

Спеціалізована вчена рада
Д 26.059.02 у Національному
транспортному університеті
01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Кватадзе Аліни Іродіонівни на тему «Удосконалення методу прогнозування вологісного режиму дренажального шару дорожньої конструкції під дією навантаження», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Недотримання технічних умов експлуатації автомобільних доріг призводить до неминучого розвитку деформацій покриття, в результаті яких утворюються вибоїни, зсуви, колії, просідання, проломи, що створює реальну загрозу безпеці дорожнього руху. Актуальність теми дисертаційної роботи обумовлена необхідністю в обґрунтованому прогнозі вологісного режиму дренажального шару під дією навантаження, який має суттєве значення для проектування дорожніх конструкцій. Методи розрахунку дренажних конструкцій потребують подальшого розвитку, як і в зв'язку з кліматичними змінами, так і з ростом інтенсивності великовагових транспортних засобів, особливо в останні роки.

Недосконалість існуючих моделей процесів водно-теплого режиму дорожньої конструкції призводить до того, що в практиці використовуються методи, засновані, в тому числі, на формулах емпіричного характеру. Запропоновані формули досить обмежені, не завжди мають достатню ступінь точності та відповідають сучасним вимогам проектування автомобільних доріг. Деякі з них, покладені за основу методик для розрахунку питомого надлишку води, що надходить у дорожню конструкцію, мають порівняно вузький діапазон зміни параметрів, і це не відповідає складному процесу міграції вологи, який відбувається в дренажальних шарах та в робочій зоні земляного полотна.

Головна складова частина цього процесу – тепло-вологісний вплив протягом річного циклу та безперервна дія навантаження від великовагових транспортних засобів на дорожню конструкцію. Ця взаємодія, особливо навесні, коли земляне полотно перезволожено, призводить з одного боку, до віджимання води у дренажальний шар при просіданні нижніх шарів ґрунту, що відтанули, а з іншого - до додаткової міграції вологи особливо під впливом перевантаженого

КАНЦЕЛЯРІЯ НТУ
Вх. № 01/23
«15» 01 2021 р.

великовагового транспорту. Запропонований в дисертаційній роботі підхід дозволяє проаналізувати зазначене явище вологонакопичення в дорожній конструкції і вирішувати актуальну, важливу задачу з прогнозування вологісного режиму дренажних шарів у весняний період. Новий метод ґрунтується на дослідженні напружено-деформованого стану дорожньої конструкції шляхом числового моделювання, що дозволило описати процеси осідання ґрунту земляного полотна та визначити товщину його верхнього шару, з якого відбувається віджимання води під дією транспортного навантаження.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася згідно з тематикою актуальних науково-дослідних робіт, що проводились кафедрою транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету: «Виконати аналіз та розробити довідник кліматичних характеристик та кліматичного районування території України для регулювання водно-теплового режиму в дорожньому будівництві», номер держреєстрації 0116U007514; «Розробити метод прогнозування водно-теплового режиму дорожньої конструкції з урахуванням зміни екологічного стану придорожньої смуги», номер держреєстрації 0115U002287; «Розробити аналітичну систему технічної експертизи та грошової оцінки автомобільної дороги як складової матеріально-технічної бази дорожнього господарства», номер держреєстрації 0117U002326, Міжнародний проект CERES «Centers of Excellence for young REsearchers» (Центри передового досвіду для молодих вчених), реєстр. номер 544137-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-JPHES, <http://erasmusplus.org.ua/en/projects/1008-centers-of-excellence-for-young-researchers.html>.

3. Розробка методу прогнозування вологісного режиму дренажного шару, за рахунок впливу навантаження від великовагових транспортних засобів на основі числового моделювання напружено-деформованого стану дорожньої конструкції, та районування території України для регулювання водно-теплового режиму і є метою рецензованої дисертації.

