

## РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційне дослідження КОВАЛЬЧУКА Станіслава Ігоровича  
на тему: «Електротехнологічний комплекс для гідролісної переробки  
побічних продуктів птахівництва під впливом магнітного поля»,  
подане на здобуття ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**Актуальність обраної теми.** Кератин є одним з найбільш поширених структурних білків, а в організмі тварин, поруч з колагеном, він є найбільш важливим біополімером. Існує декілька способів видобутку кератину з біомаси відходів, включаючи кислотний гідроліз, лужний гідроліз, ферментативний гідроліз, гідроліз іонною рідиною і лужно-ферментативний гідроліз. Аналіз цих способів дозволяє зробити висновок, що жорсткі режими хімічних способів обробки приводять до втрати незамінних амінокислот, рацемізації амінокислот білкових гідролізатів, утворенню циклопептидів і зниження біологічної цінності кінцевих продуктів.

Найбільшого поширення отримав метод гідротермічного гідролізу. Але спосіб двоступінчастого нагрівання і наступного гідролізу має декілька недоліків: низька енергоефективність технологічного процесу за відсутності використання дисипативної складової енергії електропривода; наявність в зоні гідролізу сировини з різною вологістю, від чого залежить ступінь нагрівання і глибина гідролізу; неповне руйнування кератинових дисульфідних зв'язків в молекулах пир'яного білку; низький ступінь регулювання процесу.

Тому виникла необхідність у розробленні більш ефективного способу переробки, який здатний формувати додаткові фізичні впливи на кератинову сировину і забезпечувати регульований процес та, відповідно, створення електротехнологічних комплексів з поліфункціональними властивостями.

Тому розроблення електротехнологічного комплексу гідролісної переробки побічних продуктів птахівництва під впливом магнітного поля для підвищення енергоефективності переробки в промислових масштабах є актуальною науково-прикладною задачею. Саме в цьому напрямі виконано дослідження здобувачем С. І. Ковальчуком.

Актуальність виконання такої наукової роботи підтверджено дослідженнями, які проводилися в рамках державних науково-дослідних робіт «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.).

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.** Робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Структура повністю відповідає меті та завданням дослідження, дозволяє послідовно розглянути всі проблеми, визначені автором. Обґрунтованість положень, сформульованих у дисертації, підтверджується аналізом наявних вітчизняних та міжнародних джерел, застосуванні фундаментальних положень електротехніки, математичному моделюванні, застосуванні сучасних комп'ютерних програм для чисельного дослідження розроблених математичних моделей.

**Доведеність сформульованих здобувачем висновків** базується на коректному використанні сукупності методів і прийомів наукового пізнання. Зокрема, термічні та електричні властивості курячого пир'я визначено експериментально та моделювання молекулярної динаміки структурного білку курячого пир'я в програмних середовищах VMD, QwikMD та NAMD 9 (розділ 2), дослідження електромагнітних процесів в двошнековому електромеханічному гідролізері здійснено моделюванням в програмному середовищі Comsol Multiphysics (розділ 3.1), теплових – з використанням програмного забезпечення MATLAB Simulink (розділ 3.5).

**Мета дисертаційного дослідження** полягає у розробленні електротехнологічного комплексу гідролісної переробки побічних продуктів птахівництва під впливом магнітного поля для підвищення енергоефективності переробки в промислових масштабах.

**Структура дисертації** повною мірою охоплює предмет дисертаційного дослідження. Представлені автором джерела дослідження свідчать про системне й ґрунтовне опрацювання проблем та технічних завдань, які вирішуються у дисертаційному дослідженні, та високий рівень наукової підготовки здобувача, його наукову зрілість.

У **вступі** здійснюється обґрунтування вибору теми дослідження, зазначено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; визначено мету, завдання, об'єкт, предмет і методи дослідження; розкрито наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, надано відомості щодо їх упровадження та апробації, а також щодо кількості публікацій, у яких відображено основні положення дисертаційного дослідження.

У **першому розділі** проведено аналіз існуючих технологій і обладнання для переробки перо-пухової сировини, фізико-хімічних властивостей кератинової сировини та механізмів впливу магнітного поля на її структуру, аналіз досліджень зі створення комплексних математичних моделей електромагнітних, електромеханічних і теплових процесів електромеханічних перетворювачів технологічного призначення.

У **другому розділі** проведено дослідження фізико-хімічних властивостей перо-пухової сировини птахівництва, її обробки магнітним полем, що дало можливість обґрунтувати спосіб виробництва кормового білкового борошна з перо-пухової сировини під впливом магнітного поля.

У **третьому розділі** розроблено математичну модель та проведено дослідження електромагнітних, електромеханічних, теплових і вібраційних процесів двошнекового електромеханічного гідролізера, та застосування нанорідини у порожнині феромагнітного ротора, що дає змогу формувати умови підвищення енергетичних показників системи завдяки акумуляції теплоти та зменшенню магнітного опору.

У **четвертому розділі** розроблено структуру та наведено характеристики електротехнологічного комплексу для гідролізої переробки побічних продуктів птахівництва під впливом магнітного поля, обґрунтовано систему керування та наведено результати випробування розробленого електротехнологічного комплексу.

Завершується дисертація **висновками**, у яких здійснено комплексний аналіз наукових напрацювань автора. Висновки дисертації є цілісними, логічними та обґрунтованими, відповідають меті за завданням дослідження й містять важливі теоретичні та практичні положення щодо застосування електротехнологічного комплексу для гідролізої переробки побічних продуктів птахівництва.

