

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Урдзіка Сергія Миколайовича на тему: «Оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу із залученням георадарної діагностики», що подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми

Актуальність теми дисертації.

Сьогодні гостро постає питання інтегрування національної мережі автомобільних доріг України в європейську транспортну систему. У той же час мережа автомобільних доріг загального користування фактично вичерпала свій ресурс. Стійка тенденція до зростання вантажообігу і збільшення навантаження на дорожній одяг призводять до стрімкого погіршення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг, зменшення строку служби дорожнього одягу, та, як наслідок, збільшення витрат на його ремонт та утримання. Тому основними стратегічними задачами у галузі дорожнього будівництва є приведення стану мережі автомобільних доріг загального користування у відповідність до європейських норм з метою забезпечення транзитного потенціалу країни. Досвід експлуатації автомобільних доріг з нежорстким дорожнім одягом, частка яких становить близько 71 % від загальної протяжності мережі автомобільних доріг загального користування України, доводить, що найбільш ефективною стратегією забезпечення нормативного транспортно-експлуатаційного стану дорожнього одягу є ремонтна стратегія, що спрямована на попередження розвитку деформацій і руйнувань. Але відсутність об'єктивних даних щодо фактичного стану нежорсткого дорожнього одягу фактично унеможливує вибір ефективного виду і методу ремонту. Низький рівень оснащення замовників робіт, проектних організацій сучасними засобами контролю та практичними методиками їх застосування, що необхідні для оцінювання поточного стану дорожнього одягу, призводить до недостатньо ефективних або помилкових проектних рішень.

Тому розроблення нових методів оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу, які залучають можливості георадарних технологій щодо отримання даних про будову дорожнього одягу, його неоднорідність та приховані руйнування, які істотно впливають на несучу здатність конструкції, є надзвичайно актуальним.

Виходячи з вищевикладеного, тема, задачі, наукова та практична спрямованість дисертаційного дослідження «Оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу із залученням георадарної діагностики» є безсумнівно актуальними.



Зв'язок дисертаційного дослідження з науковими програмами, планами, темами.

Актуальності дисертаційного дослідження підтверджується його зв'язком з напрямками державних програм перспективного розвитку дорожньої галузі, пріоритетними темами Міністерства освіти і науки України, тематичними планами Державного агентства автомобільних доріг України (Укравтодор) та планами науково-дослідних робіт Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. Як слідує з дисертації та автореферату, дисертаційне дослідження виконувалося у тісному зв'язку з національною транспортною стратегією України та державними програмами розвитку дорожньої галузі. Основні наукові та прикладні результати дисертаційного дослідження знайшли відображення у трьох нормативно-технічних документах дорожньої галузі, що були розроблені на замовлення Державного агентства автомобільних доріг України «Укравтодор», реалізовані у апаратному вимірювальному комплексі, що забезпечує георадарне зондування при русі пересувної лабораторії зі швидкістю транспортного потоку. Перелічені факти підтверджують зв'язок дисертаційного дослідження з науковими програмами, планами та темами.

Мета та завдання дисертаційного дослідження.

Метою дисертаційної роботи є розроблення методу оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу з тріщинами у шарах з монолітних матеріалів, що залучає результати георадарного зондування та враховує неоднорідність параметрів конструкції дорожнього одягу.

Мета роботи є актуальною, спрямована на вирішення важливої науково-практичної задачі оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу із залученням даних георадарного зондування. Мета роботи відповідає рівню кандидатської дисертації.

Для реалізації поставленої мети автором дисертації сформульовано шість основних завдань дослідження, які відображають логіку дослідження та дозволяють розробити метод оцінювання стану конструкції нежорсткого дорожнього одягу, що залучає результати георадарного зондування.

Відповідно до першого завдання в першому розділі дисертації наведено детальний аналіз методів та критеріїв оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу з тріщинами у шарах з монолітних матеріалів; на основі критичного аналізу можливостей інструментальних методів діагностики нежорсткого дорожнього одягу обґрунтовано найбільш перспективні методи і засоби позиціонування та ідентифікації тріщин у шарах нежорсткого дорожнього одягу.

Вирішенню другого завдання присвячено другий розділ дисертації, де аргументовано обґрунтований порядок георадарної діагностики нежорсткого дорожнього одягу та запропоновано методи інтерпретації результатів георадарного

зондування для вирішення завдань пошуку, позиціонування та ідентифікації тріщин у шарах нежорсткого дорожнього одягу.

