систем диагностики состояния дорожных покрытий.

Ключевые слова: ровность поверхности дорожных покрытий, лазерное сканирование, международный индекс ровности (IRI), дефекты дорожного покрытия, ходовые дорожные лаборатории.

Annotation. A brief overview of current running laboratories to assess the state of road surfaces for smoothness and degree of damage (the presence and size of defects). The main characteristics of the latest developments in this field HNADU – systems LVS-3 and OKO-2. The main differences are the latest systems from the previous generation. The prospects for the improvement of diagnostic systems pavement.

Key words: smoothness the road surface, laser scanning, International Road Index (IRI), defects in the road surface, road running lab.

Вступ

Співробітники кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг ХНАДУ протягом останніх 10 років активізували роботу щодо подальшого розвитку та удосконалення методів оцінки стану автомобільних доріг, зокрема дорожніх покриттів. За цей час проведено значні теоретичні й експериментальні дослідження щодо удосконалення та впровадження до практичного використання сучасних засобів оцінки стану дорожніх покриттів, сконструйовано і створено низку приладів та устаткування для виконання робіт з діагностики та моніторингу стану покриттів, розроблено супутнє спеціалізоване програмне забезпечення, розроблені та затверджені необхідні нормативні документи.

Останніми розробками у цьому напрямі є системи ЛВС-3-ХНАДУ та ОКО-2.

Оцінка рівності дорожніх покриттів

За результатами огляду літературних джерел та проведених кафедрою експериментальних досліджень було встановлено, що найбільш перспективною технологією оцінки рівності дорожніх покриттів є оцінка за Міжнародним Індексом Рівності (IRI) [2]. Для визначення рівності за IRI використовують різне обладнання, яке, як правило, розділяють на 4 класи. Проте, на теперішній час у розвинених країнах світу фактично використовують лише обладнання 2 класу – ходові дорожні лабораторії з обладнанням для сканування дорожніх покриттів (рис. 1 – 4). Технологія сканування



Рис. 1. Профілограф “Profilograph III”, Дорожній дослідницький інститут, Данія



Рис. 2. Профілограф “Roadmaster”, Фінляндія



Рис. 3. Профілограф “LSAQ”(лазерна система оцінки якості), Німеччина



Рис. 4. Профілограф “Harris”, Транспортна дослідницька лабораторія, Англія

полягає у визначенні відстані між відносним рівнем та поверхнею дорожнього покриття. Такі вимірювання можна виконувати лише за допомогою безконтактних датчиків: лазерних або ультразвукових.

Отримані результати вимірювань дають лінію – “профіль”. Окрема додаткова система слідкує за переміщенням рівня, відносно якого виконують вимірювання – а саме за переміщенням балки, на якій встановлені безконтактні датчики.

Сам показник IRI розраховують шляхом моделювання руху “золотого” автомобіля по виміряному профілю.

Досить складна технологія вимірювання і висока ціна вимірювального обладнання не стали на заваді реалізації цієї технології в Україні, оскільки якість оцінки є істотно вищою порівняно з іншими відомими методами.

До того ж, за допомогою зазначених профілографів можна виконувати вимірювання на різних швидкостях, у широкому діапазоні температур навколишнього середовища, що є досить істотною перевагою.

Роботи в даному напрямку на кафедрі будівництва та експлуатації автомобільних доріг ХНАДУ

починалися з розробки експериментального зразка установки лазерного сканування покриттів ЛВС-1-ХНАДУ, що мала один лазерний датчик [3]. Ця установка дозволяла виконувати вимірювання рівності дорожніх покриттів у поздовжньому напрямку при будь якій постійній швидкості руху дорожньої лабораторії та поперечну рівність у стаціонарному режимі – стоянки. За допомогою цього обладнання були виконані роботи щодо перевірки принципу виконання вимірювань, підбору комплектуючих, режимів роботи тощо.

