

*Голові разової спеціалізованої вченої
ради
Національного університету
«Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»
доктору технічних наук, доценту
ФРОЛОВУ Валерію Федоровичу*

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора,
завідувача центру підготовки фахівців та наукових кадрів Державної наукової
установи «Інститут екологічного відновлення та розвитку України»

МАРКІНОЇ Людмили Миколаївни

на дисертаційну роботу

СИСИ Тетяни Миколаївни

на тему «Удосконалення технології перероблення побутових відходів із
розробленням композиційних сумішей»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності
183 «Технології захисту навколишнього середовища»

1. Актуальність теми дисертаційної роботи. Проблема ефективного управління побутовими відходами протягом останніх десятиліть залишається однією з найгостріших екологічних проблем як для України, так і для більшості країн світу. Інтенсивне зростання обсягів утворення побутових відходів, недостатній рівень їх сортування та повторного використання, домінування полігонного способу захоронення, а також необхідність скорочення використання викопних палив обумовлюють потребу у розробленні принципово нових технологічних рішень, здатних забезпечити одночасне вирішення екологічних, ресурсних та енергетичних завдань.

У цьому контексті дисертаційне дослідження Сиси Т.М., присвячене удосконаленню технології перероблення побутових відходів шляхом створення композиційних сумішей на основі їх горючих фракцій та торфу, безумовно є своєчасним і актуальним. Запропонований автором підхід відповідає сучасним тенденціям розвитку технологій ресурсоефективності, спрямований на скорочення обсягів захоронення побутових відходів, підвищення ефективності використання місцевих ресурсів та забезпечення енергетичної незалежності окремих територіальних громад.

Водночас присутній зв'язок тематики дисертації із чинною нормативно-правовою базою України. Дослідження виконане відповідно до положень Закону України «Про управління відходами», Національної стратегії управління відходами до 2030 року, «Стратегії розвитку Полтавської області на 2021-2027 роки» тощо, що підтверджує його прикладну спрямованість та відповідність сучасним державним пріоритетам у сфері охорони довкілля.

Окремо слід відзначити, що результати дисертації мають потенціал для реалізації цілей сталого розвитку, насамперед Цілі 11 «Сталий розвиток міст і громад» та Цілі 12 «Відповідальне споживання та виробництво». Такий взаємозв'язок із міжнародними пріоритетами значно підвищує наукову та практичну цінність виконаного дослідження.

Отже, обрана тема дисертаційної роботи Сиси Т.М. є надзвичайно актуальною, відповідає викликам розвитку екологічної науки, державної політики у сфері управління відходами, принципам циркулярної економіки та ресурсоефективності, а також має вагоме практичне значення для енергетичного розвитку територіальних громад України.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій. Одним із визначальних критеріїв оцінювання дисертаційного дослідження є рівень обґрунтованості сформульованих автором наукових положень, достовірність отриманих результатів та логічність сформульованих

висновків. Аналіз матеріалів дисертаційної роботи свідчить, що дослідження виконано відповідно до загальновизнаних принципів наукового пізнання із застосуванням сучасного комплексу взаємопов'язаних методів дослідження, що забезпечує достатній рівень достовірності одержаних результатів.

Передусім слід відзначити чітку логіку побудови наукового дослідження. Автором переконливо сформульовано актуальність теми, визначено мету, яка органічно впливає із сучасного стану проблеми поводження з побутовими відходами, а також окреслено комплекс взаємопов'язаних завдань, виконання яких забезпечує досягнення поставленої мети. Такий підхід свідчить про належний рівень методологічної культури здобувача Сиси Т.М. та системність наукового мислення.

Важливою перевагою дисертаційної роботи є застосування комплексної методики досліджень, яка поєднує теоретичні узагальнення, натурні експериментальні дослідження, лабораторні випробування, математичне моделювання та статистичне опрацювання отриманих результатів. Саме така інтеграція різних наукових підходів дозволила забезпечити високий рівень аргументованості сформульованих висновків та мінімізувати вплив випадкових чинників на результати експериментів.

Достатньо обґрунтованим є вибір методів дослідження морфологічного складу побутових відходів. Використання натурних досліджень і сортувального аналізу відповідно до чинних методичних рекомендацій та міжнародних підходів забезпечує репрезентативність отриманих результатів і дозволяє об'єктивно оцінити ресурсний потенціал побутових відходів громад селищно-сільського типу. Важливо, що саме результати цього етапу дослідження стали основою для подальшого формування композиційних паливних сумішей. На особливу увагу заслуговує застосування стандартизованих методів визначення фізико-хімічних характеристик компонентів композиційних сумішей. Використання державних стандартів України під час визначення вологості,

зольності та теплотвірної здатності досліджуваних матеріалів свідчить про прагнення автора забезпечити відтворюваність експериментальних результатів та їх порівнюваність із результатами інших досліджень.

