

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Національного транспортного  
університету



Олександр ГРИЩУК

06 20 26 р.

## ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Касая Костянтина Івановича

на тему: «Удосконалення методу розрахунку інфільтраційного зволоження робочого шару земляного полотна автомобільних доріг», що подається на здобуття ступеня доктор філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації створений після публічної презентації результатів дисертаційної роботи здобувачем Касая К.І. та її обговоренні на розширеному засіданні кафедри транспортного будівництва та управління майном (протокол № 3 від 22 червня 2026 р.) за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія», освітньо-науковою програмою «Будівництво та цивільна інженерія».

### Актуальність теми

Автомобільні дороги є ключовим елементом транспортної інфраструктури, що забезпечує стабільність логістики та економічний розвиток держави. В умовах сучасних викликів та необхідності масштабного повоєнного відновлення інфраструктури України питання забезпечення надійності, довговічності та економічної ефективності експлуатації автомобільних доріг набуває стратегічного значення.

Біля 99 % автомобільних доріг загального користування в Україні мають нежорсткі дорожні одяги. Несна здатність таких конструкцій та їхній опір накопиченню залишкових деформацій (колієутворенню, просіданням, зсувам) значним чином залежать від фізико-механічних характеристик ґрунтів робочого шару земляного полотна. Водночас міцнісні та деформаційні властивості зв'язних ґрунтів не є сталими – вони експоненційно знижуються за підвищення їхньої вологості. Як свідчить світовий і вітчизняний досвід експлуатації доріг, переважна більшість передчасних руйнувань дорожнього одягу спровокована порушенням водно-теплового режиму (ВТР) та перезволоженням ґрунтової основи.

В умовах глобальних кліматичних змін, що супроводжуються збільшенням кількості інтенсивних і тривалих злив, атмосферні опади стають одним із

найнебезпечніших джерел зволоження. Вода проникає в робочий шар через ґрунт узбіччя, прикромкові зони, розділювальні смуги та тріщини в покритті, формуючи інфільтраційний потік, що здатен за короткий проміжок часу перевести ґрунт із твердого у пластичний стан і критично знизити його опір навантаженням від великовагового транспорту.

Незважаючи на фундаментальні дослідження у сфері регулювання ВТР (праці В.М. Сіденка, а також сучасних вітчизняних і зарубіжних учених), наявні нормативні, інженерні та математичні підходи до оцінювання інфільтраційного зволоження мають певні обмеження. Переважна більшість із них спирається на усереднені балансові показники вологонакопичення або ж розглядає надходження вологи як однорідний за глибиною процес. Таке спрощення не дозволяє адекватно оцінити ризики від конкретних сценаріїв опадів, оскільки реальний процес інфільтрації має складну просторово-часову природу: він суттєво залежить від мінливої інтенсивності дощу в часі та супроводжується затуханням інфільтраційного впливу за глибиною ґрунтового масиву.

Відсутність коректних аналітичних інструментів, здатних описати зміну вологості ґрунту за глибиною і в часі під час дощу, ускладнює визначення максимальної глибини небезпечного зволоження та часу досягнення ґрунтом критичної вологості. Це, у свою чергу, унеможливорює раціональне інженерне проєктування конструктивних заходів із регулювання ВТР (покращення поверхневого водовідведення, герметизації узбіч, улаштування протиінфільтраційних екранів чи дренажів).

З огляду на зазначене, удосконалення математичної моделі та методу прогнозування інфільтраційного зволоження робочого шару земляного полотна шляхом урахування часової мінливості опадів і просторового затухання їхнього впливу є своєчасним і науково обґрунтованим завданням. Вирішення цієї задачі дозволить підвищити достовірність інженерних розрахунків, обґрунтовано призначати захисні конструктивні заходи та суттєво подовжити міжремонтні строки експлуатації дорожніх конструкцій.

Зазначене вище підтверджує високу актуальність теми дисертаційного дослідження як для розвитку теоретичних засад дорожньої науки, так і для вирішення прикладних завдань сучасного дорожнього будівництва.

### **Зв'язок теми дослідження з планами науково-дослідних робіт**

Тема дисертації відповідає напрямам і завданням державних науково-технічних програм: «Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року» (Розпорядження Кабінету міністрів України від 30.05.2018 р. № 430-р). Основні дослідження теоретичного і прикладного характеру виконані згідно з тематикою науково-дослідних робіт, що виконувались на кафедрі транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету: «Розроблення сучасних методів будівництва та експлуатації автомобільних доріг, транспортних споруд з оцінкою їх якісного стану,

проведення експертної оцінки основних фондів дорожніх підприємств» державний реєстраційний номер 0122U001566.