Для втілення цієї мети в практику, автор дисертаційної роботи поставила та зуміла розв'язати **п'ять задач**:

- спираючись на аналіз існуючих методів розрахунку вологості дорожньої конструкції та закономірностей процесів просідання ґрунту земляного полотна при його промерзанні та висушуванні обґрунтувала напрямок та метод досліджень;
- провела аналіз експериментальних досліджень, на підставі яких, за методом скінчених елементів, побудувала тривимірні моделі дорожніх конструкцій з дренажним шаром та обґрунтувала основні визначальні фактори їх роботи;
- на основі результатів числового експерименту дослідила напружено-деформований стан дорожньої конструкції з дренажним шаром при перезволоженому ґрунті земляного полотна, під впливом діапазону навантажень від великовагових транспортних засобів;

- розробила метод розрахунку питомого надлишку віджимання води під дією навантаження від великовагових транспортних засобів з верхнього шару земляного полотна, на основі якого спрогнозувала вологісний режим дренажних шарів з різним модулем пружності;
- виконала дорожньо-кліматичне районування для регулювання водно-теплого режиму на основі методу з визначення вологонакопичення в дорожній конструкції, приймала участь у розробці відповідного галузевого документу, який набув чинності в практичному застосуванні.

Як видно з дисертаційної роботи, автореферату і публікацій, що додаються, всі задачі вирішені успішно. На мій погляд, основна ідея, мета і задачі дослідження сформульовані чітко і коректно.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій.

1. Запропоновані, для розв'язування сформульованої наукової задачі, моделі дорожніх конструкцій з дренажним шаром обґрунтовані аналізом експериментальних досліджень роботи дренажів мілкового закладання за інтенсивністю водовідведення.

2. Отриманий розподіл ізополів та ізоліній нормальних напружень та деформацій в дорожніх конструкціях з дренажним шаром, з різним модулем пружності, достатньо обґрунтований основними положеннями механіки суцільного середовища, коректною постановкою межових умов при реалізації методу скінчених елементів; математичним описом числових алгоритмів сучасного програмно-розрахункового комплексу SCAD Office.

3. Запропонований у роботі комплекс залежностей для визначення питомого надлишку віджимання води під дією навантаження від великовагових транспортних засобів з верхнього шару земляного полотна обґрунтований детальним аналізом процесів просідання ґрунту земляного полотна при його промерзанні та висушуванні за експериментальними та теоретичними дослідженнями інших авторів.

4. Запропонований якісно новий метод прогнозування вологісного режиму дренажного шару дорожньої конструкції під дією навантаження базується на експериментальних та теоретичних дослідженнях багатьох авторів; на сучасних скінчено-елементних методах, які забезпечують швидку збіжність числового результату. Новий метод є достатньо обґрунтованими порівняльним аналізом результатів числового розрахунку з результатом, отриманим за методом В.І. Куканова (МАДІ).

5. Запропонований Довідник № 4 «Кліматичні характеристики та кліматичне районування території України для регулювання водно-теплого режиму в дорожньому будівництві» підтверджений результатами натурних, лабораторних та числових експериментів, відпрацьований на конкретних перезволожених ділянках автомобільних доріг, показав свою високу ефективність, та впроваджений на галузевому рівні в організаціях та підприємствах, які входять в сферу управління Державного агентства автомобільних доріг України.

6. Висновки по кожному розділу дисертаційної роботи обґрунтовані теоретичними та експериментальними дослідженнями і практичними розрахунками,

в цілому не викликають сумнівів. Загальні висновки підтверджують сформульовані мету та задачі досліджень, являють собою логічний підсумок отриманих результатів дисертаційної роботи.

Достовірність отриманих у роботі результатів підтверджена теоретичними та експериментальними дослідженнями, в основу яких покладено методи математичного та числового моделювання і формалізації опису процесу осідання ґрунту земляного полотна під дією навантаження від великовагових транспортних засобів, а також базується на задовільній збіжності з існуючим методом розрахунку зміни вологісного режиму дорожньої конструкції, запропонований В.І. Кукановим (МАДІ), при цьому враховується достатня кількість характеристик, що впливають на процеси міграції вологи в дренальних шарах.

5. Наукова новизна отриманих результатів міститься у самій постановці наукової задачі, що ґрунтується на новому методі прогнозування вологісного режиму дренальних шарів з різним модулем пружності дорожньої конструкції під дією навантаження. В ході розв'язку основних задач, що вказані вище, вперше:

- розроблені моделі тривимірних дорожніх конструкцій з дренальним шаром за методом скінчених елементів;

- встановлено величини осідання ґрунту перезволоженого земляного полотна під впливом навантажень, за розподілом ізополів та ізоліній нормальних напружень та деформацій в дорожніх конструкціях з дренальним шаром;

- визначено питомий надлишок віджимання води під дією навантаження від великовагових транспортних засобів з верхнього шару земляного полотна в дренальний;

- виконано дорожньо-кліматичне районування для регулювання водно-теплового режиму в дорожніх конструкціях з урахуванням зміни питомого надлишку вологи за рахунок кліматичних змін та впливу навантаження від великовагових транспортних засобів.

