

РЕЦЕНЗІЯ

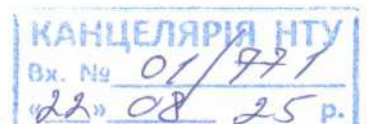
на дисертаційну роботу Кватадзе Євгенії Іродіонівни
на тему: «Удосконалення методу проєктування конструкцій земляного
полотна на основі визначення коефіцієнта вологопровідності ґрунтів»,
представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»

Актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами

Проектування та будівництво автомобільних доріг є складною інженерною задачею, яка вимагає враховувати безліч факторів. Найважливіший із них – забезпечити довговічність і надійність дорожньої конструкції, починаючи з її основи, земляного полотна.

Існуючі методики проєктування, хоч і враховують вологість ґрунтів, часто використовують узагальнені або емпіричні дані, які не відображають реальних процесів міграції вологи в дорожній конструкції. Це призводить до помилок у прогнозуванні несучої здатності земляного полотна, особливо в умовах періодичних змін вологості та температури протягом річного циклу, і як результат – до передчасного руйнування дорожньої конструкції. Коефіцієнт вологопровідності є динамічним показником, що дозволяє точніше моделювати рух вологи в ґрунті порівняно з традиційними статичними показниками. Завдяки йому можна враховувати зміну вологості ґрунту в часі, що є ключовим для прогнозування стану земляного полотна. Однак, попри очевидні переваги, методи його визначення та ефективна інтеграція в стандартні проєктні розрахунки залишаються недостатньо розробленими. Це створює певні труднощі для інженерної практики, обмежуючи повне використання потенціалу цього показника для підвищення довговічності дорожніх конструкцій.

Крім того, на сьогоднішній день для забезпечення інтеграції дорожньо-будівельної галузі України в європейський простір необхідно оновлення нормативно-методичної бази та її адаптація до відповідних європейських вимог.



Таким чином, удосконалення методу проектування земляного полотна з урахуванням коефіцієнта вологопровідності ґрунтів, що визначається за європейськими методами, є актуальним науково-практичним завданням в галузі будівництва та цивільної інженерії.

Роботу виконано відповідно до пріоритетних напрямів наукових досліджень Національного транспортного університету (НТУ). Вона є частиною науково-дослідної роботи кафедри транспортного будівництва та управління майном «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).

Крім того, основні результати роботи є частиною проєктів, що виконувалися на замовлення Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України: «Провести дослідження та розробити методичні рекомендації щодо розрахування та умов використання протиінфільтраційних шарів на автомобільних дорогах загального користування» (державний реєстраційний номер 0123U104749) та «Виконати аналіз та розробити методичні рекомендації щодо розрахування максимального дощового стоку та методів його регулювання» (державний реєстраційний номер 0123U104747).

Оцінка структури та змісту дисертації, її оформлення

Структура та зміст дисертаційного дослідження відповідає технічній спеціальності. Виклад матеріалу логічний, послідовний і добре структурований. Кожен розділ та підрозділ органічно пов'язаний між собою, що забезпечує цілісність дослідження. Автор майстерно поєднує теоретичний аналіз із викладенням власних експериментальних даних та їх інтерпретацією. Це робить виклад переконливим та достовірним. Матеріал подано зрозуміло, що дозволяє легко сприйняти сутність наукових ідей та практичних рекомендацій, представлених у роботі.

Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 202 сторінки. Основний текст викладений на 176 сторінках, проілюстрований 46 малюнками та 15 таблицями. Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку

використаних джерел (93 найменування), одного додатку. Дисертація оформлена належним чином, відповідно до встановлених вимог.

У **першому** розділі проведено детальний аналіз літературних джерел за темою дослідження. Охарактеризовано процеси зміни вологості земляного полотна протягом різних пір року (осінь, зима, весна, літо) та залежність цих процесів від кліматичних умов і типів зволоження ділянок автомобільних доріг. Зроблено висновок про необхідність удосконалення існуючих методів, оскільки вони базуються на застарілих підходах щодо визначення коефіцієнта вологопровідності ґрунтів.

У **другому** розділі досліджені методи визначення коефіцієнтів вологопровідності ґрунтів. Проаналізовано існуючі методи, що використовувались в Україні, такі як метод інтегральної обробки та метод із застосуванням приладу ПКВГ-Ф, які ґрунтуються на застарілих підходах. Визначено, що ці методи не відповідають сучасним вимогам, а їх результати можуть мати значні похибки. Детально вивчено європейський стандарт ISO 17892-11:2019 (E), який регламентує визначення коефіцієнта вологопровідності. Описано типи обладнання та схеми випробувань, що відповідають цьому стандарту. На основі європейського підходу розроблено нову методику, яка ґрунтується на гіпотезі про зв'язок між коефіцієнтами дифузійного та фільтраційного переносу. Проведено експериментальні дослідження в лабораторії НТУ, використовуючи обладнання, що відповідає європейським вимогам. Це підтверджує обґрунтованість і практичну цінність розробленого методу.

