

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

ВІДГУК

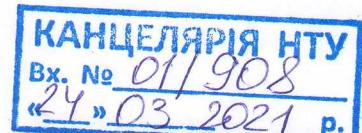
офіційного опонента на дисертаційну роботу Бубели Андрія Володимировича на тему «Методологія проектування поперечних дренажів мілкого закладання з оцінкою якісного стану автомобільної дороги», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Одним із основних факторів, що впливає на надійність і довговічність дорожнього одягу автомобільних доріг є наявність надлишкової вільної води, особливо під час відлив у весняний період або значних атмосферних опадах. Наявність вільної води приводить до зміни деформаційних характеристик ґрунту основи та дренувального шару дорожнього одягу, власної ваги ґрунту, виникнення гідродинамічних сил фільтраційного потоку, тощо. Відомо, що додаткові деформації природних і штучних основ виникають при наявності у них надлишкової вільної води. Під час надзвичайних ситуацій (надлишкових атмосферних опадах, надмірного навантаження від великовагових автомобілів та промерзання дренувальних шарів і ґрунту основи, тощо) величина та інтенсивність зростання названих факторів може суттєво змінюватися, що призводить до виникнення значних вертикальних деформацій дорожнього одягу у вигляді колій. Ці деформації ускладнюють, а у деяких випадках унеможливлюють, експлуатацію автомобільних доріг.

Одним з економічно обґрунтованих шляхів вирішення цієї проблеми є влаштування дренажів мілкого закладання під шарами дорожнього одягу. Важливим параметром на етапі проектування цих конструкцій є визначення відстані між дренажними прорізями та інтенсивності їх водовідведення.

Дренажні конструкції з трубчастими дренами під шарами дорожнього одягу є нетиповими у порівнянні з існуючими на гідромеліоративних системах та інших об'єктах, що потребують осушення. Це вимагає розроблення спеціальних технологічних рішень щодо режимів ущільнення шарів основи та оцінки стану дренуючих труб з матеріалів різного виготовлення. Крім того, на сучасному етапі не проводилися дослідження напружено-деформованого стану конструкцій дорожнього одягу з урахуванням послаблюючих зон, за рахунок наявності



дренажних труб.

Вище наведені актуальні проблеми обумовлюють необхідність в розробленні методології проектування дренажних конструкцій з оцінкою якісного стану автомобільної дороги.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основні дослідження теоретичного та прикладного характеру виконані згідно з тематикою актуальних науково-дослідних робіт, що проводились кафедрою транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету, а саме: «Розробити аналітичну систему технічної експертизи та грошової оцінки автомобільної дороги як складової матеріально-технічної бази дорожнього господарства», № держреєстрації НДР 0117U002326, 2017 – 2018 рр; «Розробити методичні рекомендації з проведення вартісної оцінки автомобільних доріг і споруд на них» (ДерждорНДІ, договір № 294/15-16 від 23.09.2016 р.), «Виконати аналіз та розробити альбом типових проектних рішень земляного полотна автомобільних доріг загального користування» (державний реєстраційний № 0117U001962), «Провести дослідження процесів дренування поверхневих вод на моделях дорожньої конструкції з дренажами мілкого закладання та розробити методичні рекомендації з вибору оптимальних конструкцій дренажів мілкого закладання для дорожньо-кліматичних зон України» (державний реєстраційний № 0118U000722), «Виконати аналіз та розробити національний стандарт щодо проектування і влаштування споруд поверхневого водовідведення та альбом типових рішень таких споруд для автомобільних доріг загального користування» (державний реєстраційний № 0118U000723), «Провести експериментальні дослідження процесів вологопроникності укосів земляного полотна та розробити пакет технологічних документів для проектування та влаштування конструкцій укріплення укосів земляного полотна на автомобільних дорогах загального користування» (державний реєстраційний № 0120U103312), «Провести експериментальні дослідження процесів вологопровідності ґрунтів земляного полотна та розробити методику з визначення коефіцієнта вологопровідності ґрунтів та відповідну розрахунково-аналітичну систему» (державний реєстраційний № 0120U103311).

