

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента Кіркопуло Катерини Григорівни
на науковий рівень дисертації і наукових публікацій здобувача
Лисиук Ганни Петрівни

«Моделі та методи АСК термічної деструкції ТПВ для забезпечення
екологічних показників на основі сортування», представлену на здобуття
наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю
151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Новизни представлених теоретичних та експериментальних результатів дослідження

Наукова новизна теоретичних та експериментальних результатів дослідження представлено в опублікованих наукових періодичних виданнях.

Запропоновано метод сортування промислових обсягів сировини на основі класифікації та ідентифікації ТПВ з використанням імітаційної моделі брутто-формул, що дозволяє виділити групи, які утворюють кислі гази, і на основі цього розроблено спосіб розрахунку витрат на забезпечення екологічних показників, включаючи процес очищення вуглеводневих газів та формулювання правила прийняття рішень для створення структури технічних засобів обраного методу термічної деструкції ТПВ з дотриманням екологічних норм.

Знайшов подальший розвиток метод нечіткого керування процесом піролізу твердих побутових відходів змінного складу та вологості, який забезпечує правильне автоматизоване керування піролізною установкою з визначенням оптимального співвідношення витрати повітря/ТПВ, що дозволяє забезпечити ефективність процесу термічної деструкції та вирішувати завдання стабілізації таких взаємопов'язаних керованих параметрів процесу, як температура піролізу та значення рівня в газгольдері в перехідних режимах.

Знайшла подальший розвиток математична модель спалювання твердих побутових відходів змінного складу в топках з киплячим циркулюючим шаром з урахуванням наявності в суміші органічних сполук, що містять сірку та хлор, та запропонована система автоматизованого керування з використанням первинного регулювання температури киплячого шару за сигналом витрати повітря та вторинного регулювання – за рахунок винесеного трубчастого теплообмінного апарату, що дозволяє забезпечити ефективність процесу спалювання паливної суміші, компенсувати зміни навантаження палива та виконати дотримання екологічних показників.

Ці пункти наукової новини опубліковано в:

1. Lysiuk H., Maksymova O. Model and method of solid household waste sorting for their effective thermal disposal. Energy Engineering and Control Systems. 2023. Vol. 9, No. 1. P. 31-46. DOI:<https://doi.org/10.23939/jeeecs2023.01.031>
2. Brunetkin O., Davydov V., Butenko O., Lysiuk G., Bondarenko A. Determining the composition of burned gas using the method of constraints as a problem of model interpretation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 3, N 6 (99). P. 22-30. DOI:<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.169219> (SCOPUS)

3. Kozlov O., Kondratenko Y., Lysiuk H., Kryvda V., Maksymova O. Fuzzy Automatic Control of the Pyrolysis Process for the Municipal Solid Waste of Variable Composition . Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Systems. 2022. Vol.16, № 1. P. 83-94. DOI:10.14313/JAMRIS/1-2022/9 URL:<https://sciencedirect.com/journal/JAMRIS/article/pii/S184639692200009> (SCOPUS)

4. Петік Т.В., Лисюк Г.П. Автоматична система регулювання рівня води в парогенераторі енергоблоку 1000 МВт атомної електричної станції. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. 2019. Том 30 (69), Ч. 2, №3. С.7-13. DOI:<https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-2/02> URL:http://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2019/3_2019/part_2/4.pdf

5. Lysiuk H., Filippov Y., Panin V. Justification of equipment structure for solid municipal waste incineration. Grail of science. 2024. №47. P.461-466. DOI: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.20.12.2024.061>

URL:<https://archive.journal-grail.science/index.php/2710-3056/issue/view/20.12.2024/35>

6. Сичило А.А., Беглов К.В., Лисюк Г.П. Моделювання АСР потужності енергоблоку АЕС з ВВЕР-1000 в режимі «Т». Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. 2019. Том 30 (69) Ч. 1 № 3. С.158-163. DOI:<https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-1/29>

