

## ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, старшого наукового співробітника Братішка Вячеслава Вячеславовича на дисертаційну роботу **Яцунського Петра Петровича** на тему **«Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів пневмоелектромагнітного пульсоколектора доїльного апарата»**, подану на здобуття освітньо-наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» (галузь знань 13 «Механічна інженерія»)

Дисертація складається з анотації, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та дев'яти додатків. Повний обсяг роботи складає 167 сторінок комп'ютерного тексту, зокрема, 19 сторінок додатків та 15 сторінок списку використаних джерел, який містить 130 найменувань. Основна частина дисертації викладена на 132 сторінках тексту і містить 44 рисунки та 17 таблиць.

**Актуальність обраної теми.** В умовах агресивної війни, розв'язаної російською федерацією проти України, та майбутнього післявоєнного відновлення економіки, особлива увага має бути приділена забезпеченню продовольчої безпеки нашої держави, однією з наріжних складових якої є виробництво достатньої кількості молока та молочних продуктів високої якості.

Модернізація існуючих та будівництво нових молочних ферм, очевидно, буде базуватися на утриманні високопродуктивного поголів'я корів із забезпеченням високого рівня автоматизації та роботизації технологічних операцій, серед яких однією з найбільш відповідальних є доїння. У свою чергу, пульсоколектор, який є основною складовою доїльного апарата та об'єктом досліджень цієї дисертаційної роботи, має забезпечувати дотримання високих технологічних вимог щодо таких параметрів процесу доїння, які визначають його ефективність, як стабільність частоти пульсації, співвідношення між тактами та надійності роботи, плавний та безболісний для тварини перехід між режимами технологічного процесу в реальному часі тощо. Тому розроблення конструкції пневмоелектромагнітного пульсоколектора, яка б забезпечувала підвищення ефективності процесу доїння є актуальним завданням.

Дисертаційна робота виконана відповідно до проекту прикладного дослідження «Розроблення адаптивної кібер-фізичної системи процесу виробництва молока», який фінансувався з держбюджету Міністерства освіти і науки України (ДР № 0116U004616, 2016-2017 рр.).

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень.**

Наведені в дисертації наукові положення, висновки та рекомендації є достовірними та належно обґрунтованими. Для цього автором проведені необхідні теоретичні та експериментальні дослідження.

Автором виконано достатньо широкий аналіз літературних джерел з досліджуваної тематики, в результаті якого визначено основні напрями підвищення ефективності машинного доїння корів шляхом розроблення і

обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів пневмоелектромагнітного пульсоколектора доїльного апарата.

Дисертація вміщує достатню кількість розрахункових схем, графічного пояснювального матеріалу, таблиць, опису методик досліджень та експериментального обладнання, що використовувалося для дослідження процесу машинного доїння, зокрема, процесу роботи доїльного апарата з пневмоелектромагнітним пульсоколектором.

При здійсненні математичного моделювання та аналізі результатів досліджень знайшли застосування спеціалізовані програмні продукти Mathcad, Statistica, Microsoft Office Excel та інші.

Загальні висновки дисертації гармонізовані зі сформульованою метою та поставленими задачами досліджень і відображають усі основні отримані результати в конкретних числових значеннях.

**Достовірність отриманих результатів** підтверджується застосуванням математичних положень методів аналітичного й фізичного моделювання (положень газової динаміки і пневматики, методів класичної механіки, інтегрального і диференціального числення, гідроаеродинаміки, математичного моделювання, диференційного та інтегрального числення) та планування багатофакторних експериментів, достатньою збіжністю результатів теоретичних і експериментальних досліджень, а також завдяки використанню сучасних вимірювальних комплексів та апробованих методик досліджень.

Завдання дисертаційної роботи є обґрунтованими, прийняті припущення та вихідні положення – аргументованими. Висновки, рекомендації та пропозиції обґрунтовані теоретично і підтверджені експериментально, що свідчить про їх достовірність.

**Наукова новизна** дисертаційної роботи полягає у наступному.

*Уперше:*

- отримано аналітичні залежності швидкості потоку повітря в міжстінному просторі «якір-клапан, внутрішня поверхня корпусу пульсоколектора» та дотичних напружень, які встановлюють взаємозв'язок між характеристикою середовища, вакуумметричним тиском і конструкційними параметрами якоря-клапана, що уможливує моделювання кінематичних характеристик руху повітря й динамічного зусилля на якір-клапан;

- отримано аналітичну залежність часової характеристики переміщення якоря-клапана за його динамічного навантаження, яка встановлює взаємозв'язок між конструкційними параметрами якоря-клапана, дотичними напруженнями, швидкістю потоку повітря, вакуумметричним тиском, характеристикою середовища, ампер-витками електромагніту, що уможливує моделювання часової характеристики переміщення якоря-клапана та обґрунтувати потужність електромагніту пневмоелектромагнітного пульсоколектора.

