

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційне дослідження

Сердюка Андрія Миколайовича

на тему: “ **Розробка електротехнічного комплексу для приготування рідких зернових кормів на базі роторно-пульсаційних технологій** ”,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

в галузі знань 14 "Електрична інженерія"

за спеціальністю 141 "Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка"

Актуальність теми дисертації.

Важливим напрямком розвитку сільського господарства є підвищення якості тваринницької продукції та збільшення обсягів її виробництва. Для досягнення цієї мети необхідно забезпечити сільськогосподарських тварин високоякісними кормами. Основу раціону сільськогосподарської худоби складають зернові культури, які є джерелами поживних речовин та вітамінів. Важливу роль при цьому відіграють повноцінні комбікорми, які містять необхідну збалансовану кількість основних елементів харчування, мікроелементів та вітамінів. Їх виготовлення пов'язано з операціями переробки та подрібнення вихідної сировини, що зумовлено необхідністю повноцінного засвоєння корму організмом тварини. Якісні корми повинні містити кормові частинки оптимальних розмірів, які задовольняють умовам їх ефективного засвоєння, а їх виготовлення повинно здійснюватися при мінімальних енергетичних витратах. Це, в свою чергу, вимагає застосування відповідного енергоефективного обладнання для приготування кормів. До таких ефективних апаратів можна віднести роторно-пульсаційні, які здійснюють процеси змішування, подрібнення, розчинення компонентів корму з одночасним нагріванням рідкої маси. Тому тему дисертаційної роботи Сердюка Андрія Миколайовича, мета якої полягає в розробці нового електротехнологічного комплексу на базі роторно-пульсаційних технологій для приготування високоякісних рідких зернових кормів, слід вважати актуальною.

Про це свідчить також зв'язок теми даної дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами кафедри теплоенергетики науково-навчального інституту енергетики, автоматики та енергозбереження Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- розроблено нову технологію та устаткування для приготування високоякісних рідких зернових кормів, яка базується на використанні електротехнічного комплексу та методу дискретно-імпульсного введення енергії при обробці гетерогенного середовища з метою зменшення енергетичних витрат на виготовлення одиниці кормової продукції;

- вперше розроблено 3D модель переробної камери та здійснено чисельне моделювання процесів гідродинаміки і тепломасопереносу, що відбуваються в ній, на основі методу кінцевих елементів з використанням рівнянь Нав'є-Стокса та моделі турбулентності в таких програмних забезпеченнях як ANSYS Fluent та Solidworks. На основі отриманих результатів було визначено оптимальні геометричні розміри основних вузлів роторно-пульсаційного апарату;

- вперше на основі розробленої імітаційної моделі встановлені закономірності перехідних процесів електропривода роторно-пульсаційної установки у складі електротехнічного комплексу для приготування рідких зернових кормів, що дозволяють формувати умови запобігання виникненню можливих аварійних режимів роботи та зупинки технологічного процесу;

- вперше було досліджено режими роботи двигуна роторно-пульсаційної установки для приготування рідких зернових кормів. Науково доведено, що використання частотного перетворювача дозволяє знизити споживання електричної енергії на 7% за рахунок зміни швидкості обертання ротора РПА в процесі обробки гетерогенного середовища.

В дисертації містяться обґрунтовані результати досліджень. Обґрунтованість наукових положень, висновків, що сформульовані в дисертації, підтверджується достатньою кількістю проведених теоретичних та експериментальних досліджень з використанням сучасних методів, які ґрунтуються на загальноприйнятих сучасних підходах щодо аналізу досліджуваних процесів. Отримані результати не суперечать висновкам відомих теорій. Результати досліджень пройшли апробацію на міжнародних наукових та науково-практичних конференціях.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи полягає в тому, що

- розроблено та сконструйовано новий електротехнічний комплекс для приготування високоякісних рідких кормів для свійських тварин, який базується на використанні методу дискретно-імпульсного введення енергії в роторно-пульсаційних технологіях;

- розроблено методику чисельного моделювання гідродинаміки та процесів тепломасопереносу в робочих каналах роторно-пульсаційної установки при виготовлення рідких зернових кормів. Отримані практичні результати дисертаційного дослідження у подальшому можуть бути використанні в нових наукових розробках.

