

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію

**Сподоби Михайла Олексійовича** на тему:

**«Електротепломеханічна система біогазового реактора  
для фермерських господарств»,**

подану на здобуття ступеня доктора філософії

з галузі знань 14 «Електрична інженерія»

за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**Актуальність теми дослідження, її зв'язок із науковими програмами і планами.** Анаеробне зброджування субстрату у біогазових реакторах потребує певних процесів інтенсифікації. Собівартість виробленого біогазу напряму залежить від кількості витраченої електричної енергії на ці процеси. Варто вказати на ідею поєднання перемішуючого пристрою з електричним нагрівом у одній рухомій електротепломеханічній системі. З енергетичної точки зору це є позитивним, оскільки вся електрична енергія нагрівача перетворюється у теплову, яка віддається субстрату, а вже потім вивільниться у навколишнє середовище. Все це вказує на те, що дослідження технологічних та енергетичних аспектів впливу процесів перемішування та електричного підігріву субстрату у біогазовому реакторі на зниження енергетичних витрат, створення енергетично ефективною конструкції для перемішування та забезпечення рівномірного температурного режиму анаеробного зброджування субстрату в біогазовому реакторі є актуальними. Основний зміст дисертації базується на результатах досліджень, що отримані при виконанні держбюджетних наукових тем «Розробка електротехнологічного комплексу з гібридною системою енергозабезпечення для переробки побічних продуктів птахівництва у паливо, біологічні корми та добрива» (номер державної реєстрації 0120U102105, 2020–2022 рр.) та «Науково-технічні основи створення комплексу енерготехнологічної переробки біомаси для отримання речовин з новими властивостями і підвищення їх комерційної цінності» (номер державної реєстрації 0121U113746, 2021 р.).

**Структура дисертації.** Робота містить анотацію, 5 розділів, висновки, перелік використаних літературних джерел та додатки.

У **розділі 1** проведено аналіз недоліків існуючих конструктивних та технологічних параметрів біогазових установок, систем автоматичного керування перемішуванням та підігрівом субстрату, конструкцій перемішуючих пристроїв та існуючих способів нагріву субстрату у біогазових реакторах. Обрано шляхи для підвищення енергоефективності процесів перемішування та електричного підігріву субстрату. Сформовано мету та завдання дисертаційного дослідження.

У **розділі 2** наведено результати теоретичних досліджень зміни енергетичних параметрів електротепломеханічної системи. Наведено розроблені здобувачем математичні моделі для дослідження закономірностей зміни енергетичних параметрів та визначення раціональних енергетичних та конструктивних особливостей електротепломеханічної системи, які забезпечують зниження енергетичних витрат на перемішування та електричний підігрів субстрату у біогазовому реакторі.

У **розділі 3** наведено програму і методику проведення експериментальних досліджень, зовнішній вигляд спроектованої та виготовленої експериментальної установки і її складових частин, наведено вимірювальне обладнання та місце його встановлення на експериментальній установці, синтезовано та виготовлено систему автоматичної реєстрації показань та керування електротепломеханічною системою для перемішування та електричного підігріву субстрату.

У **розділі 4** наведено результати експериментальних досліджень енергетичних витрат на перемішування та електричний підігрів субстрату у біогазовому реакторі. Проведено порівняльний аналіз теоретичних та експериментальних даних.

У **розділі 5** запропоновано методи вдосконалення системи електричного підігріву та перемішування субстрату у біогазовому реакторі, які дають змогу підвищити енергетичну ефективність та рентабельність біогазового виробництва. Описано спроектований та виготовлений пристрій для вимірювання утвореного під час експериментальних досліджень об'єму біогазу та визначення у ньому вмісту вуглекислого газу та метану.

**Список використаної літератури** із 178 найменувань охоплює сучасні вітчизняні та закордонні публікації за темою дисертаційного дослідження.