*Набули подальшого розвитку:*

- кореляційна залежність потужності споживання пневмоелектромагнітного пульсоколектора, яка встановлює взаємозв'язок між

частотою пульсації і співвідношенням між тактами, що підтверджує роботоздатність пневмоелектромагнітного пульсоколектора та адекватність теоретичних положень;

- кореляційна залежність інтенсивності молоковіддачі яка встановлює взаємозв'язок між вакуумметричним тиском в піддійковій камері доїльного стакана, частотою пульсації і співвідношенням між тактами, що підтверджує роботоздатність пневмоелектромагнітного пульсоколектора та уможливорює обґрунтувати раціональні параметри процесу машинного доїння;

- кореляційні залежності вакуумметричного тиску в піддійковій і міжстінковій камерах доїльного стакана, які встановлюють взаємозв'язок між інтенсивністю молоковіддачі, частотою пульсації і співвідношенням між тактами та уможливорює обґрунтувати раціональні режимні параметри роботи пневмоелектромагнітного пульсоколектора.

*Удосконалено* методику дослідження часових характеристик режимів роботи пульсоколектатора на основі диференціального вивчення перехідних процесів шляхом високочастотного сканування зміни вакуумметричного тиску.

**Повнота викладу наукових положень в опублікованих працях.** За результатами дисертаційних досліджень загалом автором опубліковано 12 наукових праць, у тому числі три статті у наукових періодичних виданнях інших держав, дві статті у наукових фахових виданнях України; сім матеріалів тез доповідей у збірниках доповідей міжнародних науково-практичних конференцій. Опубліковані праці у достатньому обсязі охоплюють розділи дисертації, досить повно віддзеркалюють наукові положення та результати, що виносяться на захист. Щодо кожної роботи, опублікованої у співавторстві, окремо зазначений особистий внесок здобувача.

**Практична цінність роботи** полягає у розробленні пневмоелектромагнітного пульсоколектора доїльного апарата, який забезпечує підвищення ефективності машинного доїння на основі стимулювання видоювання відповідно до фізіології молоковіддачі корови, конструкція якого може бути використана як елементна база для автоматизованих доїльних систем.

Результати досліджень впроваджені на ТЗОВ «Металворкшоп» при розробленні технологічної документації на виготовлення дослідної партії пневмоелектромагнітних пульсоколекторів, а також впроваджені в навчальний процес при викладанні дисципліни «Розрахунок та проектування машин» для студентів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування Національного університету «Львівська політехніка».

### **Аналіз змісту дисертаційної роботи**

У **вступі** обґрунтовано актуальність наукового дослідження, сформульовано мету, об'єкт і предмет досліджень, задачі, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Означено особистий внесок здобувача в одержаних результатах, показано зв'язок дисертації з науковими програмами, планами, наведено інформацію щодо апробації результатів дисертації, публікацій автора, структури та обсягів дисертаційної роботи.

У **першому розділі** «Аналіз сучасного розвитку пульсаторів доїльних апаратів» автором було досліджено вплив технологічних параметрів на ефективність машинного доїння та молоковіддачу корови, здійснено аналіз конструкцій пневмоелектромагнітних пульсаторів та суміщених пульсоколекторів, аналіз та класифікацію колекторів, проведено аналіз теоретичних досліджень процесів роботи пульсаторів та колекторів доїльних апаратів. Результати аналізу дозволили автору сформулювати наукову гіпотезу, що підвищення ефективності машинного доїння корів може бути досягнуто шляхом обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів пневмоелектромагнітного пульсоколектора доїльного апарата. В результаті узагальнення, а також аналізу результатів відомих досліджень автором були сформульовані мета та основні завдання дисертаційної роботи.

