

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**КОМПЛЕКСИ І ТЕХНОЛОГІЇ ВИЗНАЧЕННЯ ТРАНСПОРТНО-
ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

РЕФЕРАТ

Київ – 2016

Короткий зміст роботи. Дорожній одяг є одним з головних елементів автомобільних доріг. Його вартість в проектах реконструкції і ремонту автомобільних доріг, в окремих випадках, досягає 90% від загальної вартості ремонтно-будівельних робіт.

Моніторинг та діагностика міцності дорожнього одягу, рівності дорожнього покриття і коефіцієнта зчеплення колеса автомобіля з дорожнім покриттям дозволяє виконувати ремонтні роботи в першу чергу на тих ділянках доріг, де інвестиції та видатки державного бюджету дадуть найбільший економічний ефект.

Дорожній одяг на існуючих автомобільних дорогах відзначається високою неоднорідністю як в поперечному профілі, так і по довжині дороги. Тому, для розроблення оптимальної конструкції дорожнього одягу при його посиленні, розширенні або вирівнюванні на стадії реконструкції, капітального або поточного середнього ремонту дороги, необхідне його детальне обстеження з використанням різних методів, інструментів і пристроїв.

Переважна більшість руйнувань дорожнього покриття виникає через недостатню міцність дорожнього одягу (недостатній модуль пружності).

Без визначення модуля пружності на поверхні покриття існуючого дорожнього одягу та його рівності призначити надійну і ефективну конструкцію посилення останнього неможливо.

Метою розроблення випробувальних комплексів та технологій для підвищення швидкості та точності визначення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг, зокрема, міцності дорожнього одягу, рівності і коефіцієнта зчеплення дорожнього покриття для прийняття ефективних проектних рішень по підвищенню якості, надійності та довговічності проїзної частини у проектах на реконструкцію, капітальний і поточний середній ремонт автомобільних доріг.

У результаті прийняття проектувальниками ефективних науково-обґрунтованих проектних рішень в одних випадках добрий транспортно-експлуатаційний стан автомобільних доріг зберігається довше, тобто, термін ефективної служби автомобільної дороги збільшується, а в інших випадках – вартість ремонтно-будівельних робіт зменшується, що дає можливість за одні і ті ж кошти збільшити протяжність реконструйованих та відремонтованих доріг.

Таким чином істотно підвищується ефективність інвестицій та видатків державного бюджету у розвиток автомобільних доріг та підвищення ефективності роботи автомобільного транспорту.

Оцінювання деформативності дорожніх конструкцій виконується двома методами – розрахунковим та інструментальним.

Розрахунковий метод полягає в тому, що в межах вимірювальної ділянки виконується розкриття конструкції з вимірюванням товщини окремих шарів. Загальний модуль пружності конструкції розраховують за значеннями товщини і модулів пружності шарів, наведених в нормативних документах. Недоліками такого методу є низька продуктивність і достовірність отриманих результатів та руйнування дорожнього одягу у місцях його обстеження.

Тому, на практиці використовують інструментальні методи для визначення фактичних значень модуля пружності в процесі прикладення певного навантаження. Методи відрізняються як обладнанням, так і способами вимірювання.

Метод статичного навантаження колесом розрахункового автомобіля полягає у вимірюванні прогинів з використанням прогиномірів або нівелірів.

Для виконання одного вимірювання величини прогину дорожньої конструкції необхідно до 15 хвилин. Тобто, реально можна виконати не більше чотирьох вимірів за годину. Це вкрай низька продуктивність праці. Тому, на практиці такі методи та прилади використовують для наукових досліджень.

Динамічні методи випробувань дорожніх конструкцій можна умовно розділити на дві групи: вібраційні і ударні.

Більшість установок вібраційної дії використовувались для дослідницьких цілей. Внаслідок складності конструкції та великих затрат часу при підготовці до вимірювань вони мають низьку продуктивність.