Одним з важливіших висновків за результатами виконаної роботи є те, що лазерні датчики безконтактного вимірювання відстані найбільш доцільні для виконання вимірювань та отримання даних щодо рівності дорожніх покриттів. На відміну від інших типів датчиків (рис. 5 і рис. 6), лазерні датчики дають більш сталі результати, менш зазнають негативного впливу від кліматичних факторів: температури та вологості повітря.

Отриманий досвід дозволив розробити перший вітчизняний зразок лазерного профілографа, при використанні якого можна оцінювати рівність дорожнього покриття по всій ширині смуги руху: ЛВС-2-ХНАДУ [4].



рейка с ультразвуковими датчиками

Рис. 5. Установка контролю рівності ПКР-1, Росія

Після закінчення робіт зазначене устаткування було встановлено на автомобіль “Fiat Dukato”, який належить ДНТЦ “Дор’якість” та разом з іншим діагностичним обладнанням використовується для оцінки експлуатаційного стану автомобільних доріг (рис. 7).

Проведення в Україні чемпіонату з футболу “ЄВРО-2012” несподівано стало стимулом для подальшого розвитку та удосконалення систем з діагностики рівності покриттів автомобільних доріг. Для інформаційного забезпечення гостей та уболівальників чемпіонату і підвищення безпеки дорожнього руху на автомобільних дорогах України, які співпадають з міжнародними транспортними коридорами, був створений “Дорожній інформаційний центр” на базі “Укрдіпродор”. Основна мета створення зазначеного центру – накопичення, обробка, аналіз та зберігання інформації про стан автомобільних доріг: інженерного



Рис. 7. Загальний вигляд ЛВС-2 на автомобілі “Fiat Dukato”



Рис. 6. Установа “TUS”, Франція

облаштування, технічних засобів організації та регулювання дорожнього руху, об’єктів сервісу, дорожніх покриттів. Для забезпечення збору та накопичення інформації було створено сім ходових дорожніх лабораторій, два з яких, на базі автомобілів “Ford Transit” були обладнані наступним поколінням лазерних профілографів – ЛВС-3 (рис. 8).

Система ЛВС-3 отримала наступні удосконалення.

Основними вимірювальними елементами системи залишилися лазерні датчики відстані, але порівняно із системою ЛВС-2, ЛВС-3 укомплектована датчиками з покращеними характеристиками:



Рис. 8. Загальний вигляд ЛВС-3 на автомобілі “Ford Transit”



Рис. 9. Місце оператора ЛВС-2

частота роботи збільшена у 5 разів, збільшений діапазон вимірювання до 500 мм. Збільшення діапазону вимірювання лазерних датчиків позитивно вплинуло на експлуатаційні якості системи – балка з всіма вимірювальними приладами розташована значно вище від поверхні покриття, тому під час паркування “до бордюру” її неможливо пошкодити.

Наступним удосконаленням стало інше рішення бокових секцій. Досвід експлуатації ЛВС-2 показав, що бокові секції балки або рейки використовуються досить рідко, оскільки це можливе лише на дорогах без транспортного руху, під час контролю якості будівництва. Тому у системі ЛВС-3 бокові секції виконані окремо і можуть не встановлюватися на систему під час виконання вимірювань на дорогах, що експлуатуються. При цьому загальна вага балки або рейки істотно зменшилася, систему легше демонтувати, менше навантаження на передню частину базового автомобіля.

Ширина вимірювання залишилася такою ж – 2,0 м в основному режимі та 3,5 м – у розширеному. Загальна кількість лазерних датчиків – 18, з них 10 – у центральній секції.

Не зважаючи на використання нових більш потужних датчиків, габаритні розміри супутнього обладнання та комп’ютерної техніки практично не змінилися (рис. 9 і рис. 10).

Автомобіль “Ford Transit” має значно менше місця в салоні для розміщення обладнання, тому була виготовлена оригінальна система кріплення обладнання. Так, наприклад, клавіатури встановлені на поворотних кронштейнах, що спрощує посадку оператора.