Питання дослідження впливу геометричних параметрів тріщин, відстані між тріщинами, жорсткості матеріалів шарів на напружено-деформований стан (НДС) конструкції дорожнього одягу та розроблення способів врахування наскрізних тріщин у розрахунку нежорсткого дорожнього одягу за критеріями міцності, які є третім завданням дослідження, досить повно відображені в другому та третьому розділах роботи

Четверте завдання дослідження, що полягає у розробленні критеріїв оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу з тріщинами у шарах з монолітних матеріалів, які враховують неоднорідність дорожнього одягу, та дослідженні впливу показників неоднорідності на інтегральний показник стану і надійності нежорсткого дорожнього одягу, вирішено автором дисертації та відображено у другому та третьому розділах дисертації.

Вирішенню п'ятого завдання щодо розроблення методу оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу з тріщинами у шарах з монолітних матеріалів, що залучає результати георадарної діагностики, методи чисельного моделювання НДС конструкції дорожнього одягу та спирається на теоретичні положення теорії надійності та теорії ризику, присвячено значну частину другого, третього та четвертого розділів дисертації.

Результати, що стосуються вирішення шостого завдання дослідження повно відображені у четвертому розділі, де вирішені завдання перевірки адекватності теоретичних моделей і методик георадарних вимірювань за допомогою лабораторних експериментів та польових випробувань на автомобільних дорогах загального користування, розроблено методику з оцінювання стану та надійності нежорсткого дорожнього одягу. Успішність вирішення цих завдань підтверджується впровадженням у виробництво та нормативні документи Державного агентства автомобільних доріг України «Укравтодор», а також патенти України на корисну модель та на винахід.

Таким чином, логічна побудова завдань дослідження, їх вирішення дозволили автору досягти поставленої мети – розробити метод оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу з тріщинами у шарах з монолітних матеріалів, що залучає результати георадарного зондування та враховує неоднорідність параметрів конструкції дорожнього одягу.

Наукова новизна отриманих результатів.

Основним науковим результатом дисертаційної роботи є розроблення методу оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу, що передбачає залучення нових засобів діагностики дорожнього одягу для вирішення задач пошуку прихованих тріщин, враховує неоднорідність конструкції дорожнього одягу за геометричними,

фізико-механічними параметрами та вплив прихованих тріщин на стан конструкції. Автором дисертації отримано нові наукові результати, серед яких слід відзначити:

- розвиток методу пошуку, позиціонування та ідентифікації прихованих тріщин. На відміну від раніше відомих, він спирається на спосіб застосування антенних блоків, що реєструють крос-поляризаційну компоненту сигналу, відбитого від прихованих неоднорідностей у шарах з монолітних матеріалів, залучає результати аналізу поляризаційного стану імпульсних сигналів георадару та алгоритм обробки сигналів георадарного профілю. Наукова новизна підтверджена патентами України на корисну модель та винахід;

- отримання значень коефіцієнту приведення фактичної товщини шару з тріщиною до еквівалентної товщини без тріщини та коефіцієнту приведення граничного напруження зсуву у шарах з незв'язаних матеріалів та ґрунтах земляного полотна до еквівалентних напружень у конструкції без тріщини залежно від відносної вологості ґрунту та джерел зволоження. Це дозволяє врахувати наявність тріщин у шарах з монолітних матеріалів під час розрахунку нежорсткого дорожнього одягу за критеріями міцності;

- розроблення показників та критеріїв оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу за результатами діагностики. Застосування теорії надійності та теорії ризику дозволяє врахувати варіацію геометричних, фізико-механічних параметрів і показників НДС конструкції нежорсткого дорожнього одягу, що, на відміну від раніше відомих критеріїв, дозволяє оцінити такі важливі показники стану дорожнього одягу як ризик руйнування та надійність конструкції дорожнього одягу;

- новий метод оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу з тріщинами у шарах з монолітних матеріалів, що залучає результати георадарної діагностики. Запропонований метод підвищує точність оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу та обґрунтованість проєктних рішень завдяки залученню розширеного набору даних про будову та неоднорідність конструкції дорожнього одягу.

За рівнем наукової новизни дисертаційна робота відповідає рівню кандидатських дисертацій.

Практичне значення отриманих результатів.

У дисертаційній роботі отримані важливі практично значимі результати, що забезпечують вирішення завдань підвищення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг з нежорстким дорожнім одягом:

- методика пошуку, позиціонування та ідентифікації тріщин у шарах нежорсткого дорожнього одягу, що дозволяє вирішувати задачі отримання інформації про стан нежорсткого дорожнього одягу неруйнівним методом та підвищує точність діагностики нежорсткого дорожнього одягу;

- способи врахування наскрізних тріщин у розрахунку нежорсткого дорожнього одягу за критеріями міцності, що підвищує точність оцінювання напружено-деформованого стану дорожнього одягу та сприяє розробленню обґрунтованих проєктних рішень з його ремонту;

- чисельні значення показників стану конструкції дорожнього одягу для автомобільних доріг різних категорій, що дозволяє оцінити стан нежорсткого дорожнього одягу за результатами діагностики;

- методика оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу із залученням георадарної діагностики, яка дозволяє оцінити стан конструкції дорожнього одягу із застосуванням найбільш повної інформації про його будову.

Практичну значимість одержаних в дисертації результатів підтверджено впровадженням розроблених методик у нормативні документи Державного агентства автомобільних доріг України, впровадженням георадарного обладнання в систему контролю якості дорожньо-будівельних робіт. Результати дослідження впроваджені під час проєктування, будівництва та капітального ремонту нежорсткого дорожнього одягу на автомобільних дорогах України.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків, рекомендацій.

Основні наукові результати дисертаційного дослідження, висновки та рекомендації, що містяться в дисертації, є обґрунтованими та достовірними, оскільки ґрунтуються на фундаментальних положеннях теорії розповсюдження електромагнітних хвиль, геометричної оптики, теорії деформівного твердого тіла. Аналіз напружено-деформованого стану дорожнього одягу проводиться із застосуванням добре апробованого апарату скінченно-елементного аналізу. Моделі та методи оцінювання стану дорожнього одягу, що розроблені у дисертаційній роботі, є фізично несуперечливими та узгоджуються з результатами, приведеними в науковій літературі. Достовірність результатів експериментальних досліджень підтверджується обґрунтованістю лабораторних моделей; застосуванням атестованого та повіреного обладнання; застосуванням методів математичної статистики та обґрунтованим обсягом експериментальних досліджень. Зроблені дисертантом висновки слід вважати достовірними та обґрунтованими, що підтверджується широкою апробацією результатів дослідження на автомобільних дорогах загального користування.

Таким чином, основні наукові положення, висновки та рекомендації, що розроблені в дисертації є обґрунтованими та достовірними.

Повнота викладення основних результатів дисертації в опублікованих працях та апробація результатів дослідження.

За результатами дослідження опубліковані 24 наукових праці, у тому числі – 1 розділ у колективній монографії (у видавництві CRC-Press, що індексується у

наукометричній базі SCOPUS); 12 статей у виданнях за переліком МОН України (1 стаття включена до наукометричної бази SCOPUS); 7 – матеріали й збірники праць міжнародних конференцій (з яких матеріали одної конференції включені до наукометричної бази: SCOPUS і IEEE Explorer). За результатами дисертаційного дослідження отримано 1 патент України на корисну модель та 1 патент України на винахід.

Вважаю, що за обсягом публікацій у наукових фахових виданнях України, виданнях іноземних держав, за повнотою відображення матеріалів дисертації у наукових працях, дисертація відповідає вимогам МОН України, що висуваються до опублікування результатів наукових досліджень на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Результати дисертаційного дослідження були представлені та обговорювалися на міжнародних і всеукраїнських науково-технічних конференціях, опубліковані у рецензованих зарубіжних виданнях, що свідчить про широку апробацію результатів дослідження.

Оцінка основного змісту дисертації

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку посилань з 386 найменувань і п'яті додатків. Дисертацію викладено на 300 сторінках друкованого тексту. Загальний обсяг основного тексту дисертації складає 165 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, сформульовано мету, предмет, об'єкт та основні завдання дослідження, а також наведено відомості про наукову новизну, практичну значимість та апробацію результатів дослідження.

Перший розділ дисертації присвячений: аналізу існуючих теоретичних та експериментальних методів оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу, в тому числі з залученням результатів георадарної діагностики; визначенню основних проблем щодо оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу з тріщинами у шарах з монолітних матеріалів, обґрунтуванню шляхів їх вирішення.

В першому розділі дисертації проведений змістовний критичний аналіз теоретичних та експериментальних моделей і методів оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу з тріщинами у шарах з монолітних матеріалів, проведено порівняння технічних засобів та алгоритмів обробки результатів діагностики нежорсткого дорожнього одягу. За результатами проведеного аналізу автором дисертації визначено основні недоліки та обмеження існуючих методів оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу та засобів діагностики, запропоновано основні напрямки наукових досліджень щодо розроблення методу оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу, що спирається на методи імовірнісного аналізу та результати георадарного зондування конструкції

дорожнього одягу як джерело інформації про його будову та наявність тріщин у шарах з монолітних матеріалів.

У другому розділі дисертації розроблено основну постановку завдань оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу з тріщинами у шарах з монолітних матеріалів. У дисертаційній роботі автором запропоновано розв'язок задачі пошуку, позиціонування та ідентифікації прихованих тріщин у шарах дорожнього одягу із застосуванням георадарного обладнання, обґрунтовано моделі та порядок чисельного моделювання НДС конструкції дорожнього одягу з тріщинами у шарах з монолітних матеріалів, розроблено модель оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу, що спирається на результати інструментальної діагностики, які функціонально пов'язані з показниками міцності та надійності конструкції дорожнього одягу, визначено систему показників, що характеризують стан дорожнього одягу. Застосування теорії ризику до задачі оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу дозволило автору дисертації визначити граничні значення індексу технічного стану конструкції дорожнього одягу та його коефіцієнту варіації, за яких імовірність відмови дорожнього одягу відповідає заданому ризику руйнування.

Завдання, що сформульовані та вирішені у другому розділі дисертації створюють основу методу оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу із залученням результатів георадарної діагностики, що складається з методів й алгоритмів обробки результатів георадарного зондування; чисельного моделювання НДС конструкції дорожнього одягу з тріщинами та на тріщинуватій основі; показників і критеріїв оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу. Структура та зміст другого розділу дисертації є логічними, що підкорюються загальній меті дослідження.

У третьому розділі дисертації викладено результати лабораторних експериментів та польових випробувань на автомобільних дорогах загального користування. За результатами експериментальних досліджень автором дисертації підтверджено теоретичні положення методу оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу, що залучає результати георадарної діагностики, доведено адекватність розроблених моделей: пошуку, позиціонування та ідентифікації прихованих тріщин у шарах нежорсткого дорожнього одягу; оцінювання впливу тріщин на НДС конструкції нежорсткого дорожнього одягу та пов'язаний з ним стан конструкції дорожнього одягу з тріщинами у шарах з монолітних матеріалів.

За результатами експериментальних досліджень автором дисертаційної роботи розроблено схему зондування конструкції дорожнього одягу та обробки сигналів георадару, обґрунтовано параметри георадарної зйомки та встановлено основні вимоги до георадарного зондування. Важливою складовою третього розділу є результати моделювання напружено-деформованого стану конструкції

дорожнього одягу з тріщинами у шарах з монолітних матеріалів, за результатами якого встановлено основні закономірності змінювання напружень залежно від геометричних та фізико-механічних параметрів матеріалів конструктивних шарів дорожнього одягу, геометричних параметрів тріщини, відстані між тріщинами. За результатами чисельного моделювання НДС конструкції дорожнього одягу обґрунтовано параметри моделі оцінювання нежорсткого дорожнього одягу та визначено: найбільш небезпечне положення навантаження відносно наскрізної та прихованої тріщини; ширину розкриття тріщини та мінімальний модуль пружності матеріалу заповнення тріщини, за яких зменшуються напруження розтягу на нижній фібрі пакету монолітних шарів покриття, удосконалено порядок розрахунку нежорсткого дорожнього одягу з наскрізними тріщинами за критеріями міцності.

За результатами досліджень автором дисертації встановлено зв'язок між показниками стану конструкції дорожнього одягу (індексом технічного стану, коефіцієнтом варіації) та коефіцієнтом надійності, визначено граничні значення показників стану нежорсткого дорожнього одягу. Сукупність отриманих результатів дозволяє оцінити стан конструкції дорожнього одягу за результатами діагностики; визначити надійність конструкції дорожнього одягу за заданим або визначеним за результатами діагностики коефіцієнтом варіації індексу технічного стану.

Таким чином, експериментальні дослідження, що проведені автором дисертації та докладно викладені у третьому розділі дисертаційної роботи, дозволили визначити основні параметри теоретичних моделей другого розділу дисертації та довести адекватність моделей: пошуку, позиціонування та ідентифікації прихованих тріщин у шарах нежорсткого дорожнього одягу; оцінювання впливу тріщин на НДС конструкції нежорсткого дорожнього одягу; оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу з тріщинами шарах з монолітних матеріалів із залученням георадарної діагностики.

У четвертому розділі висвітлено практичні результати дисертаційного дослідження – рекомендації з георадарної діагностики та оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу: методика пошуку, позиціонування та ідентифікації прихованих тріщин у шарах нежорсткого дорожнього одягу; методика оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу із застосуванням даних георадарного зондування. Методики викладено зрозуміло і логічно, відповідно до поставлених у дисертаційному дослідженні задач.

У дисертації визначено економічну ефективність від впровадження результатів дослідження, яка забезпечується: зниженням вартості обстеження нежорсткого дорожнього одягу через застосування неруйнівного методу георадарної діагностики; точністю оцінювання фактичного стану дорожнього одягу, що сприяє розробленню обґрунтованих проєктних рішень та знижує

транспортно-експлуатаційні витрати через впровадження методу оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу із залученням георадарної діагностики.

Оцінюючи основний зміст дисертаційного дослідження, слід зазначити, що: структура дисертації логічна та відповідає основним етапам дослідження; мова та стиль дисертації відповідають загальноприйнятому в наукових роботах; формулювання мети, предмета та об'єкту дослідження, наукової новизни, висновків та основних наукових положень дисертації виконані коректно; автор дотримується принципів наукової етики, використовуючи посилання на джерела інформації.

Зауваження по дисертаційній роботі.

1. В моделі оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу відсутні температурні параметри. Хоча вони суттєво впливають на деформаційні характеристики монолітних шарів нежорсткого дорожнього одягу.

2. Слід було б дати критерії, за якими проводиться ідентифікація тріщин.

3. В практиці експлуатації автомобільних доріг часто зустрічається такий дефект, як мережа тріщин через втрату несучої здатності основи, так звана «шкіра алігатора». Не зрозуміло, яким чином методом георадарної діагностики оцінити таку ділянку.

4. Слід було б більш чітко визначити, яким чином аналізуються результати георадарної діагностики, якщо тріщина заповнена повітрям, водою чи якимось матеріалом. Немає експериментального підтвердження тези, що для запобігання зростання горизонтальних напружень розтягу слід використовувати матеріал з модулем пружності більше 1000 МПа.

5. Під час аналізу впливу коефіцієнта варіації на надійність конструкції дорожнього одягу розрахунок виконувався для автомобільних доріг I-IV категорії. В той же час в роботі відсутня перевірка адекватності моделі на дорогах III-IV категорії.

6. В авторефераті присутні два рисунки під номером 2 (стор 12-13), що викликає труднощі у сприйнятті інформації.

7. В авторефераті посилання на схему зондування (рис 3 на стор 11) не відповідає суті самого рисунка (стор 14).

8. В авторефераті відсутній рис 4, на який йде посилання на стор 15.

ВИСНОВОК

1. Дисертаційна робота «Оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу із залученням георадарної діагностики», що виконана Урдзіком Сергієм Миколайовичем, відповідає паспорту спеціальності 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми (п.6 - Методи оцінки, діагностики експлуатаційного стану дорожніх і аеродромних покриттів).

2. Дисертація Урдзіка С.М. є завершеною науковою працею, яка виконана особисто здобувачем, містить нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати та вирішує важливу науково-практичну задачу щодо оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу з тріщинами у шарах з монолітних матеріалів.

3. Рівень проведених досліджень та отриманих результатів відповідає прийнятому рівню кандидатських дисертацій, а запропонований метод свідчать про високий рівень фахової кваліфікації автора. Результати дисертаційного дослідження мають практичне значення та можуть бути застосовані підприємствами державної та комунальної власності для вирішення завдань проектування, будівництва та експлуатації автомобільних доріг з нежорстким дорожнім одягом, а також у системі управління станом покриття.

4. Усі основні результати дисертації достатньо повно викладені у 24 наукових працях автора, що опубліковані як в українських, так й у закордонних фахових виданнях та матеріалах міжнародних конференцій. Автореферат коректно відображує основний зміст дисертації. Зміст автореферату та основних положень дисертації ідентичні.

5. Матеріал, що наведений в дисертації, за актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю, об'ємом і глибиною експериментальних та теоретичних досліджень задовольняє вимогам п.п 9, 11, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. (зі змінами відповідно до постанови Кабінету Міністрів України № 656 від 19.08.2015, № 1159 від 30.12.2015, № 567 від 27.07.2016, № 943 від 20.11.2019, № 607 від 15.07.2020)

Вважаю, що дисертаційна робота Урдзіка Сергія Миколайовича відповідає усім вимогам МОН України щодо кандидатських дисертацій, а здобувач Урдзік Сергій Миколайович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.11 – «автомобільні шляхи та аеродроми».

Офіційний опонент

начальник центру нормоконтролю, оцінки відповідності
та міжнародного співробітництва

Державного підприємства «Державний
дорожній науково-дослідний інститут
імені М.П.Шульгіна»,

кандидат технічних наук,

старший науковий співробітник

Підпис Вирожетського В.К. на завіренню:

Ст. інспектор з кадрів



В.К. Вирожетський

П.ДерждорНДУ

Шевченко Л.П.