

РЕЦЕНЗІЯ

доцента кафедри транспортного будівництва та управління майном,
кандидата технічних наук **Чечуги Олександра Сергійовича** на дисертаційну
роботу Скоропадського Віктора Вікторовича на тему «Удосконалення технології
влаштування земляного полотна та основи дорожнього одягу із
застосуванням золи-винесення», яка представлена на здобуття ступеня доктора
філософії у галузі 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192
«Будівництво та цивільна інженерія»

Актуальність теми дисертаційної роботи

Сучасний розвиток дорожньої галузі потребує впровадження технологічних рішень, які одночасно забезпечують підвищення експлуатаційної надійності автомобільних доріг, раціональне використання природних ресурсів та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Особливої актуальності набуває питання використання техногенних матеріалів у дорожньому будівництві, оскільки накопичення значних обсягів промислових відходів, зокрема золи-винесення теплових електростанцій, потребує ефективних шляхів їх утилізації із забезпеченням належного рівня технічної безпеки та довговічності дорожніх конструкцій.

Традиційні технології влаштування земляного полотна та основ дорожнього одягу переважно ґрунтуються на використанні природних мінеральних матеріалів, запаси яких поступово скорочуються, тоді як вартість їх видобування й транспортування постійно зростає. Одночасно значна частина місцевих ґрунтів не відповідає нормативним вимогам щодо фізико-механічних властивостей і потребує покращення перед використанням у дорожніх конструкціях. За цих умов застосування золи-винесення як модифікуючої добавки відкриває можливості не лише для підвищення міцності, деформаційної стійкості та довговічності земляного полотна й основи дорожнього одягу, а й для суттєвого скорочення споживання природних матеріалів і підвищення ресурсної ефективності дорожнього будівництва.



Практична цінність дослідження полягає у формуванні науково обґрунтованих підходів до вибору складів ґрунтових і щебенево-піщаних сумішей із використанням золи-винесення, визначенні оптимального її вмісту та удосконаленні технології виконання робіт. Це створює передумови для підвищення експлуатаційної надійності дорожніх конструкцій, зниження вартості будівництва й експлуатації автомобільних доріг, а також розширення практики використання вторинних матеріальних ресурсів відповідно до сучасних принципів сталого розвитку та циркулярної економіки.

З огляду на викладене, тема дисертаційної роботи є своєчасною, актуальною та має вагоме науково-практичне значення. Запропонований комплексний підхід до удосконалення технології влаштування земляного полотна та основи дорожнього одягу із застосуванням золи-винесення поєднує експериментальні дослідження, математичне моделювання та практичні технологічні рішення, що сприяють підвищенню ефективності дорожнього будівництва, ресурсозбереженню та екологічній безпеці галузі.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, забезпечується комплексним підходом до вирішення поставлених завдань, використанням сучасних методів експериментальних досліджень, статистичного аналізу та математичного моделювання. Високий ступінь достовірності розроблених рішень підтверджується узгодженістю та задовільною збіжністю теоретичних і експериментальних результатів, а також їх позитивною апробацією.

Структура та зміст дисертаційного дослідження

Структурна побудова дисертації є логічною та повністю відповідає чинним вимогам щодо оформлення наукових праць на здобуття ступеня доктора філософії. Вона складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Результати дослідження достатньо висвітлені у 4 статтях фахових наукових видань, що відповідає вимогам щодо оприлюднення

результатів дослідження. Достовірність та обґрунтованість сформульованих положень додатково підтверджується їх належною апробацією на наукових конференціях, за матеріалами яких опубліковано 5 праць у відповідних збірниках.

Загальний обсяг дисертації становить 252 сторінки. Основний текст викладений на 188 сторінках. Текст ілюструється 77 рисунками і містить 32 таблиці. Робота за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам, що встановлені до дисертації на здобуття ступеня доктора філософії.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, наведено зв'язок роботи з науковими програмами та тематикою кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету. Сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, визначено особистий внесок здобувача, наведено інформацію щодо апробації та впровадження результатів дослідження.

У **першому розділі** проаналізовано світовий досвід використання золи-винесення в будівництві, виконано системний аналіз сучасного стану досліджень у сфері застосування золи-винесення в дорожньому будівництві. Розглянуто фізико-хімічні властивості золи-винесення, особливості її взаємодії з ґрунтами, щебенево-піщаними сумішами та мінеральними в'язучими, проаналізовано вітчизняний і зарубіжний досвід використання техногенних матеріалів у конструкціях земляного полотна та дорожнього одягу. На підставі проведеного аналізу визначено наукові проблеми, що потребують подальшого дослідження, та обґрунтовано напрями виконання експериментальної частини роботи.