3. Мета і завдання дослідження. Розробка методології проектування поперечних дренажів мілкого закладання на основі оцінки якісного стану автомобільної дороги і є **метою** рецензованої дисертації.

Для втілення цієї мети в практику, автор дисертаційної роботи поставив та зумів розв'язати **вісім основних задач:**

- провести аналіз існуючих теоретичних та експериментальних методів проектування дренажів мілкого закладання та їх роботи з урахуванням транспортно-експлуатаційного стану ділянок доріг, які працюють в умовах перезволоження;
- розробити математичну модель якісного стану ділянки автомобільної дороги для отримання комплексного показника фізичного та функціонального зносу.
- удосконалити метод розрахунку параметрів поперечних дренажів мілкого закладання на основі рівнянь нерівномірного руху фільтраційного потоку;

- дослідити напружене-деформований стан дорожньої конструкції з поперечним трубчастим дренажем мілкого закладання на етапі влаштування дренувальних шарів для встановлення параметрів технологічних рішень;
- розробити числові тривимірні моделі для прогнозування напружене-деформованого стану дорожньої конструкції з поперечним трубчастим дренажем мілкого закладання з різними міцнісними характеристиками, для визначення режиму їх роботи на стадії експлуатації;
- провести експериментальні дослідження роботи дренажних конструкцій поперечних дренажів мілкого закладання для встановлення умов формування фільтраційного потоку та прогнозування інтенсивності його водовідведення;
- дослідити вплив вібрації від дії транспортних засобів на дренажні конструкції для визначення їх інтенсивності водовідведення;
- розробити методику вибору оптимальних конструкцій дренажів мілкого закладання з урахуванням встановлених закономірностей впливу різних факторів на інтенсивність їх водовідведення.

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.

Наукові положення, висновки та рекомендації, що сформульовані в дисертаційній роботі є повними і випливають з її змісту та відображають отримані здобувачем нові результати. Достовірність та обґрунтованість наукових результатів підтверджена узгодженістю теоретичних та експериментальних досліджень.

Рекомендації щодо використання результатів дисертації в достатній мірі обґрунтовані теоретичними та практичними дослідженнями, які були проведені на високому науковому та методологічному рівнях, і повністю висвітлюють теоретичний та прикладний характер роботи.

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів забезпечується коректною постановкою задач. Практична значущість отриманих результатів підтверджена актами впровадження.

Висновки по кожному розділу дисертаційної роботи обґрунтовані теоретичними і експериментальними дослідженнями та чисельними розрахунками, в цілому не викликають сумнівів. Загальні висновки підтверджують сформульовані мету та задачі досліджень, являють собою логічний підсумок отриманих результатів дисертаційної роботи.

5. Достовірність та новизна отриманих у роботі результатів. Достовірність отриманих наукових результатів базується в проведенні лабораторних досліджень на повномасштабних експериментальних моделях з можливістю візуалізації та числового моделювання напружене-деформованого стану дорожньої конструкції з дренувальними шарами.

Новизна наукових результатів міститься у самій постановці задачі, що ґрунтуються на розробці методології проектування поперечних дренажів мілкого

закладання з оцінкою якісного стану автомобільної дороги. В ході розв'язку основних задач досліджень, вперше:

- проведено числові експериментальні дослідження напруженодеформованого стану тривимірних моделей дорожньої конструкції, на стадії влаштування дренувальних шарів з трубчастими дренами, що дало можливість визначити величини деформації в тілі труб з різних матеріалів;
- отримано розподіл напружень та деформацій в дорожній конструкції з трубчастими поперечними дренажами мілкого закладання на основі числового моделювання за методом скінчених елементів під впливом від великовагових транспортних засобів, що дозволяє оцінити міцнісні характеристики конструкції в цілому;
- проведено моделювання в лабораторних умовах дорожньої конструкції з поперечним дренажем мілкого закладання, яка відповідає реальним умовам їх роботи, що дало можливість візуалізувати формування фільтраційного потоку та визначити інтенсивність водовідведення;
- досліджено вплив на дорожню конструкцію вібрації, змодельованої від транспортного потоку на основі параметру вібропереміщення, що дало можливість оцінити зміну інтенсивності водовідведення дренажними конструкціями.