Слід відмітити, що за рахунок використання нових сучасних цифрових датчиків габарити супутнього обладнання для обох систем в рази менші, ніж у закордонних аналогів (рис. 11).

Принципово новим є живлення систем.

На відміну від більшості закордонних систем принципово не використовуються зовнішні джерела живлення: додаткові генератори або акумулятори. Системи ЛВС-2 та ЛВС-3 споживають досить мало, тому живляться від бортової мережі автомо-



Рис. 10. Місце оператора ЛВС-3

біля. У системі ЛВС-3 використані новітні блоки живлення, які розроблені у США спеціально для живлення автомобільних комп’ютерів, що дозволило позбавитися від інверторів 12 – 220 В та зменшити споживання системи на 20 %, а також підвищити електричну безпеку.

З огляду на використання у системі ЛВС-3 нових лазерних датчиків, програмне забезпечення для зазначеної системи було розроблено практично заново. Під час роботи над ним був врахований досвід використання програмного забезпечення системи ЛВС-2. Основним недоліком цього програмного забезпечення є поетапна обробка даних. Після виконання вимірювань результатом роботи є файл з даними про профілі – умовними відмітками поверхні дорожнього покриття. Для отримання кінцевого результату – оцінки рівності покриття за показником IRI, оператор повинен використовувати програмне забезпечення “RoadRaf” Мічиганського університету. За даними з файлу, програмне забезпечення “RoadRaf” розраховує показник IRI. Така послідовність обробки є не досконалою, оскільки це програмне забезпечення має певні обмеження: виключно англійська мова, експорт результатів розрахунку IRI тільки в текстовий файл тощо. Таким чином, обробка даних досить складна.

У програмному забезпеченні ЛВС-3 вбудований алгоритм обробки отриманих даних та розрахунку IRI. Також передбачена можливість генерації відомості з результатами вимірювань у форматі “Excel”. Форма відомості наближена до стандартної форми відомості рівності, яку використовують у СУСП (Система управління станом покриттів), що дозволяє її відразу використовувати для подальшої автоматизованої обробки.

Для забезпечення впровадження нового методу оцінки рівності у виробництво була розроблена низка нормативних документів: ТР 218–02071168–395:2008 “Технологічний регламент з діагностики автомобільних доріг методом сканування”, РВ.2.3–218–02071168–733:2008



Рис. 11. Внутрішній простір профілографа “Harris”, Транспортна дослідницька лабораторія, Англія

“Рекомендації з технології сканування покриттів автомобільних доріг”, М 218–02071168:642–2008 “Методика проведення випробувань щодо діагностики покриттів автомобільних доріг методом сканування її поверхні”, СОУ 45.2–00018112–042: 2009 “Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх одягів”. Наприкінці 2011 року був затверджений та зареєстрований нормативний документ СОУ 45.2–00018112–078:2011 “Автомобільні дороги. Оцінка рівності дорожніх покриттів за Міжнародним Індексом Рівності (IRI)”. Цей документ встановлює вимоги до всіх приладів, які можуть використовувати для оцінки рівності дорожніх покриттів за IRI (за 3 класами), вимоги до програмного забезпечення для розрахунку IRI, базові та гранично допустимі показники рівності дорожнього покриття за IRI.

Оцінка пошкодження покриттів автомобільних доріг

Для виявлення дефектів та пошкоджень на покриттях автомобільних доріг можуть застосовуватися різні методи [5 – 7]. Найбільш поширеним, починаючи з 30-х років 20-го сторіччя було візуальне обстеження. За результатами візуального обстеження складається абрис пошкоджень та дефектів покриття автомобільної дороги. Системи відеодіагностики автомобільних доріг стали логічним продовженням методу візуального обстеження. Виключити роботу оператора під час обробки зображення поверхні покриття практично не можливо. Тому основна робота щодо удосконалення систем діагностики такого типу спрямована на покращення умов роботи оператора, надання йому необхідних інструментів для збільшення швидкості отримання й обробки отриманих зображень і зменшення трудомісткості.

