

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, доцента

**Козлова Олексія Валерійовича на дисертаційну роботу
БРУНЕТКІНА ВОЛОДИМИРА ОЛЕКСАНДРОВИЧА**

«Підвищення переробки органічних відходів довільного складу за рахунок автоматичного керування подачі сировини», яку представлено на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування», із зазначенням наукового рівня дисертації і наукових публікацій

Актуальність обраної теми.

Дисертаційна робота присвячена актуальним питанням підвищення продуктивності та конкурентоспроможності автоматизованих систем керування установками термічної утилізації для переробки органічних відходів довільного складу за рахунок ідентифікації складу сировини на основі методів та моделей розрахунку рівноважного складу продуктів термічної деструкції. Основна увага приділяється розвитку імітаційної моделі системи керування установкою термічної деструкції для переробки органічних відходів довільного складу, яка дозволяє розраховувати регульовані параметри (заповнення газгольдера, витрата продуктів термічної деструкції, температура протікання процесу термічної деструкції та склад її продуктів) та керуючі впливи автоматизованої системи керування (витрата органічної сировини, повітря, рециркуляційних продуктів термічної деструкції) для компенсації зовнішніх збурень, що дає можливість суттєво підвищувати результуючу продуктивність процесів термічної утилізації та якість отриманих на виході продуктів. Отримані результати досліджень являють собою важливий внесок у розвиток сучасних систем керування установками термічної переробки відходів і можуть бути використані для подальших досліджень і розробок з метою підвищення ефективності, надійності та безпеки процесів утилізації органічних відходів в умовах сучасних викликів енергетичного комплексу. Актуальність роботи також зумовлена необхідністю підвищення продуктивності та конкурентоспроможності комплексів термічної переробки відходів, які в сучасних умовах відіграють дедалі більшу роль у забезпеченні стабільності енергетичної системи країни.

Новизна представлених теоретичних та експериментальних результатів дослідження.

Окремі положення, що сформульовано у вигляді наукової новизни, разом вирішують нове наукове завдання, важливе для галузі знань, з якої представлена дисертаційна робота захищається, а саме: «Автоматизація та приладобудування», галузь знань – 15, за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Можна погодитися, що дана робота містить раніше незахищені наукові положення та отримані автором нові науково обґрунтовані результати. А саме:

– 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 бруто-формули та ентальпії продуктів термодеструкції за рахунок вимірювання технологічних параметрів процесу їх допалювання у спеціальному пристрої, що дало можливість визначення бруто-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.

Додатково потрібно зазначити, що пункти наукової новизни теоретичних та експериментальних результатів дослідження опубліковано в наукових періодичних виданнях:

– 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 міні-мізації 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*

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

Ступінь обґрунтованості наукових положень є достатньо високим, що підтверджується коректно сформульованою метою роботи, яка полягала у підвищенні ефективності використання енергоресурсів, одержуваних у процесі керованої термодеструкції органічної сировини змінного складу, та зменшенні впливу на навколишнє середовище за рахунок ідентифікації складу сировини методами та моделями розрахунку рівноважного складу продуктів розкладання.

По-перше ступінь обґрунтованості наукових положень доведено сформульованими завданнями дисертаційного дослідження:

- 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.

По-друге, ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій доведено застосованими методами та моделями дослідження.

Для вивчення способів підвищення продуктивності та конкурентоспроможності автоматизованої системи керування установкою термічної деструкції для переробки органічних відходів довільного складу при їх термічній утилізації використовувалося наукове узагальнення й систематизація. При розробці моделі визначення довільного складу газоподібного палива в режимі реального часу використовувалися положення теорії хімічної кінетики і рівняння матеріального балансу. Для створення на основі експериментальних даних лінійної диференціальної моделі об'єкта використовувався метод апроксимації Паде. Також, використовувалися чисельні та аналітичні методи розв'язання диференціальних рівнянь, методи чисельного моделювання зміни властивостей об'єкта керування та сучасні системи комп'ютерної математики для обчислення значень параметрів систем керування теплоенергетичним обладнанням.

По дисертаційній роботі є зауваження:

1. Робота будується на використанні сировини змінного складу. Запропоновані методи визначення складу відходів мають певну інерційність. Незрозуміло, яким чином враховується зазначена інерційність у процесі керування спалюванням палива змінного складу.

