

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Гідея Володимира Володимировича**
на тему: **«Композиційні системи з використанням термоактивованих відходів паперового виробництва для дорожнього будівництва»**,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 19 Архітектура та будівництво
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 4 додатків. Робота викладена на 136 сторінках, зокрема обсяг основного тексту становить 98 сторінок. Дисертація містить 34 таблиці, 34 рисунки. Список літератури містить 113 найменувань. У додатках наведено акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

Актуальність дисертаційної роботи. Дисертаційна робота є актуальною, оскільки в ній впроваджено основну ціль ресурсоефективної економіки, а саме заміщення природних вичерпних ресурсів на техногенні відходи. Однак, у міжнародній класифікації техногенні відходи вже давно отримали назву – вторинна сировина або ж вторинні ресурси. Використання вторинних ресурсів у дорожній галузі є досить перспективним напрямком через високу ресурсо- і матеріалоємність дорожнього будівництва.

Відомо, що внаслідок діяльності целюлозно-паперової промисловості утворюється значна кількість відходів, які спричиняють негативний вплив на навколишнє середовище. Тому, найбільш важливим завданням сьогодення є пошук шляхів контролю над кількістю цих відходів і вибір правильного способу їх утилізації. Використання відходів паперового виробництва дасть змогу зберегти природні ресурси, призведе до зменшення техногенного навантаження на довкілля, а також у разі повторного використання сприятиме розвитку ресурсоефективних «зелених» технологій, зокрема у дорожній галузі.

Зменшення об'ємів використання природних будівельних матеріалів, повна або часткова заміна їх альтернативними, зокрема термоактивованими відходами паперового виробництва, призведе до подвійного екологічного ефекту, що полягає в зменшенні техногенного навантаження на навколишнє середовище з вирішенням важливих завдань дорожнього будівництва щодо забезпечення заданих техніко-експлуатаційних характеристик конструкції дорожнього одягу. Це і визначило актуальність дисертаційної роботи, спрямованої на розроблення композиційних систем з покращеними фізико-механічними та експлуатаційними властивостями для одержання укріплених шарів земляного полотна та шарів дорожнього одягу шляхом використання термоактивованих відходів паперового виробництва. Дисертаційна робота є актуальною, оскільки в ній пропонуються шляхи вирішення та напрямки

впровадження основних цілей, які є прописані у Європейській рамковій директиві щодо відходів 2008/98/ЄС (Європейський парламент 2008р), концепції Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг України, Європейському зеленому курсі, Національній економічній стратегії на період до 2030 року. Актуальність дисертації Гідея В.В. відповідає науковому напрямку кафедри автомобільних доріг та мостів «Розробка ефективних технологій для будівництва та ремонту дорожніх одягів». Дисертація виконана в межах госпдоговірної науково-дослідної роботи № 1/67/2021/632 від “10” березня 2021 р. «Проведення досліджень зольного шлаку від спалювання скопу макулатурного» ПАТ «Київський картонно-паперовий комбінат».

Аналіз основного змісту дисертації, її наукової новизни, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій.

Дисертаційна робота складається із вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 4 додатків.

У **вступі** обґрунтовано наукову та практичну актуальність дисертаційної роботи; сформульовано мету роботи та задачі досліджень для її досягнення, визначені об'єкт, предмет та методи досліджень; наведено загальну характеристику роботи, наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, вказано особистий внесок здобувача, наведено відомості про апробацію результатів дисертації і повноту викладення у публікаціях.

У **першому розділі** на основі критичного огляду літературних джерел розглянуто теоретичні засади та експериментальні дані щодо шляхів покращення властивостей елементів конструкцій дорожнього одягу з можливістю використання відходів паперового виробництва. Показано, що дорожнє будівництво є матеріало- і енерго затратною галуззю, яка споживає значну кількість природних ресурсів, тому закономірним є прагнення замінити частину природних матеріалів відходами виробництв, що водночас зменшуватиме вплив на навколишнє середовище. Зазначено, що ресурсна цінність макулатурного скопу полягає також в тому що продукт його термооброблення - термоактивовані відходи (ТАВ) - є цінною мінеральною сировиною алюмосилікатного складу та проявляє гідравлічну або пуцоланічну активність, залежно від складу та технології випалу. Розглянуто і проаналізовано новітні тенденції застосування ТАВ як складових композиційних систем для дорожнього будівництва. За результатами огляду літературних джерел встановлено, що влаштування шарів дорожнього одягу з ґрунтів, укріплених в'язучими на основі ТАВ, є ефективним та доцільним. Перший розділ базується на опрацюванні сучасних літературних джерел, критичний огляд яких дав змогу чітко сформулювати мету, завдання досліджень та наукову гіпотезу.

