

## РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента Клімчука Олександра Андрійовича  
на науковий рівень дисертації і наукових публікацій здобувача  
Брунеткіна Володимира Олександровича

«Підвищення переробки органічних відходів довільного складу за  
рахунок автоматичного керування подачі сировини», 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.

Знайшла подальший розвиток модель визначення складу продуктів термодеструкції за відомого складу вихідної органічної сировини, яка складається з рівнянь закону діючих мас, закону збереження речовини, де замість концентрацій продуктів розкладання використані їх мольні частки, що дало можливість одночасного врахування газової та конденсованої фаз.

Знайшла подальший розвиток модель ідентифікації бруutto-формули та ентальпії продуктів термодеструкції за рахунок вимірювання технологічних параметрів процесу їх допалювання у спеціальному пристрої, що дало можливість визначення бруutto-формули та ентальпії вихідної органічної сировини.

Вперше запропоновано метод синтезу моделі об'єкта керування у вигляді системи диференціальних рівнянь, за рахунок використання метода апроксимації Паде по експериментальним даним, що дало змогу отримати передавальну функцію об'єкта керування.

Знайшла подальший розвиток імітаційна модель системи керування установкою термічної деструкції для переробки органічних відходів довільного складу, яка поточні розв'язки моделі об'єкта керування, у вигляді витрати рециркуляційних продуктів термічної деструкції та мінімальну кількість повітря і високу вологість органічної сировини використовує для розрахунку регульованих параметрів (заповнення газгольдера, витрату продуктів термічної деструкції, температуру протікання процесу термічної деструкції та складу її продуктів) та керуючих впливів автоматизованої системи керування у вигляді: витрати органічної сировини, повітря, рециркуляційних продуктів термічної деструкції, для компенсації зовнішніх збурень (задана витрата продуктів термічної деструкції та склад органічної сировини) що дало можливість підвищити продуктивність та конкурентоспроможність автоматизованої системи керування.

Ці пункти наукової новини опубліковано в наукових рецензованих працях:

Brunetkin O., Beglov K., **Brunetkin V.**, Maksymov O., Maksymova O., Havaliukh O., Demydenko V. Construction of a method for representing an approximation model of an object as a set of linear differential models // Eastern-

European Journal of Enterprise Technologies. 2020. 6/2 (108), 66–73. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.220326> (SCOPUS)

Brunetkin O., Maksymov M., Brunetkin V., Maksymov O., Dobrynin Y., Kuzmenko V., Gultsov P. Development of the model and the method for determining the influence of the temperature of gunpowder gases in the gun barrel for explaining visualize of free carbon at shot // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. 4/1 (112), 41–53. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239150> (SCOPUS)

**Брунеткін В.О.**, Давидов В.О., Тарахтій О.С. Дослідження термохімічної конверсії органічних речовин з використанням рівноважної моделі // [Вісник Херсонського національного технічного університету](#) / інженерні науки. 2023. 2(85), 9–19. DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.2.1>

**Брунеткін В.О.**, Давидов В.О., Тельпіс Р.Ф., Жанько К.О. Метод мінімізації втрати з димовими газами шляхом управління їх кількістю при змінному навантаженні котла. // Інформатика, обчислювальна техніка та автоматизація. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2024. Том 35 (74), №1, 111–117. DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.1.1/17>

Davydov V., Brunetkin V., Lysiuk G. Solution of the Inverse Incorrectly Posed Problem by the Library Method. // Proceedings of International Conference on Applied Innovation in IT. Volume 12, Issue 1, pp. 97-103. DOI: [10.25673/115647](https://doi.org/10.25673/115647); PPN [1884680704](https://doi.org/10.25673/115647) (ISSN 2199-8876) (SCOPUS).