Найбільшого розповсюдження отримали ударні методи з однократним прикладенням навантаження. Принцип дії ударного методу полягає у скиданні з деякої висоти гирі заданої маси на пружний елемент з відомими властивостями, який передає динамічний вплив через штамп з фіксованим діаметром.

Пружний динамічний прогин під дією навантаження реєструють з допомогою різних вібрографів, датчиків деформацій та ін., які встановлюють на реперній балці. За виміряною витраченою роботою, імпульсом взаємодії і даними віброграм визначають динамічний модуль пружності.

В даний час в світі створено ряд установок ударного динамічного навантаження. В Данії, Російській Федерації, США, Швеції та інших країнах для оцінки несучої здатності дорожніх конструкцій використовують установки динамічного навантаження з штампом діаметром 30 см, які забезпечують до 200 вимірів за день. До них відносяться установки: «Dynatest» (Данія); «УДН-Н», «УДН-НК», «УДК-2», «УДК-3» (МАДІ, РФ), «Дина-3М» (ФГУП СНВЦ «Росдортех», РФ); «SPA» (Seismic Pavement Analyzer, США), «Dynalect» (Geo-Log, Inc, США), «FWD» (Carl Bro, США), «KUAB» (Швеція).

Всі ці установки мають складну конструкцію і вимагають постійного ретельного догляду за елементами механізму навантаження дорожньої конструкції, тому на практиці вони не отримали широкого розповсюдження.

При розробці в Національному транспортному університеті (НТУ) уже перших модифікацій універсального дорожнього вимірювального обладнання (УДВО) були враховані недоліки зазначених приладів.

Вузол вимірювання міцності виконали у вигляді ударника з еластичною подошвою. Міцність дорожньої конструкції оцінюють в імпульсах тактового генератора за проміжком часу між першим та другим дотиком ударника до покриття під час ударів. Коефіцієнти кореляції між цим параметром та пружним прогином досить високі.

Використання рейки і клинового промірника для контролю рівності дорожніх покриттів відрізняється підвищеною трудомісткістю, з погляду

технології виконання вимірювань відноситься до важкої фізичної праці в неприродній для людини позі і не відповідає сучасному рівню розвитку вимірювальної техніки.

Різного роду модифікації триметрової рейки у вигляді пересувних і багатоопорних її варіантів із записуючими пристроями не знайшли широкого розповсюдження на виробництві через необхідність трудомісткою розшифровки запису і приведення результатів до показань звичайної рейки.

Інколи використовується вимірювання рівності за допомогою нівеліра. До недоліків нівелювання як способу контролю рівності відноситься значна трудомісткість польових робіт та обробки результатів.

У практиці багатьох країн найбільшого поширення набули поштовхоміри, що вимірюють сумарне переміщення у вертикальній площині задньої осі автомобіля-лабораторії щодо кузова. Ці переміщення підсумовуються впродовж пройденого шляху. Показник рівності вимірюється в см/км. Чим більша величина показника, тим гірша рівність покриття.

В НТУ робилися спроби застосування для вузлів поштовхоміра стандартних готових комплектуючих елементів персональних комп'ютерів. Виявилось, що конструкція звичайної «мишки» включає всі основні елементи поштовхоміра: обтюратор, оптопару та інші елементи. Поштовхомір на базі «мишки» використовувався на перших моделях УДВО.

Зазвичай калібрування вимірювальної апаратури на основі поштовхомірів виконують за міжнародним індексом рівності IRI. Методи калібрування групуються за чотирма класами точності. Калібрування виконують також шляхом встановлення експериментальним шляхом кореляційних залежностей між показаннями даного і базового поштовхомірів. В НТУ розроблено спеціальний метрологічний стенд для калібрування.