У рамках проекту “Дорінфоцентру”, на дві вище згадані ходові лабораторії на базі автомобілів “Ford Transit” були також встановлені системи відеодіагностики стану покриттів автомобільних доріг ОКО-2 (рис. 12).

Основною метою удосконалення системи ОКО [5 – 7] було збільшення швидкості обстеження.



Рис. 12. Загальний вигляд ОКО-2 на автомобіля “Ford Transit”

Із цією метою використали новітню камеру RF910, що має втричі більшу швидкість запису зображення порівняно з камерою, яку використовували у попередній системі ОКО (рис. 13).

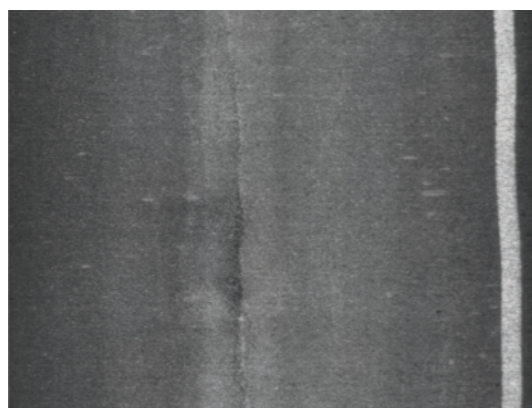


Рис. 13. Фрагмент зображення дорожнього покриття, отриманого камерою ОКО-2

Використання нової камери дозволяє автомобілю-лабораторії рухатися під час виконання обстеження практично зі швидкістю транспортного потоку, що не створює перешкод іншим учасникам руху.

Програмне забезпечення для системи ОКО-2 було розроблене з врахуванням збільшеної швидкості роботи камери та за результатами недоліків, які було виявлено при роботі з програмним забезпеченням системи ОКО.

У програмному забезпеченні ОКО-2 реалізовані наступні функції.

Для кращої орієнтації оператора та швидкого переміщення вздовж відзнятого фрагмента поверхні

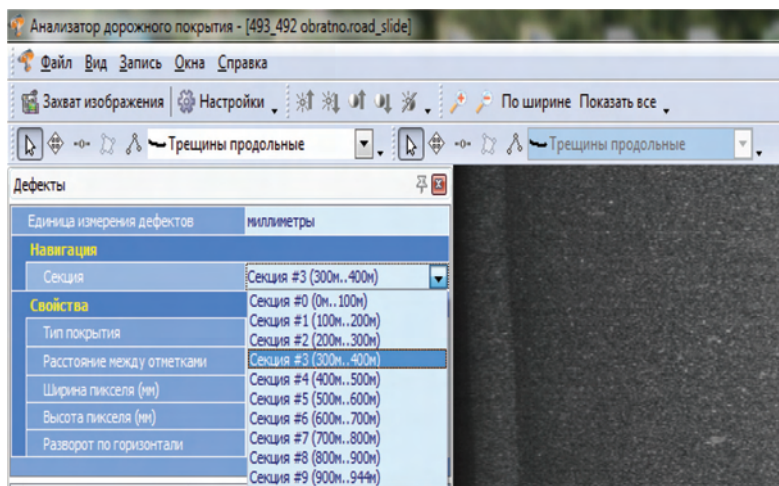


Рис. 14. Фрагмент програмного забезпечення ОКО-2

покриття автомобільної дороги використовують вкладку “навігація” (рис. 14), що дозволяє в процесі обробки та аналізу отриманої інформації миттєво переміщуватися на потрібну ділянку поверхні покриття. Довжина ділянки обирається оператором перед початком зйомки, і може складати 10 м, 100 м або 1 000 м. Реєстрацію дефектів також виконують по обраним ділянкам, при цьому дефекти одного виду в межах ділянки підсумовуються, що дозволяє в разі необхідності отримати досить детальну картину пошкоджень.

Для кращої ідентифікації пошкоджень можна використовувати: збільшення або зменшення масштабу, яскравості та контрастності зображення.

