

ВІДГУК

Кузла Миколи Трохимовича

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора,
завідувача кафедри автомобільних доріг, основ і фундаментів
Національного університету водного господарства та природокористування
на дисертаційну роботу **Скоропадського Віктора Вікторовича** на тему
**«Удосконалення технології влаштування земляного полотна та основи
дорожнього одягу із застосуванням золи-винесення»**, що подана на здобуття
ступеня доктора філософії у галузі 19 «Архітектура та будівництво»
за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Актуальність теми дисертаційної роботи

Забезпечення довговічності автомобільних доріг у поєднанні із засадами сталого розвитку та раціонального природокористування є одним із ключових завдань сучасної будівельної науки.

Дорожня конструкція є складною багатошаровою інженерною системою, експлуатаційна надійність якої визначається не лише характеристиками покриття, а й фізико-механічними властивостями матеріалів земляного полотна та шарів основи. Саме нижні конструктивні шари забезпечують сприйняття і перерозподіл транспортних навантажень, формують загальну жорсткість конструкції та значною мірою визначають її довговічність. Разом із тим, застосування традиційних матеріалів супроводжується значними витратами природної мінеральної сировини, а їх експлуатаційні характеристики істотно погіршуються під дією зволоження, циклів заморожування-відтавання та повторних транспортних навантажень.

Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності дорожнього будівництва є використання техногенних мінеральних матеріалів, зокрема золи-винесення теплових електростанцій. Використання золи-винесення сприяє покращенню гранулометричного складу композиційних матеріалів, ущільненню їх структури, зменшенню водочутливості, підвищенню міцності та деформаційної стійкості конструктивних шарів дорожнього одягу. Одночасно вирішується важливе екологічне завдання, пов'язане зі зменшенням обсягів накопичення золошлакових відходів та повторним використанням техногенних ресурсів у дорожньому будівництві.

Таким чином, актуальним науково-практичним завданням є удосконалення технології влаштування земляного полотна та основи дорожнього одягу із застосуванням золи-винесення.



застосуванням золи-винесення, встановлення закономірностей її впливу на фізико-механічні та експлуатаційні властивості дорожньо-будівельних матеріалів, а також обґрунтування раціональних параметрів використання золи під час проектування та будівництва автомобільних доріг.

Тому вважаю, що тема дисертаційної роботи є актуальною для дорожньої галузі України, має важливе наукове і практичне значення та відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки та Національній транспортній стратегії України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Наведені в дисертаційній роботі результати досліджень виконані згідно з тематикою науково-дослідних робіт, що виконувались кафедрою транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету, зокрема: «Розроблення сучасних методів будівництва та експлуатації автомобільних доріг, транспортних споруд з оцінкою їх якісного стану, проведення експертної оцінки основних фондів дорожніх підприємств» (№0122U001566, 2022 – 2025 рр.) та «Удосконалення процесів будівництва та відновлення об'єктів транспортної інфраструктури та науково-методичні підходи до оцінки зміни вартості основних фондів (активів) у дорожньому будівництві» (2026р.). Також автор був залучений до виконання робіт для ДП «Держдор НДІ» (нині ДП «НІРІ») щодо можливості використання золи Бурштинської ТЕС у шарах основи дорожнього одягу та земляному полотні (договір №803-19) та дослідження золошлакових матеріалів (договір №799-21, №36-21).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, які сформульовано у дисертаційній роботі, підтверджується:

- достатньо ґрунтовним аналізом літературних джерел за темою дослідження;
- обґрунтованим вибором основних передумов, припущень, вихідних даних під час формулювання постановок наукових завдань;
- використанням сучасного, апробованого науково-методичного апарату, коректним доббором використаних загальних і часткових показників і критеріїв;
- застосуванням апробованих статистичних методів та математичних моделей;
- достатнім обсягом експериментальних даних, що отримані із використанням сучасного лабораторного обладнання, відповідно до загальноприйнятих методик;

- збіжністю теоретичних розрахунків з даними експериментальних досліджень;

- апробацією результатів роботи на реальних об'єктах дорожньо-транспортного комплексу.

Наукові положення, висновки та рекомендації підтверджуються широкою апробацією на наукових конференціях.

Достовірність та новизна наукових положень, висновків та рекомендацій.

Достовірність результатів дисертаційної роботи підтверджується проведенням комплексом експериментально-теоретичних досліджень.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в обґрунтуванні та експериментальному підтвердженні доцільності використання золи-винесення у поєднанні з ґрунтом для влаштування земляного полотна, а також у конструктивних шарах основи дорожнього одягу з укріплених ґрунтів і щебенево-піщаних сумішей.

