

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію **Ковальчука Станіслава Ігоровича** на тему: **«Електротехнологічний комплекс для гідролізної переробки побічних продуктів птахівництва під впливом магнітного поля»**, подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Актуальність теми дослідження. Інтенсифікація вітчизняного виробництва продукції птахівничої галузі супроводжується збільшенням побічних відходів виробництва, що становить загрозу екологічній безпеці держави. Існуючі потужності підприємств, що здійснюють утилізацію відходів в Україні, сьогодні не справляються з повною переробкою. Тому пріоритетним завданням є облаштування підприємств птахівничої галузі ефективними технологіями переробки відходів. Зобов'язання України перед Європейським Союзом у цій сфері висувають на перший план питання запобігання накопиченню утворюваних відходів. У рамках зобов'язань державою сформовано та затверджено «Національну стратегію управління відходами в Україні до 2030 року», що спрямовується на врегулювання проблеми з накопиченням відходів, зокрема побічних продуктів птахівництва. Тому розроблення електротехнологічного комплексу гідролізної переробки побічних продуктів птахівництва під впливом магнітного поля для підвищення енергоефективності переробки в промислових масштабах є актуальним і нагальним науково-прикладним завданням.

На актуальність обраної теми дослідження С. І. Ковальчука також вказує її **зв'язок з науковими програмами, планами, темами, грантами**. Дисертаційні дослідження безпосередньо пов'язані з науково-дослідною тематикою кафедри електротехніки, електромеханіки та електротехнологій Національного університету біоресурсів і природокористування України при виконанні держбюджетних 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 речовини з новими властивостями і підвищення їх комерційної цінності» (номер державної реєстрації 0121U113746, 2021 р.), у яких здобувач був співвиконавцем.

Новизна представлених теоретичних та/або експериментальних результатів проведених досліджень. Основні положення наукової новизни дисертаційних досліджень полягають в тому, що здобувачем:

- удосконалено математичну модель вібраційних процесів феромагнітного ротора двошнекового електромеханічного гідролізера,

що дозволило здійснити аналіз електромагнітного поля, визначити амплітуди і частоти вібраційних сил за поперечним та осьовим напрямках, а також розрахувати об'ємну щільність електричних втрат;

- вперше розроблено тривимірну математичну модель електромагнітної системи двошнекового електромеханічного гідролізера, з використанням якої визначено розподіл магнітної індукції, щільності струму і магнітного векторного потенціалу на поверхні феромагнітного ротора та верхньої грані шнекової навивки;

- вперше розроблено математичну модель взаємопов'язаних електромагнітних і теплових процесів, динаміки руху кластерів феромагнітної нанорідини у порожнині феромагнітного ротора електромеханічного гідролізера, що забезпечило підвищення енергетичних показників системи завдяки акумуляції теплоти та зменшення магнітного опору немагнітного зазору;

- розвинуто метод непрямого полеорієнтованого керування для складних електромеханічних систем з формуванням відповідних керуючих команд регуляторів магнітного потоку і обертового моменту, що дозволило реалізувати процес керування без вимірювання потоку у повітряному зазорі двошнекового електромеханічного гідролізера.

Науковий інтерес представляють також запропоновані автором структура і запатентоване технічне рішення електромеханічного гідролізера, який забезпечує комплексне використання дисипативної енергії електромагнітних, механічних, теплових та вібраційних процесів.

Наукова обґрунтованість результатів проведених здобувачем досліджень. Наукова обґрунтованість результатів досліджень забезпечується використанням методів математичного моделювання і результатами експериментальних досліджень на макетному зразку електромеханічного гідролізера.

Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури з 104 найменувань, додатків. Матеріали дисертаційних досліджень викладено на 180 сторінках друкованого тексту, що містить 102 рисунки та 8 таблиць.

Структура дисертації визначається її міждисциплінарністю і комплексністю теми дисертаційного дослідження, яка диктується необхідністю аналізу сучасних технологій і обладнання для переробки побічних продуктів птахівництва (розділ 1), розробленням і дослідженням способу виробництва білкового борошна та електротехнологічного комплексу для його реалізації (розділи 2 та 4), а також ґрунтовним дослідженням взаємопов'язаних електромагнітних, електромеханічних, вібраційних та теплових процесів електромеханічного комплексу (розділ 3). При виконанні досліджень

здобувач опрацював достатній масив інформаційних джерел з різних галузей знань: електротехніки, електромагнетизму, електромеханіки, гідродинаміки, молекулярної біології, нанотехнологій, біополімерів, вібротехніки, термодинаміки та ін. Переважна частина опрацьованої літератури є англійською мовою.