**Висновки** повністю відповідають суті розглянутих у дисертації питань.

**Додатки** до дисертації містять технічні характеристики обладнання, використаного при дослідженнях, залежності, отримані експериментальним шляхом, і відомості про впровадження результатів дисертації.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Вперше розроблено математичну модель для динамічного аналізу процесу термостабілізації та витрат електричної енергії електротепломеханічної системи на перемішування та електричний підігрів субстрату у біогазовому реакторі з урахуванням регулювання потужності електричного нагрівального кабелю, його розміщення у лопатях двоярусної лопатевої мішалки та тривалості охолодження, що забезпечує високий рівень енергетичних характеристик, завдяки яким досягається зниження споживання електричної енергії.

Отримали подальший розвиток наукові підходи до визначення пускової та робочої потужностей електроприводу системи перемішування, що, на відміну від існуючих, враховують поправочні коефіцієнти критерія Ейлера,

степеневу функцію залежності витраченої енергії при збільшенні частоти обертання робочого органу мішалки та енергетичні витрати у замкнених об'ємах, зумовлені появою зустрічних потоків речовини у реакторі.

Вперше визначено основні закономірності зміни витрати електричної потужності та теплового потоку від частоти обертання валу електричного двигуна електротепломеханічної системи для покриття теплових втрат у навколишнє середовище при мезофільному температурному режимі зброджування за різних температур навколишнього середовища та різних об'ємів біогазових реакторів з урахуванням постійних забруднень внутрішніх стінок, наявності осаду на нагрівачах, при відсутності та наявності утепленого шару.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає: у розробленні науково-обґрунтованої інженерної методики розрахунку динаміки зміни температури субстрату у біогазовому реакторі та величини витраченої електричної енергії на процеси підігріву і перемішування субстрату за використання нагрівального кабелю вмонтованого у лопаті мішалки; в обґрунтуванні конструктивних параметрів електротепломеханічної системи для перемішування і підігріву субстрату біогазового реактора; у створенні експериментального зразка біогазового реактора з електротепломеханічною системою; у розробленні рекомендацій щодо реалізації процесів інтенсифікації метаноутворення у біогазовому реакторі на основі запропонованої електротепломеханічної системи перемішування і підігріву субстрату; у можливості їх використання при створенні нових систем перемішування і підігріву субстрату біогазових реакторів.

**Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання** полягає в тому, що на підставі виконаних досліджень вирішено актуальне наукове завдання розроблення методів та заходів підвищення енергетичної ефективності процесів інтенсифікації біогазового виробництва шляхом застосування електротепломеханічної системи для перемішування і підігріву субстрату у біогазових реакторах.

**Ступінь обґрунтованості наукових результатів, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації** М. О. Сподоби забезпечується аргументованою постановкою мети і задач дослідження, використанням коректних методів для підвищення енергетичної ефективності процесів інтенсифікації при виробництві біогазу шляхом застосування електротепломеханічної системи для перемішування і підігріву субстрату біогазових реакторів, методів математичного моделювання, комплексного аналізу отриманих результатів дослідження, обґрунтованістю та якісним формуванням отриманих висновків.

**Повнота викладу в опублікованих працях наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації**, відповідає вимогам

МОН України. Основні результати дисертації опубліковано у 23 наукових працях, з яких 7 статей у наукових фахових виданнях України, стаття у закордонному науковому виданні, що входить до наукометричних баз даних Scopus та/або Web of Science, 4 публікації в матеріалах конференцій, що входять до наукометричних бази даних Scopus та/або Web of Science, 8 тез наукових доповідей, 2 патенти України на корисні моделі та патент України на винахід.

**Апробація результатів дисертації.** Основні теоретичні положення, висновки та практичні рекомендації дисертації доповідалися, обговорювалися та були схвалені на 12 Міжнародних науково-практичних конференціях, які проходили у період 2019–2022 років.

**Рівень виконання поставленого наукового завдання та володіння здобувачем методологією наукової діяльності.** Рівень виконання поставленого наукового завдання високий.

