

ВІДГУК

**офіційного опонента д.т.н., професора Радовенчика В. М.
на дисертацію Крюковської Лесі Іванівни " Підвищення рівня
екологічної безпеки у дорожньому будівництві шляхом використання
металургійних шлаків", подану на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека**

Актуальність теми дисертаційної роботи

Активізація господарсько - виробничої діяльності людства в сучасних умовах та її глобальні масштаби справляють на довкілля гострий негативний вплив, що супроводжується екологічною кризою та деградацією практично всіх його компонентів. Щорічно проблеми гідросфери, атмосфери та літосфери поглиблюються, об'єми придатних для споживання природних вод зменшуються, площа територій з відчутним дефіцитом питної води швидко збільшується, якість повітря у великих промислових містах катастрофічно знижується, природні ландшафти руйнуються в результаті добування корисних копалин та складування промислових і побутових відходів. Тому сьогодні найбільш актуальними є екологічні проблеми та проблеми ресурсозбереження.

Накопичення та зберігання металургійних шлаків потребує значних площ та завжди супроводжується масштабним забрудненням довкілля і надзвичайно негативним впливом на умови існування людини та живих організмів. Особлива увага сьогодні приділяється відходам, в процесі переробки чи зберігання котрих утворюється чи мігрує в довкілля значна кількість токсичних сполук. Тому спроба зменшити кількість викидів таких речовин в довкілля вважається сьогодні надзвичайно своєчасною та актуальною. З іншого боку, щорічно запаси матеріальних ресурсів зменшуються. В такій ситуації особливо важливими стають питання ресурсозбереження та комплексного використання природної сировини. Особливо перспективним вважається отримання із відходів вторинної сировини.

Зважаючи на те, що метою дисертаційної роботи є підвищення рівня екологічної безпеки в дорожньому будівництві шляхом використання металургійних шлаків, то впровадження отриманих результатів дозволить не лише знизити негативний вплив традиційних технологій на довкілля, а й підвищити їх економічну ефективність за рахунок комплексної переробки відходів з отриманням корисних продуктів.

Позитивним моментом дисертаційної роботи є також той факт, що для вирішення поставлених задач можливе використання вже існуючого обладнання та вдосконалення існуючих технологій, що дозволяє широко впроваджувати результати роботи на багатьох підприємствах відповідного профілю.

Актуальність дисертаційної роботи підтверджується також тим, що вона є частиною наукових робіт, які проводились в рамках науково-

дослідних робіт Національного транспортного університету «Розроблення і впровадження технології будівництва та реконструкції автомобільних доріг з використанням металургійних доменних і сталеплавильних шлаків як заміників традиційних дорожньо-будівельних кам'яних матеріалів» (2002–2005 рр., номер державної реєстрації 0103U005338), «Розробка технологій поводження з відходами в транспортно-дорожньому комплексі» (2009–2010 рр., номер державної реєстрації 0107U009610), «Підвищення довговічності дорожнього одягу нежорсткого типу автомобільних доріг з шарами основи із доменних шлаків» (2011–2012 рр., номер державної реєстрації 0111U000092), «Удосконалення та розробка методів екологічної безпеки та безпеки життєдіяльності» (2013–2014 рр., номер державної реєстрації 0112U004448; 2015–2016 рр., номер державної реєстрації 0115U006782; 2017–2018 рр., номер державної реєстрації 0118U001109).

Ступінь обґрунтованості, достовірності наукових положень, висновків, рекомендацій

Представлені в роботі наукові положення, висновки та рекомендації ґрунтуються на всебічному вивченні існуючих досягнень в галузі переробки та утилізації металургійних шлаків, розробці нових ефективних рішень та проведенні комплексних експериментальних досліджень, які дозволили співставити ефективність існуючих рішень та запропонованих автором нових підходів.

Робота характеризується великим об'ємом виконаних інформаційних та експериментальних досліджень, які стали базою при розробці основних наукових положень з вирішення складної багатопланової задачі комплексної переробки металургійних шлаків.

Розроблені наукові положення, рекомендації і висновки дисертації узгоджуються з фундаментальними теоретичними уявленнями про життєвий цикл металургійних шлаків та зміну їх основних характеристик.