Наукові положення, висновки і рекомендації є коректними й обґрунтованими. Дослідження ґрунтуються на основних положеннях теорії електродинаміки, гідродинаміки, тепломасообміну, математичного моделювання, використанні методу скінченних елементів, теорії автоматичного керування і статистичної обробки даних з використанням комп'ютерних технологій. Достовірність розроблених теоретичних положень підтверджена результатами експериментів на макетному зразку двошнекового електромеханічного гідролізера.

Рівень виконання поставленого наукового завдання та оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності. Метою дисертації є розробка електротехнологічного комплексу гідролізної переробки побічних продуктів птахівництва під впливом магнітного поля для підвищення енергоефективності переробки в промислових масштабах.

Для досягнення зазначеної мети здобувачем у повному обсязі виконано наступні завдання:

- здійснено аналіз сучасного стану проблеми з переробкою побічних продуктів птахівництва;

- досліджено фізико-хімічні властивості сировини переробки – курячого пір'я та механізми впливу магнітного поля на структуру і фізико-хімічні властивості кінцевого продукту переробки – білкового борошна;

- розроблено спосіб виробництва кормового білкового борошна з перо-пухової сировини;

- запропоновано структуру, розроблено та досліджено макетний зразок електротехнологічного комплексу на основі двошнекового електромеханічного гідролізера;

- удосконалено математичну модель, на основі якої досліджено взаємопов'язані електромагнітні, електромеханічні, теплові та вібраційні процеси при функціонуванні електротехнологічного комплексу;

- розроблено рекомендації щодо реалізації енергоефективної електротехнології та обладнання для переробки побічних продуктів птахівництва в промислових масштабах.

Поставлені здобувачем завдання дозволили всебічно розкрити тему наукового дослідження та досягти його мету. Досягненню поставленої мети також сприяло ефективне використання сучасних програмних продуктів (COMSOL Multiphysics, MATLAB & Simulink, VMD, NAMD, EssPresso та ін.).

Отримані результати мають **практичне значення**. За участі здобувача удосконалено спосіб виробництва кормового білкового борошна з перо-пухової сировини під впливом магнітного поля. Також розроблено технічні рішення електротехнологічного комплексу з застосуванням двошнекового електромеханічного гідролізера. Оригінальність запропонованого способу та технічних рішень підтверджено патентами України на винахід та корисну модель.

Розроблено шляхи підвищення ККД електротехнологічного комплексу, зокрема, шляхом застосування нанорідини у повітряному проміжку феромагнітного ротора, що дозволяє підвищити показники системи завдяки акумуляції теплоти та зменшенню магнітного опору, що, в свою чергу, підвищує обертовий момент приблизно на 8–10 %.

Слід відзначити значну роботу, яка проведена здобувачем зі створення і експериментального дослідження макетного зразка електротехнологічного комплексу з двошнековим електромеханічним гідролізером та системою керування.

Важливе практичне значення мають розроблені рекомендації щодо реалізації енергоефективної електротехнології переробки побічних продуктів птахівництва в промислових масштабах.

Результати дисертаційних досліджень впроваджено в начальну роботу кафедри електротехніки, електромеханіки та електротехнологій Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Повнота викладення в опублікованих працях наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, відповідає вимогам МОН України. Основні положення та висновки дисертаційних досліджень відображено в 16 наукових публікаціях, з яких стаття у науковому фаховому виданні України, що включено до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та/або Web of Science, 3 статті у наукових фахових виданнях України, 5 публікацій в матеріалах конференцій, що входять до наукометричної бази даних Scopus, 5 тез доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях, патент України на винахід та патент України на корисну модель.

Достатньою є **апробація результатів дисертації**. Основні результати досліджень доповідалися та обговорювалися на: V Міжнародній науково-практичній конференції «ПРЕАП-2019» (2019 р., м. Київ, Україна); IX Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування (теорія, практика, історія, освіта)» (2020 р., м. Київ, Україна); XII Міжнародній конференції «Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials» (ICEROM-12) (2020 р., м. Кам'янець-Подільський, Україна); 6 Міжнародному конгресі сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване

природокористування (2020 р., м. Львів, Україна); 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek) (2020 р., м. Харків, Україна); Міжнародній науково-практичній конференції «Електротехнічні та комп'ютерні системи: теорія та практика» ЕЛТЕКС – 2021 (2021 р., м. Одеса, Україна); 2021 IEEE 21st International Conference on Nanotechnology (NANO) (2021 р., м. Монреаль, Канада); 2021 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT) (2021 р., м. Деггендорф, Німеччина); 2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek) (2021 р., м. Харків, Україна); 2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES) (2021 р., м. Кременчук, Україна).