До країн, в яких займаються виготовленням та застосуванням приладів для вимірювання функціональних показників зчпних якостей дорожніх покриттів відносяться: Австралія, Бельгія, Білорусь, Великобританія, Данія, Естонія, Ірландія, Італія, Казахстан, Канада, Латвія, Нідерланди, Норвегія, Польща, Російська Федерація, США, Україна, Угорщина, Фінляндія, Франція, ФРН, Чехія, Швейцарія, Швеція, Японія. Найбільшого поширення набули прилади: «Douglas Mu-Meter Mk.6» (Великобританія); «TWO – Traction Watcher One» (Норвегія), «МП-3», «ППК-2», «ИКСп» (РФ); «РКС-КАДІ» (Україна), «RT3 GRIP», «RT3 FLIGHT», «Micro GripTester», «RT3 curve» (США).

Причіпний динамометричний прилад «ПКРС-2У» (РФ) для вимірювання коефіцієнта зчеплення φ є єдиним причіпним автомобільним приладом, використання якого має юридичну основу в країнах СНД.

Причіпний динамометричний прилад ПКРС-2У (РФ), для вимірювання коефіцієнта зчеплення φ , є єдиним причіпним автомобільним приладом, використання якого на території країн СНД має юридичну основу.

Проте, відхилення результатів вимірювання φ автомобільними динамометричними приладами однаковими, близькими чи різними за конструкцією, у тому числі ПКРС-2, є скоріше правилом, ніж виключенням чи

незрозумілою випадковістю. Відхилення результатів вимірювання коефіцієнта зчеплення зазначеними приладами пояснюються надзвичайною різноманітністю факторів, що впливають на величину коефіцієнта зчеплення.

Особливістю моделі, розробленої в НТУ, є заміна пневмогідролічної системи гальмування на електрогідролічну, що дозволило отримати позитивні результати, зокрема, відтворюваність результатів вимірювання.

Наукова новизна. Розроблені теоретичні основи та виготовлені випробувальні комплекси, до складу яких входить пересувна лабораторія та, виконане у вигляді причепа обладнання УДВО, відрізняється від відомих тим, що три вимірювальні вузли змонтовані на одному шасі, що призвело до скорочення матеріалоємності обладнання в 3 рази та скорочення пробігів пересувних лабораторій в 1,5 рази; перевезення УДВО з місця на місце здійснюється в салоні пересувної лабораторії, що дозволяє підвищити термін експлуатації вимірювального обладнання на 30%; розміщення вузла вимірювання рівності покриття на автономному причепі дозволяє підвищити точність оцінки рівності за рахунок виключення впливу на результати вимірювань параметрів автомобіля, які не є сталими (навантаження, жорсткість підвіски, тиск в шинах тощо); при оцінці міцності дорожнього одягу вимірюється тривалість відскоку ударника від покриття між першим та другим ударом, що дозволило спростити процес вимірювання і підвищити продуктивність за рахунок виключення необхідності застосування реперних балок і датчиків переміщення, які необхідно було встановлювати при кожному вимірюванні.

Наукова новизна щодо технології полягає в розробках: методики визначення необхідної кількості вимірювань міцності дорожнього одягу на ділянці автомобільної дороги для достовірної оцінки його міцності з метою послідувального конструювання і розрахунків необхідного підсилення; методики застосування критерію суттєвості розбіжностей та критерії для ідентифікації ділянок доріг з рівнозначною міцністю дорожнього одягу, яка показала свою ефективність для використання на стадії виконання інженерно-вишукувальних та проектних робіт при проектуванні реконструкції, капітального або поточного середнього ремонту автомобільних доріг; методики визначення розрахункового модуля пружності для розрахунку конструкції підсилення дорожнього одягу при реконструкції, капітальному або поточному середньому ремонті автомобільних доріг для забезпечення проектування надійної конструкції підсилення зазначеного дорожнього одягу за мінімальної вартості підсилення.

Основні науково-технічні результати. Розроблено та виготовлено серійний ряд універсального дорожнього вимірювального обладнання УДВО (від УДВО-1 до УДВО-9) (рис. 1).