У другому розділі подано характеристику вихідних матеріалів та опис методів проведення експериментальних досліджень. Наведено фізико-механічні властивості, мінералогічні та хімічні склади портландцементів ПрАТ «Волиньцемент», хімічний склад ТАВ та доменного гранульованого шлаку, а також властивості заповнювачів: гранітного щебеню кар'єру м. Коростень Житомирської області та кварцового піску Жовківського кар'єру Львівської області. Фізико-механічні випробування в'язучих, ґрунтів та дорожніх цементобетонів проводили у відповідності з чинними ДСТУ, ISO, EN та загальноприйнятими методиками.

У третьому розділі встановлено, що процеси фазоутворення в мінеральній частині скопу відбуваються подібно до класичних схем, характерних для випалу карбонатно-глинистих сумішей. В результаті отримуються термоактивовані відходи, до складу яких за даними рентгенофазового аналізу входять β - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$, $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, які мають гідравлічні властивості. Встановлено необхідність обов'язкового регулювання процесів раннього структуроутворення ТАВ шляхом використання комплексних добавок, сповільнюючих тужавіння. Комплексом методів фізико-хімічного аналізу встановлено особливості процесів формування мікроструктури та фазового складу регульованих термоактивованих відходів паперового виробництва (РТАВ).

У четвертому розділі розроблено склади ґрунтів, укріплених РТАВ та досліджено їх основні експлуатаційні властивості. Згідно тесту Проктора отримано оптимальні вологості ґрунтових композицій, при яких досягатиметься максимальна щільність сухого ґрунту. При визначенні каліфорнійського коефіцієнта несучої здатності ґрунтів (CBR) у порівнянні з еталонною величиною при нормативних навантаженнях встановлено, що при використанні в якості в'язучого регульованих термоактивованих відходів для укріплення досліджуваних ґрунтів, спостерігається збільшення їх несучої здатності та зниження набухання. Встановлено, що введення у досліджувані ґрунти в якості в'язучого РТАВ у кількості 14 мас.%, замість 10 мас.% портландцементу, сприяє процесам направленою структуроутворення в системі «ґрунт- регульовані термоактивовані відходи – вода», що забезпечує зміцнення шару замляного полотна з досягненням необхідних показників міцності та морозостійкості, зменшення набухання, що відповідає маркам укріпленого ґрунту М10, М20, М40.

У п'ятому розділі розроблено склади бетонних сумішей з вмістом РТАВ для дорожнього будівництва. Встановлено синергічний ефект від сумісного використання доменного гранульованого шлаку (ДГШ) з добавкою РТАВ у складах бетонних сумішей. Встановлено, що найвищою міцністю на стиск та згин у пізні терміни гідратації характеризуються зразки з співвідношенням ДГШ:РТАВ=70:30, міцність яких через 360 діб тверднення становила 38,3 та 4,6 МПа відповідно. Зазначено, що досягнуті показники міцності забезпечуються утворенням високоосновних гідросилікатів та

гідроалюмінатів кальцію, а також видовжених призматичних кристалів еtringіту, що підтверджено даними рентгенографічних досліджень.