Крім того, розроблено кваліметричну модель якісного стану перезволоженої ділянки автомобільної дороги для визначення вагомості дренажної конструкції на її транспортно-експлуатаційні показники та удосконалено метод розрахунку параметрів поперечних дренажів мілкого закладання на основі інтегрування рівнянь нерівномірного плавнозмінного руху ґрунтових вод. Також удосконалено метод визначення параметрів оптимальної дорожньої конструкції з поперечним дренажем мілкого закладання на основі кошторисної вартості та техніко-технологічних показників, що визначають ефективність її роботи.

6. Практичне значення отриманих результатів досліджень полягає в:

- отриманні математичної моделі з оцінкою якісного стану ділянки автомобільної дороги з дренажними конструкціями. На їх основі було розроблено та впроваджено методичні рекомендації МР Д 1.2-37641918-884:2017 «Методичні рекомендації з проведення вартісної оцінки автомобільних доріг і споруд на них»;
- вирішенні технологічної задачі щодо ущільнення дренувальних шарів з трубчастими дренами в робочій зоні земляного полотна різними типами дорожніх котків. За результатами числового моделювання отримано розподіл деформацій в тілі труб, що дає можливість приймати проектні рішення щодо доцільності застосування трубчастих дрен з різних матеріалів;
- розробці методу визначення цільової функції пошуку оптимальної дорожньої конструкції з поперечним дренажем мілкого закладання з урахуванням її кошторисної вартості та впровадженні на галузевому рівні методичних рекомендацій МР В.2.3-37641918-913:2020 «Методичні рекомендації з вибору оптимальних конструкцій дренажів мілкого закладання з урахуванням дорожньо-кліматичних зон України»;
- розробці та впровадженні у нормативних та технічних документах на галузевому рівні, в організаціях, які входять у сферу управління Державного

агентства автомобільних доріг України: АД А.2.4-37641918-006:2018 «Альбом типових проектних рішень конструкцій земляного полотна на автомобільних дорогах загального користування»; А В.2.4-37641918-011:2020 «Альбом типових проектних рішень споруд поверхневого водовідведення на автомобільних дорогах загального користування», ДСТУ 9057:2020 «Настанова з проектування та влаштування споруд поверхневого водовідведення на автомобільних дорогах загального користування», Посібник до ДСТУ 9057:2020 «Настанова з проектування та влаштування споруд поверхневого водовідведення на автомобільних дорогах загального користування».

7. Ідентичність автореферату основним положенням дисертації.

Автореферат складено на державній мові. Його написано на високому науковому рівні, чітко, добре проілюстровано і повністю віддзеркалює сутність дослідження. Автореферат цілком відображає зміст дисертаційної роботи.

