

ВІДГУК

**офіційного опонента на дисертаційну роботу
Шуляка Івана Станіславовича
на тему: «Удосконалення методів випробувань дорожніх конструкцій
при діагностуванні автомобільних доріг»,
яка представлена на здобуття
наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми**

Актуальність теми

В сучасних умовах недостатнього фінансування дорожньої галузі України надзвичайно актуальним є питання збереження існуючої мережі автомобільних доріг. Вирішення цього питання пов'язане із виявленням ділянок доріг з недостатньою несучою здатністю та їх підсиленням.

Одним з найбільш об'єктивних методів оцінювання стану дорожніх конструкцій та їх шарів є штампові випробування, при яких навантаження передається через жорсткий штамп, і вимірюється вертикальна деформація (повна чи пружна) до або після зняття навантаження. За визначеним повним або пружним прогином знаходиться відповідно модуль деформації або модуль пружності, які і є основними показниками деформативності шару чи дорожньої конструкції в цілому.

На стадії експлуатації штампові випробування доцільно застосовувати при пошарових випробуваннях з метою встановлення причин руйнування дорожньої конструкції. Причиною може бути недостатня несуча здатність ґрунтової основи чи конструктивних шарів дорожнього одягу, в тому числі шарів покриття.

Для прийняття обґрунтованих проектних рішень при капітальному ремонті та реконструкції автомобільних доріг також необхідно виконувати штампові випробування.

В той же час в Україні дані випробування на практиці застосовуються дуже рідко, оскільки вимагають значних витрат часу і пов'язані з ручною працею при створенні навантаження. При цьому рівень розвитку засобів і приладів для таких випробувань суттєво відстає від рівня розвитку аналогічних приладів, розроблених за кордоном.

При цьому в Україні на сьогоднішній день відсутні методи та засоби оцінювання стійкості дорожніх конструкцій з асфальтобетонним покриттям до утворення колії у реальних умовах на конкретних ділянках автомобільних доріг.

Усе вищевикладене свідчить про актуальність та своєчасність теми дослідження.

Дисертаційне дослідження виконано згідно з тематикою науково-дослідних робіт Національного транспортного університету та планами науково-дослідних і проектно-конструкторських робіт Державного агентства автомобільних доріг України, в рамках виконання господарсько-договорівних

науково-дослідних робіт: «Розробка мобільного комплексу для діагностики експлуатаційного стану дорожніх покріттів «МК-ДЕС-НТУ» (д/б № 30, номер державної реєстрації 0115U002268), «Оцінка колієстійкості і колійності дорожнього асфальтобетонного покриття» (д/б № 47, номер державної реєстрації 0117U002325), «Провести аналіз зарубіжних нормативних документів щодо оцінки якості ущільнення ґрунтів і основ дорожнього одягу, провести експериментальні вимірювання та розробити рекомендації щодо удосконалення вітчизняної нормативної бази» (д/б № 100-12, номер державної реєстрації 0112U004780), «Виконати моніторинг стану експериментальних ділянок та дослідити закономірності зміни в часі деформативних характеристик дорожніх конструкцій, показників рівності та колійності дорожніх покріттів та розробити пропозиції з удосконалення нормативно-технічної бази щодо оцінки і прогнозування транспортно-експлуатаційних показників та проектування дорожніх одягів» (д/б № 41-13, номер державної реєстрації 0113U004790), «Удосконалити експериментальний зразок вимірювальної станції для штампових випробувань дорожніх конструкцій, розробити конструкторську документацію на прилад та методичні рекомендації щодо проведення вимірювань з його використанням» (д/б № 93-14, номер державної реєстрації 0114U006209), «Виконати дослідження та переглянути ВБН В.2.3-218-171-2002 «Спорудження земляного полотна автомобільних доріг» (д/б № 78-14, номер державної реєстрації 0114U004051).

