

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Максименка Андрія Олександровича

«Комп'ютерно-інтегрована система управління піролізом відходами

агротехнологій з визначенням складу синтез-газу»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 151 – автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Актуальність теми.

Високий ступінь розвитку агропромислового комплексу в Україні зумовлює широку розповсюдженість відходів аграрного виробництва. Одним з видів цих відходів є солома різних культур, що залишається на полях після збору врожаю. Найпоширенішими засобами утилізації цієї соломи є використання її в якості добрив або спалювання. Однак, потреба в додаткових енергоресурсах зумовлює розвиток інших технологій обробки соломи.

Одним з перспективних напрямів розвитку таких технологій є напрям розвитку технологій піролізу відходів агропромислового комплексу з метою отримання вторинних енергоресурсів, зокрема синтез-газу. Як показують теоретичні і експериментальні дослідження, при досягненні певних значень технологічних параметрів, зокрема температури та кількості водяної пари, можна, з одного боку зменшити кількість конденсованої фази та вуглистого залишку, а з іншого – підвищити теплотворну здатність отриманого синтез-газу.

Важливою проблемою при використанні синтез-газу, отриманого шляхом піролізу, є змінність та непередбачуваність теплотворної здатності такого газу. Такі властивості отриманого газу зумовлені невизначеним та змінним складом соломи, яка проходить процес піролізу. Це ускладнює, чи навіть робить неможливим включення такого газу як енергоносія в існуючі технологічні процеси, що значно звужує потенційну сферу використання синтез-газу, й зменшує економічний потенціал відходів агропромислового комплексу.

Інтеграція технології піролізу відходів агропромислового комплексу (соломи) з методом визначення складу соломи в єдину систему створює можливість побудови такої системи комп'ютерно інтегрованого керування установкою піролізу соломи, що забезпечує високе і стабільне значення теплотворної здатності утвореного синтез-газу. Таку систему можливо включити в існуючі технологічні ланцюжки, що використовують газ як енергоносії.

Наразі немає єдиного методу комп'ютерно-інтегрованого керування процесом піролізу соломи змінного складу. Використання будь-яких видів екстремальних регуляторів має загальний недолік, який залежить від виду

екстремальної характеристики. Велика частина розрахунків параметрів процесів піролізу виконується на основі методів хімічної кінетики через визначення наведеної формули суміші як окремої речовини. При використанні такого підходу для розгляду процесу піролізу соломи розраховується ентальпія і визначається брутто-формула.

Необхідність удосконалення моделей і методів комп'ютерно інтегрованої системи керування установкою піролізу, що використовує відходи агропромислового комплексу для отримання синтез-газу найвищої теплотворної здатності, визначає актуальність цієї роботи.

Актуальність теми також підтверджується тісним зв'язком проведених здобувачем досліджень з Національною стратегією управління відходами в Україні до 2030 року, яку затверджено постановою КМУ від 8.11.2017 р. за № 117 та Загальнодержавною програмою поводження з відходами на 2013–2020 роки, яку затверджено постановою КМУ від 3.01.2013 р. № 22-р. Ці дослідження виконано в Одеському національному політехнічному університеті.

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

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі Максименка А.О. є достатньо високим й базується на детальному аналізі літературних джерел за обраною проблемою, накопиченому практичному досвіді керування енергетичними об'єктами, статистичних даних в Україні та в світовій практиці, гармонійному поєднанні мети та задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, зіставленні та критичному аналізі отриманих результатів у порівнянні з результатами інших дослідників, якісному формулюванні отриманих висновків.

Ступінь обґрунтованості наукових положень доведено і завданнями дослідження, а саме:

- аналізом енергетичного потенціалу відходів агропромислового комплексу, що утворились; технологій їх термічної конверсії, насамперед піролізу; автоматизованих та комп'ютерно-інтегрованих систем керування такими технологіями; класифікацією видів відходів агропромислового комплексу(соломи) умовною брутто-формулою.