### **Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків, рекомендацій, які захищаються**

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи забезпечується використанням положень механіки ґрунтів, теорії фільтрації, закономірностей дифузійного перенесення вологи, теорії водно-теплового режиму земляного полотна, а також аналізом чинних наукових, технічних і методичних джерел з питань проєктування, експлуатації та оцінювання стану автомобільних доріг.

Достовірність отриманих результатів підтверджується логічною узгодженістю прийнятих розрахункових передумов із фізичним змістом процесу інфільтраційного зволоження, коректним використанням математичного апарату для опису просторово-часової зміни вологості, розмірнісною узгодженістю запропонованих залежностей та можливістю їх інженерної інтерпретації. Запропонована модель враховує основні чинники, які визначають надходження та поширення вологи в робочому шарі земляного полотна, а саме інтенсивність і тривалість атмосферних опадів, поверхневий стік із проїзної частини, фільтраційні властивості ґрунтів, початкову вологість, товщину робочого шару та параметри просторового затухання інфільтраційного впливу.

Достовірність результатів також забезпечується поетапною побудовою розрахункової моделі: від визначення сумарного шару опадів і фактичного інфільтраційного надходження до опису просторового розподілу джерела зволоження, визначення приросту вологості, критичного зволоження, максимальної глибини небезпечного зволоження та коефіцієнта запасу за вологісним станом. Така послідовність дозволяє перевірити фізичний зміст кожного етапу розрахунку та встановити вплив окремих параметрів на кінцевий результат.

Отримані результати перевірено шляхом порівняння з відомими положеннями щодо впливу вологості на міцнісні та деформаційні характеристики ґрунтів, із чинними інженерними підходами до регулювання водно-теплового режиму земляного полотна, а також із результатами розрахункових прикладів і чисельного моделювання напружено-деформованого стану дорожньої конструкції. Узгодженість отриманих закономірностей із фізичними уявленнями про процеси зволоження ґрунтів, втрату несної здатності та накопичення деформацій підтверджує достовірність запропонованого підходу.

Практична перевірка розробленої методики виконана на розрахункових сценаріях зливого зволоження, що враховують різну інтенсивність і тривалість опадів, властивості ґрунтів робочого шару та умови надходження води з поверхні дорожньої конструкції. Отримані результати дозволяють обґрунтовано оцінювати небезпеку перезволоження робочого шару, визначати зони можливого

критичного зволоження та приймати інженерні рішення щодо необхідності конструктивних заходів регулювання водно-теплогового режиму.

Апробація результатів дослідження на наукових конференціях, їх опублікування у фахових виданнях і матеріалах конференцій, а також відповідність запропонованих положень сучасним уявленням про роботу дорожніх конструкцій у змінних водно-теплових умовах підтверджують обґрунтованість і достовірність основних результатів дисертаційної роботи.

### **Основні результати дослідження, ступінь їх наукової новизни та значущості**

- уперше проведено числові експериментальні дослідження на тривимірних моделях дорожньої конструкції для різних видів ґрунтів земляного полотна та насипів різної висоти під впливом нормативного та понаднормативного навантажень, в умовах повного та пошарового зволоження;

- удосконалено математичну модель прогнозування інфільтраційного зволоження робочого шару земляного полотна шляхом введення просторово-часової функції джерела зволоження, що, на відміну від підходів із рівномірним або узагальненим урахуванням надходження вологи, дозволяє враховувати зміну інтенсивності опадів у часі та затухання інфільтраційного впливу за глибиною;

- удосконалено метод визначення параметрів оптимальної дорожньої конструкції на основі характеру зміни деформацій під впливом нормативного та понаднормативного навантажень між дорожнім одягом та земляним полотном, з урахуванням його кошторисної вартості, висоти насипу та виду ґрунтів;

- дістали подальшого розвитку методичні підходи до прогнозування зміни вологості ґрунтів робочого шару земляного полотна за глибиною і в часі з урахуванням характеристик атмосферних опадів, поверхневого стоку, початкової вологості та властивостей ґрунтів.