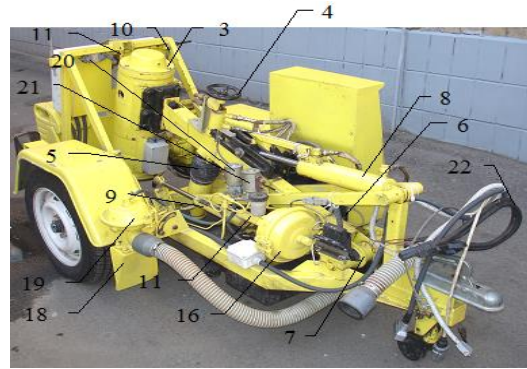
«УДВО-1»



«УДВО-2»



«УДВО-3» і «УДВО-4»



«УДВО-5».



«УДВО-6»

«УДВО-7»



«УДВО-8»



«УДВО-9»

Рис. 1. Серійний ряд універсального дорожнього вимірювального обладнання УДВО (від УДВО-1 до УДВО-9)

Одночасно з причіпними установками обладнані пересувні лабораторії на базі мікроавтобусів (рис. 2). Виконане метрологічне забезпечення функціонування зазначеного обладнання.



Рис. 2. Пересувні лабораторії

Проектні рішення з підсилення дорожнього одягу при реконструкції, капітальному та поточному середньому ремонті автомобільних доріг стали

науково-обґрунтованими і більш надійними, що призводить до підвищення їх якості та довговічності за оптимальної вартості.

Практична значимість. У результаті об'єктивної оцінки транспортно-експлуатаційних показників автомобільних доріг державного значення та техніко-економічного обґрунтування необхідності їх покращення, виконаних ДП «Укрдїпродор» удалось залучити інвестиції Міжнародних фінансових організацій – Міжнародний банк реконструкції та розвитку (МБРР), Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР), Європейський інвестиційний банк (ЄІБ) – на реконструкцію та капітальний ремонт автомобільних доріг державного значення на загальну суму 1 млрд. 25 млн. євро та 850 млн.дол. США, зокрема:

- перший кредит ЄБРР за проектом «Відновлення автомагістралі М-06 Київ – Чоп та реформа фінансування сектора автодоріг» (ділянка Стрий – Чоп) – 75 млн.євро;
- другий кредит ЄБРР за проектом «Ремонт автомобільної дороги Київ – Чоп» (ділянка Броди – Стрий) – 100 млн.євро;
- третій кредит ЄБРР та перший кредит ЄІБ на реалізацію спільного проекту «Третій проект «Ремонт автомобільної дороги Київ – Чоп» (ділянка Житомир – Броди) – 400 млн.євро (ЄБРР – 200 млн.євро, ЄІБ – 200 млн.євро);
- кредити ЄБРР та ЄІБ на реалізацію спільного інвестиційного проекту «Покращення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг на підходах до м. Києва» – 900 млн.євро (ЄБРР – 450 млн.євро, ЄІБ – 450 млн.євро);
- кредит Світового банку (МБРР) за проектом «Покращення автомобільних доріг та безпеки руху» (М-03 Київ – Харків – Довжанський ділянка Бориспіль – Лубни) – 400 млн.дол.США;
- кредит Світового банку (МБРР) за проектом «Другий проект покращення автомобільних доріг та безпеки руху» (М-03 Київ – Харків – Довжанський ділянка Лубни – Полтава) – 450 млн.дол.США.

Крім того, у 2015 р. ДП «Укрдїпродор» розробив техніко-економічне обґрунтування спільного зі Світовим банком (МБРР) інвестиційного проекту «Третій проект покращення автомобільних доріг та безпеки руху» (М-03 Київ – Харків – Довжанський ділянка Полтава – Харків, М-14 Одеса – Мелітополь – Новоазовськ (ділянка Миколаїв – Херсон), Н-14 Олександрія – Кіровоград – Миколаїв (ділянка адміністративна межа Кіровоградської і Миколаївської областей – Миколаїв) – 800 млн.дол.США.

Зазначене ТЕО схвалене Кабінетом Міністрів України та Радою Директорів Світового банку, підписана відповідна угода між Україною та Світовим банком. Інвестиції на реалізацію першої фази проекту у розмірі 560 млн.дол.США почнуть надходити уже в 2016 р.