- розробкою моделі керування, кластеризації та класифікації, процесу піролізу біомаси агротехнологічного походження як складову моделі комп'ютерно інтегрованої системи керування процесом піролізу відходів агротехнологій на базі визначення складу синтез газу для розв'язання задачі керування в комп'ютерно інтегрованій системі управління;

- розробкою методу керування піролізною установкою, що забезпечує високий рівень робастності, для розв'язання задачі керування установкою піролізу відходів агротехнологій, який забезпечує високе значення теплотворної здатності отриманого продукту за умов змін складу сировини;

- розробкою методу визначення складу відходів агротехнологій в реальному часі.

Теоретичні дослідження виконано з використанням сучасного математичного апарату, класичних положень теорії автоматичного керування, теорії диференціальних рівнянь, імітаційного моделювання, фізико-хімічних явищ, які мають місце при автоматизованому керуванні енергетичними об'єктами.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

- вперше запропоновано метод класифікації відходів агротехнологій, а саме соломи, умовною брутто-формулою. Класифікація була виконана шляхом розрахунку складових частин вуглецю, кисню й водню заснованому на представленні целюлози та інших рослинних культур у вигляді брутто-формули. Це дозволило ідентифікувати сировину, яка походить в процес піролізу

- вперше розроблено модель керування, класифікації та кластеризації, процесу піролізу відходів агротехнологічного походження. Модель складається з трьох складових. Модель керування, заснована на пропорційному законі. Модель класифікації та кластеризації відходів агропромислового комплексу (соломи), яка заснована на класифікації культури соломи умовною брутто-формулою, статистичних значеннях наявності певних видів культур, і використанні нечітких множин. Модель піролізу відходів агротехнологічного походження, яка заснована на використанні законів хімічної кінетики, збереження речовини і балансу максимальних валентностей окислювальних та відновних елементів, така інтегрована модель дозволила визначити найкращий регульований параметр у вигляді температури для отримання найвищої теплотворної здатності синтез газу, і розробити метод комп'ютерно-інтегрованого керування піролізною установкою.

- набув подальшого розвитку метод комп'ютерно-інтегрованого керування заснований на нечіткій логіці, інтегрованій моделі керування, класифікації та кластеризації, та піролізу відходів агропромислового комплексу. Метод полягає в мутаціях функцій належності вхідних і вихідних змінних системи нечіткого вводу-виводу Мамдані який відрізняється від існуючих застосуванням співвідношень, що відображають інформацію про зміну властивостей відходів агропромисловості в зоні реакції піролізної установки. Такий метод дозволив отримати високе значення робастності системи керування, і стабілізувати значення теплотворної здатності синтез-газу.

- набув подальшого розвитку метод визначення складу відходів агротехнологій. Метод заснований на моделі, яка заснована на використанні законів хімічної кінетики, збереження речовини і балансу максимальних валентностей окислювальних та відновних елементів. Модель було доповнено визначення кількості вуглецевого залишку, що дозволило визначати склад речовини, що проходить процес піролізу в реальному часі. Отриману інформацію про склад речовини було використано в інтегрованій моделі керування, класифікації та кластеризації, піролізу відходів агротехнологічного

походження. Це дозволило вирішити задачу керування, а саме стабілізації значення теплотворної здатності утвореного синтез-газу.

Значимість отриманих результатів для практичного використання.

Розроблено моделі і методи комп'ютерно-інтегрованого керування установки піролізу соломи. Запропоновано технологічну схему, що дозволяє використовувати солому для отримання синтез-газу з високою і стабільною теплотворною здатністю.

Результати роботи впроваджено в ТОВ «Аграрний інститут». Модельні зразки САК пройшли випробування в ТОВ «Украгро» та впроваджені в навчальний процес ДУ «Одеська політехніка» кафедри комп'ютерних технологій автоматизації в дисциплінах «Моделювання теплоенергетичного обладнання в АСУ», «Динаміка теплових процесів», «Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів», «Структурна та параметрична оптимізація».

Повнота викладення результатів досліджень в наукових публікаціях за темою дисертації, відсутність порушення академічної доброчесності.