Важливим елементом методології роботи є використання математичного моделювання. Запропонований автором підхід до визначення раціонального співвідношення компонентів композиційних сумішей на основі багатофакторного експерименту є сучасним і відповідає світовим тенденціям розвитку інженерно-екологічних досліджень. Позитивно характеризує дисертаційну роботу Сиси Т.М. також використання сучасних методів математичної статистики під час оброблення експериментальних даних. Автором передбачено визначення середніх значень, аналіз статистичної значущості результатів, перевірку адекватності математичних моделей, що свідчить про належний рівень наукової достовірності дослідження. Використання програмного забезпечення Microsoft Excel та Maple забезпечує коректність математичних розрахунків і побудови відповідних моделей.

Окремо слід відзначити комплексний підхід до оцінювання екологічної безпеки запропонованої технології. Автор не обмежується визначенням енергетичних характеристик композиційних сумішей, а проводить оцінювання складу димових газів, аналізує концентрації основних забруднювальних речовин та враховує екологічні наслідки використання запропонованого альтернативного палива. Такий підхід повністю відповідає сучасним вимогам до технологій захисту навколишнього середовища, у яких технічна ефективність повинна обов'язково поєднуватися з екологічною безпечністю.

Переконливим підтвердженням достовірності отриманих результатів є їх практична апробація. Результати дослідження не залишилися виключно на теоретичному рівні, а знайшли відображення у рекомендаціях щодо використання композиційних сумішей у твердопаливних котлах малої потужності, впроваджені у виробничу діяльність та навчальний процес закладу

вищої освіти. Це свідчить про прикладний характер дисертаційної роботи та реальну можливість використання її результатів у практиці управління відходами.

Високий ступінь обґрунтованості результатів підтверджується також широкою апробацією матеріалів дисертації на міжнародних і всеукраїнських наукових конференціях, значною кількістю наукових публікацій, у тому числі у виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами даних. Це свідчить про позитивне сприйняття результатів дослідження науковою спільнотою та їх відповідність сучасному рівню розвитку науки.

У цілому можна констатувати, що сформульовані автором наукові положення є достатньо аргументованими, логічно взаємопов'язаними та підтвердженими результатами проведених досліджень. Обрані методи повністю відповідають поставленій меті та завданням дисертаційної роботи, а сформульовані висновки ґрунтуються на отриманих експериментальних і теоретичних результатах. Це дає підстави оцінити ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій як високий.

3. Наукова новизна одержаних результатів. Одним із ключових критеріїв оцінювання дисертаційного дослідження Сиси Т.М. є рівень наукової новизни отриманих результатів та їх внесок у розвиток відповідної галузі знань.

Наукова новизна дисертації визначається насамперед комплексністю запропонованого автором підходу до вирішення проблеми енергетичного використання побутових відходів. На відміну від значної кількості існуючих досліджень, у яких основна увага приділяється окремим технологічним аспектам термічного використання відходів або питанням їх морфологічного аналізу, у представленій роботі здійснено інтеграцію кількох взаємопов'язаних напрямів дослідження. Автор послідовно поєднує оцінювання ресурсного потенціалу побутових відходів, визначення їх теплотехнічних характеристик,

математичне моделювання складу композиційних сумішей та аналіз екологічних наслідків їх використання як альтернативного палива.

Безперечною перевагою дисертації є те, що вперше на регіональному рівні запропоновано математичну модель визначення раціонального складу композиційних сумішей із використанням горючих фракцій побутових відходів та торфу за критерієм максимальної теплоти згоряння. Наукова цінність цього результату полягає не лише у створенні окремої математичної моделі, а й у формуванні універсального підходу до раціоналізації складу альтернативного палива з урахуванням властивостей його компонентів. Це створює передумови для подальшого розвитку методів проєктування композиційних палив із використанням різних видів вторинної сировини.

Позитивної оцінки заслуговує удосконалення технології перероблення побутових відходів шляхом наукового обґрунтування складу композиційних сумішей, призначених для використання у твердопаливних котлах малої потужності. Важливо, що запропоновані рішення враховують не лише енергетичні характеристики сумішей, а й вимоги екологічної безпеки та можливості їх практичного впровадження. Такий підхід повністю відповідає сучасним принципам екологічно орієнтованого технологічного проєктування.