Оформлення дисертації. За результатами аналізу дисертації та наукових публікацій здобувача можна стверджувати, що дисертація оформлена з дотриманням вимог стандартів і чинних нормативних документів, написана державною мовою з дотриманням наукового стилю. Положення, висновки та пропозиції, що містяться у науковій праці, в цілому є аргументованими і логічними. У роботі не виявлено ознак академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації наукових результатів.

Висновки та пропозиції, що викликають певні сумніви, зауваження або вказують на окремі суперечності та можуть слугувати підґрунтям дискусії під час захисту дисертації. Позитивно оцінюючи дисертацію, варто звернути увагу здобувача на окремі проблемні аспекти, які потребують аналізу та мають бути розглянуті в дискусії під час захисту дисертації:

1. Кінцевою метою дисертаційного дослідження заявлено підвищення енергоефективності переробки побічних продуктів птахівництва в промислових масштабах. На жаль, у загальних висновках (п. 2) лише задекларовано: «Доведено енергоефективність запропонованої конструкції», але показники, що підтверджують енергоефективність розробленого електротехнологічного комплексу не наведено.

2. В переліку завдань дисертаційних досліджень (с. 21) поставлено завдання створення експериментальних зразків електротехнологічного комплексу, що зазначається також в анотації (с. 5) та висновках до першого розділу (с. 41). Фактично ж, за участю здобувача створено і досліджено макетний зразок, що супроводжується його детальним аналізом (розділ 4), і підтверджується загальними висновками по роботі (п. 3) та матеріалами Додатку Б. Відповідно до ДСТУ 3974-2000 «Система розроблення та поставлення продукції на виробництво» (п. 5.3.17), поняття макетного і експериментального зразків не є ідентичними.

3. В формулюванні положень (п. 2 та 3) загальних висновків отримані результати досліджень переважано переліком виконаних досліджень.

4. В рекомендаціях щодо реалізації енергоефективної електротехнології та обладнання для переробки побічних продуктів птахівництва в промислових масштабах (підрозділ 4.5) було б доцільним вказати очікувані показники енергоємності і продуктивності електротехнологічного комплексу та зазначити переваги розробленої технології щодо відомих.

5. Має місце використання подвійної термінології: «електромеханічний гідролізер» (с. 63, 64, 68, 70–72 та ін.) і «електромагнітний гідролізер» (с. 67), та дублювання текстового фрагменту «...В зв'язку зі складністю конструкції двошнекового гідролізера... (далі за текстом)» (на с. 82 та 95).

6. В текстовій частині дисертації мають місце окремі граматичні неточності та некоректні побудови стилістичного характеру: «...поперечне січення геометрії...» (рис. 3.5, 3.10, 3.11); «...рівняння фізик магнітних полів та рухомих машин...» (с. 78); «...електромагнітні сили в ферромагнітному роторі...» (рис. 3.19); «...розбіжності між статором і ротором викликають результуючі електромагнітні сили...» (с. 80); «...електронагрівач кільцевий, міканітовий...» (с. 124); «...шнековий електромеханічний гідролізер здатний дотримуватись необхідних теплових властивостей...» (с. 127); «...виготовляється з металу з високим опором, намотаним на підставку...» (с. 163).

Але зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку виконаного дослідження, яке, в цілому, характеризується актуальністю постановки проблеми, теоретико-методологічною обґрунтованістю, високим рівнем новизни та практичною спрямованістю. Зміст, структура та логіка подання матеріалу в дисертації, зроблені дисертантом висновки, переконують в тому, що автор вільно володіє сучасною методологією наукових досліджень, вміло поєднуючи теоретичні та практичні сторони дослідницької діяльності.

Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам.
Дисертація **Ковальчука Станіслава Ігоровича** на тему: **«Електротехнологічний комплекс для гідролізної переробки побічних продуктів птахівництва під впливом магнітного поля»** за актуальністю, ступенем новизни представлених результатів, їх наукової обґрунтованості, повноти викладення в опублікованих наукових працях, рівнем виконання поставленого наукового завдання та володінням методологією наукової діяльності відповідає вимогам, які ставляться до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Дисертація відповідає галузі знань 14 «Електрична інженерія» та спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня

