

ВІДГУК

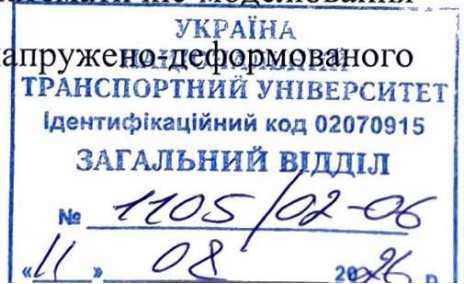
Дорожка Євгена Вікторовича
офіційного опонента, кандидата технічних наук,
завідувача кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою
Харківського національного автомобільно-дорожнього університету
на дисертаційну роботу Касая Костянтина Івановича
на тему: «Удосконалення методу розрахунку інфільтраційного зволоження
робочого шару земляного полотна автомобільних доріг»,
подану на здобуття ступеня доктора філософії
у галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»
за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Актуальність теми дисертаційної роботи

Довговічність нежорсткого дорожнього одягу визначається сумісною роботою покриття, шарів основи та ґрунту земляного полотна. Навіть за нормативно призначеної товщини конструктивних шарів перезволоження ґрунтової основи може спричинити зниження загального модуля пружності, збільшення прогину, зростання напружень у шарах дорожнього одягу та накопичення залишкових деформацій.

У практиці проектування дорожнього одягу традиційно розрахунок конструктивних шарів і оцінювання водно-теплого режиму земляного полотна виконуються як відносно самостійні задачі, що не завжди дозволяє коректно врахувати сумісний вплив зволоження ґрунтів основи на напружено-деформований стан усієї дорожньої конструкції в цілому. У зв'язку з цим актуальним є розроблення підходу, який поєднує прогнозування інфільтраційного зволоження робочого шару земляного полотна з кількісною оцінкою його впливу на деформації дорожнього одягу та з обґрунтованим вибором раціональних конструктивних рішень, зокрема в умовах обмеженого фінансування дорожньої галузі та зростання інтенсивності руху великовагових транспортних засобів.

Дисертаційна робота Касая Костянтина Івановича спрямована саме на вирішення цього комплексу питань: у ній поєднано математичне моделювання інфільтраційного зволоження, числове дослідження напружено-деформованого



стану дорожньої конструкції методом скінченних елементів та багатокритеріальне оцінювання конструктивних варіантів дорожнього одягу за деформативними й вартісними показниками.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами

Дисертаційне дослідження виконано в рамках наукової тематики Національного транспортного університету у сфері проєктування, будівництва та експлуатаційного утримання автомобільних доріг (державний реєстраційний № 0122U001566). Результати роботи використано під час науково-технічного супроводу робіт на автомобільних дорогах державного значення Р-24, Н-03 і Н-25 в Івано-Франківській та Хмельницькій областях, зокрема в зонах комплексів габаритно-вагового контролю WIM-47 і WIM-48, а також упроваджено в освітній процес Національного транспортного університету під час викладання дисципліни «Механіка земляного полотна» і виконання кваліфікаційних робіт магістрів.

Аналіз змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків.

У першому розділі виконано аналіз джерел зволоження, впливу вологості ґрунтової основи на дорожній одяг та наявних методів оцінювання інфільтрації.

Автор обґрунтовано зазначає, що сумарна кількість води не є достатнім показником для оцінювання небезпеки. Для дорожньої конструкції важливо знати, якої глибини досягає зволоження, як швидко воно розвивається і чи охоплює активну зону робочого шару.

У другому розділі розроблено аналітичну модель, яка дає змогу визначати поле вологості. Отримані показники можуть використовуватися як вихідні дані для механічного розрахунку.

Позитивною рисою є введення показників критичної глибини і критичного часу. Для практичного проєктування вони мають зрозумілий зміст: дають можливість встановити, чи досягне небезпечна вологість найбільш навантаженої частини ґрунтової основи протягом розрахункового періоду.

У третьому розділі методом скінченних елементів у програмному комплексі ЛІРА-САПР виконано моделювання напружено-деформованого стану дорожньої конструкції для семи видів ґрунтів земляного полотна, кількох висот насипу, нормативного та збільшеного на 50 % рівнів статичного навантаження за нормативного, повного і поступового сценаріїв зволоження. За результатами 990 числових розрахунків встановлено кількісні залежності зростання вертикальних переміщень точок моделі дорожнього одягу від виду ґрунту основи та ступеня його зволоження: за повного зволоження переміщення зростають у 2,2–2,4 раза, за поступового – у 1,5–1,6 раза порівняно з нормативним вологісним станом. Цей розділ становить безпосередній інтерес з погляду проектування дорожнього одягу, оскільки дає кількісну основу для оцінювання впливу вологісного стану ґрунтової основи на деформативність дорожньої конструкції.

У четвертому розділі на основі отриманих результатів розроблено методику вибору раціональних параметрів дорожньої конструкції за допомогою двоетапного багатокритеріального ранжування альтернатив методами TOPSIS, VIKOR і MOORA з урахуванням деформативних показників дорожнього одягу, загальної висоти дорожньої конструкції $h_{\text{ДК}}$ та кошторисної вартості варіантів.

Програмна реалізація алгоритму у VBA знижує трудомісткість розрахунку, що також характеризує роботу з позитивної сторони.