Ступінь обґрутованості наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації, наукова новизна одержаних результатів

При виконанні дисертаційної роботи автором в якості методологічної основи дисертаційної роботи вибрані теоретичні та експериментальні методи дослідження поведінки дорожніх конструкцій нежорсткого типу під дією тестового навантаження при діагностуванні автомобільних доріг та методи теорії в'язко-пружності. Ступінь відповідності результатів досліджень аналізувався із застосуванням методів математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що автор дисертації: обґрутував новий метод визначення фактичного модуля пружності за тривалістю удару на основі удосконалення математичної моделі динамічного навантаження дорожньої конструкції; запропонував метод статичних штампових випробувань з використанням розробленої автоматизованої вимірювальної станції, що дає можливість виконувати повторні навантаження із суттєвим зменшенням їх тривалості. Також слід відмітити, що в роботі автором розроблено метод оцінювання стійкості дорожніх конструкцій до утворення колії за допомогою сферичного штампа при повторних динамічних навантаженнях, ефективність якого підтверджена широким спектром досліджень у натурних умовах.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості оцінки стійкості дорожніх конструкцій до утворення колії на існуючих ділянках автомобільних доріг. Результати дослідження лягли в основу методу визначення фактичного модуля пружності за тривалістю удару, що дає

можливість відмовитись від використання реперних балок при динамічних випробуваннях і підвищити їх точність за рахунок виключення операцій подвійного інтегрування з датчика прискорення. Отримані дані, їх актуальність та новизна мають суттєву практичну направленаст та використані при розробці нормативних документів Р Г.1-02070915-845:2014 «Рекомендації щодо удосконалення вітчизняної нормативної бази по оцінці якості ущільнення ґрунтів і основ дорожнього одягу», МР В.2.3-02070915-860:2015 «Методичні рекомендації щодо проведення вимірювань з використанням вимірювальної станції для штампових випробувань дорожніх конструкцій «ВСШВДК-2-15», ДСТУ-Н Б В.2.3-32:2016 «Настанова з улаштування земляного полотна автомобільних доріг», ДСТУ Б В.2.3-42:2016 «Автомобільні дороги. Методи визначення деформаційних характеристик земляного полотна та дорожнього одягу». Результати роботи використовуються в навчальному процесі Національного транспортного університету при викладанні дисципліни «Діагностика доріг і проектування капітального ремонту та реконструкції доріг».

Оцінка достовірності одержаних результатів

Достовірність результатів дослідження підтверджена позитивними результатами впровадження розроблених методик та рекомендацій на об'єктах автомобільних доріг загального користування України.

Також достовірність підтверджується узгодженістю результатів експериментальних досліджень, великою кількістю вимірювань, адекватністю розрахункових схем та зіставленням основних положень роботи з результатами досліджень інших авторів.

Оцінка змісту дисертації

Дисертація написана грамотно, зрозуміло і раціонально. Стиль викладення роботи забезпечує доступність її сприйняття.

Робота має 4 розділи, викладена на 245 сторінках, з яких 135 сторінок належать до основного тексту, має висновки, список використаних джерел із 145 найменувань, 7 додатків.

Певну цінність складає **перший розділ**, традиційно присвячений стану питання як огляд та аналіз двох основних груп методів і засобів випробувань дорожніх конструкцій при діагностуванні автомобільних доріг.

Автор робить висновок, що головними недоліками методик статичних штампових випробувань є: низька продуктивність випробувань, значна вага та громіздкість обладнання, небезпека потрапляння оператора під колеса дорожньо-будівельної техніки чи рухомого транспорту, необхідність підключення до гідросистеми автогрейдера, тобто залежність від певного виду дорожньої техніки. Також автором виділено, що головним недоліком методик динамічних штампових випробувань є необхідність застосування для вимірювання прогину покриття реперних балок. В розділі зазначається, що питання оцінювання стійкості дорожніх конструкцій з асфальтобетонним

покриттям до утворення колії в реальних умовах на конкретних ділянках автомобільних доріг в Україні на сьогодні залишається не вирішеним.

Все це дозволило здобувачу вірно поставити мету та завдання дослідження.

Другий розділ цілком присвячений розробці теоретичних основ удосконалення методів випробувань дорожніх конструкцій при діагностуванні автомобільних доріг.

Також розглянуті існуючі схеми використання різної кількості датчиків переміщень для вимірювання осідання штампа. Запропоновано обґрунтований підхід визначення осідання в центрі штампа, необхідного для розрахунку модуля пружності чи модуля деформації. Експериментальна перевірка даної моделі розглянута в наступному розділі.

Якісний аналіз відомих методів визначення прогину покриття при ударному навантаженні дозволив при розробці нового методу ґрунтуватись у виборі нового параметру, відмінного від прогину покриття. Для його досягнення в роботі використали відомі математичні моделі динамічного навантаження, які засновані на використанні рівнянь вільних чи затухаючих коливань. Суттєвим досягненням в розділі є отримання нового методу визначення деформативних характеристик дорожніх конструкцій (патент на винахід України № 111539). Експериментальна перевірка розробленого методу розглянута в наступному розділі.

В розділі автором проведено обґрунтування параметрів випробувального обладнання для оцінювання стійкості дорожніх конструкцій до утворення колії. Для визначення заглиблення індентора в напівпростір використовувалась формула Г. Герца з механіки контактної взаємодії тіл. Встановлено величину тестового навантаження та радіус сферичного індентора.

Третій розділ присвячений експериментальним дослідженням щодо удосконалення методів випробувань дорожніх конструкцій.

Багато уваги присвячено розробці лабораторного устаткування, виготовленню дослідних зразків вимірювального обладнання, створенню мобільного комплексу для діагностування автомобільних доріг.

В результаті випробувань на спеціальному лабораторному стенді автором встановлено середнє значення осідання штампу, взяте по трьом датчикам та підтверджено адекватність розробленої математичної моделі переміщень точок штампа. На практиці вирішено застосовувати один датчик, встановлений в центрі штампа. Урахування цієї особливості дозволило здобувачу обґрунтувати параметри нової конструкції штампа та виготовити дослідний зразок вимірювальної станції (патент на корисну модель України № 109061).

Автором на дослідних ділянках, розміщення яких наведено в роботі, з достатньою точністю були виміряні величини тривалості ударів та прогинів покриття під дією динамічного навантаження, створюваного мобільним комплексом для діагностики експлуатаційного стану дорожніх покріттів «МК-ДЕС-НТУ». В результаті встановлено, що отримані значення фактичних модулів пружності дорожніх конструкцій, визначених за величиною тривалості удару, відрізняються від значень модулів пружності, визначених за величиною

прогину покриття не суттєво. Переміщення штампа та покриття, при одночасній дії на них динамічного навантаження, майже співпадають.

В роботі проведено ряд експериментальних досліджень, які полягали в тому, що за допомогою лазерного профілографа фіксували поперечний профіль покриття до та після навантаження сферичним штампом. Проведені дослідження показали, що за глибиною та формою лунки, яка утворюється при повторному динамічному навантаженні поверхні дорожнього покриття сферичним штампом безпосередньо в польових умовах можна оцінити стійкість дорожніх конструкцій до утворення колії. У процесі експериментальних досліджень було виявлено особливість поведінки дорожньої конструкції, пов'язану з відновленням форми лунки після припинення ударів.

Четвертий розділ присвячений розробленню рекомендацій щодо практичного застосування результатів дослідження та оцінюванню їх економічної ефективності. В розділі представлено послідовність виконання технологічних та вимірювальних операцій, що дозволяють визначити значення пружних або повних деформацій покриття під дією тестового навантаження, необхідні для розрахунку деформаційних характеристик дорожніх конструкцій. Практичні рекомендації розроблені на основі теоретичних основ, підтверджених експериментальними дослідженнями.

Розроблений у дисертаційній роботі метод визначення фактичного модуля пружності за тривалістю удару покладено в основу нової методики випробувань дорожніх конструкцій за допомогою мобільного комплексу «МК-ДЕС-НТУ» без застосування реперних балок.

Розроблена методика оцінювання стійкості дорожніх конструкцій до утворення колії з використанням установки динамічного навантаження, обладнаної сферичним штампом, і лазерним профілографом, дає можливість дати необхідні дані щодо утворення колії як за глибиною та параметрами лунки, так і за характером відновлення поверхні покриття після серії ударів.