Результати наукових досягнень викладені в 10 друкованих працях, з них 6 – у спеціалізованих наукових виданнях (3 публікації – у міжнародній науково-метричній базі SCOPUS), 4 доповіді і тези доповідей – на міжнародних конференціях.

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 пунктів 9, 11 і 12 Тимчасового порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою КМУ № 167 від 06.03.2019 р. зі змінами, згідно постанови КМУ №979 від 21.10.2020 та № 608 від 09.06.2021 р. Наукові результати дисертації, викладені у публікаціях у повній мірі відображають основні результати дослідження.

Одним з об'єктивних елементів доказу відсутність порушення академічної доброчесності автором є публікації Максименка А.О. в рецензованих журналах які перевіряють подані публікації на відсутність запозичень. Крім того Максименком А.О. дотримано вимоги академічної доброчесності, що підтверджується протоколом програми StrikePlagiarism від 30.08.2021 року. В цілому при підготовці відгука в тексті дисертації не було знайдено порушення академічної доброчесності.

По дисертаційній роботі є наступні зауваження:

1. В першому розділі «Розгляд стану автоматизованого керування піролізними установками» були виконані такі завдання, як збір статистичної інформації про солому в Україні, розгляд типових технологічних схем та

способів керування піролізними установками, класифікацію умовною брутто-формулою видів соломи. Але, тільки одне з зазначених завдань за своїм змістом відповідає назві першого розділу. Доречніше було б назвати розділ «Розгляд стану комп'ютерно-інтегрованого керування піролізними установками».

2. В другому розділі «Побудова моделі піролізної установки як об'єкта керування» побудовано модель піролізної установки у вигляді матриці передатних функцій. При цьому процес здобуття значення коефіцієнтів передатних функцій наведений лише частково. Крім того, представлення моделі у вигляді матриці передатних функцій є занадто громіздким. Використання простору станів усунуло б цю проблему.

3. В підрозділі 2.2 побудовано модель нечіткої кластеризації та класифікації відходів агротехнологій. Коректність побудови кластерів таким способом, як показано в роботі, залежить від дійсності твердження про те, що отримані в першому розділі брутто-формули різних видів соломи дійсно є найбільш усередненим представленням відповідних видів соломи. При цьому доказ істинності такого твердження не наведено.

4. В третьому розділі «Синтез системи керування піролізною установкою» було обрано трикутну форму функцій належності нечіткого контролера без пояснення такого вибору. Крім того поверхово описано процес синтезу нечітких правил для контролера.

5. У четвертому розділі «Синтез комп'ютерно-інтегрованої системи управління піролізом відходів агротехнологій з визначенням складу синтез-газу» автор дисертації занадто поглибився в конкретну програмно-апаратну реалізацію запропонованої моделі системи комп'ютерно-інтегрованої системи керування, в тому числі описавши датчики, мікроконтролери, протоколи і засоби зв'язку між вузлами і т.п.

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

Висновок

Все перелічене дає підстави стверджувати, що дисертаційна робота Максименко Андрія Олександровича «Комп'ютерно-інтегрована система управління піролізом відходами агротехнологій з визначенням складу синтез-газу» є закінченим самостійним науковим дослідженням, у якому отримані нові науково обґрунтовані результати в певній галузі науки, що в сукупності вирішують важливу наукову задачу.

За змістом, актуальністю, науковою новизною та практичною цінністю робота відповідає вимогам, передбаченим п.10 «Тимчасового порядку присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою КМУ №167 від 06.03.2019 р. зі змінами, згідно постанови КМУ №979 від 21.10.2020 та № 608 від 09.06.2021 р., та чинним вимогам МОН України.

Вважаю, що автор дисертації «Комп'ютерно-інтегрована система управління піролізом відходами агротехнологій з визначенням складу синтез-газу» Максименко Андрій Олександрович заслуговує присудження наукового

ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 – автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, галузь знань: 15 – автоматизація та приладобудування.

Офіційний опонент

завідувач кафедри теоретичної механіки

Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова

доктор технічних наук, професор



Волков В.Е.

Підпис **Волкова В.Е.** засвідчую:

