

РЕЦЕНЗІЯ

доцента кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії Національного транспортного університету, кандидата технічних наук, доцента
Куцмана Олександра Михайловича
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 та практична спрямованість роботи

У практиці проєктування та експлуатації автомобільних доріг основна увага часто зосереджується на матеріалах і товщині шарів дорожнього одягу. Водночас фактичний стан ґрунтової основи може мати не менший вплив на довговічність конструкції.

На ділянках із недостатнім поверхневим водовідведенням, водопроникними узбіччями, тріщинами покриття або низькими насипами ґрунт робочого шару може поступово перезволожуватися. Наслідком є зниження жорсткості основи, збільшення переміщень, колійність, просідання та прискорене руйнування дорожнього одягу.

Дисертаційна робота Касая Костянтина Івановича має чітку практичну спрямованість. Автор не обмежується визначенням кількості води, що надходить до ґрунту, а пропонує оцінювати зміну вологості за глибиною і в часі, встановлювати момент досягнення критичного стану та визначати наслідки цього стану для дорожньої конструкції.

Актуальність роботи посилюється необхідністю підвищення обґрунтованості проєктних рішень в умовах обмежених фінансових ресурсів, зростання транспортних навантажень, зміни режиму атмосферних опадів і потреби у відновленні дорожньої інфраструктури України. Дисертаційне дослідження виконано в межах наукового напрямку Національного транспортного університету, а результати роботи використано під час науково-технічного супроводу робіт на автомобільних дорогах



Загальна характеристика та оцінка змісту дисертації

Структура дисертації відповідає меті та поставленим завданням дослідження. Робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків.

У першому розділі проаналізовано умови експлуатації автомобільних доріг, причини деформування земляного полотна і дорожнього одягу за умов зволоження, основні джерела надходження вологи до робочого шару, а також наявні нормативні, інженерні та математичні методи оцінювання інфільтрації атмосферних опадів. Автором систематизовано підходи до визначення обсягів води, яка надходить у дорожню конструкцію, та встановлено, що балансові методики переважно дають змогу оцінити сумарний притік вологи, але не забезпечують достатнього опису її просторово-часового розподілу.

Огляд джерел завершується формуванням наукової задачі. Це є позитивною рисою роботи, оскільки кожний наступний розділ безпосередньо пов'язаний із виявленими недоліками наявних методів.

У другому розділі розроблено математичний апарат прогнозування інфільтраційного зволоження. Запропонований підхід дає змогу перейти від сумарної кількості опадів до поля вологості.

Практично важливим результатом є можливість визначення:

- максимальної глибини проникнення вологи;
- критичної глибини зволоження;
- часу досягнення критичного стану;
- бокового поширення інфільтраційного впливу;
- коефіцієнта запасу за вологісним станом.

Саме ці показники можуть бути використані під час прийняття рішення щодо необхідності конструктивних заходів.

У третьому розділі досліджено, як зміна вологості ґрунту впливає на дорожню конструкцію. Автор виконав значний обсяг числових розрахунків, розглянувши різні види ґрунтів, що широко використовуються для спорудження насипів, різні висоти дорожньої конструкції та рівні навантаження. Для

дослідження напружено-деформованого стану використано метод скінченних елементів, реалізований у програмному комплексі ЛПРА-САПР. Прийнятий інструментарій відповідає поставленим завданням, однак потребує чіткого обґрунтування розрахункової схеми, крайових умов і механічних характеристик матеріалів.

Результати підтверджують, що однакове транспортне навантаження може спричиняти суттєво різні вертикальні деформації залежно від стану ґрунтової основи. Особливо чутливими до зволоження є зв'язні ґрунти, тоді як для піщаних ґрунтів зміна вологості має менш виражений вплив, що узгоджується з результатами інших дослідників.

У четвертому розділі результати дослідження переведено у практичну процедуру вибору конструктивного рішення. Автор застосував методи TOPSIS, VIKOR і MOORA, що дає змогу порівняти варіанти за кількома критеріями.

Позитивним є врахування не лише деформативних показників дорожньої конструкції, а й її вартості. Це відповідає практиці техніко-економічного обґрунтування та є актуальним на сучасному етапі істотної зміни цін на дорожньо-будівельні матеріали і роботи.

Обґрунтованість положень дисертації забезпечена використанням положень механіки ґрунтів, теорії фільтрації, дифузійного перенесення вологи, методів математичної фізики, скінченноелементного моделювання та багатокритеріального аналізу. Достовірність результатів підтверджується фізичною та розмірнісною узгодженістю математичних залежностей, коректністю прийнятих початкових і крайових умов, порівнянням розрахункових та експериментальних профілів вологості, високими коефіцієнтами детермінації та значним обсягом числових експериментів.

Висновки відповідають поставленим завданням і підтверджуються наведеними розрахунковими результатами.

Наукова новизна і практичне значення отриманих результатів

1. Уперше проведено числові експериментальні дослідження напружено-деформованого стану тривимірних моделей дорожньої конструкції для різних

видів ґрунтів земляного полотна, висот дорожньої конструкції та рівнів транспортного навантаження за умов нормативного, повного і поступового зволоження.