8. Апробація результатів дисертації. Основні наукові положення та практичні результати дисертаційних досліджень доповідались, обговорювались і отримали позитивну оцінку на науково-практичних та науково-технічних, міжнародних конференціях та семінарах, серед яких: Міжнародна науково-практична конференція «Європейські стандарти оцінки, землеустрою і кадастру : Проблеми впровадження та шляхи їх реалізації в Україні», 28 квітня 2016 р., Харків; Международная научно-практическая конференция «Современные геоинформационные и компьютерно-инновационные технологии дорожной отрасли, аэродромного строительства и землеустройства», 26-27 мая 2016 г., Харьков; Міжнародна науково-практична конференція присвячена п'ятидесятиріччю кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем. 03 листопада 2016 р., Харків; IX Міжнародна науково-практична конференція «Actual aspects of development in the context of globalization», 23-24 березня 2020 р., Флоренція, Італія; X Міжнародна науково-практична конференція «Modern approaches to the introduction of science into practice», 30-31 березня 2020 р., Сан-Франциско, США; XI Міжнародна науково-практична конференція «Theoretical foundations of modern science and practice», 06-07 квітня 2020 р., Мельбурн, Австралія; XVII Міжнародна науково-практична конференція «Science, trends and perspectives», 18-19 травня 2020 р., Токіо, Японія; XVIII Міжнародна науково-практична конференція «Modern science, practice, society», 25-26 травня 2020 р., Бостон, США; Міжнародна науково-технічна конференція «Гідротехнічне і транспортне будівництво», 28-29 травня 2020 р., Одеса; XX Міжнародна науково-практична конференція «Perspective directions for the development of science and practice», 08-09 червня 2020 р., Афіни, Греція; XXI Міжнародна науково-практична конференція «Current trends in the development of science and practice», 15-16 червня 2020 р., Хайфа, Ізраїль; наукові конференції науково-педагогічних працівників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів Національного транспортного університету 2015 – 2020 роках.

9. Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях. За темою дисертаційного дослідження опубліковано 41 наукову працю, у

тому числі: 1 колективна монографія; 4 статті у закордонних виданнях, у тому числі 1 – одноосібна; 4 статті включені до міжнародних наукометричних баз Scopus; 14 статей опубліковано у фахових виданнях України, у тому числі 9 – одноосібних; 11 праць аprobacійного характеру, у тому числі 9 – одноосібних; 2 статті, які додатково відображають наукові результати; 5 свідоцтв авторського права.

10. Оцінка змісту дисертації

Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків та 5-и додатків. Робота містить 280 сторінок основного тексту, на яких 35 таблиць і 46 рисунків, список використаних джерел із 238 найменувань.

У **вступі** автором обґрунтовано доцільність та актуальність дисертаційних досліджень.

Наведено зв'язок роботи з тематикою науково-дослідних робіт, що виконувались кафедрою транспортного будівництва та управління майном НТУ, та з планами науково-дослідних і проектно-конструктивних робіт Державного агентства автомобільних доріг України, в рамках виконання господарівних науково-дослідних робіт.

Сформульовані положення, які автор виносить на захист: мета та завдання досліджень, наукова новизна і практична цінність результатів роботи, особистий внесок здобувачка, наведено аprobacію результатів, публікації, загальний обсяг і структуру роботи.

У **першому розділі** наведено аналіз впливу зміни водно-теплового режиму на транспортно-експлуатаційний стан автомобільних доріг.

Проаналізовано і узагальнено результати попередніх досліджень щодо зміни водно-теплового режиму дорожньої конструкції протягом річного циклу. Встановлені етапи, виділені основні характеристики та визначені межі характерних періодів водно-теплового режиму. Встановлено закономірності розподілу вологи в дорожній конструкції та впливу вибраних методів на зміну водно-теплового режиму земляного полотна.

Проведений аналіз дав можливість сформувати основні напрямки досліджень щодо методів регулювання водно-теплового режиму дорожньої конструкції з дренажами мілкого закладання.

На основі аналізу існуючих натурних та експериментальних досліджень щодо процесів міграції та накопичення вологи в земляному полотні визначено розподіл місцевості на типи за характером зволоження, встановлено їх зовнішні ознаки; визначено величину вбирання вологи ґрунтами, яка залежить від їх початкової вологості, сумарної кількості та тривалості випадання опадів, дефіциту вологості повітря. На багатьох прикладах натурних досліджень доводиться фактична невідповідність реального стану ґрунтів земляного полотна (робочого шару) теоретичним (проектним) вимогам, що обумовлює швидку втрату рівності та міцності нежорстких дорожніх одягів на перезволожених ділянках доріг. Це обумовлює необхідність проведення досліджень на повномасштабних експериментальних моделях з можливістю візуалізації.