У **другому розділі** наведено програму експериментальних досліджень та обґрунтовано методичні підходи до оцінювання властивостей ґрунтів, укріплених ґрунтів і щебенево-піщаних сумішей із використанням золи-винесення. Послідовно викладено принципи формування складів дослідних сумішей, порядок підготовки матеріалів і виготовлення зразків, а також методики лабораторних випробувань відповідно до вимог чинної нормативної документації. Окрему увагу приділено вибору факторів експерименту, визначенню діапазонів варіювання вмісту цементу та золи-винесення, а також формуванню експериментального плану, що забезпечує

можливість подальшого математико-статистичного аналізу отриманих результатів. Запропонована методика досліджень створює необхідне підґрунтя для комплексної оцінки впливу техногенного матеріалу на фізико-механічні властивості дорожньо-будівельних матеріалів. На основі запропонованого плану досліджень та сформованої програми визначені математичні моделі, які описують вплив факторів на об'єкт дослідження. Для перевірки достовірності результатів випробувань, а також визначення актуальності моделей та їх верифікації наведено методику обробки даних за допомогою статистичного аналізу та імітаційного моделювання.

У **третьому розділі** наведено опис підготовки матеріалів до випробувань, визначено їх вихідні параметри, а також представлено результати випробувань у вигляді таблиць та графіків. Основну увагу зосереджено на аналізі результатів експериментальних досліджень та встановленні закономірностей впливу золи-винесення на фізико-механічні властивості ґрунтів і щебенево-піщаних сумішей. Послідовно розглянуто зміну характеристик неукріплених і укріплених ґрунтів, а також укріплених щебенево-піщаних сумішей залежно від вмісту золи-винесення та цементу. Значну увагу приділено математико-статистичній обробці експериментальних даних, побудові регресійних моделей та оцінюванню адекватності отриманих залежностей. На підставі виконаного аналізу визначено раціональні області застосування золи-винесення та встановлено її оптимальний вміст, як при самотійному використанні, так і в поєднанні з цементом для різних конструктивних елементів дорожнього одягу.

Підсумкові положення розділу підтвердили доцільність застосування золи-винесення в дорожньому будівництві, за результатами лабораторних випробувань та математичного моделювання. Встановлені залежності вказують на об'єктивність дослідження та допомагають підібрати склади сумішей, а також встановити оптимальні склади.

У **четвертому розділі** висвітлено практичні аспекти використання результатів виконаних досліджень у дорожньому будівництві. Наведено вимоги до матеріалів для досягнення найкращого кінцевого результату. Послідовно викладено технологічні рішення щодо застосування золи-винесення під час влаштування земляного полотна, укріплених шарів із ґрунтів та щебенево-піщаних сумішей, а

також наведено рекомендації щодо приготування сумішей, виконання технологічних операцій і контролю якості робіт. Розраховані конструкції дорожнього одягу з використанням золи-винесення і аналогічні конструкції зі звичайних матеріалів. Під час порівняння даних конструкцій встановлено доцільність використання конструкцій із золою-винесення на основі показника модуля пружності. Окремо розглянуто питання виробничого впровадження запропонованих рішень та оцінено їх техніко-економічну ефективність. Показано, що використання золи-винесення дозволяє підвищити ефективність використання місцевих матеріалів, знизити витрати традиційних мінеральних ресурсів і сприяє впровадженню ресурсозберігаючих та екологічно орієнтованих технологій у дорожньому будівництві.

Загальні висновки узагальнюють результати виконаного дослідження, підтверджують досягнення поставленої мети та виконання визначених завдань, а також відображають наукову новизну й практичну цінність запропонованих технологічних рішень щодо використання золи-винесення у конструкціях земляного полотна та дорожнього одягу. Одержані результати створюють підґрунтя для подальшого впровадження ресурсозберігаючих технологій у дорожньому будівництві та розширення напрямів їх практичного застосування.

Загалом, проведений аналіз наукових джерел, виконані експериментальні дослідження, результати математико-статистичної обробки, сформульовані наукові положення, практичні рекомендації та висновки є достатньо обґрунтованими, взаємоузгодженими й достовірними. Загальні висновки повністю відповідають поставленим у роботі завданням, відображають основні результати дослідження та підтверджуються їх виробничим і навчальним впровадженням. Теоретичні положення та експериментальні результати, що виносяться на захист, отримані автором самостійно.

Наукова новизна і практичне значення отриманих результатів

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у комплексному вирішенні актуального науково-практичного завдання, пов'язаного з підвищенням ефективності використання золи-винесення в конструкціях земляного полотна та

основи дорожнього одягу. Автором експериментально обґрунтовано та доведено доцільність використання золи-винесення як модифікуючої добавки для ґрунтів і щебенево-піщаних сумішей, встановлено закономірності її впливу на формування фізико-механічних властивостей матеріалів та визначено оптимальні склади сумішей залежно від вмісту золи і цементу. Вперше отримані математичні моделі, що дозволяють прогнозувати основні характеристики досліджуваних матеріалів у межах прийнятих експериментальних факторів. На основі побудованих моделей визначено оптимальний вміст золи-винесення у досліджуваних матеріалах. Крім того, удосконалено технологічні рішення щодо влаштування земляного полотна та шарів основи дорожнього одягу із застосуванням золи-винесення.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні науково обґрунтованих рекомендацій щодо використання золи-винесення під час будівництва земляного полотна та влаштування укріплених шарів дорожнього одягу. Визначені оптимальні склади сумішей і запропоновані технологічні рішення можуть бути використані під час проєктування, будівництва, реконструкції та ремонту автомобільних доріг. Застосування результатів дослідження сприяє раціональному використанню техногенних матеріалів, зменшенню витрат традиційних мінеральних ресурсів, підвищенню довговічності дорожніх конструкцій та економічної ефективності дорожньо-будівельних робіт, а також забезпечує позитивний екологічний ефект за рахунок утилізації промислових відходів. Практична цінність роботи підтверджується впровадженням її результатів у виробничу діяльність дорожньо-будівельних організацій та в освітній процес Національного транспортного університету.