2. Удосконалено математичну модель прогнозування інфільтраційного зволоження робочого шару земляного полотна шляхом введення просторово-часової функції джерела зволоження, яка враховує зміну надходження вологи в часі та затухання інфільтраційного впливу за глибиною.

3. Удосконалено методику визначення межі критичного зволоження, яка дає змогу визначати критичну вологість, час її досягнення, максимальну глибину просочування та бокове поширення вологи.

4. Удосконалено метод вибору дорожньої конструкції за характером зміни вертикальних переміщень вузлів моделі під навантаженням з урахуванням кошторисної вартості.

Практичне значення результатів полягає в можливості застосування запропонованої методики під час проектування, реконструкції, капітального ремонту та експлуатаційного утримання автомобільних доріг для оцінювання ризику перезволоження робочого шару, прогнозування зміни вологості ґрунту за глибиною і в часі, визначення часу досягнення критичної вологості та порівняння альтернативних дорожніх конструкцій за технічними й економічними критеріями. Результати дослідження використано на автомобільних дорогах Р-24, Н-03 і Н-25, а також упроваджено в освітній процес Національного транспортного університету.

Повнота опублікування основних положень дисертаційної роботи

За темою дисертаційного дослідження опубліковано 13 наукових праць, у тому числі 4 статті, що відображають основні наукові результати дисертації, у періодичних фахових виданнях, включених до переліку МОН України («Автомобільні дороги і дорожнє будівництво», «Дороги і мости»), та 9 праць апробаційного характеру.

До основних публікацій належать статті:

1. 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.

2. Петрович В. 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.

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.

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.

Результати роботи апробовано на наукових конференціях Національного транспортного університету, всеукраїнських конференціях здобувачів освіти і молодих учених, а також на IV Міжнародній науково-практичній конференції імені П. М. Ковалю «Відновлення та розвиток мостів: виклики, тренди, новації» (Львів, 2024 р.). Кількість і рівень публікацій дають підстави вважати результати дисертаційної роботи достатньо оприлюдненими.

Особистий внесок здобувача та відсутність порушень академічної доброчесності

Основні наукові результати, які виносяться на захист, як зазначено у дисертаційній роботі, одержано здобувачем особисто: сформульовано наукову задачу, запропоновано просторово-часову функцію джерела зволоження, виконано аналітичні розв'язки, проведено числові експерименти, побудовано апроксимаційні залежності та реалізовано програмний модуль багатокритеріального оцінювання. У працях, опублікованих у співавторстві, внесок здобувача полягає у виконанні розрахунків, моделюванні та формулюванні висновків.

За результатами ознайомлення з дисертаційною роботою та публікаціями здобувача ознак академічного плагіату, фабрикації або фальсифікації результатів досліджень не встановлено. Запозичені положення й результати інших авторів супроводжуються відповідними посиланнями.

Зауваження та дискусійні положення

1. У першому розділі наведено значний обсяг зарубіжних досліджень, однак порівняння математичних моделей виконано переважно на описовому рівні. Доцільно було б систематизувати їхні основні рівняння, вихідні параметри, крайові умови та межі практичного застосування.

2. Математична модель описує переважно період надходження вологи від атмосферних опадів. Доцільно було б пояснити, яким чином вона може бути доповнена врахуванням випаровування, дренажу та перерозподілу вологи після завершення опадів.

3. Під час оцінювання дорожньої конструкції бажано додатково враховувати не лише вертикальні переміщення вузлів моделі Z , а й напруження розтягу та зсуву в конструктивних шарах.

4. Під час нового будівництва вид ґрунту, висота насипу та заходи водорегулювання можуть бути призначені на етапі проектування, тоді як для реконструкції частина цих параметрів є заданою. Доцільно було б окремо представити послідовність застосування методики для цих двох випадків.

5. Оптимальні варіанти дорожньої конструкції, отримані у четвертому розділі, мають розглядатися тільки в межах прийнятих вихідних даних, а не як універсальні конструкції.

6. Доцільною була б натурна перевірка на ділянках із фактичними деформаціями дорожнього одягу.

Наведені зауваження мають переважно уточнювальний і рекомендаційний характер, не знижують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи і не впливають на її загальну позитивну оцінку.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Касая Костянтина Івановича на тему «Удосконалення методу розрахунку інфільтраційного зволоження робочого шару земляного полотна автомобільних доріг» є завершеною самостійною кваліфікаційною науковою працею, у якій вирішено актуальне науково-прикладне завдання щодо прогнозування інфільтраційного зволоження ґрунтів робочого шару земляного полотна під впливом атмосферних опадів.

Дисертація має логічну структуру, достатній рівень теоретичного обґрунтування, містить значний обсяг числових досліджень, а її результати мають практичне значення для дорожньої галузі. Основні положення дисертації достатньо повно опубліковані у наукових працях і пройшли належну апробацію.

Дисертаційна робота Касая Костянтина Івановича та наукові публікації, у яких висвітлено її основні результати, відповідають вимогам 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. Касай Костянтин Іванович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Рецензент,

доцент кафедри дорожньо-будівельних
матеріалів і хімії Національного
транспортного університету,
кандидат технічних наук, доцент



Олександр КУЦМАН