Достатня ступень достовірності та обґрунтованість наукових результатів, висновків та рекомендацій, що отримані автором, забезпечуються:

- ґрунтовним аналізом інформаційних джерел та нормативної бази поводження з металургійними шлаками;
- застосуванням апробованих методів досліджень;
- збіжністю результатів експериментальних досліджень з їх розрахунковими значеннями;
- використанням в експериментальних дослідженнях сучасних вимірювальних приладів, сучасної обчислювальної техніки та програмного забезпечення.

Всі розділи завершуються висновками, що висвітлюють новизну отриманих у розділах результатів.

В цілому дисертація є завершеною науковою працею, яка оформлена згідно з вимогами державного стандарту ДСТУ 3008-95 "Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення" та МОН України.

Експериментальні результати підтверджені даними теоретичних розрахунків, зроблених на основі значної кількості фактичних даних. В цілому сукупність отриманих результатів є незаперечними та добре узгоджуються з сучасним теоретичним рівнем уявлень про екологічну безпеку в дорожньому будівництві, утворення та властивості металургійних шлаків, склад та основні методи їх утилізації, негативний вплив на довкілля при їх зберіганні.

Таким чином, ступінь обґрунтованості, достовірність наукових положень, розроблених автором, висновків, рекомендацій не викликає сумнівів.

Наукова новизна роботи

Дисертація є закінченою науковою роботою, в якій наукові висновки ґрунтуються на викладених в розділах 1 - 4 експериментальних та розрахункових даних. Після аналізу матеріалів дисертації можна відмітити новизну таких результатів.

Найбільш важливою частиною наукової новизни даної роботи є висновок про можливість успішної комплексної переробки металургійних шлаків з використанням в дорожньому будівництві та зменшенням шкідливих викидів у довкілля. Варто відмітити вперше отримані наступні результати:

- розроблено системну модель оцінювання екологічної безпеки використання металургійних шлаків в якості заміника природного матеріалу в дорожньому будівництві, яка дозволяє аналізувати всі фази життєвого циклу металургійних шлаків, визначити основні вимоги до них при використанні в якості сировини та дорожньо-будівельних матеріалів, а також формувати вимоги до конструкції дорожнього одягу на основі шлаків;
- на основі формування морфологічних структур дорожнього одягу з використанням металургійних шлаків розроблено метод визначення можливих обсягів заміни природних матеріалів на вторинну сировину для доріг із заданими техніко-експлуатаційними характеристиками різних категорій;

В роботі запропоновано комплекс критеріїв для оцінювання функціональних, технологічних, економічних та екологічних властивостей дорожнього одягу із заданими обсягами використання металургійних шлаків, а також критеріїв прогнозування рівня екологічної безпеки за різних сценаріїв використання їх в дорожньому будівництві.

Знайшли подальший розвиток закономірності між хімічним складом металургійних шлаків та їх механічними характеристиками, які ґрунтуються на результатах кореляційно-регресійного аналізу експериментальних досліджень шлаків різного походження. Застосування отриманих закономірностей дозволяє прогнозувати механічні властивості шлаків як матеріалів для дорожнього будівництва з урахуванням їх хімічного складу.

Для більшості досліджених процесів та методик встановлені основні закономірності, визначено лімітуючі фактори та інтенсивність їх впливу, прийнятні діапазони для практичного використання. Перелічені висновки мають наукову значимість, вони представляються новими, обґрунтованими і

важливими для подальшого розвитку наукових досліджень в галузі переробки металургійних шлаків та використання їх в дорожньому будівництві.

Практичне значення отриманих результатів

Без сумніву, результати дисертації мають суттєве практичне значення. Важливими результатами є, наприклад, розроблена методика оцінювання рівня екологічної безпеки в дорожньому будівництві під час заміни природних кам'яних матеріалів металургійними шлаками, котра дозволяє не лише вибирати матеріали з найменшим негативним впливом на довкілля, а й оцінювати економічну ефективність і ресурсну цінності вторинної сировини.

Не менше важливе практичне значення мають і інші результати дисертаційної роботи. Так, відображені в нормативних документах вимоги до шлаків різних металургійних комбінатів як дорожньо-будівельних матеріалів та вимоги до конструкції дорожнього одягу на основі шлаків фактично формують нормативну базу для утилізації відходів металургійних підприємств в масштабах країни, а регресійні залежності модулів пружності шлаків від їх активності дозволяють визначати необхідні обсяги заміни природного кам'яного матеріалу вторинними ресурсами. Знайдуть широке застосування запропоновані в роботі морфологічні структури дорожнього одягу для доріг різної категорії та геометричні розміри елементів конструкції, що можуть бути реалізовані з використанням металургійних шлаків

Отримані в роботі числові значення функціональних, технологічних, економічних та екологічних критеріїв конструкції дорожнього одягу з використанням природних та альтернативних матеріалів дозволяють оцінити ефективність використання вторинної сировини для металургійних шлаків конкретних підприємств.