Слід відзначити і подальший розвиток наукових положень щодо використання горючих фракцій побутових відходів як альтернативного енергетичного ресурсу. Автор переконливо демонструє можливість сумісного використання вторинної сировини з місцевими природними ресурсами, що не лише підвищує теплотвірні характеристики паливної композиції, але й сприяє скороченню обсягів захоронення відходів та більш ефективному використанню природно-ресурсного потенціалу регіону.

Наукова новизна дисертації проявляється також у тому, що автор розглядає процес формування композиційних паливних сумішей як багатofакторну систему, у якій взаємопов'язаними є морфологічний склад

відходів, фізико-хімічні властивості компонентів, теплотехнічні характеристики та екологічні показники процесу спалювання. Такий системний підхід відповідає сучасній методології екологічних досліджень та дозволяє перейти від аналізу окремих технологічних операцій до комплексного управління процесом ресурсного використання відходів.

Окремої уваги заслуговує регіональна спрямованість проведених досліджень. Використання фактичних даних щодо морфологічного складу побутових відходів громад селищно-сільського типу Полтавської області забезпечує практичну цінність отриманих результатів та створює можливість їх використання під час розроблення регіональних програм управління відходами. Водночас запропонований методичний підхід має універсальний характер і після відповідної адаптації може бути застосований для інших регіонів України.

У цілому представлені в дисертації Сиси Т.М. результати характеризуються достатнім рівнем наукової новизни, відповідають сучасному рівню розвитку досліджень у сфері технологій захисту навколишнього середовища та роблять вагомий внесок у вдосконалення наукових засад ресурсоефективного використання побутових відходів. Отримані результати мають перспективи подальшого розвитку як у науковому, так і в прикладному аспектах, що підтверджує їх значущість для розвитку спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертаційної роботи. Вагомою перевагою представленої дисертаційної роботи Сиси Т.М. є гармонійне поєднання фундаментальної наукової складової з її практичною спрямованістю. Представлені результати не обмежуються вирішенням окремого прикладного технологічного завдання, а спрямовані на розвиток наукових засад ресурсоефективного використання побутових відходів, що визначає їх значущість як для подальшого розвитку екологічної науки, так і для практики управління відходами в Україні.

Теоретичне значення дисертаційної роботи полягає насамперед у розвитку сучасних наукових підходів до комплексного використання ресурсного потенціалу побутових відходів. Автором запропоновано цілісну концепцію формування композиційних паливних сумішей, яка базується на врахуванні морфологічного складу відходів, їх фізико-хімічних характеристик, теплотворної здатності та екологічних показників процесу термічного використання. Такий підхід розширює існуючі уявлення про можливості енергетичного використання вторинної сировини та створює передумови для подальших досліджень у цьому напрямі.

Слід позитивно оцінити також розвиток методичних підходів до оцінювання морфологічного складу побутових відходів громад селищно-сільського типу. У науковій літературі значна частина досліджень присвячена великим містам, тоді як особливості утворення відходів у невеликих громадах залишаються недостатньо дослідженими. Запропоновані автором підходи частково заповнюють цю прогалину та можуть бути використані як методична основа для подальших регіональних досліджень.

Особливу увагу заслуговує те, що результати дисертації сприяють розвитку сучасної концепції циркулярної економіки. Запропонована технологія орієнтована не лише на відновлення побутових відходів, а насамперед на їх повторне залучення до господарського обороту як вторинного енергетичного ресурсу. Саме такий підхід відповідає сучасній європейській ідеології управління відходами, у якій пріоритетним є не видалення відходів, а максимальне використання їх матеріального та енергетичного потенціалу.

Практичне значення дисертаційної роботи є не менш вагомим. Отримані результати можуть бути використані при модернізації існуючих систем управління побутовими відходами, розробленні місцевих програм ресурсоефективності, плануванні розвитку малої комунальної енергетики, а

також під час проєктування об'єктів термічного використання альтернативних видів палива.

Безперечно позитивною є орієнтація автора на використання місцевої сировинної бази. Поєднання горючих компонентів побутових відходів із торфом родовищ Полтавщини дозволяє сформувати альтернативне паливо, виробництво якого не потребує значних логістичних витрат та може бути організоване безпосередньо на рівні територіальних громад. Це істотно підвищує економічну привабливість запропонованої технології та створює додаткові можливості для розвитку місцевої енергетики.