Отже, поставлене в дисертаційній роботі наукове завдання виконано повністю, а здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Сердюка А. М. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка".

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрямок підвищення ефективності апаратів для приготування якісних рідких кормів для сільськогосподарських тварин на основі водозернових сумішей.

Результати виконаного здобувачем дослідження свідчать про сучасний науковий рівень дисертації і методологічну значимість проведеної роботи. Отримані автором результати вирішують сформульовані в дисертації завдання і свідчать про теоретичне і практичне значення виконаних досліджень.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, слід зробити висновок, що робота Сердюка А. М. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою. Текст роботи викладено коректною технічною мовою із правильним застосуванням сучасної термінології. Матеріали дисертації розміщено в логічній послідовності з використанням загальноприйнятої термінології.

Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації складає 212 сторінок, містить 74 рисунки, 14 таблиць, список використаних джерел зі 104 найменувань та 2 додатки. Структура, обсяг та оформлення дисертації відповідають чинним вимогам, які ставляться до дисертації на здобуття наукового ступеня доктора

філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія».

У вступі описано актуальність теми дисертаційних досліджень, вказано на її зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету та завдання дослідження, описано об'єкт, предмет і методи дослідження, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Надано данні про особистий внесок здобувача, про апробацію результатів та публікації за темою роботи.

У першому розділі наведено результати огляду літератури щодо принципів приготування зернових кормів для годівлі свійських тварин та існуючих для цього пристроїв та апаратів. Проаналізовано основні переваги та недоліки даного устаткування. Розглянуто переваги принципу дискретно-імпульсного введення енергії в дисперсних середовищах та особливості процесів тепломасопереносу в рідких гетерогенних системах. Проведений аналіз літературних джерел підтверджує актуальність досліджень, спрямованих на вдосконалення устаткування для приготування високоякісних рідких зернових кормів для свійських тварин за допомогою роторно-пульсаційних апаратів. За результатами проведеного аналізу літературних джерел сформульовані головні завдання дослідження.

У другому розділі запропоновано конструкцію апарату для приготування рідких зернових кормів для свійських тварин, в основі роботи якого лежить роторно-пульсаційна технологія. В цьому апараті реалізується широкий спектр динамічного впливу на водозернові суміші в процесі їх переробки. За допомогою прикладних програм Ansys Fluent та Solidworks проведено чисельне моделювання процесів гідродинаміки і тепломасопереносу всередині робочої камери апарату. Моделювання виконано на основі чисельного розв'язання системи рівнянь турбулентного перенесення імпульсу та енергії в'язкою рідиною. В результаті чисельних розрахунків було отримано динамічні та температурні характеристики течії кормової суміші через апарат, які дали можливість визначити оптимальні геометричні розміри робочих органів роторно-пульсаційної установки.

У третьому розділі дисертаційної роботи наведено результати математичного моделювання перехідних процесів при пуску асинхронного електродвигуна роторно-пульсаційної установки. Моделювання виконано в програмному пакеті MATLAB Simulink для прямого пуску та пуску з використанням частотного перетворювача. За результатами отриманих значень пускових струмів та аналізу динамічних механічних характеристик здобувачем проведено розрахунок та вибір захисного обладнання з метою мінімізації можливих аварійних режимів роботи та зупинки технологічного процесу.

У четвертому розділі розглядаються результати розробки та виготовлення експериментально-дослідної установки для приготування рідких кормів. Представлена методика проведення експериментальних досліджень. Розглядаються результати експериментальних досліджень процесу обробки водозернових сумішей з різним складом зернового компоненту при різній концентрації твердої фракції. В ході експериментальних досліджень визначалися такі параметри, як енергетичні витрати на виготовлення корму, температурні та напірно-витратні характеристики суміші, досліджувалася динаміка зміни гранулометричного складу суміші в різні моменти часу. Досліджено режими роботи електродвигуна роторно-пульсаційного апарату в процесі обробки водозернового середовища. Проведено дослідження особливостей роботи установки при використанні частотного перетворювача в РПА. Перетворювач встановлюється з метою зменшення енергетичних витрат на виготовлення корму за рахунок зміни швидкості обертання ротора двигуна в процесі його приготування.