Вже зараз результати дисертаційної роботи прийняті до використання в Державному підприємстві «Державний дорожній науково-дослідний інститут ім. М. П. Шульгіна», м. Київ та Управлінні з питань екології, енергоменеджменту та охорони праці Маріупольської міської ради, м. Маріуполь. Вони також застосовуються в навчальному процесі Національного транспортного університету під час викладання відповідних дисциплін.

Короткий аналіз основного змісту дисертаційної роботи

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету та задачі дослідження, визначено об'єкт і предмет дослідження, а також висвітлено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Наведено інформацію про апробацію результатів досліджень і публікації, що висвітлюють основні положення дисертаційної роботи.

У першому розділі розкрито стан і суть наукової проблеми – утворення й накопичення металургійних шлаків як джерела екологічної небезпеки для навколишнього природного середовища та здоров'я людини. Визначено

негативні фактори впливу на довкілля при складуванні металургійних шлаків, проаналізовано їх ресурсний потенціал як джерела вторинної сировини, розглянуто існуючі системи поводження із шлаками в Україні та за кордоном. Описано склад та властивості відходів, що утворюються при отриманні металургійної продукції, визначено сучасні напрямки розвитку технологій їх переробки та утилізації, розкрито їх переваги та недоліки.

На підставі аналізу літературних джерел визначено мету та основні завдання роботи.

У **другому розділі** розроблено системну модель оцінювання екологічної безпеки використання металургійних шлаків як заміника природного матеріалу в дорожньому будівництві, яка включає модель підсистеми поводження з відходами та модель підсистеми будівництва доріг і є основою розробленої методики.

Еколого-економічне оцінювання використання металургійних шлаків у дорожньому будівництві проводилось за попередженими екологічними збитками навколишньому середовищу, вираженими податковими платами, які стягуються за розміщення металургійних шлаків як відходів, та зменшеними податковими зобов'язаннями з рентної плати за користування надрами через заміну необхідних природних матеріалів металургійними шлаками.

З використанням методу морфологічного аналізу і синтезу сформовано морфологічну матрицю можливих структур конструкцій дорожнього одягу з використанням природних та альтернативних матеріалів.

Третій розділ присвячено експериментальним дослідженням металургійних шлаків як відходів, сировини, дорожньо-будівельного матеріалу та елемента конструкцій дорожнього одягу.

Побудовано дерево виникнення небезпечних ситуацій у відвалах металургійних комбінатів для подальшого оцінювання екологічного ризику.

Встановлено, що загальна ймовірність виникнення небезпечної ситуації у відвалах металургійних комбінатів складає 0,645, а основним чинником, що створює екологічну небезпеку, є наявний обсяг шлаків та шлакового пилу на території відвалів.

Експериментально встановлено та теоретично обґрунтовано закономірності впливу хімічного складу шлаків металургійних комбінатів ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг», ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат», ПАТ «ММК імені Ілліча», ПАТ «Запоріжсталь», ПАТ «Азовсталь» та ПАТ «ЄМЗ» на їх активність, яка характеризує міцнісні характеристики шлаків як матеріалу для дорожнього будівництва.

Отримано регресійні залежності модулів пружності шлаків від їх активності, що є вихідними величинами для визначення висоти шару основи дорожнього одягу і, відповідно, значення обсягів можливої заміни природних кам'яних матеріалів металургійними шлаками.

Узагальнення результатів моделювання дозволили визначити ті шлакові матеріали металургійних комбінатів, які можуть забезпечити необхідний модуль пружності на рівні 350 – 450 МПа.

У **четвертому розділі** виконано прогнозування зміни рівня екологічної безпеки за умови 20 і 50 % заміни річної потреби природних матеріалів у

дорожньому будівництві металургійними шлаками. Показано, що при цьому ступінь використання утворених металургійних шлаків в річному вимірі становитиме 0,21 і 0,52, що вказує на можливість утилізації їх шляхом використання в якості дорожньо-будівельних матеріалів на 21 і 52 % відповідно. Сумарний прогнозований еколого-економічний ефект використання металургійних шлаків у дорожньому будівництві за попередженими екологічними збитками навколишньому середовищу становитиме 235,22 і 588,06 млн. грн. відповідно.