У цілому теоретичне та практичне значення дисертаційної роботи Сиси Т.М. є беззаперечним. Представлені результати розширюють сучасні наукові уявлення про можливості комплексного використання побутових відходів, мають високий рівень практичної готовності до впровадження та можуть бути використані органами місцевого самоврядування, підприємствами житлово-комунального господарства, суб'єктами господарювання, проєктними організаціями, а також закладами вищої освіти при підготовці фахівців у сфері технологій захисту навколишнього середовища.

5. Повнота викладення результатів дисертаційної роботи в наукових публікаціях, рівень їх апробації та впровадження. Одним із важливих критеріїв оцінювання дисертаційної роботи є повнота висвітлення її основних результатів у наукових публікаціях, їх апробація у професійному науковому середовищі та практичне використання. Аналіз матеріалів дисертації свідчить, що дисертант Сиса Т.М. приділила належну увагу поширенню результатів власних досліджень серед наукової спільноти, що підтверджує високий рівень відкритості виконаної роботи та відповідність сучасним вимогам до підготовки здобувачів ступеня доктора філософії. Результати дослідження були представлені не лише в Україні, але й на міжнародних конференціях, проведених у Болгарії, Канаді, Німеччині, США та інших країнах. Це свідчить

про відповідність тематики дисертації сучасним міжнародним науковим пріоритетам, а також про її актуальність для світової наукової спільноти.

Важливим підтвердженням наукової зрілості виконаного дослідження є значний обсяг наукових публікацій. За матеріалами дисертаційної роботи автором опубліковано 40 наукових праць, серед яких чотири статті у виданнях, що індексуються міжнародною наукометричною базою Scopus, п'ять статей у фахових наукових виданнях України категорії «Б», 2 статті з інших спеціальностей, 5 розділів у колективних монографіях та 24 тези доповідей міжнародних і всеукраїнських конференцій. Такий перелік публікацій свідчить про систематичний характер наукової діяльності здобувача та достатній рівень визнання отриманих результатів професійною спільнотою.

Практична цінність роботи підтверджується тим, що результати дослідження вже знайшли своє застосування у виробничій діяльності фермерського господарства, де запропоновану технологію рекомендовано (довідка №92 від 13.08.2025 року) для використання як альтернативне джерело енергії у твердопаливному котлі типу Alter DUO PLUS. Такий рівень впровадження свідчить про прикладний характер отриманих результатів та можливість їх безпосереднього використання у реальному секторі економіки.

Важливим напрямом практичного використання результатів дослідження є також освітня діяльність. Використання матеріалів дисертації під час викладання дисципліни «Управління відходами» (довідка №01.1-9/1239 від 13.04.2026 року) забезпечує інтеграцію сучасних наукових результатів у процес підготовки майбутніх фахівців екологічного профілю. Це сприяє формуванню у здобувачів освіти сучасного бачення проблем управління відходами, розвитку компетентностей у сфері ресурсоефективності та популяризації принципів циркулярної економіки.

Заслуговує на схвальну оцінку й міжнародний аспект виконання роботи. Реалізація дослідження у межах українсько-австрійського наукового

співробітництва на тему «Дослідження складу твердих побутових відходів та їх ресурсного потенціалу» (номер державної реєстрації НДР: 0123U103340) підтверджує його відповідність сучасним європейським науковим напрямам та свідчить про високий потенціал інтеграції отриманих результатів у міжнародний науковий простір.

Результати дисертаційної роботи Сиси Т.М. достатньою мірою висвітлені у наукових публікаціях, пройшли всебічну апробацію на авторитетних міжнародних і всеукраїнських наукових заходах та знайшли практичне застосування у виробничій і освітній діяльності. Це повною мірою відповідає вимогам, що ставляться до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, та підтверджує високий рівень завершеності виконаного наукового дослідження.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності. Важливим критерієм оцінювання дисертаційної роботи є відповідність її виконання принципам академічної доброчесності, що визначаються законодавством України та загальновизнаними етичними нормами здійснення наукової діяльності.

Ознайомлення зі змістом дисертаційної роботи Сиси Т.М., представленими матеріалами та відомостями щодо особистого внеску здобувача дає підстави стверджувати, що дослідження виконано самостійно, із належним дотриманням принципів академічної доброчесності. У роботі чітко визначено особистий внесок автора, наведено інформацію про участь наукового керівника, а також окреслено напрями виконання окремих етапів дослідження. Такий підхід відповідає сучасним вимогам до підготовки дисертаційних робіт та забезпечує прозорість авторства отриманих результатів.