Вперше:

- на основі виконаного комплексу експериментальних досліджень розроблено математичні моделі, які відображають вплив золи-винесення на формування фізико-механічних властивостей неукріплених і укріплених цементом ґрунтів, а також щебенево-піщаних сумішей. Отримані моделі дозволяють прогнозувати досліджувані характеристики залежно від вмісту золи та цементу у визначених діапазонах варіювання вхідних параметрів;

- визначено оптимальний вміст золи-винесення та цементу в ґрунтових та щебенево-піщаних сумішах із розподілом досліджуваної області варіювання факторів на технологічні зони, що дозволяє диференційовано призначати склади сумішей залежно від вимог до конструктивних шарів.

Удосконалено:

- технологічні рішення із влаштування земляного полотна та основи дорожнього одягу з використанням золи-винесення.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробленні технологічних рекомендацій із раціонального використання золи-винесення як модифікуючої добавки під час влаштування земляного полотна та шарів основи дорожнього одягу із ґрунтів і щебенево-піщаних сумішей. На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень встановлено оптимальні дозування

золи-винесення у складі сумішей та обґрунтовано раціональні технологічні параметри їх приготування й укладання.

Впровадження розроблених технологічних рішень дозволяє підвищити економічну ефективність будівництва, знизити матеріалоемність конструкцій та покращити екологічну безпеку за рахунок утилізації промислових відходів ТЕС.

Практичне впровадження результатів дисертаційної роботи здійснено у виробничій діяльності дорожньо-будівельних організацій ТОВ «ГРАНДБУД ЛІДЕР» та «Догуш Іншаат ве Тіджарет Анонім Шіркети».

Матеріали досліджень також впроваджено у навчальний процес Національного транспортного університету під час викладання курсів дисциплін «Технологія будівництва земляного полотна автомобільних доріг», «Технологія будівництва дорожнього одягу автомобільних доріг» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти та «Охорона навколишнього середовища в життєвому циклі автомобільних доріг» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійної програми «Автомобільні дороги, вулиці та дороги населених пунктів».

Повнота викладення основних результатів дисертації в опублікованих працях

За темою дисертаційного дослідження опубліковано 9 наукових праць, у тому числі: 4 праці у періодичних фахових виданнях, що входять до переліку МОН України, та 5 праць апробаційного характеру у збірниках за матеріалами наукових конференцій.

Оцінка структури та змісту дисертації.

Дисертація включає вступ, чотири розділи, загальні висновки, список використаних джерел зі 161 найменування та сім додатків. Загальний обсяг дисертації становить 252 сторінки, основний текст викладений на 188 сторінках. Текст ілюструється 77 рисунками і містить 32 таблиці.

У **вступі** наведено загальну характеристику дисертаційної роботи, обґрунтовано актуальність теми дослідження. Сформульовано мету і основні завдання роботи, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень, наведено наукову новизну одержаних результатів та їх практичне значення, відображено зв'язок роботи з науковими програмами, апробацію результатів досліджень, відомості про публікації, структуру та обсяг дисертації.

У першому розділі виконано аналіз сучасного стану вітчизняних і зарубіжних досліджень щодо застосування золи-винесення у дорожньому будівництві, розглянуто фізико-хімічні властивості, класифікацію, механізми взаємодії з ґрунтами та мінеральними матеріалами, а також існуючі підходи до використання золи-винесення. Проаналізовано результати експериментальних досліджень та нормативно-технічне забезпечення використання техногенних мінеральних матеріалів у дорожній галузі.

Проведений аналіз підтвердив актуальність застосування золи-винесення як ефективного техногенного мінерального матеріалу у транспортній інфраструктурі. Незважаючи на значний обсяг наукових досліджень, питання визначення раціонального вмісту золи-винесення для досягнення оптимальних властивостей різних дорожньо-будівельних матеріалів, залишається недостатньо дослідженим. Показано, що існуючі нормативні документи не повною мірою враховують особливості використання золи-винесення в дорожньому будівництві, що обумовлює необхідність подальшого вдосконалення технологічних рішень та їх наукового обґрунтування. Використання золи-винесення дозволяє не лише підвищити експлуатаційні показники дорожніх конструкцій, а й скоротити споживання природної мінеральної сировини, зменшити обсяги накопичення промислових відходів і підвищити ресурсну ефективність дорожнього будівництва.

У цілому наведений у першому розділі аналіз сучасного стану досліджень підтверджує актуальність обраного напрямку, обґрунтовує необхідність виконання комплексних експериментальних досліджень та є достатньою підставою для формулювання мети, завдань і методології дисертаційної роботи.

У другому розділі викладено програму та методику експериментальних досліджень впливу золи-винесення на фізико-механічні та експлуатаційні властивості ґрунтів земляного полотна, ґрунтів, укріплених цементом, і щебенево-піщаних сумішей, укріплених цементом. Дослідження проводилося з метою встановлення закономірностей зміни властивостей досліджуваних матеріалів залежно від вмісту золи-винесення та цементу, а також визначення раціональних складів для використання у конструкціях дорожнього одягу. Для виконання поставлених завдань розроблено програму експериментальних досліджень, визначено фактори варіювання, функції відгуку та застосовано методи математичного планування експерименту, що дозволило отримати об'єктивні дані щодо впливу золи-винесення на характеристики дорожньо-будівельних матеріалів.

Розроблені математичні моделі дали можливість встановити залежності зміни фізико-механічних характеристик матеріалів від вмісту цементу та золи-винесення,

визначити оптимальні області їх використання та підтвердити статистичну достовірність отриманих результатів.

У цілому наведені у другому розділі результати дозволили сформуванню науково обґрунтовану методику проведення експериментальних досліджень та забезпечили отримання достовірних вихідних даних для подальшого аналізу властивостей досліджуваних матеріалів.

У **третьому розділі** наведено результати експериментальних досліджень фізико-механічних, деформаційних та експлуатаційних властивостей ґрунтів земляного полотна, ґрунтів, укріплених цементом, і щебенево-піщаних сумішей, укріплених цементом, із застосуванням золи-винесення. Проведені дослідження дозволили встановити закономірності зміни характеристик матеріалів залежно від вмісту золи-винесення та цементу, а також оцінити ефективність їх використання у конструктивних шарах дорожнього одягу.

У результаті експериментальних досліджень встановлено, що введення золи-винесення сприяє покращенню гранулометричного складу, підвищенню щільності, зменшенню водочутливості, покращенню деформаційних характеристик та збільшенню модуля пружності досліджуваних матеріалів. Для ґрунтів земляного полотна раціональний вміст золи-винесення становить 15–20 %, для ґрунтів, укріплених цементом – 15–20 % при вмісті цементу близько 5 %, а для укріплених щебенево-піщаних сумішей – 10–15 %.

Отримані математичні моделі адекватно описують вплив вмісту цементу та золи-винесення на основні фізико-механічні характеристики досліджуваних матеріалів і можуть бути використані для прогнозування їх властивостей та обґрунтування раціональних складів дорожньо-будівельних сумішей.

У **четвертому розділі** представлено практичні рекомендації щодо застосування золи-винесення для влаштування земляного полотна та шарів основи дорожнього одягу, наведено методику підбору раціональних складів композиційних матеріалів, розрахунок конструкцій дорожнього одягу із використанням отриманих експериментальних результатів, а також розроблено технологічні рекомендації щодо виконання будівельних робіт.

Запропоновані конструктивні рішення базуються на використанні встановлених у дисертаційній роботі фізико-механічних характеристик матеріалів та не суперечать чинній нормативній базі з проєктування нежорстких дорожніх одягів. Методика передбачає визначення конструктивних параметрів дорожнього одягу з урахуванням модулів пружності укріплених матеріалів, перевірку конструкції за

критерієм допустимого пружного прогину та оцінку її міцності відповідно до вимог нормативних документів.

Результати розрахунків підтвердили, що використання 20 % золи-винесення у ґрунті, укріпленому 5 % цементу, забезпечує збільшення модуля пружності з 228 до 308 МПа, а введення 12 % золи до ЩПС 40, укріпленої 3 % цементу, – з 559 до 720 МПа. Це дозволило зменшити товщину окремих конструктивних шарів дорожнього одягу без погіршення їх розрахункової міцності. За результатами техніко-економічного аналізу встановлено, що застосування запропонованих рішень забезпечує економію матеріальних витрат 14,76 %.

У **висновках** чітко та відповідно до поставлених завдань сформульовані результати дисертаційної роботи та надані конкретні рекомендації щодо їх практичного використання. Висновки включають, як якісні, так і кількісні показники отриманих наукових висновків, пропозицій та рекомендацій.

Список використаних джерел є повним, відповідає змісту дисертаційної роботи та оформленим відповідно до встановлених вимог.

Відповідність дисертаційної роботи встановленим вимогам

Дисертаційна робота виконана в науковому стилі, має логічну структуру повною мірою відповідає вимогам до дисертаційних робіт на здобуття ступеня доктора філософії, встановлених Міністерством освіти і науки України. Основні результати дисертаційної роботи чітко сформульовано та представлено у графічному матеріалі та висновках. Дисертаційна робота Скоропадського Віктора Вікторовича є завершеною науковою роботою і відображає основні наукові здобутки, пропозиції та рекомендації автора.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

У дисертаційній роботі Скоропадського Віктора Вікторовича на тему «Удосконалення технології влаштування земляного полотна та основи дорожнього одягу із застосуванням золи-винесення» 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. У першому розділі дисертаційної роботи доцільно було б детальніше висвітлити сучасний зарубіжний досвід практичного використання золи-винесення

у конструкціях дорожнього одягу, зокрема результати впровадження відповідних технологій у країнах Європейського Союзу.

2. У другому розділі, під час обґрунтування планування експериментальних досліджень, варто було б надати більш розширене пояснення щодо вибору рівнів варіювання вмісту цементу та золи-винесення, а також висвітлити їх узгодженість із результатами досліджень інших авторів.

3. У третьому розділі бажано було б більш детально проаналізувати фізичну інтерпретацію окремих коефіцієнтів побудованих моделей та оцінити можливість їх застосування за межами досліджуваних інтервалів варіювання факторів.

4. Четвертий розділ варто було б доповнити кількісною оцінкою екологічного ефекту від впровадження запропонованих рішень, наприклад, від збільшення обсягів утилізації золи-винесення або скорочення використання природних мінеральних матеріалів.

5. Під час розроблення практичних рекомендацій доцільно було б окремо виділити область ефективного застосування запропонованої технології залежно від дорожньо-кліматичних умов, категорій автомобільних доріг та типів ґрунтів земляного полотна, що спростило б її практичну реалізацію проєктними організаціями.

6. У тексті дисертації трапляються незначні граматичні та стилістичні помилки, а також окремі технічні недоліки в оформленні.

Наведені зауваження не мають принципового характеру та не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційного дослідження

Загальні висновки

Дисертаційна робота Скоропадського Віктора Вікторовича на тему «Удосконалення технології влаштування земляного полотна та основи дорожнього одягу із застосуванням золи-винесення» робота є завершеним науковим дослідженням, спрямованим на вирішення актуальної задачі в галузі будівництва та цивільної інженерії, виконана з використанням сучасних методів досліджень, містить низку нових наукових результатів, що мають, як наукову, так і практичну цінність та впроваджені в практику дорожнього будівництва.

У дисертаційній роботі вирішено актуальне науково-практичне завдання, яке полягає в удосконаленні технології застосування золи-винесення для влаштування земляного полотна та шарів основи дорожнього одягу на основі встановлення закономірностей формування фізико-механічних, деформаційних та

експлуатаційних властивостей ґрунтів і щебенево-піщаних сумішей, модифікованих золою-винесення.

Робота виконана на високому науковому рівні, має чітку структуру та логічну послідовність викладу матеріалу. Термінологія, що застосовується в роботі, є загальноприйнятною, виклад результатів теоретичних і практичних досліджень, нових наукових положень, висновків та рекомендацій здійснено у стилі, що забезпечує їхню зрозумілість та зручність для практичного застосування. Дослідження містить оригінальні результати автора, з належним посиланням на роботи інших науковців.

Основні висновки дисертації опубліковані у фахових наукових виданнях та пройшли необхідну апробацію. Практична значущість розробок полягає в можливості їх застосування різними установами та організаціями у сфері проєктування, будування та експлуатації автомобільних доріг.

Дисертаційна робота Скоропадського Віктора Вікторовича на тему: «Удосконалення технології влаштування земляного полотна та основи дорожнього одягу із застосуванням золи-винесення», 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.).

Враховуючи актуальність дослідження, його наукову та практичну цінність, вважаю, що дисертація відповідає всім формальним вимогам, а її автор, Скоропадський Віктор Вікторович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Офіційний опонент:

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

 Микола КУЗЛО

Підпис докт. техн. наук, професора Миколи Кузла
засвідчую:

Вчений секретар Національного університету
водного господарства та природокористування



 Зоя Сасюк