У **другому розділі** представлено модель вагомостей техніко-функціональних параметрів автомобільної дороги, яка являє собою багаторівневу систему

показників, що всебічно і обґрунтовано характеризують якісні показники стану ділянки дороги, що працює в умовах перезволоження.

Визначення комплексного показника якісного стану ґрунтуються на сукупності окремих показників, які його всебічно характеризують з урахуванням впливу вагомостей кожного параметру та конструктивного елементу автомобільної дороги. Це враховується в багаторівневій кваліметричній моделі, яка складається з двох основних груп фізичного та функціонального зносу. Показники фізичного зносу змінюються з часом та характеризуються відповідністю певним нормативним показникам і вимогам. Функціональні – з часом не змінюються, але залежать від потреб споживачів транспортних послуг. Вибір кількості рівнів моделі залежить від вагомості техніко-функціональних характеристик ділянки автомобільної дороги.

Результати дослідження дозволили розробити комплексний метод оцінки якісного стану перезволоженої ділянки автомобільної дороги, де необхідно влаштовувати дренажну систему. Розроблений метод ґрунтуються на експертному підході визначення фізичних та функціональних показників, кількість яких визначається в залежності від параметрів автомобільної дороги. Обґрунтовано номенклатуру показників якісного стану перезволоженої ділянки автомобільної дороги та сформована модель з оптимальною кількістю показників, які всебічно та в повному обсязі дозволяють охарактеризувати всі її конструктивні елементи за фізичним та функціональним зносом. З урахуванням такої кількості якісних ознак стану автомобільної дороги розроблено математичну модель якісного стану ділянки автомобільної дороги, яка дає можливість привести до єдиного показника моделі всі властивості, тобто трансформувати всі прості властивості за єдиною шкалою. За результатами проведеного дослідження, значення коефіцієнта $K_{\text{кон}} = 0,9944$ свідчить про наявність високого ступеню узгодженості думок експертів, що підтверджує надійність вхідних даних до розробленої кваліметричної моделі. Вагомість дренажних конструкцій та системи поверхневого водовідведення складає 15 % для комплексного показника та 20 % для показника фізичного зносу в порівнянні з дорожнім одягом, який є найбільш вагомим та визначальним при прогнозуванні якісного стану ділянки автомобільної дороги.

На основі диференційного рівняння нерівномірного плавнозмінного руху рідини у відкритих руслах модифіковано рівняння фільтраційних підземних потоків для призматичних русел, що дозволило отримати залежності для визначення відстані між дренажними прорізями.

Досліджено форми кривих вільної поверхні ґрутового потоку або кривих депресії для ділянок з прямим та зворотнім похилом. Фільтраційний потік в дренувальному шарі дорожньої конструкції формується в призматичному руслі та поділяється на дві зони між дренажними прорізями, крива поверхні яких складається з двох кривих спаду.

Отримано залежність для визначення максимально допустимої величини відстані на ділянках зміни поздовжнього профілю для забезпечення водовідведення з застійних зон дренувальних шарів.

Отримано залежність для визначення часу водовідведення, яке враховує приріст втрат фільтраційного потоку з дотриманням умов нерозривності.

У третьому розділі проаналізовано методи проектування дорожніх

конструкцій. Відзначено, що одним із заходів підвищення міцності дорожньої конструкції є регулювання її водно-теплового режиму, особливо на ділянках автомобільних доріг з похилом більшим за поперечний, в місцях увігнутих вертикальних кривих за поздовжнім профілем дороги та на переходах з виїмок в насипи.

Вище наведений аналіз обумовив актуальність та необхідність проведення досліджень з визначення ефективності роботи дренажних конструкцій мілкого закладання на етапі будівництва під впливом дії дорожніх машин. В якості інструментарію для дослідження НДС нетипових дорожніх конструкцій з круглими отворами використовувався проектно-розрахунковий комплекс SCAD Office, який базується на методі скінчених елементів. Для моделювання було обрано схему моделі дорожньої конструкції, яка є типовим проектним рішенням автомобільної дороги III-ої категорії. Побудова скінчено-елементних сіток була визначена із умов штампу валця або пневмошини котка за статичним навантаженням. Для прогнозування НДС дренувальних шарів з поперечним трубчастим ДМЗ на ЗП були проведенні серії числових експериментів. При числовому моделюванні розглядуваної конструкції використовувалось навантаження статичне, як найбільш несприятливе за тривалістю при процесі влаштування дренувального шару. Для двох типів матеріалів трубчастих дрен моделювались реальні умови будівництва, які передбачають поетапне ущільнення дренувальних шарів.

Це дозволило встановити технологічні режими ущільнення дренувальних шарів з наявністю трубчастих дрен в робочій зоні земляного полотна, з урахуванням модуля пружності шару та типу дорожнього котка.

Побудовані моделі дорожньої конструкції в об'ємних елементах без та з різними типами трубчастих дрен, проведено числове моделювання їх напруженодеформованого стану. Отримано епюри нормальних напружень та деформацій конструктивних шарів дорожнього одягу та у тілі дренажних труб.

Отримані результати за тривимірними числовими моделями дозволяють обґрунтувати вибір міцнісних характеристик трубчастих дрен, які забезпечують безвідмовну роботу поперечних дренажів мілкого закладання на стадії експлуатації.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень роботи поперечних дренажів мілкого закладання. Експериментальні дослідження проводилися в навчально-науковій лабораторії кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету на спеціальній моделюючій установці ДК. Параметри установки відповідають одному погонному метру ДК (половині поперечного профілю) відповідно до реальних натурних умов для доріг III категорії. Установка має розмір $1,0 \text{ м} \times 4,0 \text{ м} \times 1,5 \text{ м}$. Передня стінка корпусу установки влаштована з органічного скла, що дає змогу безпосередньо спостерігати за формуванням фільтраційного потоку в дренажній траншеї. Експериментальні дослідження проводилися за наступними етапами:

- дослідження формування фільтраційного потоку в дренажній траншеї та інтенсивності її водовідведення без та під впливом вібрації;
- дослідження режимів роботи дренувальних шарів з двох типів матеріалів.

На основі отриманих результатів експериментальних досліджень отримано рівняння кореляційно-регресійних моделей в комплексі з поліноміальними

залежностями для двох типів дренажних конструкцій між наступними факторами: початковою вологістю ґрунту земляного полотна, часом та об'ємом відведення води дренажем мілкого закладання.

Запропонована структура регресійних рівнянь є гіперболічною, що найбільш точно описує особливості роботи досліджуваних дренажних установок як для малих, так і для великих значень часу t . Значення коефіцієнтів парної кореляції 0,93–0,99 свідчить про дуже тісний зв'язок між досліджуваними факторами (кількістю відведеної води і часом її відведення).

Для всіх кореляційно-регресійних моделей фактичне значення критерію Фішера значно перевищує його критичне значення, що свідчить про статистичну значимість, надійність та адекватність отриманих регресійних моделей. Середня похибка апроксимації для всіх кореляційно-регресійних моделей складає 2,72%–12,35 %, що дозволяє зробити висновок про високу їх точність.

Проведено моделювання впливу вібрації на дорожню конструкцію на основі параметру вібропереміщення, який відповідає дії від транспортних засобів. В результаті було визначено, що при русі легкових транспортних засобів з масою до 2 тон зі швидкістю 60 км/год вібропереміщення складало до 0,003 мм; при русі вантажних транспортних засобів з масою більше 20 тон та кількістю вісей 6 од. зі швидкістю 60 км/год – до 0,018 мм. Відповідно до проведених натурних вимірювань показників вібрації, було спроектовано та побудовано установку імітації вібрації від дії транспортних засобів. В процесі проведення експериментальних досліджень підбиралися параметри вібропереміщення, що відповідають легковому та великогабаритному транспортному засобі.

Аналіз експериментальних досліджень дозволяє зробити висновок про те, що конструкція з щебеневим ядром відводить більшу кількість води в середньому на 10% без впливу вібрації, та на 14% більше під впливом вібрації, за часом, відповідно, в 7 та 11 разів швидше, ніж конструкція з трубчастою дrenoю. Це дає підставу стверджувати про її більш високу ефективність роботи. Однак, порівнюючи відповідні типи конструкцій між собою без дії вібрації та з нею, можна дійти висновку, що процес вібрації суттєво впливає на замулювання шару геосинтетичного матеріалу в конструкції траншеї і, відповідно, на довговічність її роботи.

На другому етапі проводились дослідження з визначення режимів роботи дренувальних шарів з матеріалів двох типів (щебінь фр. 20 – 40 мм та середньозернистий пісок). Дренувальний шар з щебеню працював за принципом осушення з середньою інтенсивністю водовідведення 0,0645 л/хв. Піщаний дренувальний шар працював за принципом поглинання (розглядався як конструкція, що працює за принципом осушення) з середньою інтенсивністю водовідведення 0,0029 л/хв.

Встановлено, що дренувальні шари з піску, які широко застосовуються для будівництва дорожньої конструкції, не забезпечують швидкий відвід води і за умовами роботи працюють на поглинання. Експериментально було визначено, що доки дренувальний шар з піску не досягне певної вологості, тобто не поглине певну кількість води, працювати на осушення він не буде.

Таким чином, здобувачем підтверджено, що дренувальний шар з піску, як правило, проектирують за умовами роботи на поглинання.

У **п'ятому розділі** наведено основні принципи проектування оптимальних дренувальних конструкцій. Визначено цільову функцію для пошуку найбільш оптимальної конструкції дренажів мілкого закладання за 2 групами критеріїв: кошторисною вартістю та сукупністю техніко-технологічних показників, що характеризують ефективність їх роботи.

За методом колективної експертної оцінки проведено математичну обробку даних анкетного опитування експертів у галузі дорожнього будівництва для виявлення та ранжування сукупності техніко-технологічних параметрів, що визначають роботу конструкцій дренажів мілкого закладання. Виділено 5 основних показників, що є суттєвими та впливають на роботу дренажів мілкого закладання: усереднений коефіцієнт фільтрації шарів основи; інтенсивність водовідведення дренажної траншеї; модуль пружності дорожнього одягу; стійкість до деформації дренажної конструкції від впливу великовагових транспортних засобів під час експлуатації або від впливу дорожніх машин при влаштуванні; замулювання дренажної траншеї.

На основі експертного методу визначено, що найбільш суттєвими у роботі конструкцій дренажів мілкого закладання модуль пружності дорожнього одягу та стійкість до деформації дренажної конструкції від впливу великовагових транспортних засобів під час експлуатації або від впливу дорожніх машин при влаштуванні. Меншого значення експерти надали таким показникам як: інтенсивність водовідведення дренажної траншеї, усередненому коефіцієнту фільтрації шарів основи та замулюванню дренажної траншеї.

Досліджено режими водовідведення з дорожньої конструкції під впливом поверхневих опадів. Експерименти проводилися у відповідності до реальних несприятливих метеорологічних умов роботи дорожньої конструкції при зливовому дощі I-го рівня небезпеки. На основі результатів експериментальних досліджень отримано рівняння кореляційно-регресійної моделі для прогнозування режиму відведення води залежно від початкового об'єму води та початкової вологості ґрунту земляного полотна.

Зауваження по змісту та суті дисертаційної роботи.