Висновки в цілому розкривають основні наукові досягнення дисертанта та відповідають змісту роботи. Узагальнені основні результати проведених досліджень, визначені найбільш суттєві наукові і практичні досягнення, які детально розкриті в основному тексті дисертації.

Оцінка ідентичності змісту автореферату й основних положень дисертації

Зміст та структура автореферату ідентично відображають викладені у дисертації етапи проведення досліджень, основні наукові результати та висновки.

Повнота викладення результатів роботи в опублікованих працях

Матеріали дисертаційної роботи опубліковано здобувачем в 18 наукових працях, з яких 6 наукових статей опубліковано у фахових науково-технічних виданнях, що входять до відповідного переліку ВАК України, 1 стаття в розділі колективної монографії та 1 стаття в закордонному виданні. Здобувач представив 10 доповідей на науково-технічних конференціях. В опублікованих працях висвітлені основні наукові положення, результати, висновки і рекомендації дисертаційної роботи.

Апробація роботи

Основні наукові положення і результати роботи доповідалися й обговорювалися на міжнародних науково-технічних конференціях: «Відходи виробництва та споживання, медично-екологічні і економічні аспекти» (м. Ялта, 2005); V Міжнародній науково-практичній конференції «Управління проектами: стан та перспективи» (м. Миколаїв, 2009); XX Міжнародній конференції «Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju pojazdow samochodowych i maszyn roboczych samojedznych – Zarzadzanie i marketing w motoryzacji» (Rzeszow, 2009); Міжнародних науково-практичних конференціях «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства» (м. Львів, 2012, 2018); IV Всеукраїнській науково-практичній конференції «Охорона навколишнього середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України» (м. Запоріжжя, 2008); XI Всеукраїнській науковій конференції студентів, магістрантів і аспірантів «Регіональні екологічні проблеми» (м. Одеса, 2009); Всеукраїнських науково-практичних конференціях молодих учених і студентів «Екологічна безпека держави»

(м. Київ, 2014 – 2017), науково-практичних конференціях науково-педагогічних працівників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів НТУ, 2003 – 2018 рр.

Недоліки та зауваження

Разом з тим, при розгляді дисертаційної роботи були виявлені наступні недоліки та сформульовані наступні зауваження:

1. Не зовсім вдало сформульована назва роботи. Якщо відходи металургійних підприємств, що складають загрозу довкіллю, використовувати для відсіпання доріг, то рівень екологічної безпеки доріг ніяк не може підвищитися. Очевидно, що акцентувати увагу в назві варто було б на відвалах металургійних шлаків, де в результаті впровадження результатів роботи дійсно спостерігається підвищення рівня екологічної безпеки.
2. Дещо перешкоджають сприйняттю викладеного матеріалу наявність граматичних (у вигляді неправильних відмінків, словосполучень і т.п.) та механічних (у вигляді слів, не роз'єднаних пробілами) помилок. При викладенні матеріалу автор використовує три сполуки заліза – Fe_2O_3 , FeO та FeO_2 . При цьому не пояснюється, чому в подібних умовах утворюються різні сполуки, а остання сполука, очевидно, використовується помилково. В окремих випадках посилання на формули в тексті не співпадають із їх дійсними позначеннями (стор. 131, 133 посилання на формули 2.18 та 2.20 відповідно).
3. При аналізі негативного впливу відвалів металургійних шлаків на довкілля зазначається про вміст токсичних речовин та можливість їх міграції в довкілля (розділи 1 та 3). При аналізі екологічної безпеки дорожнього полотна із заміною природних матеріалів на шлаки ці фактори не враховуються. Зважаючи на значні коефіцієнти фільтрації вторинних матеріалів, вимивання з них токсичних речовин можливе і в останньому випадку.
4. Визначення можливих обсягів заміни природних матеріалів на металургійні шлаки базується лише на порівнянні модулів пружності цих матеріалів. Інші важливі характеристики як то насипна щільність, вологість, вміст металевих включень, золи, горілих порід, ґрунту, сміття та ін. залишаються поза межами прямої чи опосередкованої оцінки. Чи достатньо лише одного параметру для визначення питання заміни елементів дорожнього полотна?
5. Для розрахунку ймовірності виникнення небезпечної ситуації з високим рівнем екологічної небезпеки у відвалах металургійних шлаків застосовуються залежності з різним рівнем подій (стор. 103). При цьому визначальними є події п'ятого рівня, котрі є основою такого розрахунку. В роботі мало уваги приділено обґрунтуванню ймовірності цих подій і відіслано читача до нормативних та довідкових документів, баз даних металургійних комбінатів без відповідного посилання на конкретні джерела.