6. Практичне значення дисертації полягає в тому, що здобувачка запропонувала якісно новий підхід, який дозволяє: враховувати особливості міграційних процесів вологи в дренальних шарах, що є визначальними для отримання величини питомого надлишку віджимання води та запасної товщини дренального шару, для його розміщення, під впливом навантаження від великовагових транспортних засобів. Також відмічається суттєве **практичне значення** результатів роботи, яке, насамперед, міститься

Запропонований метод прогнозування вологісного режиму дренального шару дорожньої конструкції під дією навантаження в комплексі з Довідником № 4 «Кліматичні характеристики та кліматичне районування території України для регулювання водно-теплового режиму в дорожньому будівництві» знайшли практичне впровадження при проектуванні систем регулювання водно-теплового режиму дорожньої конструкції, що підтверджується відповідними довідками.

7. Повнота реалізації результатів дисертаційного дослідження. Результати дисертаційного дослідження знайшли відображення у нормативному документі дорожньої галузі, методі розрахунку питомого надлишку віджимання води під дією навантаження, що застосовуються при проектуванні дренажних шарів дорожніх конструкцій. Результати дисертаційного дослідження впроваджено у навчальний процес Національного транспортного університету при підготовці бакалаврів та магістрів за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

8. Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на міжнародних науково-практичних конференціях, національній науково-технічній конференції та наукових конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та структурних підрозділів Національного транспортного університету.

9. Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях

Основні результати дисертаційної роботи у повній мірі викладено у 15 наукових працях, у тому числі: 4 у періодичних фахових виданнях, що входять до переліку МОН України (2 статті у виданні, яке включене до наукометричної бази Scopus); 2 статті у зарубіжних періодичних наукових виданнях; 6 у збірниках праць за матеріалами наукових конференцій, 2 статті додатково відображають наукові результати дисертації. За матеріалами дисертаційних досліджень отримано 1 охоронний документ (1 свідоцтво України про реєстрацію авторського права).

Автореферат дисертації відповідає змісту самої роботи й достатньо повно відображає основні наукові й практичні результати, що отримані здобувачкою.

10. Оцінка змісту дисертації

Мова, стиль та структура дисертації відповідають загальноприйнятому в наукових роботах.

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 120 найменувань та трьох додатків. Основний текст викладений на 130 сторінках. Текст ілюструється 43 рисунками і містить 20 таблиць.

У **вступі** автором обґрунтовано актуальність теми досліджень, відмічено її зв'язок з відповідними науковими програмами, сформульовані положення, які автор виносить на захист: мета та задачі досліджень, наукова новизна і практична цінність результатів роботи, особистий внесок здобувачка, наведено апробацію результатів, публікації, загальний обсяг і структуру роботи.

Як видно з дисертаційної роботи, автореферату і публікацій, що додаються, всі задачі вирішені успішно. Основна ідея, мета і задачі дослідження сформульовані чітко і коректно.

У **першому розділі** наведено короткий аналіз запропонованої загальної схеми цілорічного циклу водно-теплового режиму земляного полотна автомобільних доріг. Для кожного періоду виділено різні типи зволоження, які обумовлюють

максимальний внесок у формування величини надходження води до дренавального шару. Проаналізовано методи розрахунку вологості дорожніх конструкцій в особливо в несприятливі періоди року, з великою інтенсивністю опадів. Розглянуто узагальнені методи визначення деформацій ґрунтів, а саме їх властивість – стисливість, яка полягає в їх здатності змінювати свою будову під впливом зовнішніх навантажень.

Для своєчасного усунення факторів, що змінюють умови експлуатації дороги за рахунок підвищення інтенсивності руху великовагового транспорту обґрунтовано необхідність щодо прогнозування вологісного режиму дорожньої конструкції.

Розділ завершується висновками, зробленими на основі аналізу робіт щодо доцільності проведення подальших досліджень та оптимальних шляхів розв'язання поставлених задач.

