

ВІДГУК

офіційного опонента

кандидата технічних наук, доцента

Козлова Олексія Валерійовича

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.

В сучасному світі енергетика набула надзвичайно великого значення – як побутові домогосподарства, так і об'єкти критичної інфраструктури залежать від безперебійного постачання енергоносіїв певних видів. Зокрема, значна кількість ТЕЦ, металургічних, та інших підприємств в Україні використовує газ як енергоносіїв. Такі фактори, як сезонність, вплив погоди, складна геополітична ситуація формують запит на постачання альтернативних джерел енергії, в той же час, слабка розвиненість інфраструктури альтернативних електростанцій, таких як вітрові, сонячні та ін., робить дослідження альтернативних видів енергоносіїв вкрай важливими.

Процес піролізу відходів агропромислового комплексу є одним з найперспективніших способів переробки соломи з метою отримання вторинних енергоресурсів, зокрема синтез-газу. Як показують теоретичні й експериментальні дослідження, із зростанням температури процесу збільшується вихід горючої газоподібної фази. При високій температурі та наявності необхідної кількості водяної пари маса вуглистою залишку та конденсованої фази може бути зведена до мінімуму.

Важливою проблемою, що ускладнює використання синтез-газу, отриманого шляхом піролізу, є змінність та непередбачуваність теплотворної здатності такого газу. Це ускладнює, або навіть робить неможливим включення такого газу як енергоносія в існуючі технологічні процеси, що значно звужує потенційну сферу використання синтез-газу, й скорочує економічний потенціал відходів агропромислового комплексу.

Об'єднання технології піролізу відходів агропромислового комплексу (соломи), з методом визначення в режимі реального часу складу соломи створює можливість побудови такої системи комп'ютерно інтегрованого керування установкою піролізу соломи, яка забезпечуватиме високе і стабільне значення теплотворної здатності утвореного синтез-газу. Таку систему можливо включити в існуючі технологічні ланцюжки, що використовують газ як енергоносіїв.

Наразі немає єдиного методу комп'ютерно-інтегрованого керування процесом піролізу соломи невідомого 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 енергетичною установкою піролізу, що використовує відходи агропромислового комплексу для отримання синтез-газу найвищої теплотворної здатності, за рахунок розв'язання задачі ідентифікації соломи, що проходить процес піролізу, і 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 з 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 утворених відходів агропромислового комплексу; технологій їх термічної конверсії, насамперед піролізу; автоматизованих та комп'ютерно-інтегрованих систем керування такими технологіями; класифікацією видів відходів агропромислового комплексу (соломи) на основі умовної брутто-формули.

- розробкою моделі керування, кластеризації та класифікації, процесу піролізу біомаси агротехнологічного походження як складової 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:

- запропоновано метод класифікації відходів агротехнологій на основі умовної бруutto-формули, яка базується на розрахунку складових частин вуглецю, кисню та водню, що дозволяє при моделюванні сировини, яка перетворюється за допомогою піролізу, визначати найкращі технологічні параметри для процесу піролізу.

- розроблено модель керування, класифікації та кластеризації, процесу піролізу відходів агротехнологічного походження, яка базується на класифікації культури соломи умовною бруutto-формулою, статистичних значеннях наявності певних видів культур, використанні нечітких множин, законів хімічної кінетики, збереження речовини і балансу максимальних валентностей окислювальних та відновних елементів. Запропонована інтегрована модель дозволила визначити найкращий регульований параметр у вигляді температури для отримання найвищої теплотворної здатності синтез-газу, а також розробити метод комп'ютерно-інтегрованого керування піролізною установкою.

- отримав подальший розвиток метод комп'ютерно-інтегрованого керування, заснований на нечіткій логіці з мутаціями функцій належності вхідних і вихідних змінних системи нечіткого виведення Мамдані та інтегрованої моделі керування піролізом відходів агропромислового комплексу. Наведений метод відрізняється від існуючих застосуванням співвідношень, що відображають інформацію про зміну властивостей відходів в зоні реакції піролізної установки, що дозволяє отримувати високе значення робастності системи управління, а також здійснювати стабілізацію значення теплотворної здатності синтез-газу.

- знайшов подальшого розвитку метод визначення складу відходів агротехнологій, заснований на моделі, яка використовує закони хімічної кінетики, збереження речовини і балансу максимальних валентностей окислювальних та відновних елементів, та яка доповнена визначенням кількості вуглецевого залишку. Наведений метод дозволяє визначати склад речовини, яка проходить процес піролізу в реальному часі, та використовувати цю інформацію в інтегрованої моделі керування піролізом відходів агротехнологічного походження для вирішення задачі стабілізації значення теплотворної здатності утвореного синтез-газу.

Значимість отриманих результатів для практичного використання.

Розроблені моделі і методи комп'ютерно-інтегрованого керування установкою піролізу соломи. Запропонована технологічна схема 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.

В опублікованих роботах досить 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 відсутності 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 було зазначено, що соломи різних культур можуть мати регіональні особливості, однак при проведенні класифікації умовною брутто-формулою можливі регіональні особливості не було враховано, і так само не було вказано допустимі похибки кількості водню й кисню. Оцінка такої похибки дозволила би розширити можливості застосування виконаної класифікації для ідентифікації культури, з якої було отримано солому.

2. В другому розділі дисертаційної роботи наведена модель керування, що заснована на пропорційному законі керування. Однак, не наведено вичерпного обґрунтування необхідності використання саме такого закону керування, а не будь-якого іншого з відомих (пропорційно-інтегрального, пропорційно-диференціального тощо).

3. В третьому розділі наведено структуру системи, що містить екстремальний регулятор подачі повітря в ізоентальпійний пристрій з метою забезпечення найвищої максимальної температури горіння. Також, представлено структурну схему даного екстремального регулятора. Але, в роботі не наведено обґрунтування вибору саме такої структури екстремального регулятора, і також не наведе-

дено пояснення відсутності фазового зміщення між керованою величиною і керуючим впливом.

4. В четвертому розділі роботи завелику увагу приділено конструкторському опису запропонованої структури комп'ютерно-інтегрованої системи керування, включно з описом конкретних приладів, датчиків, процесорів, засобів зв'язку, і загалом програмно-апаратної складової запропонованої системи.

5. В тексті дисертаційної роботи присутні друкарські помилки.

Наведені зауваження ніяким чином не знижують високий науковий рівень роботи та 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

доцент кафедри інтелектуальних інформаційних систем

Чорноморського Національного університету

імені Петра Могили

кандидат технічних наук, доцент



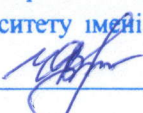
Козлов О.В.

ЗАСВІДЧУЮ

Вчений секретар

Чорноморського національного

університету імені Петра Могили

 В.О. Чорна

« 09 » 12 20 21 р.