6. Важливою характеристикою металургійних шлаків є термін стабілізації в природних умовах. Чинними нормативними документами України цей термін визначається у 8 – 15 років. При проведенні експериментальних досліджень характеристик металургійних шлаків в жодному випадку не зазначено їх термін зберігання у відвалах, що не дозволяє визначити взагалі можливість їх використання в якості вторинної сировини.
7. Не обгрунтовано зменшення вірогідності виникнення небезпечних подій на 20 та 50 % (стор. 125). Чому саме 20 та 50 %, а не 10 та 70 % чи ін.?
8. За розрахунками автора заміна природних матеріалів металургійними шлаками в складі дорожнього покриття супроводжується зниженням трудозатрат на майже 50 %. Розрахунок зроблено на основі співвідношення мас матеріалів, що, на мою думку, є досить спрощеним критерієм і не описує хоча б приблизно реальний стан справ.
9. При виборі критеріїв ефективності (стор. 90) запропоновано критерій використання шлакових матеріалів (формула 2.26). При порівнянні критеріїв для різних категорій доріг (стор. 133) цей критерій без будь-яких трансформацій застосовується як екологічний критерій. Наскільки правомірна така підміна?
10. Згідно чинних нормативних документів в складі дорожнього покриття повинно бути лише асфальтобетону різної щільності біля 20 см, не враховуючи інших матеріалів. Розрахунки ефективності заміни природних матеріалів металургійними шлаками показують, що обсяг металургійних шлаків для різних категорій доріг коливається в межах 68,2 – 89,9 % (стор. 134). А де ж інші передбачені нормативними документами шари?
11. Підрахунок прогнозованого еколого-економічного ефекту використання металургійних шлаків виконано, виходячи із річного обсягу влаштування доріг різних категорій в Україні. Однак, важко уявити, що металургійні шлаки зі Сходу України буде доцільно транспортувати, наприклад, в Житомирську область, а, тим більше – у Львівську. Нереальним видається також використання протягом року 20, а тим більше, 50 % накопичених металургійних шлаків. Тому півмільярдні суми еколого-економічного ефекту видаються некоректними.

Разом з тим, приведені вище зауваження не впливають на обгрунтованість наукових положень та висновків дисертації і не принижують наукової новизни отриманих результатів.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Крюковської Лесі Іванівни "Підвищення рівня екологічної безпеки у дорожньому будівництві шляхом використання металургійних шлаків", яку подано на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека, є завершеною науковою працею. В дисертації отримані нові суттєві наукові та практичні

результати. Основні наукові положення, висновки та рекомендації роботи не викликають сумнівів. Дисертаційна робота в цілому вирішує важливе науково-практичне завдання і дозволяє знизити забруднення довкілля токсичними відходами, зменшити обсяг відходів, що підлягають зберіганню чи захороненню, дозволяє розробляти ефективні технологічні процеси отримання корисних речовин із вторинних матеріалів. Робота демонструє комплексний науково-методологічний підхід до досліджень, здатність автора аналізувати, узагальнювати отримані результати. Основні положення дисертації вдало відображені в авторефераті.

Вважаю, що представлена дисертаційна робота "Підвищення рівня екологічної безпеки у дорожньому будівництві шляхом використання металургійних шлаків" за своєю актуальністю, достовірністю результатів досліджень, новизною і практичному значенню повністю відповідає вимогам Департаменту атестації кадрів Міністерства освіти і науки України, зокрема пп. 9, 11, 12, 13 Порядку присудження наукових ступенів, затвердженого, Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 із змінами згідно з Постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19.08.2015 і № 1159 від 30.12.2015, а її автор - Крюковська Леся Іванівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека.

Офіційний опонент,
професор кафедри екології та технології
рослинних полімерів Національного
технічного університету України
"Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського",
доктор технічних наук, професор

В. М. Радовенчик

Підпис В. М. Радовенчика засвідчую:

Вчений секретар
КПІ ім. Ігоря Сікорського



А.А.Мельниченко