2. У третьому розділі не наведено обґрунтування використання апроксимації Паде замість апроксимації, наприклад, рядом Тейлора. Хоча саме ця процедура розглядається як основа, що дозволяє вирішити поставлену задачу. При цьому, апроксимація рядом Тейлора використовується на початковому етапі обробки

даних.

3. Доцільним було б пояснити необхідність використання методу найменших квадратів для двовимірної апроксимації експериментальних даних на основі апроксимації Паде.

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

Наведені зауваження ніяким чином не знижують високий науковий рівень роботи та її наукову і практичну цінність.

Рівень виконання поставленого наукового завдання.

Високий рівень поставленого наукового завдання полягає у оптимізації процесів термічної переробки органічних речовин завдяки розробці схеми автоматизованої системи керування 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.

Зв'язком проведених здобувачем досліджень з:

– планами, затверджених Міністерством освіти і науки України, які виконано у 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).

Відсутністю порушення академічної доброчесності.

Одним з об'єктивних елементів доказу відсутності порушення академічної доброчесності є публікації Брунеткіна В. О. в рецензованих журналах, які перевіряють подані публікації на відсутність запозичень. Крім того, підтвердженням дотримання автором вимог академічної доброчесності є протокол програми StrikePlagiarism від 15.06.2024 року. Представлений протокол 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 відгука в тексті дисертації не було знайдено порушення академічної доброчесності.

Повнотою викладення результатів досліджень в наукових публікаціях за темою дисертації.

Наукові результати дисертації, викладені у публікаціях у повній мірі відображають основні результати дослідження. Результати наукових досліджень представлено у 5 друкованих працях у спеціалізованих наукових виданнях, рекомендованих МОН України (у тому числі 3 реферуються в системі SCOPUS), а також у 3 тезах доповідей на міжнародних конференціях.

Кількість публікацій за темою дисертаційної роботи та часовий інтервал, протягом якого вони публікувалися, достатньо великі. У наведених роботах

достатньо повно відображені основні 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 з Постановою КМ України №44 від 12.01.2022, зі змінами, внесеними відповідно до Постанови КМ України № 341 від 21.03.2022, Постановою КМ України № 502 від 19.05.2023, та Постановою КМ України № 507 від 03.05.2024.

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 у 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».

Оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.

Автор дисертаційної роботи «Підвищення переробки органічних відходів довільного складу за рахунок автоматичного керування подачі сировини» Брунеткін Володимир Олександрович оволодів методологією наукової діяльності, яка відповідає ОНП 3-го рівня спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», що доведено отриманими науковими результатами, які викладено у науковій новизні. Методологія наукового дослідження, яку застосовано при розв'язанні основних задач у відповідності до мети роботи узгоджується з ціллю освітньо-наукової програми ОНП 3-го рівня спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Отримані наукові результати дисертаційної роботи відповідають програмним предметним, фаховим і інноваційним компетентностям ОНП 3-го рівня спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Оцінка дисертації в цілому.

Вважаю, що дисертаційна робота Брунеткіна Володимира Олександровича «Підвищення переробки органічних відходів довільного складу за рахунок автоматичного керування подачі сировини» та наукові публікації, в яких викладено її основні результати, мають високий науковий рівень. Робота за своїм змістом та оформленням задовольняє чинним вимогам і є завершеним самостійним науковим дослідженням, в якому є нові науково-обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують складну актуальну науково-технічну задачу, яка полягає у підвищенні ефективності використання енергоресурсів, одержуваних у процесі керованої

термодеструкції органічної сировини змінного складу, та зменшенні впливу на навколишнє середовище за рахунок ідентифікації складу сировини методами та моделями розрахунку рівноважного складу продуктів розкладання.

Дисертаційна робота відповідає ОНП «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» за спеціальністю 151.

Науковий рівень дисертаційної роботи та наукових публікацій здобувача відповідають вимогам п.п. 5-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», згідно з Постановою КМ України №44 від 12.01.2022, зі змінами, внесеними відповідно до Постанови 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 роботі науково обґрунтовані результати у сукупності вирішують актуальну наукову задачу.

Вважаю, що Брунеткін Володимир Олександрович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», галузь знань: 15 «Автоматизація та приладобудування».

Офіційний опонент

доктор технічних наук, доцент,
професор кафедри інтелектуальних
інформаційних систем
Чорноморського національного університету
імені Петра Могили

Олексій КОЗЛОВ