**Значення одержаних результатів для науки й практики та рекомендації щодо їх можливого використання.** Наукова новизна дисертації полягає в такому:

1. Удосконалено математичну модель вібраційних процесів феромагнітного ротора двошнекового електромеханічного гідролізера.

2. На основі застосування розробленої математичної тривимірної моделі двошнекового електромеханічного гідролізера отримано розподіл магнітної індукції, щільності струму і магнітного векторного потенціалу на поверхні феромагнітного ротора та верхньої грані шнекової навивки.

3. Розроблено комплексу математичну модель електромагнітних і теплових процесів, динаміки руху кластерів нанорідини для двошнекового електромеханічного гідролізера з застосуванням нанорідини у порожнині феромагнітного ротора, що дає змогу формувати умови підвищення енергетичних показників системи завдяки акумуляції теплоти та зменшенню магнітного опору.

4. Отримано залежності основних електромеханічних параметрів за умов ступінчастої зміни обертового моменту та циклічної зміни кутової швидкості.

5. Розвинуто метод непрямого полеорієнтованого керування для складних електромеханічних систем з формуванням відповідних керуючих команд регуляторів магнітного потоку і обертового моменту.

6. Запропоновано візуальну модель молекулярної структури кератинової сировини для проведення симуляцій молекулярної динаміки під впливом температури, тиску та магнітного поля, що дозволяє формувати додаткові умови впливу на руйнування дисульфідних ковалентних зв'язків та водневих зв'язків в структурі матеріалу.

**Практична цінність результатів роботи.** Обґрунтовано структуру і технічні рішення електротехнологічного комплексу із застосуванням двошнекового електромеханічного гідролізера. Оригінальність системи захищено патентом України № 147388 на корисну модель.

Розроблено шляхи підвищення ККД електротехнологічного комплексу шляхом застосування нанорідини в 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 %.

Удосконалено спосіб виробництва кормового білкового борошна з перо-пухової сировини з впливом магнітного поля, який захищено патентом України № 125774 на винахід.

Створено експериментальний зразок електротехнологічного комплексу з двошнековим електромеханічним гідролізером та системою керування.

Розроблені рекомендації щодо реалізації енергоефективної електротехнології переробки побічних продуктів птахівництва в промислових масштабах.

**Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в наукових публікаціях, захищених за темою дисертації.** Основні положення та результати дисертаційних досліджень опубліковано у 16 наукових працях, з яких 3 статті у наукових фахових виданнях України, стаття у науковому фаховому виданні іншої держави, що включено до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та/або Web of Science Core Collection, 5 публікацій в матеріалах конференцій, що входять до наукометричних баз даних Scopus та/або Web of Science Core Collection, 5 тез доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях, патент України на винахід і патент України на корисну модель.

Це дає змогу зробити висновок про те, що у науково-технічних виданнях є повна інформація про результати досліджень.

**Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.** Дисертація є самостійно написаною кваліфікаційною науковою працею із науково-обґрунтованими висновками та рекомендаціями, які виставлені автором для публічного захисту. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела. У роботі відсутнє привласнення чужих ідей, результатів або слів без оформлення належного цитування. Таким чином, у дисертаційному дослідженні С. І. Ковальчука на тему: «Електротехнологічний комплекс для гідролізної переробки побічних продуктів птахівництва під впливом магнітного поля» відсутні порушення академічної доброчесності.

**Питання для дискусійного обговорення та недоліки дисертації щодо її змісту та оформлення:**

1. При дослідженні електричної машини з нанорідинним заповненням приймалося, що магнітне поле однорідне, хоча в реальній машині воно є змінним.

2. У роботі досліджувалися електромагнітні та теплові процеси, а електромеханічні не розглядалися. Оскільки шнеки працюють зі змінним навантаженням, то це викликає, відповідно, зміну кутової швидкості. Тому доцільно було б експериментально зняти навантажувальну характеристику електропривода.

3. Реальні залежності зміни кутової швидкості від часу не є прямими лініями внаслідок протікання в електроприводі електромеханічних перехідних процесів, хоча такі результати дає моделювання з використанням програмного забезпечення MATLAB Simulink.

4. У тексті дисертації має місце використання різної термінології для позначення однієї фізичної величини, наприклад, щільність магнітного потоку (с. 75, 89) та магнітна індукція (70, 71).

Зазначені зауваження не є принциповими і такими, що піддають сумніву вагомим результати досліджень. Вони не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації С. І. Ковальчука.

**Висновок.** Дисертація є завершеною, самостійно виконаною працею, в якій отримано нові теоретично та практичні результати, що слугують основою для забезпечення високих техніко-економічних показників гідролізної переробки побічних продуктів птахівництва.

За актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем виконаних досліджень, повнотою вирішення наукових і практичних задач, новизною і ступенем обґрунтованості отриманих результатів та практичних висновків дисертація на тему: «Електротехнологічний комплекс

для гідролісної переробки побічних продуктів птахівництва під впливом магнітного поля» відповідає галузі знань 14 «Електрична інженерія» 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 2016 року № 261, наказу МОН України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» і 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 від 12 січня 2022 року № 44, а її автор Ковальчук Станіслав Ігорович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

***Рецензент***

**доцент кафедри електротехніки,  
електромеханіки та електротехнологій  
Національного університету біоресурсів  
і природокористування України,  
кандидат технічних наук,  
доцент**

 **Олександр СИНЯВСЬКИЙ**