У **третьому** розділі запропоновано залежність для визначення коефіцієнта вологопровідності ґрунтів K_1 ($\text{м}^2/\text{с}$) на основі коефіцієнта вологопровідності ґрунтів K_0 ($\text{м}/\text{с}$), отриманого за даними лабораторних випробувань згідно до вимог європейського стандарту ISO 17892-11:2019 (E). Ця залежність дозволяє використовувати результати сучасних лабораторних випробувань для прогнозування вологонакопичення в земляному полотні, що є ключовою частиною удосконаленої методики проектування його конструкції.

На основі числового моделювання проведено аналіз впливу початкової вологості та повної вологоємності ґрунту на коефіцієнт вологопровідності, підтвердивши їх обернену залежність.

Запропонована математична модель (3.59) була апробована на прикладі супіщаного ґрунту і показала задовільну збіжність з результатами, отриманими за іншими методами (розбіжність становила 4.5% і 12.98% відповідно). Це дає підстави рекомендувати запропоновану математичну модель (3.59) в практику дорожнього будівництва.

У четвертому розділі продемонстровано практичні аспекти застосування отриманих наукових результатів і висновків у практиці дорожнього будівництва. На основі проведених досліджень, автором модернізовано програмне забезпечення та удосконалено дві розрахунково-аналітичні системи (РАС КВПГ та РАС ВТР), додавши модуль для визначення коефіцієнта вологопровідності ґрунтів згідно з європейським стандартом ISO 17892-11:2019 (Е). Також модифіковано метод розрахунку підвищення основи дорожнього одягу над рівнем ґрунтових вод, включивши в нього коефіцієнт вологопровідності, визначений на основі досліджень автора. На прикладі Київської області визначено розрахунковий рівень ґрунтових вод і рекомендовану висоту підняття низу основи дорожнього одягу над денною поверхнею землі. Крім того, розроблено вдосконалену методику розрахунку товщини протиінфільтраційного шару, що ґрунтується на використанні коефіцієнта вологопровідності ґрунтів. На прикладі Київської області визначено необхідну товщину такого шару для доріг II категорії.

Висновки. Кожен розділ дисертаційної роботи завершується висновками щодо отриманих теоретичних та практичних результатів на певному етапі виконання роботи. Загальні висновки по роботі є вичерпними і відповідають поставленим в роботі завданням, повністю відображають суть проведеного дисертаційного дослідження, акцентуючи на науковій та практичній цінності отриманих в роботі результатів.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій

Ступінь обґрунтованості отриманих наукових результатів та висновків підтверджується збіжністю теоретичних розрахунків та експериментальних

досліджень, включаючи дослідження інших науковців; достатнім обсягом експериментальних даних, що отримані із використанням сучасного лабораторного обладнання; апробацією роботи під час практичного впровадження, а також використанням сучасних загальноприйнятих наукових методів і підходів.

Наукова новизна отриманих результатів

Результати дослідження мають наукову новизну, що підтверджується такими положеннями:

- здійснено адаптацію експериментальних досліджень вологопровідності ґрунтів до вимог європейських стандартів (ISO 17892-11:2019) шляхом використання спеціального вимірювального стенда;
- за допомогою математичного моделювання вперше встановлено функціональний зв'язок між коефіцієнтом вологопровідності ґрунтів K_1 , що характеризує дифузійний перенос вологи та коефіцієнтом K_0 , який визначається за європейськими нормами на основі лабораторних випробувань зразків ґрунту;
- досліджено вплив початкової вологості та повної вологоємності ґрунту на зміну коефіцієнта вологопровідності ґрунтів;
- удосконалено існуючі розрахунково-аналітичні системи, призначені для визначення коефіцієнта вологопровідності ґрунтів та прогнозування водно-теплогового режиму дорожньої конструкції;
- запропоновано вдосконалені методики для розрахунку висоти підняття низу основи дорожнього одягу над денною поверхнею землі та товщини протиінфільтраційних шарів, що забезпечує більшу надійність проектування дорожніх конструкцій.

Практичне значення отриманих результатів роботи

Практичне значення роботи полягає у розробці інноваційних рішень для удосконалення методів проектування конструкцій земляного полотна шляхом регулювання їх водно-теплогового режиму. Запропоновані методи, що включають визначення вологопровідності ґрунтів, розрахунок висоти основи та товщини протиінфільтраційного шару, адаптовані до міжнародного стандарту ISO 17892-11:2019 (E), автоматизовані та реалізовані у вигляді розрахунково-аналітичних

систем. Це значно спрощує та прискорює роботу проєктувальників, дозволяючи їм швидше та ефективніше знаходити раціональні інженерні рішення на всіх етапах життєвого циклу автомобільних доріг – від проєктування до експлуатації.