Досліджено властивості шлаковмісних портландцементів ПЦІІ/А-Ш-500 та ПЦІІ/Б-Ш-400 з РТАВ у якості додаткового цементуючого матеріалу (ДЦМ). З метою забезпечення оптимального співвідношення між суперпластифікатором та додатковим цементуючим матеріалом - РТАВ, методом математичного планування експерименту визначено вплив факторів складу на фізико-механічні характеристики цементобетону. Аналіз поверхонь функцій відгуку міцності на стиск та розтяг при згині свідчать, що 5 мас. % РТАВ та 0,8 мас.% суперпластифікатора Stachement 2570 забезпечують високу кінетику набору ранньої міцності та, особливо, найвищу міцність бетону на розтяг при згині, що відповідає класу $B_{тб}$ 6,4. Досліджено вплив РТАВ на силові та енергетичні характеристики тріщиностійкості розроблених дорожніх бетонів. Аналіз отриманих повних діаграм стану бетонів свідчить про позитивний ефект від додавання 5 мас.% РТАВ на роботу бетону. Зазначено, що не зважаючи на дещо нижчі фізико-механічні показники бетону на основі ПЦІІ/Б-Ш-400 з 10 мас.% РТАВ, його характеристики тріщиностійкості перевищують обидва склади без додаткового цементуючого матеріалу, що підтверджує синергізм системи РТАВ-ДГШ у контексті механіки руйнування.

У шостому розділі наведено результати дослідно-промислової апробації композиційних систем з використанням термоактивованих відходів паперового виробництва. Розроблені РТАВ використовували як в'язучі при влаштуванні шарів основи на об'єкті «Нове будівництво ЦПС 35/110 кВ «Яворівська ВЕС/СЕС» на території Яворівського району Львівської області, роботи виконувались ТОВ «Балтом Україна». Очікуваний економічний ефект від використання РТАВ як додаткового цементуючого матеріалу в дорожніх цементобетонах складає 94 тис. грн. при спорудженні 1 км покриття автомобільної дороги II категорії.

Наукова новизна. У дисертаційних дослідженнях викладені наступні результати, які характеризуються науковою новизною, а саме:

- вивчені процеси гідратації та структуроутворення термоактивованих відходів паперового виробництва, що підтверджують необхідність регулювання процесів їх раннього структуроутворення шляхом використання комплексних добавок, сповільнюючих тужавіння ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$, винна кислота). Встановлено, що використання комплексних добавок забезпечує підвищені показники міцності та технологічно обґрунтовані терміни тужавіння композиційних систем;

- розроблено оптимальні склади ґрунтових сумішей з використанням РТАВ з врахуванням закономірностей направленої структуроутворення в системі «ґрунт – РТАВ – вода», що приводить до укріплення і зміцнення ґрунтів;

- встановлена ефективність використання РТАВ в складі в'язучої композиційної системи «доменний гранульований шлак – регульовані термоактивовані відходи» за рахунок активізації тверднення шлакової складової системи та синергічного ефекту, що забезпечує утворення додаткової кількості структурно-активних фаз при їх сумісній гідратації;
- на основі встановлених процесів фазо- та структуроутворення розроблено склади композиційних систем для дорожнього цементобетону з оптимальним вмістом РТАВ.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у розробленні складів композиційних систем для цементних дорожніх бетонів з покращеними експлуатаційними властивостями та укріплених ґрунтів, шляхом використання регульованих термоактивованих відходів паперового виробництва. Практична цінність роботи підтверджується актом про впровадження на об'єкті «Нове будівництво ЦПС 35/110 кВ «Яворівська ВЕС/СЕС» на території Яворівського району Львівської області, роботи виконувались ТОВ «Балтом Україна». Також ПП «Лабораторія ЗахідДорСервіс» провела формування та випробування цементобетонів з використанням регульованих термоактивованих відходів (РТАВ), підтвердивши у акті випробувань про доцільність їх використання у дорожньому будівництві. Позитивною ознакою також є те, що результати досліджень також використовуються в освітньому процесі у НУ «Львівська політехніка» при підготовці магістрів, котрі навчаються за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, викладених у дисертаційній роботі Гідея В.В. підтверджується коректністю теоретичних положень при постановці завдань дослідження, забезпечується логічним вибором методів досліджень, методично правильною їх постановкою, а також впровадженням результатів роботи у виробничих умовах. Розрахунки та оптимізація складів композиційних систем з використанням РТАВ здійснювалась з допомогою методу експериментально-статистичного моделювання.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. Згідно результатів перевірки дисертаційної роботи на наявність ознак порушення академічної доброчесності, встановлено відсутність академічного плагіату та інших порушень, що могли б поставити під сумнів самостійність виконання дослідження.