URL:http://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2019/3_2019/part_1/3-1_2019.pdf

7. Терлецький В.О., Лисюк Г.П. Моделювання АСР температури пару за редуційно-охолоджувальною установкою енергоблоку АЕС ВВЕР 1000 МВт. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. 2019. Том 30(69), Ч.1, № 3. С. 170-174. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-1/31> URL:http://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2019/3_2019/part_1/33.pdf

8. Lysiuk H., Sokoliuk S., Solohub O., Stafidov Y. Research on methods to reduce harmful emissions during the combustion of solid municipal waste in circulating fluidized bed furnaces. Modern engineering and innovative technologies. 2024. №36, Part 2. P.77-83. DOI:10.30890/2567-5273.2024-36-00-013 URL:<https://www.moderntechno.de/index.php/meit/issue/view/meit36-02/meit36-02>

9. Чорнофостова К.В., Лисюк Г.П. Підвищення якості регулювання рівня в баці деаератора енергоблоку АЕС із ВВЕР-1000. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. 2019. Том 30 (69), Ч. 1 № 3. С. 200-205. DOI:<https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-1/36>

URL:http://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2019/3_2019/part_1/38.pdf

10. Сичило А.А., Беглов К.В., Лисюк Г.П. Розробка АСК потужності енергоблоку АЕС з ВВЕР-1000 в режимі «Т» (частина 2). Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. 2020. Том 31 (70), Ч. 1 № 2. С.181-186. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.2-1/28>

11. Maksymova O.V., Lysiuk H.P., Zhanko K.O., Bessarab V.P. Model and method of decision-making rules for the formation of the structure of technical equipment in processes of thermal destruction of msw in the normation of acid gases emissions. Електротехнічні та комп'ютерні системи. 2024. No 39(115). С. 42- 54. DOI: <https://doi.org/10.15276/eltecs.39.115.2024.5>

12. Лисюк Г.П. Синтез системи управління тепловим навантаженням барабанного котла при спалюванні твердих побутових відходів. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2024. Том 35 (74), № 5. С.178-187. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.5.1/27>

Крім того додатково наукові результати опубліковані в матеріалах міжнародних конференцій.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі Лисюк Г.П. є достатньо високим і базується на детальному аналізі літературних джерел за обраною проблемою, пов'язаною з розробкою та вдосконаленням моделей і методів автоматизованих систем керування (АСК) технологічними процесами піролізу та спалювання твердих побутових відходів (ТПВ), гармонійному поєднанні мети та задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, зіставлених та проаналізованих отриманих результатів у порівнянні з результатами інших дослідників, якісному формулюванні отриманих висновків.

Крім того, ступінь обґрунтованості наукових положень доведено по сформульованим завданням дисертаційного дослідження завдяки яким необхідно було:

- провести аналіз методів АСК термічної деструкції твердих побутових відходів, технологій їх термічної утилізації;
- розробити метод сортування твердих побутових відходів та правило прийняття рішення щодо структури технічних засобів їх термічної деструкції;
- розробити модель та метод нечіткого керування процесом піролізу твердих побутових відходів змінного складу;
- розробити модель та метод автоматизованого керування тепловим навантаженням барабанних котлів при спалюванні твердих побутових відходів змінного складу.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій доведено застосованими методами дослідження. Для проведення і обґрунтування дисертаційного дослідження були використані: моделювання зміни теплотвірної здатності ТПВ залежно від якісного складу ТПВ, визначеного через брутто-формулу, дозволило обґрунтувати процес утворення продуктів термічної деструкції і визначення їх температури; метод нечіткої логіки типу Такагі-Сугено для керування процесом піролізу ТПВ змінного складу та вологості; методи системного аналізу використані для декомпозиції технологічного процесу; імітаційне моделювання підтвердило отримані теоретичні результати, на підставі чого можна зробити висновок, що система керування задовольняє вимогам щодо підтримки заданого теплового навантаження; комп'ютерні інформаційні та програмні технології для реалізації розробленого алгоритму керування.

Також доведено, що ступінь обґрунтованості наукових положень відповідністю роботи ОНП 3-го рівня спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тема та мета дисертаційної роботи узгоджуються з ціллю освітньо-наукової програми ОНП 3-го рівня спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». А саме, забезпечення розвитку науково-педагогічних компетентностей майбутніх докторів філософії для проведення власного наукового дослідження та захисту дисертації за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Наукові результати дисертаційної роботи відповідають програмним предметним, фаховим і інноваційним компетентностям ОНП 3-го рівня спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»:

СК1. Здатність проводити моделювання об'єктів та систем керування.

СК2. Здатність проводити оцінку якості функціонування автоматизованих систем керування.

СК3. Знання та глибоке розуміння предметної області, розуміння професійної та наукової діяльності.

СК4. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з автоматизації, комп'ютерних технологій, приладобудування та суміжних галузей.

СК5. Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та англійською мовами, глибоке розуміння англійських наукових текстів за напрямом досліджень.

СК6. Здатність застосовувати сучасні методи дослідження, синтезу, проектування систем автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій, їх програмних та апаратних компонентів, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

СК7. Здатність здійснювати науково-педагогічну діяльність у вищій освіті, дотримуватись етики досліджень, а також правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності.

СК8. Здатність розробляти, впроваджувати і супроводжувати проекти з урахуванням всіх аспектів проблеми, яка вирішується, включаючи проектування, виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію теплоенергетичного обладнання.

СК9. Володіти знаннями щодо принципів, методів та способів зі створення алгоритмів та програмного забезпечення для приладів автоматизованих систем.

СК10. Володіння методами та підходами до параметричного та структурного управління обладнанням в теплоенергетичних установках.

СК11. Здатність проводити ідентифікацію та контроль параметрів об'єктів керування.

СК12. Здатність розробляти регулятори і алгоритми програмного та слідкуючого керування рухом для електромеханічних систем автоматизації.

СК13. Здатність моделювати та досліджувати за допомогою сучасних програмних та апаратних засобів процеси в електромеханічних системах автоматизації.

СК14. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електромеханічних об'єктів та систем керування.

СК15. Володіння методами розробки, діагностування та забезпечення надійності електромеханічних систем автоматизації.

СК16. Здатність проектувати різноманітні вироби, автоматизовані системи та технологічні процеси з використанням засобів автоматизації проектування та досвіду розробки конкурентоспроможних виробів

СК17. Здатність розробляти, застосовувати та удосконалювати математичні моделі, наукові і технічні методи та сучасне комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань проектування.

СК18. Здатність застосовувати, інтегрувати та аналізувати знання і розуміння з інших інженерних дисциплін.

СК19. Здатність проводити алгоритмізацію завдань проектування та розробляти програми та програмні додатки для виконання завдань автоматизованого проектування з застосуванням сучасних мов програмування.

СК20. Здатність розробляти інформаційне та програмне забезпечення автоматизованих систем керування та проектування.

СК21. Розуміння теоретичних засад, які лежать в основі методів досліджень комп'ютерних технологій та інформаційних систем.

СК22. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації.

СК23. Системний науковий світогляд та загальнокультурний кругозір.

По дисертаційній роботі є наступні зауваження:

1. На стор. 39 наведено класифікацію піролізних процесів за типом доступу окислювача і температурою, а також описано характер продукції для кожного типу піролізу. Водночас відсутнє пояснення, які саме характеристики сировини визначають доцільність вибору одного з режимів. Які властивості вихідної сировини (наприклад, вологість, зольність, органічний склад) визначають вибір температурного режиму піролізу? Чи наведено в дисертації обґрунтування оптимального режиму для конкретного типу ТПВ, що розглядається?
2. На стор. 86-87 описано послідовність сортування ТПВ за допомогою ізоентальпійного та експрес-гравіметричного методів, що дозволяє ефективно ідентифікувати склад фракцій для подальшої термічної обробки. Однак залишається незрозумілим, як практично реалізується ізоентальпійна ідентифікація в умовах змінного складу відходів. Яким чином здійснюється ізоентальпійна ідентифікація в умовах реальної змінної суміші ТПВ? Чи наведено в дисертації опис практичного алгоритму або сенсорного забезпечення, що дозволяє реалізувати цей метод на промисловому рівні?
3. На стор. 112-113 наведено принципи керування піролізною установкою в перехідних режимах через регулювання витрат ТПВ і повітря на основі

температури реактора та рівня газу в газгольдері. Водночас залишається неясним, як формується стратегія керування у випадках значних флуктуацій у складі сировини або запізнення зворотного зв'язку. Чи розглядає дисертація сценарії керування в умовах раптових змін складу ТПВ або затримок у роботі датчиків? Яким чином забезпечується стійкість регулювання при таких дестабілізуючих факторах у перехідних режимах?

4. На стор. 166-167 описано особливості системи керування топкою з циркулюючим киплячим шаром (ЦКШ), зокрема визначення брутто-формули палива, обмеження щодо інерційності системи та поєднання первинного й вторинного регулювання температури. Однак не конкретизовано, як враховується взаємний вплив обох контурів регулювання в умовах змінного навантаження. Яким чином у дисертації реалізовано координацію між первинним і вторинним регулюванням температури киплячого шару в умовах змінної динаміки? Чи наведено модель або алгоритм, що дозволяє уникнути конфлікту між двома регуляторними контурами?

Наведені зауваження не знижують високий науковий рівень роботи та її наукову і практичну цінність, а скоріш носять характер рекомендації.

Рівень виконання поставленого наукового завдання

Високий рівень поставленого наукового завдання, який полягає у розробці та вдосконаленні моделей та методів термічної деструкції твердих побутових відходів з дотриманням екологічних показників через створення АСК для класифікації та ідентифікації відходів, що дозволяє виділити групи, які утворюють кислі гази, та враховувати ефективність термічної утилізації різних груп відсортованих ТПВ.

Повнотою викладення результатів досліджень в наукових публікаціях за темою дисертації.

Кількість публікацій за темою дисертаційної роботи та часовий інтервал, на якому вони публікувалися, достатньо великі. В них повно відображені наукові положення дисертації. При оприлюдненні наукових результатів було дотримано вимоги «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», згідно Постанови КМУ №44 від 12.01.2022, із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ України № 341 від 21.03.2022, Постановою КМ України № 502 від 19.05.2023, та Постановою КМ України № 507 від 03.05.2024.

Наукові результати дисертації, викладені у публікаціях у повній мірі відображають основні результати дослідження. Результати наукових досягнень викладені в 19 друкованих працях, з них 12 – у спеціалізованих наукових виданнях (2 публікації – у міжнародній науково-метричній базі SCOPUS), 7 – доповіді і тези доповідей на міжнародних конференціях (1 публікація – у міжнародній науково-метричній базі SCOPUS).

Відсутністю порушення академічної доброчесності.

Лисюк Г.П. дотримано вимоги академічної доброчесності, що підтверджується протоколом програми StrikePlagiarism [ID: 330719130] від 19.03.2025 року, який опрацьовано фахівцями кафедри Програмних і комп'ютерно інтегрованих технологій та членами групи забезпечення підготовки докторів філософії по ОНП за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», які зробили висновок, що дисертаційна робота відповідає нормам академічної доброчесності. В цілому при підготовці рецензії в тексті дисертації не було знайдено порушення академічної доброчесності.

Значимістю отриманих результатів для практичного використання.

Розроблені моделі та методи АСК процесів піролізу та спалювання ТПВ на основі їх сортування для підвищення ефективності їх утилізації та забезпечення екологічно регламентованих показників.

Результати роботи впроваджено в ТОВ «КОНКРИТ-СИСТЕМС» у виробничий процес, а саме: метод сортування промислових обсягів сировини на основі класифікації та ідентифікації твердих побутових відходів, що дозволяє виділити групи, що утворюють кислі гази, та метод розрахунку витрат на забезпечення екологічних показників проведення процесу термічної утилізації, включаючи процес очищення вуглеводневих газів. Запропоновані методи дозволяють вибрати максимально ефективний та екологічно чистий спосіб термічної деструкції твердих побутових відходів. Також матеріали дисертаційної роботи використовуються Національним університетом «Одеська політехніка» при підготовці бакалаврів та магістрів за напрямом «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» в Інституті штучного інтелекту та робототехніки (ІШІР) на кафедрі «Програмних і комп'ютерно-інтегрованих технологій» при викладанні наступних дисциплін: «Автоматизація виробничих процесів», «Моделювання процесів і систем», «Сучасні системи керування», «Оптимальні та адаптивні системи управління».

Тісним зв'язком проведених здобувачем досліджень з:

– планами, затверджених Міністерством освіти і науки України, які виконано в Національному університеті «Одеська політехніка» і є складовою частиною держбюджетних НДР за темами:

«Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи визначення якісного складу паливної суміші природнього та штучного походження», НДР № 239-47, (№0123U104326), «Розробка моделі та методу математичного забезпечення автоматизованих систем керування, які використовують паливо змінного складу для зменшення енергоємності виробництва», НДР №206-47, (№0122U000566) і «Підвищення ефективності АСК спеціального призначення за рахунок моделювання нелінійних високоенергетичних динамічних процесів», НДР №224-47, (№0122U200907).

Оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності

Автор дисертаційної роботи, Лисюк Ганна Петрівна, на тему «Моделі та методи АСК термічної деструкції ТПВ для забезпечення екологічних показників на основі сортування» оволоділа методологією наукової діяльності, яка відпові-

дає ОНП 3-го рівня спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», що доведено отриманими науковими результатами які викладено в науковій новизні. Методологія наукового дослідження, яку застосовано при розв'язанні мети роботи узгоджуються з ціллю освітньо-наукової програми ОНП 3-го рівня спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Забезпечення розвитку науково-педагогічних компетентностей майбутніх докторів філософії для проведення власного наукового дослідження та захисту дисертації за спеціальністю, оволодіння методологією наукової і викладацької роботи у наукових і вищих навчальних закладах шляхом розвитку системного мислення і особистісного творчого потенціалу, з метою набуття здатності розв'язувати комплексні проблеми в галузі знань «Автоматизація та приладобудування». Отримані наукові результати дисертаційної роботи відповідають програмним предметним, фаховим і інноваційним компетентностям ОНП 3-го рівня спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Висновок

Науковий рівень та повнота дисертаційної роботи відповідають вимогам п.п. 7, 8 та 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук» щодо дисертацій, поданих на здобуття наукового ступеня доктора філософії затверджених Постановою КМ України № 44 від 12.01.2022 «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 КМ України № 341 від 21.03.2022, Постановою КМ України № 502 від 19.05.2023, та Постановою КМ України № 507 від 03.05.2024, оскільки наведені в ній науково обґрунтовані результати у сукупності вирішують актуальне наукове завдання, яке дозволяє удосконалити моделі та методи автоматизованих систем керування (АСК) процесів піролізу та спалювання твердих побутових відходів на основі їх сортування для підвищення ефективності їхньої утилізації та забезпечення екологічно регламентованих показників.

Вважаю, що автор дисертації «Моделі та методи АСК термічної деструкції ТПВ для забезпечення екологічних показників на основі сортування» Лисюк Ганна Петрівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», галузь знань: 15 «Автоматизація та приладобудування».

Офіційний рецензент

доктор філософії за спеціальністю 151
«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології», доцент, доцент кафедри інформаційних
технологій проектування та дизайну,
Національний університет «Одеська політехніка»

Катерина КІРКОПУЛО