Ефективність виконання наукового завдання була досягнута завдяки вдало використаній методології як сукупності прийомів дослідження та вмілому її застосуванню.

У процесі дослідження використано комплекс загальнонаукових та спеціально-наукових методів пізнання. Теоретичні дослідження базуються на проведенні математичного моделювання з використанням методів теоретичної теплотехніки, аналітичної математики, методів моделювання процесів і технічних систем, диференціального і інтегрального числення. Обробка отриманих даних та перевірка адекватності прийнятих моделей здійснювалася на основі проведених експериментальних досліджень з використанням прикладних комп'ютерних програм. Експериментальні дослідження проводилися на спеціально розробленому експериментальному зразку установки біогазового реактора з електротепломеханічною системою із використанням стандартних, сконструйованих та виготовлених елементів.

**Оформлення дисертації.** Дисертація оформлена згідно з нормативними вимогами і стандартами з дотриманням системного викладення матеріалу. Робота написана державною мовою з використанням наукового та літературного стилів викладення матеріалу. Текст дисертації переважно позбавлений граматичних та орфографічних помилок, а також технічних недоліків. Основні положення, висновки, пропозиції та рекомендації дисертації в цілому характеризуються послідовністю, аргументованістю і завершеністю.

#### **Зауваження щодо дисертації**

1. Дисертація має безумовно наукову новизну. Однак, у п. 1 наукової новизни (див. дисертацію) доцільно акцентувати увагу на наукових підходах до визначення пускової та робочої потужності електропривода системи переміщення, але тільки не на теоретичних основах визначення вказаних потужностей (є теоретичні основи електротехніки тощо).

2. В роботі наведено графіки корисної потужності під час пуску за різної частоти обертання перемішуючого пристрою (рис. 2.5). Не вказано, при яких допущеннях моделювалася електромеханічна система в програмному пакеті. Це важливо для аналізу процесів.

3. Перший розділ оглядовий, але у висновках до нього ставиться завдання: «провести огляд наукових робіт у напрямку зменшення енерговитрат...».

4. Деякі із висновків не розкривають суті отриманих результатів (розділ 2: п. п. 1, 2, 8 тощо).

5. Назву розділу 2 необхідно подати як «Розвиток теоретичних передумов...», але не як «Теоретичні передумови...».

6. Підрозділ 2.2.1 «Порівняльний аналіз енергетичних витрат від типу використаної механічної мішалки» доцільно було б частково помістити у розділі 1.

7. У розділі 4 викликають сумнів результати порівняння розрахункових і експериментальних досліджень температур субстрату. Відхилення між теоретичними і експериментальними даними за середньою температурою, за значеннями максимального відхилення температури складають 0,1...0,4 % (незалежно від місця розміщення електричного нагрівального кабелю).

8. У дисертації вирішено наукове завдання. У загальних висновках роботи вказується, що «...Розв'язано актуальну науково-практичну задачу...».

9. Мають місце орфографічні помилки і неточності.

Зауваження не стосуються основних положень і результатів дисертації, не знижують її наукової та практичної цінності і не впливають на загальний позитивний висновок щодо роботи.

### **Висновок**

**Дисертація Сподоби Михайла Олексійовича «Електротепломеханічна система біогазового реактора для фермерських господарств» є завершеною кваліфікаційною науковою працею, яка за актуальністю, ступенем новизни представлених результатів, їх науковою обґрунтованістю, повнотою викладення в опублікованих наукових працях, рівнем виконання автором поставленого наукового завдання та володіння методологією наукової діяльності відповідає вимогам, які висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.**

Дисертація відповідає галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», а також вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою

Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року, а її автор –  
Сподоба Михайло Олексійович безумовно заслуговує на присудження ступеня  
доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю  
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Офіційний опонент  
завідувач відділу електромеханічних систем  
Інституту електродинаміки  
Національної академії наук України,  
доктор технічних наук, професор

 Леонід МАЗУРЕНКО