У **другому розділі** представлено дослідження роботи дренавальних шарів на експериментальній установці дорожньої конструкції, яка відповідає параметрам дороги III категорії. У підрозділі 2.1 досліджувалась робота двох типів дренажних конструкцій: з щебеним та піщаним шарами, з коефіцієнтами фільтрації, відповідно, 100 м/добу та 4,5 м/добу. Режим роботи двох типів дренажних конструкцій мілкового закладання відрізнявся між собою: дренавальний шар з митого щебеню, фр. 20–40 мм, мав середню інтенсивність водовідведення 0,0645 л/хв, а шар з середньозернистого піску – 0,0029 л/хв. Дренажна конструкція мілкового закладання з піщаним шаром розглядалася, як конструкція, що працює за принципом осушення, а фактично працювала за принципом поглинання.

Для прогнозування об'єму води, що надходить в дренавальний шар під дією навантаження від великовагових автомобілів, та відповідної зміни вологісного режиму всієї дорожньої конструкції в найбільш несприятливий період року, визначено характеристики, що описують цей процес. Відповідно, у роботі, у підрозділі 2.2, було проаналізовано процес просідання ґрунту при його промерзанні та висушуванні. Проаналізовано, підрозділ 2.3, існуючий метод розрахунку зміни вологісного режиму дорожньої конструкції, запропонований В.І. Кукановим (МАДІ), його відповідність сучасним нормативним вимогам щодо розрахункових навантажень.

У **третьому розділі**, для проведення числового експерименту, представлено модель тривимірної дорожньої конструкції з дренавальним шаром за методом скінчених елементів, підрозділи 3.1, 3.2. Для створення розрахункової моделі елементів автомобільної дороги обрано ППК SCAD Office. Було побудовано схеми моделей автомобільних доріг I – IV-ої категорій в розрізі по межі крайньої смуги руху з узбіччям та укосом з похилом 1:1,5, (рис. 3.2 – 3.4). Побудова скінчено-елементних сіток обумовлена розмірами штампу колеса автомобільного транспорту за статичним навантаженням. При проведенні числових експериментів, з метою отримання найбільш можливих деформацій, здобувачка на розрахункових моделях не обмежувала переміщення вузлів по контуру моделі.

На типових дорожніх конструкціях, відповідно до реальних умов роботи автомобільних доріг на певних ділянках, з врахуванням власної ваги проведено

серію числових експериментів, які включали збільшення нормативного навантаження на 10–50 % при перезволоженому ґрунті ЗП. За результатами числового моделювання, у підрозділі 3.3, отримано розподіл ізополів та ізоліній нормальних напружень та деформацій шарів дорожнього одягу в об'ємних елементах (рис. 3.7 – 3.12). Також було побудовано графіки глибини розподілу напружень від поверхні дорожнього одягу автомобільних доріг I – IV-ої категорій до розподілу мінімальних значень напружень, за яких не буде віджиматися вода з ґрунту земляного полотна (рис. 3.13 – 3.24).

Ґрунтуючись на підході щодо визначення параметрів просідання ґрунту, при його висиханні або розмерзанні, у підрозділі 3.4 отримано залежності для відносного осідання ґрунту (3.15), коефіцієнтів лінійного осідання та ущільнення ґрунту під дією понаднормативного навантаження (3.17). Запропоновані залежності поєднують такі показники, як деформація під дренавальним шаром, товщина шару ґрунту, розміщеного під дренавальним шаром, з якого відбувається віджимання води під дією прикладеного навантаження, оптимальна вологість та повна вологоємність ґрунту. За запропонованим методом визначено величину питомого надлишку віджимання води в дренавальний шар під впливом понаднормативного навантаження (3.20).

У підрозділі 3.5 здобувачка виконала порівняння результатів розрахунку за запропонованим удосконаленим методом на основі дослідження напружено-деформованого стану дорожньої конструкції та за методом Куканова В.І. (МАДІ).

У **четвертому розділі** розглянуто методи визначення розрахункових періодів водно-теплового режиму для розрахунку дренажних пристроїв та визначення притоку вологи від атмосферних опадів, підрозділи 3.1 та 3.2. Ґрунтуючись на цих методах, розроблено схему прийняття проектних рішень щодо підбору параметрів споруд для регулювання водно-теплового режиму дорожньої конструкції, підрозділ 4.3. Запропонований підхід дає можливість замінити збір вихідних даних про кліматичні умови району будівництва на спрощене користування картами значень розрахункової глибини промерзання дорожньої конструкції для різних категорій автомобільних доріг. На основі методів дорожньо-кліматичного районування та проведеного кластерного аналізу, підрозділ 4.4, побудована дорожньо-кліматична карта, на якій поділено територію України на 5 зон (рис. 4.10). Впровадження результатів розробки дає можливість оптимізувати параметри дренажних конструкцій мілкового закладання (у тому числі визначати товщину дренавального шару) з урахуванням змін кліматичних показників.

У підрозділі 4.5 запропоновано визначення запасної товщини дренавального шару для розміщення додаткового надлишку води за рахунок її віджимання під впливом понаднормативного навантаження.

11. Зміст автореферату повністю відтворює основні положення дисертації, оформлений відповідно до вимог п. 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. (у редакції від 06.09.2016 р.).

Зауваження по змісту та суті дисертаційної роботи.

1. Аналіз літературних джерел, на наш погляд, є недостатнім, оскільки немає посилань на роботи вітчизняних науковців з досліджуваної теми, наприклад, варто було б назвати таких вчених, як Пивовар М.Г., Фрідріхсон В.Л., Бугай М.Г., які займались проблемами стійкості та фільтраційної міцності земляних споруд і дренажів й запропонували методи їх розрахунків.
2. У підрозділі 2.2 більш детально слід було б навести методи визначення відносного просідання ґрунту при промерзанні та при висушуванні ґрунту на основі аналізу експериментальних досліджень.
3. У підрозділі 2.3 дисертації йдеться про обмеженість використання існуючого методу розрахунку об'єму віджимання води під впливом динамічного навантаження, який ґрунтується на номограмах. Проте, номограми зазвичай будуються за математичними залежностями, які дають змогу виконати більш точний розрахунок. Потрібно було навести ці залежності в аналізі.
4. Метод реалізації запропонованих тривимірних моделей дорожніх конструкцій ґрунтується на методі скінченних елементів. У п.р. 3.1 роботи не представлений аналіз цього методу і в повній мірі не обґрунтовані його переваги.
5. У п.р. 3.2 для обґрунтування діапазону навантажень на дорожні конструкції доріг I – IV-ї категорій слід було б більш детально навести статистичні дані, отримані на основі показників зважування в русі (WIM).
6. У п.р. 3.4 в запропонованих залежностях не враховано можливості зниження пропускної здатності дренажувального шару з часом під дією навантажень від великовагового транспорту та через забруднення пор пилуватими частинками.
7. Не розглянуто питання впливу геосинтетичних матеріалів на роботу та параметри дренажної системи мілкового закладення. Відповідно, будуть виникати складності при використанні розробленого методу у разі використання для конструкцій дренажу з геосинтетичними матеріалами.
8. Додаток А перевантажено занадто великою кількістю однотипних розрахунків на рисунках, які важко аналізувати.

Заключний висновок

1. Зауваження, які наведено вище, не знижують в цілому загальної позитивної оцінки дисертації, що розглядається, і є побажаннями для наступної наукової роботи.
2. Дисертаційна робота на тему “Удосконалення методу прогнозування вологісного режиму дренажувального шару дорожньої конструкції під дією навантаження” є актуальним, завершеним дослідженням, яке містить наукову новизну, має теоретичне та практичне значення. Значимість дисертаційної роботи Кватадзе А.І. полягає в розробці методу з визначенні питомого надлишку віджимання води під дією навантаження від великовагового транспорту з шару ґрунту земляного полотна, на основі досліджень напружено-деформованого стану дорожньої конструкції з дренажувальним шаром, у виконанні дорожньо-

транспортних спорудах з урахуванням зміни питомого надлишку води за рахунок впливу навантаження від великовагових транспортних засобів. Це дозволяє проводити відповідне обґрунтування проектних рішень щодо методів регулювання водно-теплого режиму дорожньої конструкції.

3. Отримані теоретичні результати дозволяють зробити висновок про відповідність дисертаційної роботи Кватадзе А.І. паспорту спеціальності 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми, зокрема, пункту 6 напрямків досліджень «Методи оцінки, діагностики експлуатаційного стану дорожніх і аеродромних покриттів».
4. Представлений у дисертації матеріал по актуальності, науковій та практичній цінності, об'єму і глибині досліджень відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 (зі змінами і доповненнями) щодо кандидатських дисертацій, а її авторка Кватадзе Аліна Іродіонівна заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри автомобільних доріг, основ та фундаментів
Національного університету водного
господарства та природокористування

 М.Т. Кузло

Підпис д.т.н. Кузло М.Т. засвідчую:
Вчений секретар Національного
університету водного господарства
та природокористування



 А.А. Подлевський