### **Практичне значення результатів дослідження**

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання запропонованого підходу для інженерного оцінювання ризику перезволоження робочого шару земляного полотна автомобільних доріг під дією атмосферних опадів. А саме:

- визначати зміну вологості ґрунтів робочого шару за глибиною і в часі для різних сценаріїв зливогого зволоження;

- оцінювати час досягнення критичної вологості ґрунту та максимальну глибину критичного зволоження;

- визначати коефіцієнт запасу за вологісним станом, який характеризує ступінь наближення розрахункової вологості ґрунту земляного полотна до критичного значення та є критерієм для призначення конструктивних заходів регулювання водно-теплогового режиму;

– використовувати результати розрахунку під час проєктування, реконструкції, капітального ремонту та експлуатаційного утримання автомобільних доріг для підвищення надійності дорожньої конструкції та зменшення ризику втрати несної здатності ґрунтової основи.

Також побудовані тривимірні моделі дорожньої конструкції в об'ємних елементах для різних типів перезволожених ґрунтів земляного полотна та насипів різної висоти. За результатами числового моделювання отримано розподіл деформацій під впливом нормативного та понаднормативного навантаження. Числові експерименти визначення напружено-деформованого стану проведені на основі системи ПК ЛІРА-САПР, що дало можливість обґрунтувати доцільність застосування для насипів різної висоти різних типів місцевих ґрунтів за міцнісними характеристиками, що відповідають розрахунковій вологості. Крім того, за результатами багатокритеріального оцінювання отриманих матриць деформацій методами TOPSIS, VIKOR і MOORA розроблено методику визначення оптимального варіанта дорожньої конструкції з урахуванням рівня транспортного навантаження, висоти насипу, виду і стану зволоження ґрунту земляного полотна та кошторисної вартості її влаштування.

#### **Повнота викладення матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок у них автора**

Результати дисертаційної роботи, опубліковані в наукових фахових видань України:

1. Петрович В., Касай К. Дослідження характеристик опадів для розрахунків поверхневого водовідведення й інфільтрації вологи в ґрунт земляного полотна автомобільних доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2024. 115.2. С. 137–146.

DOI: <https://doi.org/10.33744/0365-8171-2024-115.2-137-146>

URL: <https://arccjournal.org/uk/journals/tom-61-2-2024/doslidzhyennya-kharakteristik-opadiv-dlya-rozrakhunkiv-povyerkhnyevogo-vodovidvyedynnya-y-infiltratsiyi-vologiy-v-grunt-zyemlyanogo-polotna-avtomobilnikh-dorig>

Особистий внесок автора – систематизовано та проаналізовано характеристики атмосферних опадів, обґрунтовано їхні розрахункові значення для визначення поверхневого стоку й інфільтраційного зволоження ґрунтів земляного полотна.

2. Каськів В. І., Касай К. І. Аналіз підходів до оцінювання просочування вологи опадів у ґрунт узбіччя автомобільних доріг. *Дороги і мости*. 2024. Вип. 30. С. 253–263.

DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2024.30.253>

URL: <http://dorogimosti.org.ua/ua/doslidzhennya-pidhodiv-schodo-ocinyuvannya-prosochuvannya-opadiv-u-grunt-uzbichchya-avtomobilnyih-dorig>

Особистий внесок автора – виконано статистичне зіставлення метеорологічних даних і порівняльний аналіз методик оцінювання просочування опадів у ґрунт узбіччя, визначено межі та умови їх застосування.

3. Петрович В., Касай К. Дослідження впливу вологості ґрунту основи дорожнього одягу на показники міцності і деформативності його конструкції. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2025. 117.2. С. 126–136.

DOI: <https://doi.org/10.33744/0365-8171-2025-117.2-126-136>

URL: <https://arrcjournal.org/uk/journals/tom-62-2-2025/doslidzhyennya-vplivu-vologosti-gruntu-osnovi-dorozhnogo-odyagu-na-pokazniki-mitsnosti-i-deformativnosti-yogo-konstruktsiyi>

Особистий внесок автора – виконано числове моделювання впливу виду та вологості ґрунту основи на міцнісні й деформаційні показники дорожньої конструкції та обґрунтовано допустимі значення вологості ґрунтів робочого шару.

4. Каськів В. І., Касай К. І. Математичне моделювання впливу атмосферних опадів на водно-тепловий режим земляного полотна автомобільної дороги. *Дороги і мости*. 2025. Вип. 32. С. 141–147.

DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2025.32.141>

URL: <http://dorogimosti.org.ua/ua/matematichne-modelyuvannya-vplivu-atmosfernih-opadiv-na-vodno-teplovyy-reghim-zemlyanogo-polotna-avtomobilynoyi-dorogi>

Особистий внесок автора – удосконалено математичну модель інфільтраційного зволоження шляхом введення просторово-часової функції джерела вологи, що враховує часовий профіль атмосферних опадів, затухання їхнього впливу за глибиною та фізичні властивості ґрунту.

### **Апробація результатів дослідження**

Основні положення та результати дисертаційного дослідження доповідались, обговорювались і були опубліковані в матеріалах наукових конференцій, зокрема: науковій конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету, Київ, з 2023 по 2026 р.; Всеукраїнській науковій конференції здобувачів освіти і молодих учених НТУ «Відбудова транспортної інфраструктури України», Київ, 21 червня 2023 р.; IV Міжнародній науково-практичній конференції імені П. М. Ковалю «Відновлення та розвиток мостів: виклики, тренди, новації», Львів, 04–06 грудня

2024 р.; III Всеукраїнській науковій конференції здобувачів освіти і молодих учених НТУ «Відбудова транспортної інфраструктури України», Київ, 25 березня 2025 р.; XXV Міжнародній науково-практичній конференції «Modern technologies and people: new opportunities for the development of society», Берлін, Німеччина, 23-26 червня 2026 р.,

Загалом результати дисертаційного дослідження апробовано у матеріалах всеукраїнських, міжнародних і університетських наукових конференцій, що підтверджує їх відповідність тематиці дослідження та практичну спрямованість на вирішення задач прогнозування інфільтраційного зволоження робочого шару земляного полотна автомобільних доріг атмосферними опадами.

### **Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення, дотримання норм академічної доброчесності**

Дисертаційна робота складається з анотації українською та англійською мовами, списку опублікованих праць за темою дисертації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і семи додатків. Загальний обсяг дисертації становить 261 сторінку, з яких основний текст займає 166 сторінок. Список використаних джерел налічує 138 найменувань. Робота містить 37 рисунків та 40 таблиць.

Дисертація написана українською мовою у вигляді рукопису, логічно та послідовно. Структура дисертації, мова та стиль викладення відповідають вимогам Міністерства освіти і науки України до дисертацій. Застосована в роботі наукова термінологія є загальновизнаною, стиль викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття та використання.

Робота є самостійно виконаною, завершеною науково-дослідною працею, в якій отримані нові науково-обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують актуальну науково-прикладну задачу удосконалення методу прогнозування інфільтраційного зволоження робочого шару земляного полотна автомобільних доріг під дією атмосферних опадів.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело. Рівень запозичень в основному тексті дисертації складає 1,51 % (звіт перевірки сформовано за допомогою StrikePlagiarism.com, ID 334408600, дата перевірки 23.06.2026 р.).

### **Загальний висновок**

Враховуючи вищенаведене, дисертаційна робота Касая Костянтина Івановича на тему «Удосконалення методу розрахунку інфільтраційного зволоження робочого шару земляного полотна автомобільних доріг», представлена до розгляду на міжкафедральному семінарі кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету, та публікації здобувача зараховані за темою

дисертації відповідають вимогам п. 6-9 «Порядку присудження скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р. (зі змінами).

Таким чином, дисертаційна робота Касая Костянтина Івановича на тему «Удосконалення методу розрахунку інфільтраційного зволоження робочого шару земляного полотна автомобільних доріг» відповідає всім вимогам, що висуваються до кваліфікаційних робіт на здобуття ступеня доктора філософії і може бути рекомендована до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді Національного транспортного університету.

Головуючий  
на міжкафедральному семінарі,  
в. о. зав. кафедри транспортного  
будівництва та управління  
майном, професор кафедри,  
канд. техн. наук, доцент



Олена УСИЧЕНКО

Рецензенти:  
декан факультету транспортного  
будівництва  
д-р техн. наук, професор



Андрій БУБЕЛА

доцент кафедри дорожньо-  
будівельних матеріалів і хімії,  
канд. техн. наук, доцент



Олександр КУЦМАН

Секретар  
на міжкафедральному семінарі,  
доцент кафедри транспортного  
будівництва та управління  
майном,  
канд. техн. наук, доцент



Олександр ЧЕЧУГА