У п'ятому розділі запропоновано нову технологію для приготування вискодисперсних рідких кормів, що дозволяє зменшити енергетичні витрати на їх приготування на 25-30% у порівнянні з технологіями, що використовують існуючі апарати. При цьому отриманий в процесі виготовлення рідкий корм має на 15% більш поживну та енергетичну цінність, ніж ті корма, які приготовлені за існуючою технологією.

У висновках наведено узагальнення отриманих у дисертаційній роботі наукових і практичних результатів.

Аналіз змісту розглянутої дисертації дає підстави стверджувати, що поставлена мета та задачі дослідження повністю виконані.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертаційної роботи викладено у 12 наукових працях, з яких: 5 – статті у наукових фахових виданнях, 1 стаття у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science та Scopus, одна монографія та 4 тези у збірниках матеріалів конференцій. Здобувачем також отримано патент на корисну модель роторно-пульсаційної установки. Опубліковані матеріали дисертаційної роботи в достатній мірі висвітлюють результати досліджень, що виносяться на захист.

Таким чином, наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертації було представлено на 7 наукових фахових конференціях.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

При загальній позитивній оцінці одержаних в роботі результатів і зроблених дисертантом висновків вважаю за необхідне зробити наступні зауваження.

1. В першому та другому розділах дисертаційної роботи, які присвячені огляду літературних джерел, доцільно було б розглянути існуючі методи розрахунку динаміки рідини і перенесення теплоти в роторно-пульсаційних апаратах.

2. З тексту дисертації не зрозуміло, чи розглядалося при чисельному моделюванні оброблюване в РПА середовище як двофазне, як при чисельному моделюванні динаміки течії суміші води з зерном в РПА враховувалася неоднорідність цієї суміші за фракційним складом, а також, чи проводилося моделювання процесу деформації та подрібнення зерна в апараті під дією динамічних навантажень з боку робочих органів апарату.

3. В підрозділі 2.3.4. наведено результати чисельного моделювання динаміки течії рідини в РПА, де наводяться отримані з розрахункових досліджень поля тиску, швидкості та температури в робочих органах апарату. Але при цьому не сказано, для яких геометричних характеристик апарату (діаметрів ротора і статора, кількості прорізів в кожному елементі, товщини ротора і статора, ширина зазору) виконувалися розрахунки. Сказано тільки, що "об'єм статора РПА становить $2,181 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, об'єм ротора РПА становить $3,798 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ " (стор.80). Крім того, не сказано, до якого саме значення в'язкості оброблюваного середовища (з трьох досліджуваних варіантів: 0,2; 1,1 та 2,1 Па·с) відносяться наведені результати.

4. В розділі 3 для вимірювання в'язкості водозернової суміші, яка надає великий вплив на процеси обробки кормової суміші, був використаний ротаційний віскозиметр «Реотест-2». При цьому була недостатньо висвітлена методика вимірювання коефіцієнта в'язкості оброблюваної сировини.

5. В розділі 4 на графіку рис. 4.30 показано, що при зниженні частоти напруги мережі до 35 Гц споживана потужність двигуна буде найменшою. Разом з тим, в роботі зроблений висновок, що на другій стадії обробки водозернової суміші найбільш доцільно використовувати частоту 40 Гц.

Необхідне пояснення, чому при виборі режиму роботи РПА вибрана частота 40 Гц, а не 35 Гц.

6. Рисунок 5.1. в розділі 5 повторює рисунок 4.1., який наведено в розділі 4.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Сердюка Андрія Миколайовича на тему «Розробка електротехнічного комплексу для приготування рідких кормів на базі роторно-пульсаційних технологій» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням. У роботі вирішено конкретне наукове завдання підвищення енергетичної ефективності роторно-пульсаційної установки у складі електротехнічного комплексу для приготування високоякісних рідких кормів на базі роторно-пульсаційних технологій, що має важливе значення для галузі знань "Електрична інженерія". Дисертаційна робота повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 – 9 «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 р. № 44.

Здобувач Сердюк Андрій Миколайович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук,
старший науковий співробітник,
головний науковий співробітник
Інституту технічної теплофізики
НАН України



Борис ДАВИДЕНКО