Практична апробація основних теоретичних і практичних результатів дисертації на підприємствах та в організаціях підтверджується відповідними актами про впровадження від Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України і ТОВ «ГРАНБУД ЛІДЕР».

Також результати дисертаційної роботи є цінними для практики підготовки майбутніх фахівців дорожньо-будівельної галузі. Так, основні теоретичні та практичні положення роботи включено до навчальних дисциплін «Будівництво та експлуатації інженерних мереж» та «Технологія будівництва земляного полотна» в комплексі підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Автомобільні дороги, вулиці та дороги населених пунктів» Національного транспортного університету.

Публікації та апробація результатів роботи

Висновки та положення дисертації отримали визнання у науковій спільноті, пройшли належну апробацію та були опубліковані у 8 наукових працях, з яких: 1 – стаття у виданні України, яке включене до міжнародних наукометричних баз (Scopus); 2 – у періодичних фахових виданнях, що входять до переліку МОН України; 5 – у збірниках праць за матеріалами конференцій.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

У дисертаційній роботі Кватадзе Євгенії Іродіонівни на тему «Удосконалення методу проєктування конструкцій земляного полотна на основі визначення коефіцієнта вологопровідності ґрунтів» ознак академічного плагіату не виявлено. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Зауваження та побажання до дисертаційної роботи

1. Під час опису умов проведення експерименту відсутня конкретика щодо способу ущільнення лабораторних зразків ґрунту. Не зрозуміло, який саме тип обладнання використовувався для ущільнення і яким чином здійснювався кінцевий контроль щільності зразків?

2. У розділі 2.5 необхідно пояснити вибір довірчої ймовірності P (0.7 для попередніх досліджень, 0.95 для надійних). Які ризики пов'язані з використанням нижчої довірчої ймовірності і як це впливає на практичне застосування результатів, наприклад, на проектування дорожньої конструкції?

3. Відсутнє пояснення, на яких фізичних припущеннях базується вихідне диференціальне рівняння (3.36), покладене в основу розроблення математичної моделі. Також обмеження щодо застосування математичної моделі відносно вологості ($W_0 < W_{пв}$) потребує додаткових обґрунтувань з фізичної точки зору.

4. У розділі 4.4 відсутній аналіз чутливості запропонованого методу розрахунку товщини протиінфільтраційного шару відносно коливання вхідних даних (наприклад, зміни коефіцієнта ущільнення або інтенсивності опадів). Проведення такого аналізу було б дуже корисним для виявлення найважливіших факторів, що впливають на проектування.

5. У розділі 4.4 використано конкретні значення, такі як $W_T=40\%$, $K_0=4.36 \cdot 10^{-9}$ м/с. Для підвищення достовірності та практичної цінності роботи слід уточнити, чи є ці дані результатом лабораторних випробувань для конкретного об'єкта, чи умовними значеннями для демонстрації методики.

Загальні висновки

Дисертаційна робота Кватадзе Євгенії Іродіонівни на тему «Удосконалення методу проектування конструкцій земляного полотна на основі визначення коефіцієнта вологопровідності ґрунтів» є актуальним, завершеним, цілісним і самостійним науковим дослідженням, яке містить наукову новизну, має теоретичне та практичне значення.

У дисертаційній роботі запропоновано науково обґрунтовані підходи та інженерні рішення, що дозволяють удосконалити методи проектування земляного полотна дорожніх конструкцій. Особливої уваги заслуговує адаптація вітчизняних методик до міжнародного стандарту ISO 17892-11:2019 із визначення коефіцієнта вологопровідності ґрунтів, що є важливим кроком до гармонізації українських будівельних норм з європейськими.

Практична цінність дослідження підтверджується розробкою розрахунково-аналітичних систем та вдосконалених методик, які дозволяють фахівцям точно й ефективно виконувати розрахунки, пов'язані з водно-тепловим режимом автомобільних доріг. Це є потужним інструментом для проєктантів і будівельників, що сприятиме підвищенню якості дорожніх робіт.

Структура, зміст та подача дисертації відповідають технічній спеціальності, отримані результати є зручними для практичного застосування.

Основні висновки та положення дисертації апробовані й опубліковані в авторитетних наукових виданнях, що свідчить про високий рівень наукової новизни та достовірності отриманих результатів.

Зважаючи на актуальність вирішених завдань, отриманих наукових результатів, теоретично обґрунтованих наукових положень, використання сучасних методів під час виконання експериментальних та теоретичних досліджень, підтвердженої практичної значимості результатів роботи, дисертаційна робота та представлені до розгляду публікації задовольняють вимогам п. 6-9 Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМУ № 341 від 21.03.2022 р.), а її автор, Кватадзе Євгенія Іродіонівна, заслуговує присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Рецензент,

доцент кафедри транспортного будівництва

та управління майном

Національного транспортного університету

кандидат технічних наук, доцент

 Олександр ЧЕЧУГА