За бажанням оператора може бути включена функція, що відображає різні типи пошкоджень (попередньо відмічених оператором) різними кольорами.

Програмне забезпечення системи ОКО-2 формує результати випробувань у форматі “Excel”. Форма відомості наближена до стандартної форми відомості рівності, яку використовують у СУСП, що дозволяє її відразу використовувати для подальшої автоматизованої обробки, а також відповідає вимогам СОУ 45.2–00018112–080:2011 “Автомобільні дороги. Оцінка та реєстрація стану дорожніх покриттів та технічних засобів автомобільних доріг автоматизованими системами відеодіагностики”.

Висновки

Накопичення й обробка інформаційних даних щодо стану автомобільних доріг, зокрема, дорожніх покриттів, в єдиному інформаційному центрі є європейською практикою, що істотно покращує контроль за експлуатаційним станом доріг, контроль якості й обсягів ремонтних робіт, дозволяє враховувати скарги і пропозиції користувачів доріг і оперативної на них реагувати.

Основною вимогою функціонування єдиного дорожнього інформаційного центру є наявність

ходових дорожніх лабораторій, що повинні забезпечувати безперервний моніторинг та контроль стану дорожніх покриттів, облаштування, технічних засобів, об’єктів дорожнього сервісу тощо. У світовій практиці саме дорожні лабораторії забезпечують до 90 % інформації про стан доріг.

Для забезпечення контролю експлуатаційного стану доріг, мінімум двічі на рік (європейська практика), необхідна достатня кількість ходових лабораторій з підготовленим штатом водіїв, операторів та інженерів для їх обслуговування.

Сучасні системи ЛВС-3 та ОКО-2 не поступаються закордонним аналогам, мають технічні параметри, що відповідають сучасним світовим вимогам і мають значно меншу вартість.

Створення і розвиток вітчизняних діагностичних систем є економічно вигідним, розвиває науковий потенціал, стимулює цілу низку суміжних напрямів у науці. Така робота відповідає сучасному державному курсу щодо заміщення дорогих імпортованих товарів товарами вітчизняного виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Савенко В.Я. Недоліки оцінки рівності поверхні дорожніх покриттів, яку використовують в Україні / В.В. Філіппов, Д.І. Кіяшко, Р.В. Смолянюк, Н.В. Смірнова // Автошляховик України. – 2011. – № 6. – С. 24 – 31.
2. Sayers M.W. The little Book of Profiling. Basic Information about Measuring and Interpreting Road Profiles / M.W. Sayers, S.M. Karamihis. – Michigan : The University of Michigan Transportation Research Institute, 1998. – 306 p.
3. Смолянюк Р.В. Розвиток й удосконалення сучасних технологій оцінки рівності дорожніх покриттів / І.В. Кіяшко // Автошляховик України. – 2007. – № 5. – С. 39 – 42.
4. Смолянюк Р.В. Використання системи ЛВС-2-ХНАДУ для оцінки рівності дорожніх покриттів / Р.В. Смолянюк, І.В. Кіяшко // Автошляховик України. – 2009. – № 5. – С. 24 – 26.
5. Смолянюк Р.В. Використання систем відеодіагностики для оцінки стану поверхні покриттів та елементів облаштування автомобільних доріг / І.В. Кіяшко // Автошляховик України. – 2008. – № 6. – С. 23 – 30.
6. Смолянюк Р.В. Використання системи відеосканування “ОКО” для діагностики стану покриттів автомобільних доріг / І.В. Кіяшко, Д.М. Новаковський // Автошляховик України. – 2010. – № 6. – С. 25 – 29.
7. Смолянюк Р.В. Сучасні пересувні лабораторії для оцінки споживчих властивостей автомобільних доріг // Проектування, будівництво та експлуатація нежорстких дорожніх одягів. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, яка присвячена 80-річчю ХНАДУ та дорожньо-будівельного факультету. – Харків: ХНАДУ. – С. 138 – 146.