Окремої уваги заслуговує коректне визначення особистого внеску здобувача у виконання наукового дослідження. Автором самостійно здійснено аналіз сучасного стану проблеми, проведено експериментальні дослідження, виконано математичне моделювання, оброблено отримані результати,

сформульовано основні наукові положення, висновки та практичні рекомендації. Такий рівень самостійності повністю відповідає вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії. Відомості щодо апробації результатів, широкого кола наукових публікацій та практичного впровадження результатів дослідження також підтверджують відкритість виконаної роботи та її відповідність принципам доброчесної наукової діяльності.

За результатами аналізу представлених матеріалів підстав сумніватися у дотриманні автором принципів академічної доброчесності не вбачається.

7. Дискусійні положення та зауваження. Незважаючи на високий науковий рівень дисертаційної роботи Сиси Т.М., її актуальність та практичну цінність, окремі положення можуть бути предметом наукової дискусії та заслуговують на додаткове обговорення.

1. Автор переконливо показує можливість використання торфу родовищ Полтавщини, проте недостатньо проаналізовано, наскільки запропонована технологія є універсальною для інших регіонів України. Доцільно було б визначити, які саме чинники (морфологічний склад відходів, наявність торфу, транспортна логістика, існуюча інфраструктура) можуть обмежувати або, навпаки, сприяти її масштабуванню.

2. У роботі зазначено, що запропонована технологія відповідає принципам циркулярної економіки, однак це твердження потребує глибшого обґрунтування. Було б доцільно детальніше показати, як саме використання горючих фракцій побутових відходів забезпечує повторне залучення ресурсів у господарський обіг, скорочення обсягів захоронення відходів, зменшення споживання викопного палива та скорочення викидів парникових газів.

3. У роботі наведено результати вимірювання концентрацій складу димових газів, однак недостатньо розкрито вплив експлуатаційних параметрів процесу горіння, зокрема температури в топковій камері, коефіцієнта надлишку

повітря, часу перебування продуктів згоряння у зоні високих температур та інтенсивності подачі повітря. Оскільки саме ці фактори істотно впливають на утворення оксидів азоту, оксиду вуглецю та інших забруднювальних речовин, доцільно було б більш детально проаналізувати їхній взаємозв'язок із отриманими результатами.

4. Результати дослідження визначення концентрацій димових газів при спалюванні композиційних сумішей є переконливими, однак більшої наукової цінності вони набули б за умови ширшого порівняння із концентраціями димових газів при спалюванні традиційних видів палива (кам'яне вугілля, деревна біомаса, деревні пелети тощо). Таке зіставлення дозволило б наочно продемонструвати екологічні переваги запропонованого композиційного палива.

5. Дослідження виконано за визначених лабораторних умов, однак недостатньо оцінено можливі зміни складу димових газів при тривалій експлуатації котлів, змінному навантаженні, нестабільній вологості палива та сезонних коливаннях морфологічного складу побутових відходів. Аналіз таких факторів підвищив би практичну значущість отриманих результатів.

6. Автор використав сучасний газоаналізатор OKCI 5M, що забезпечує високу точність вимірювань, однак у роботі недостатньо наведено інформації щодо метрологічного забезпечення досліджень, калібрування приладу, оцінки невизначеності вимірювань та впливу інструментальної похибки на кінцеві результати. Така інформація підвищила б рівень довіри до отриманих експериментальних даних.

Слід підкреслити, що наведені зауваження мають переважно рекомендаційний характер і жодним чином не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи. Навпаки, вони відображають перспективні напрями подальшого розвитку започаткованих автором досліджень та свідчать про актуальність і наукову значущість порушеної проблематики.

8. **Загальний висновок.** Дисертаційна робота Сиси Тетяни Миколаївни на тему «Удосконалення технології перероблення побутових відходів із розробленням композиційних сумішей» є завершеним самостійним науковим дослідженням, виконаним на актуальну тему, що має важливе значення для розвитку сучасних технологій захисту навколишнього середовища.

За актуальністю теми, науковою новизною, ступенем обґрунтованості наукових положень, теоретичним і практичним значенням одержаних результатів, повнотою їх апробації та впровадження, а також рівнем оформлення дисертаційна робота відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 року «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а її автор, Сиса Тетяна Миколаївна, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» в галузі знань 18 «Виробництво та технології».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
завідувач центру підготовки фахівців
та наукових кадрів Державної
наукової установи «Інститут
екологічного відновлення та
розвитку України»



Людмила МАРКІНА

*Підпис Маркіної Л.
закріплено
Зав. від. кадрів та докум.*



Л. Маркіної Л.