Повнота викладення результатів у опублікованих працях. Основні положення дисертації достатньо повно висвітлені у 6 наукових працях, з них 3 статті у наукових фахових виданнях України, 3 – у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази даних Scopus та 2 публікації у матеріалах конференцій.

Основні зауваження щодо дисертаційної роботи:

1. У другому розділі доцільно було б навести спосіб виготовлення зразків-кубів та зразків-призм бетонів для жорстких сумішей. Це має принципове значення, оскільки бетонні суміші, які використовувались у роботі, характеризувалися не рухливістю, а жорсткістю.

2. Метод визначення каліфорнійського коефіцієнту несучої здатності ґрунтів (CBR-тест) не є, поки що, широко розповсюдженим при дослідженні ґрунтів, як основи дорожнього одягу. Тому, було б доцільно більш детально описати методiku визначення каліфорнійського коефіцієнту несучої здатності ґрунтів (CBR-тест).

3. В розділі 3 при дослідженні процесів гідратаційного тверднення ПТАВ виявлені дуже короткі терміни тужавіння, що робить їх застосування проблематичним та потребує розроблення особливих технологічних прийомів для використання цих відходів на практиці.

4. У роботі вказано, що відповідно до міжнародної класифікації було визначено гранулометричний склад ґрунтів (згідно рис. 4.1), тобто відносний вміст у ґрунті елементарних часток трьох фракцій, а саме глина, пісок, мул. Проте не зрозуміло чому за основу була взята лише міжнародна класифікація гранулометричного складу, якщо в Україні є діючий стандарт ДСТУ Б В.2.1-19:2009. «ґрунти. Методи лабораторного визначення гранулометричного (зернового) та мікроагрегатного складу».

5. У дисертаційній роботі вказано, що використання РТАВ для укріплення ґрунтів забезпечує розвиток процесів направленої структуризації в системі «ґрунт- регульовані термоактивовані відходи – вода», що забезпечує підвищення фізико-механічних показників земляного полотна. Однак, такий висновок мав би бути підтверджений результатами досліджень фазового складу та мікроструктури еталонних зразків ґрунту та укріпленого ґрунту з вмістом РТАВ (мас.%) згідно табл. 4.4. При відсутності даних рентгено-фазового аналізу та наявності даних електронно-мікроскопічного аналізу ґрунту з вмістом РТАВ (14 мас.%), не є достатньо інформативним для ствердження, що РТАВ забезпечує розвиток процесів направленої структуризації.

6. Не зрозуміло з якою метою автор проводить дослідження на міцність та деформативність укріплених ґрунтів згідно міжнародного стандарту ASTM D1633, якщо в Україні є відповідний діючий стандарт ДСТУ 8801:2018. Одночасно, автор користується ДСТУ 8801:2018 для встановлення марки укріпленого ґрунту за фізико-механічними показниками, які були визначені, як вказано у дисертації, згідно міжнародного стандарту ASTM D1633.

7. В розділі 4 показана можливість використання РТАВ для укріплення ґрунтів. Однак, автор не наводить негативні сторони їх застосування, а також питання, які залишились не вирішеними та перспективи продовження наукових досліджень в цьому напрямку.

Зроблені зауваження не зменшують наукової цінності та новизни дисертаційної роботи і не впливають на загальну позитивну оцінку наукової праці.

Дисертаційна робота Гідея В.В. на тему «Композиційні системи з використанням термоактивованих відходів паперового виробництва для дорожнього будівництва» за актуальністю, обсягом виконаних досліджень, змістом, рівнем новизни та практичної цінності, повнотою викладу результатів досліджень у наукових виданнях є завершеною науковою працею, відповідає спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія (галузь знань 19 Архітектура та будівництво) та вимогам, передбаченими наказом МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» і «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року. Враховуючи належний науковий рівень виконання дисертаційної роботи та оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності, вважаю, що Гідей Володимир Володимирович заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія з галузі знань 19 Архітектура та будівництво.

Рецензент

Доцент кафедри автомобільних доріг та мостів
Національного університету
«Львівська політехніка»
к.т.н., доцент

Наталія ТОПИЛКО

Особистий підпис к.т.н., доцентки Наталії ТОПИЛКО засвідчую

Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»



Роман БРИЛИНСЬКИЙ