1. В аналізі досліджень транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг в умовах зміни водно-теплового режиму, недостатньо приділено уваги впливу конструкції узбіччя на перезволоження дорожнього одягу. Так, як стан і конструкція узбіччя автомобільної дороги у значній мірі впливає на водовідведення поверхневих вод, так і на осушення самої конструкції дорожнього одягу.
2. Запропонована кваліметрична модель дає можливість оцінити якісний стан автомобільної дороги на основі експертної оцінки. Деякі елементи дорожньої конструкції вимагають кількісної оцінки їх стану на основі експериментальних, чисельних досліджень або натурних випробувань з подальшою обробкою результатів із заданою довірчою імовірністю. Яким

чином і чи можливо у запропонованій моделі враховувати кількісні показники стану дороги?

3. У підрозділи 2.2 не обґрунтовано кількість експертів при оцінці якісного стану дороги. Також не зрозуміло, яким чином вони оцінювали конструктивні елементи дорожньої конструкції і прийняті значення абсолютних оцінок.
4. Підрозділ 3.1 містить інформативний матеріал з аналізу методів розрахунків та оцінки напружено-деформованого стану дорожніх конструкцій вітчизняними та зарубіжними вченими. На наш погляд її можна розмістити у першому розділі.
5. При експериментальних дослідження основна увага приділялась матеріалам-наповнювачам траншей та кількості відведення води і часу її відведення. На наш погляд слід було дослідити оптимальні геометричні параметри дренувальних шарів і траншей дорожньої конструкції.
6. У дисертаційній роботі не приділено уваги питанню: як реагує матеріал дренажних труб на змінне замерзання і танення фільтраційної води в дренувальному шарі та в ґрунті земляного полотна, під проїздною частиною автомобільної дороги.
7. Під час проведення експериментальних досліджень слід було б приділити більше уваги на можливу зміну режиму роботи щебеневих дренувальних шарів внаслідок замулення в процесі експлуатації.
8. Не розглянуто питання впливу геосинтетичних матеріалів на роботу та параметри дренажної системи мілкого закладення. Відповідно, будуть виникати складності при використанні розробленого методу у разі використання для конструкцій дренажу з геосинтетичними матеріалами.
9. У додатку А п.А.2–А.5 наведено велику кількістю подібних результатів числового розрахунку, з розподілу ізополів та ізолій, які варто було скоротити.
10. В тексті дисертації є друкарські помилки.

Заключний висновок

1. Зауваження, які наведено вище, не знижують в цілому загальної позитивної оцінки дисертації, що розглядається, і є побажаннями у подальшій науковій роботи.
2. Дисертаційна робота на тему «Методологія проектування поперечних дренажів мілкого закладання з оцінкою якісного стану автомобільної дороги», є актуальним, завершеним дослідженням, яке містить наукову новизну, має теоретичне та практичне значення. Значимість дисертаційної роботи Бубели А.В. полягає в розробленні методології проектування дренажних конструкцій мілкого закладання, що ґрунтується на удосконаленні методу визначення комплексного показника фізичного та функціонального стану перевозленої ділянки автомобільної дороги; удосконаленні методу проектування параметрів поперечних дренажів мілкого закладання; удосконаленні методу з визначення технологічних режимів влаштування дренувальних шарів з трубчастими дренами на основі аналізу напружено-деформованого стану дорожньої конструкції;

результатах числового експерименту з дослідження напружене-деформованого стану дорожньої конструкції з трубчастими дренами; результатах експериментальних досліджень щодо формування фільтраційного потоку та визначення інтенсивності водовідведення поперечними дренажами мілкого закладання.

3. Отримані теоретичні результати дозволяють зробити висновок про відповідність дисертаційної роботи Бубели А.В. паспорту спеціальності 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми, зокрема, пункту «Теоретичні основи і методи проектування, реконструкції, експлуатації автомобільних шляхів та аеродромів».
4. Представлений у дисертації матеріал по актуальності, науковій та практичній цінності, об'єму і глибині досліджень відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12 – 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 (зі змінами і доповненнями) щодо докторських дисертацій, а її автор **Бубела Андрій Володимирович** заслуговує на присудження наукового ступеня доктора 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. засвідчує:

Вчений секретар Національного
університету водного господарства
та природокористування

А.А. Подлевський