В опублікованих працях автор цілком відобразив усі розроблені наукові результати, а саме автором опубліковані:

- удосконалений метод статичних штампових випробувань за рахунок розробки автоматизованої вимірювальної станції, для якої обґрунтовано кількість датчиків переміщень при проведенні вимірювань осідання штампа;
- удосконалений метод динамічних випробувань дорожніх конструкцій за рахунок впровадження нового параметру при визначенні фактичного модуля пружності, що дає можливість спростити процес вимірювань і зменшити їх похиби;
- розробка методу оцінювання стійкості дорожніх конструкцій до утворення колії в реальних умовах та обґрунтування параметрів обладнання для його практичної реалізації;
- проведені натурні дослідження на ділянках доріг з різними конструкціями нежорстких дорожніх одягів та розробка методики випробувань дорожніх конструкцій при діагностуванні автомобільних доріг.

У висновках по кожній главі сконцентровані основні ідеї і результати роботи. Загальні висновки підкреслюють завершеність роботи. Мета дисертації досягнута, всі задачі вирішенні.

Автореферат дисертації зосереджує увагу на усіх основних моментах дисертаційної роботи, відкидаючи другорядні її сторони. Інформаційно сконцентрованими в авторефераті є рисунки, за допомогою яких автор зміг подати в авторефераті багато інформації.

Але незважаючи на вищевикладене, **за змістом дисертаційної роботи є наступні зауваження:**

1. Огляд статичних методів випробувань представлено аналізом трьох випадків різного розташування датчиків переміщень на штампі у трьох країнах. У той час як цей метод випробувань є популярним у багатьох країнах світу.

2. Проаналізовані установки, що використовуються при динамічному методі випробування конструкції, з високою вартістю та один громіздкий пристрій «Дина-ЗМ». Зауважень щодо некоректності методик або самих пристрій немає. Із огляду важко зрозуміти на підставі яких даних вирішено удосконалювати метод динамічних випробувань.

3. Здобувач у математичній моделі переміщення точок штампа не наводить чисельних характеристик (діапазону) оцінювання величини кутів α та β . Яким чином інженер на практиці має визначити достатню кількість датчиків?

4. Із розділу 2.3 не зовсім зрозуміло, яким чином сферичність індентора дає саме оцінку стійкості конструкції до утворення колій, а не модернізоване значення величини осідання сферичного штампу.

5. При дослідженні переміщень точок штампа при статичних випробуваннях на стенді не зазначені фізико-механічні властивості шарів конструкції. Якщо серія навантажень була направлена на вимірювання осідання поверхні гумової пластиини, то чи є такі дослідження справедливими для конструкцій дорожніх одягів з іншою механікою контактної взаємодії в матеріалах шарів?

6. Під час дослідження характеристик взаємодії штампа з покриттям при динамічних випробуваннях не зазначено на підставі чого здобувач виконує серію випробувань з трьох ударів.

7. При проведенні експериментальних досліджень необхідно більшу увагу приділити статистичній обробці отриманих результатів, розрахунку середньоквадратичного відхилення, оскільки від цього суттєво залежить достовірність даних та кількість зазначених вимірювань.

8. В роботі здобувачем мало уваги приділено рекомендаціям проектувальникам щодо конструктивних рішень на етапі призначення параметрів ремонту та ліквідації наявних деформацій.

Висновок

В цілому, незважаючи на подані вище зауваження, дисертаційна робота є завершеною науковою працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують важливу науково-практичну задачу – удосконалення методів випробувань дорожніх конструкцій при діагностуванні автомобільних доріг шляхом підвищення їх продуктивності, точності,

інформативності та безпеки. Зазначені у відгуку зауваження не знижують наукової та практичної цінності роботи. Дисертація відповідає вимогам Департаменту атестації кадрів МОН України, що пред'являються до кандидатських дисертацій.

Аналіз дисертаційної роботи дозволяє зробити висновок, що Шуляк Іван Станіславович заслуговує присвоєння наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальність 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми.

Офіційний опонент,
к.т.н., доцент кафедри проектування доріг
геодезії і землеустрою
Харківського національного
автомобільно-дорожнього університету

Н.В. Павленко