Обсяг впровадження. Крім зазначених проектів, ДП «Укрдїпродор» активно використовував випробувальні комплекси «УДВО» для визначення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг в процесі

розроблення ТЕО, проектів та робочої документації на реконструкцію, капітальний ремонт та поточний середній ремонт автомобільних доріг державного значення. На основі отриманих даних проектувальниками приймалися обґрунтовані оптимальні проекти рішення щодо будівництва нових чи підсилення існуючих дорожніх одягів.

За десять років за допомогою випробувальних комплексів, розроблених в НТУ, та технології визначення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг, розроблених в ДП «Укрдпродор», виконані інженерні вишукування та розроблена проектна документація на реконструкцію, капітальний та поточний середній ремонт понад 10 тис. км автомобільних доріг державного значення. Це дозволило за мінімально-необхідних витратах довести транспортно-експлуатаційний стан зазначених автомобільних доріг до європейського рівня.

Крім того випробувальні комплекси використовувались для виконання робіт зі збору вихідних даних, створення, супроводження та актуалізації електронних банків даних з розробкою пропозицій до планів ремонтів дорожнього одягу згідно Системи управління станом покриття (СУСП) на мережі доріг державного значення.

Економічна ефективність. Розмір економічного ефекту від розробки і впровадження випробувальних комплексів та технологій визначення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг з урахуванням дисконтування вкладень оцінюється в сумі 129,4 млн.грн.

Кількість публікацій, патентів, захищених дисертацій та інша інформація. Усього з питань розроблення і впровадження випробувальних комплексів та технологій визначення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг авторським колективом опубліковано 65 наукових робіт, з них 7 – в іноземних виданнях, загальна кількість посилань на публікації авторів становить 57, h-індекс публікацій авторів роботи має значення 5, отримано 13 авторських свідоцтв та патентів на винаходи.

У процесі та в результаті розроблення і впровадження випробувальних комплексів та технологій визначення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг захищена одна докторська дисертація (Павлюк Д.О. «Основи і застосування теорії зчпних якостей дорожніх покриттів») та одна кандидатська дисертація (Булах Є.О. «Удосконалення методів оцінювання деформативності дорожніх конструкцій»), науковий керівник д.т.н. професор Павлюк Д.О.).

На теперішній час ведуться роботи з підготовки наступних кандидатських дисертацій: Рибіцький Л.Л. «Удосконалення методики оцінки зчпних якостей дорожніх покриттів», Гладун С.А. «Удосконалення технології обстеження та проектування дорожніх одягів в проектах реконструкції та капітального ремонту автомобільних доріг», Шуляк І.С. «Удосконалення методів оцінювання деформаційних характеристик нежорстких дорожніх одягів», Терещук В.П. «Удосконалення оцінки стану дорожніх одягів за характеристиками прогину поверхні покриття під навантаженням», Чаповський

В.С. «Закономірності зміни транспортно-експлуатаційних показників дорожніх одягів в процесі експлуатації автомобільних доріг».

1. **БУЛАХ Олександр Іванович** – кандидат технічних наук, проректор Національного транспортного університету

2. **ГЛАДУН Сергій Анатолійович** – інженер, директор Українського державного інституту з проектування об'єктів дорожнього господарства

3. **ГОНЧАРЕНКО Федір Петрович** – кандидат технічних наук, заступник головного інженера Українського державного інституту з проектування об'єктів дорожнього господарства

4. **ЛЕБЕДЄВ Олександр Сергійович** – інженер, старший науковий співробітник Національного транспортного університету

5. **ПАВЛЮК Володимир Васильович** – інженер, науковий співробітник Національного транспортного університету

6. **ПАВЛЮК Дмитро Олександрович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Національного транспортного університету

7. **ПОПОВ Володимир Олександрович** – інженер, заступник директора Українського державного інституту з проектування об'єктів дорожнього господарства

8. **РИБЦЬКИЙ Леонід Леонідович** – інженер, начальник відділу Українського державного інституту з проектування об'єктів дорожнього господарства