Загалом наукові положення, аналітичні та чисельні дослідження є обґрунтованими, а отримані результати мають безпосереднє прикладне значення для практики проектування дорожнього одягу автомобільних доріг.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

1. Уперше проведено числові експериментальні дослідження напружено-деформованого стану на тривимірних моделях дорожньої конструкції для різних видів ґрунтів земляного полотна, висот насипу та рівнів транспортного навантаження за умов повного і поступового зволоження ґрунтів основи.

2. Удосконалено математичну модель прогнозування інфільтраційного зволоження робочого шару земляного полотна, що дає змогу визначати

розрахунковий вологісний стан ґрунтів основи дорожнього одягу з урахуванням часової динаміки атмосферних опадів.

3. Удосконалено метод вибору дорожньої конструкції за характером зміни деформацій дорожнього одягу під навантаженням з урахуванням кошторисної вартості варіантів.

4. Дістали подальшого розвитку методичні підходи до прогнозування зміни вологості ґрунтів основи дорожнього одягу за глибиною і в часі, що можуть використовуватися як вихідні дані для уточнених розрахунків конструктивної міцності дорожнього одягу.

Практичне значення отриманих результатів

Розроблена методика дає змогу під час проєктування, реконструкції, капітального ремонту та експлуатаційного утримання автомобільних доріг кількісно оцінювати вплив вологісного стану ґрунтів основи на деформації дорожнього одягу та обґрунтовувати конструктивні заходи регулювання водно-теплого режиму. Розроблені тривимірні скінченно-елементні моделі дорожньої конструкції та методика багатокритеріального вибору на основі TOPSIS, VIKOR і MOORA дозволяють обирати раціональний варіант дорожнього одягу з урахуванням деформативних і вартісних показників. Результати дослідження використано під час науково-технічного супроводу робіт на дорогах Р-24, Н-03 і Н-25, а також упроваджено в освітній процес Національного транспортного університету.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Основні положення дисертації повністю та в достатньому обсязі опубліковані у 4 наукових статтях (фахові видання) і 9 у матеріалах конференцій. Тематика публікацій охоплює основні етапи виконаного дослідження.

Обсяг і спрямованість публікацій відповідають змісту дисертації.

Зауваження та побажання до дисертаційної роботи

1. У третьому розділі розглянуто нормативне ($A_2 = 57,5$ кН) та збільшене на 50 % статичне навантаження. Водночас не наведено обґрунтування того, наскільки прийнятий понаднормативний рівень репрезентує фактичний спектр

осьових навантажень, зафіксованих комплексами WIM-47 і WIM-48. Доцільно було б зіставити прийняте розрахункове навантаження з розподілом фактичних навантажень транспортних засобів та окреслити межі поширення отриманих залежностей.

2. Результати числового моделювання отримано для одноразового статичного прикладання навантаження. Така постановка не дає змоги безпосередньо оцінити накопичення залишкових деформацій ґрунтової основи та незв'язаних шарів за багаторазового транспортного навантаження. Доцільно було б окреслити можливість подальшого розвитку моделі з урахуванням повторності навантажень і нелінійної деформативності перезвожених ґрунтів.

3. Не зазначено, яким чином приймалися розрахункові значення модулів пружності матеріалів конструктивних шарів дорожнього одягу (асфальтобетон, щебінь тощо) – за нормативними довідковими даними чи за результатами лабораторних випробувань, – що є важливим для оцінки достовірності абсолютних значень отриманих деформацій.

4. Критерій деформацій Z , прийнятий для порівняння варіантів дорожньої конструкції в четвертому розділі, безпосередньо не пов'язано з нормативними показниками експлуатаційного стану покриття (рівність, індекс IRI, глибина колії). Бажано було б показати, яким чином встановлені граничні значення деформацій Z співвідносяться з чинними критеріями оцінювання транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг.

5. Для зручності практичного застосування розробленої методики бажано було б навести повний приклад розрахунку від вихідних даних до остаточного вибору дорожньої конструкції.

6. Вважаємо, що для практичних цілей, доцільно було б визначити мінімальний обсяг інженерно-геологічних вишукувань, необхідний для використання методики.

Наведені зауваження мають дискусійний і рекомендаційний характер, не ставлять під сумнів достовірність основних результатів і не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

Загальний висновок та оцінка дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Касая Костянтина Івановича на тему «Удосконалення методу розрахунку інфільтраційного зволоження робочого шару земляного полотна автомобільних доріг» є завершеною кваліфікаційною науковою працею, у якій вирішено актуальне науково-прикладне завдання щодо прогнозування інфільтраційного зволоження робочого шару земляного полотна та оцінювання його впливу на напружено-деформований стан дорожнього одягу.

Дослідження виконано на належному науковому рівні з використанням сучасних чисельних методів і багатокритеріального аналізу, а отримані результати мають безпосереднє практичне значення для проектування дорожнього одягу автомобільних доріг.

Дисертаційна робота Касая Костянтина Івановича та представлені до розгляду публікації задовольняють вимогам пунктів 6–9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 (зі змінами, внесеними згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 21 березня 2022 року № 341).

За своєю актуальністю, новизною та практичною значущістю дисертаційна робота повністю відповідає вимогам Порядку присудження наукових ступенів, а її автор, Касай Костянтин Іванович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Офіційний опонент:

завідувач кафедри проектування доріг,
геодезії і землеустрою Харківського
національного автомобільно-дорожнього
університету, канд. техн. наук, доцент

Євген ДОРОЖКО

Підпис Дорожко Є.В. засвідчую

Проректор з НІР ХНАДУ, д.т.н., професор

Микола МИХАЛЕВИЧ