Повнота опублікування основних положень дисертаційної роботи

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

Основні результати дисертації були представлені на різних конференціях і семінарах, зокрема: I Всеукраїнській науковій конференції здобувачів освіти і молодих учених «Відбудова транспортної інфраструктури України» (НТУ, Київ

2023; II Всеукраїнській науковій конференції здобувачів освіти і молодих учених «Відбудова транспортної інфраструктури України» (НТУ, Київ 2024); Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні підходи у відновленні транспортної інфраструктури в особливих умовах воєнного стану: виклики та перспективи» (НТУ, Київ 2024); III Всеукраїнській науковій конференції здобувачів освіти і молодих учених «Перспективні напрями відновлення та розбудови споруд транспортної інфраструктури України» (НТУ, Київ 2025); IV Всеукраїнській науковій конференції здобувачів освіти і молодих учених «Перспективні напрями відновлення та розбудови транспортної інфраструктури» (НТУ, Київ 2026).

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

Дисертаційна робота Скоропадського Віктора Вікторовича на тему «Удосконалення технології влаштування земляного полотна та основи дорожнього одягу із застосуванням золи-винесення» відповідає принципам академічної доброчесності. Ознаки плагіату відсутні, а всі цитування, ідеї та запозичені результати мають належні й коректні посилання на відповідні джерела.

Зауваження та побажання до дисертаційної роботи

1. Фізико-хімічний та мінералогічний склад золи-винесення суттєво залежить від родовища вугілля, режиму його спалювання та системи золовидалення. У роботі варто було б чіткіше охарактеризувати чутливість запропонованої технології до можливих коливань активності золи та її дисперсності при зміні постачальника ТЕС.

2. Суттєве підвищення модуля пружності ЦПС (з 559 МПа до 720 МПа) підвищує жорсткість конструктивного шару. У зв'язку із цим, варто було б провести аналіз його опору втомному тріщиноутворенню під дією багаторазового динамічного навантаження від великовагового транспорту.

3. У роботі наведено рекомендації щодо оптимального вмісту золи-винесення в ґрунтових та щебенево-піщаних сумішах. Було б доцільно коротко окреслити допустимі межі зміни цих рекомендацій у разі використання зол-винесення з іншими фізико-хімічними характеристиками.

4. Використання відходів ТЕС завжди викликає запитання щодо вмісту важких металів та природних радіонуклідів. Тому, доцільно було б чітко вказати наявність результатів випробувань на відповідність вимогам радіаційно-гігієнічних норм для матеріалів у дорожньому будівництві.

5. Розрахований економічний ефект (понад 64 – 77 тис. грн на 1000 м²) може суттєво зменшитися або знівелюватися через високу вартість транспортування золи, тому варто було б вказати максимальну економічно доцільну відстань (транспортне плече) від ТЕС до об'єкта будівництва.

6. У роботі зустрічаються окремі технічні та редакційні неточності (неоднорідність оформлення термінів, рисунків, таблиць і посилань), які не впливають на зміст роботи та не знижують її наукової цінності.

Загальні висновки по дисертаційній роботі

У дисертаційній роботі запропоновано комплексний науково обґрунтований підхід щодо удосконалення технології влаштування земляного полотна та основи дорожнього одягу із застосуванням золи-винесення. На теоретичному рівні обґрунтовано доцільність використання золи-винесення як техногенного матеріалу для модифікації властивостей ґрунтів і щебенево-піщаних сумішей, встановлено закономірності впливу її вмісту та комплексної дії із цементом на формування фізико-механічних характеристик дорожньо-будівельних матеріалів. На практичному рівні розроблено технологічні рекомендації щодо використання золи-винесення у конструкціях земляного полотна та основи дорожнього одягу, визначено оптимальні склади сумішей і підтверджено ефективність запропонованих рішень результатами експериментальних досліджень та виробничого впровадження.

Зважаючи на актуальність вирішеної науково-практичної задачі, наукову новизну та практичну значущість отриманих результатів, належний рівень їх теоретичного обґрунтування, використання сучасних методів експериментальних досліджень, математико-статистичної обробки результатів і підтверджене впровадження розробок у виробничу діяльність та освітній процес, дисертаційна робота та представлені до розгляду наукові публікації відповідають вимогам

пунктів 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), а її автор, Скоропадський Віктор Вікторович, заслуговує присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Доцент кафедри транспортного
будівництва та управління майном
Національного транспортного університету
канд. тех. наук, доцент

Олександр Чечуга