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 Брунеткіна В.О. є достатньо високим і базується на детальному аналізі літературних джерел за обраною проблемою, пов'язаною з роботою систем керування процесом термодеструкції органічних речовин змінного складу, 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:

- проаналізувати джерела органічних відходів довільного складу, що є сировиною для виробництва горючих газів, для формалізації задач управління;
- розробити методи та моделі ідентифікації складу сировини за рахунок визначення рівноважного складу продуктів термічної деструкції;
- розробити модель об'єкта керування автоматизованої системи для установки термічної деструкції при переробці органічних відходів довільного складу;
- розробити модель автоматизованої системи установки термічної

деструкції для переробки органічних відходів довільного складу.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій доведено застосованими методами дослідження. Для проведення і обґрунтування дисертаційного дослідження були використані: положення теорії хімічної кінетики і рівняння матеріального балансу – для розробки моделі визначення довільного складу газоподібного палива в режимі реального часу; метод апроксимації Паде - для створення на основі експериментальних даних лінійної диференціальної моделі об'єкта; чисельні та аналітичні методи розв'язання диференціальних рівнянь; методи чисельного моделювання зміни властивостей об'єкта керування, сучасні системи комп'ютерної математики застосовувалися для обчислення значень параметрів систем управління теплоенергетичним обладнанням.

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 систем автоматизованого 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 напрямів 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. У розділі 2 використання методу бібліотеки обґрунтовано поганою обумовленістю використовуваної системи рівнянь хімічної кінетики. Не пояснено чим може бути викликана погана обумовленість і чи можливо було її уникнути.

2. Результати розв'язання, отримані на основі апроксимації Паде, адекватно відображають вихідні дані на меншому діапазоні зміни аргументу, порівняно, наприклад, з апроксимацією рядом Тейлора. У чому причина цього.

3. У розділі 4 підвищення ККД котла пропонується досягати шляхом збільшення об'єму димових газів на малій потужності роботи котла. Але на малій потужності ККД максимальний, а на великій потужності і за великої кількості димових газів ККД мінімальний. Як це узгоджується з пропонованим методом.

4. У тексті дисертаційної роботи зустрічаються стилістичні неточності та аббревіатури без попереднього розшифрування.

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 полягає у оптимізації процесів термічної переробки органічних речовин, завдяки розробці схеми автоматизованої системи управління установкою термічної деструкції органічної сировини довільного складу на базі різних моделей математичного представлення, що використовуються для збільшення переробки органічних відходів довільного складу, а також доводиться наступними чинниками.

*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 досліджень представлено в 5 друкованих працях у спеціалізованих наукових виданнях, рекомендованих МОН України (у тому числі 3 реферуються в системі SCOPUS), а також 3 тезах міжнародних конференцій.

*Відсутністю порушення академічної доброчесності.*

Брунеткіним В. О. дотримано вимоги академічної доброчесності, що підтверджується протоколом програми StrikePlagiarism від 15.06.2024 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.*

На підставі дисертаційного дослідження можливе створення автоматизованої системи керування для установки термодеструкції, яка дозволяє стабілізувати технологічний процес отримання продукт-газу на заданих значеннях параметрів. Це значно спрощує та покращує процес виробництва, забезпечуючи більшу точність та стабільність у виробничому процесі.

Практичні положення дисертаційного дослідження впроваджено в Національному університеті «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: «Структурна та параметрична оптимізація», «Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів», «Динаміка теплових процесів», «Моделювання теплоенергетичного обладнання в АСУ»

*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: «Підвищення ефективності комп'ютерно-інтегрованих систем управління (КІСУ) за рахунок моделювання нелінійних високоенергетичних динамічних процесів», НДР № 235-47, (№0123U102484) і «Розробка моделі і методу ефективного керування експлуатацією енергоустановок від поновлюваних джерел енергії для забезпечення балансу енергосистеми» НДР № 205-55 (№0122U000565).

### **Оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності**

Автор дисертаційної роботи, Брунеткін Володимир Олександрович, на тему «Підвищення переробки органічних відходів довільного складу за рахунок автоматичного керування подачі сировини» оволоділ методологією наукової діяльності, яка відповідає 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 актуальну наукову задачу підвищення ефективності використання енергоресурсів, одержуваних у процесі керованої термодеструкції органічної сировини змінного складу, та зменшення впливу на навколишнє середовище за рахунок ідентифікації складу сировини методами та моделями розрахунку рівноважного складу продуктів розкладання.

Вважаю, що автор дисертації «Підвищення переробки органічних відходів довільного складу за рахунок автоматичного керування подачі сировини» Брунеткін Володимир Олександрович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», галузь знань: 15 «Автоматизація та приладобудування».

#### **Офіційний рецензент**

Доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри теплових електростанцій  
та енергозберігаючих технологій  
Національний університет  
«Одеська політехніка»

Олександр КЛИМЧУК