У **другому розділі** «Теоретичні дослідження пневмоелектромагнітного пульсоколектора доїльного апарата» автором було запропоновано структурно-функціональну схему пневмоелектромагнітного пульсоколектора, що реалізує унеможливлення силового навантаження дійкової гуми на дійку методом урівноваження тисків в міжстінковій і піддійковій камерах доїльних стаканів. Отримано аналітичні залежності для моделювання швидкості потоку повітря в між стінному просторі «якір-клапан – внутрішня поверхня корпусу пульсоколектора» та дотичних напружень, а також для визначення магніторушійної сили електромагніту в режимі утримання якоря-клапана в положення для такту ссання та в момент підняття якоря-клапана в такті стиску в залежності від технологічних характеристик і конструкційних параметрів пульсоколектора. Встановлено, що тривалість піднімання якоря-клапана за переходу пневмоелектромагнітного пульсоколектора від такту «стиску» до такту «ссання» залежність є нелінійною характеристикою та що із збільшенням ампер-витків електромагніту тривалість часу піднімання якоря-клапана зменшується.

У **третьому розділі** дисертації «Програма і методика експериментальних досліджень пневмоелектромагнітного пульсоколектора доїльного апарата» наведено програму експериментальних досліджень та опис об'єктів дослідження, подано опис експериментальної установки. Представлено опис розробленого автором пневмоелектромагнітного пульсоколектора та лабораторного стенду для експериментальних досліджень, подано методики експериментальних досліджень потужності пневмоелектромагнітного пульсоколектора, інтенсивності молоковіддачі, вакуумметричного тиску доїльного стакану, зокрема, методики експериментальних досліджень вакуумметричного тиску в міжстінковій камері доїльного стакана та в піддійковій камері доїльного стакана. Наведено удосконалену методику експериментальних досліджень часових характеристик режимів роботи пневмоелектромагнітного пульсоколектора на основі диференціального вивчення перехідних процесів шляхом високочастотного сканування зміни вакуумметричного тиску при відкачуванні і наповненні повітрям системи «доїльний стакан-пульсоколектор».

**Четвертий розділ** «Результати експериментальних досліджень пневмоелектромагнітного пульсоколектора доїльного апарата» містить результати експериментальних досліджень споживаної потужності

пневмоелектромагнітного пульсоколектора, інтенсивності молоковіддачі, зміни вакууму в міжстінковій та піддійковій камері доїльного стакана. Результати досліджень свідчать, що потужність споживання зростає із зменшенням частоти пульсації та збільшенням співвідношення тактів, інтенсивність молоковіддачі із зменшенням частоти пульсації та збільшенням вакуумметричного тиску в піддійковій камері доїльних стаканів – зростає, а співвідношення між тактами пульсоколектора на інтенсивність молоковіддачі впливає незначно. Наведено також раціональні режими роботи пневмоелектромагнітного пульсоколектора, отримані на основі аналізу результатів експериментальних досліджень.

У **п'ятому розділі** «Економічна ефективність використання пневмоелектромагнітного пульсоколектора» наведені мета і завдання виробничої перевірки пневмоелектромагнітного пульсоколектора, а також методика та результати його виробничої перевірки. В розділі також міститься інформація про результати оцінювання економічної ефективності використання розробленого доїльного апарату з пневмоелектромагнітним пульсоколектором. Зазначено, що використання доїльного апарату з пневмоелектромагнітним пульсоколектором на фермі з поголів'ям 100 корів забезпечить економічний ефект у розрахунку на одну корову 5 703 грн, на 1 ц молока – 4,7 грн., сумарний річний економічний ефект на 100 корів становитиме 470 293 грн (у цінах на 1.09.2021 р.).

**Додатки** до дисертаційної роботи містять інформацію щодо розв'язку окремих залежностей, наведення якого в основному тексті дисертації є обтяжливим для його змісту, графіків експериментальних даних вакуумметричного тиску, результати дисперсійного аналізу, розрахунку коефіцієнтів регресійних залежностей та експериментальних критеріїв, акти виробничої перевірки та впровадження результатів дисертаційних досліджень.

Матеріали розділів дисертації подано у логічній послідовності відповідно до сформульованих задач досліджень.

**Ідентичність змісту анотацій та основних положень дисертації.** Зміст анотацій українською та англійською мовами відображає зміст дисертації та в достатньому обсязі висвітлює її основні результати та висновки.

**Відсутність порушень академічної доброчесності.** За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора ознак академічного плагіату не виявлено. У тексті дисертації здобувачем наведено посилання на наукові публікації як власні, так і інших авторів. Елементів фальсифікації, фабрикації та запозичень фрагментів тексту, наукових результатів в роботі не виявлено. Це дає можливість зробити висновок про відсутність порушень академічної доброчесності в дисертаційній роботі.

### **Зауваження та пропозиції до дисертаційної роботи**

*До вступу та анотації:*

1. Наявна невідповідність між наведеними автором значеннями вакуумметричного тиску: так, на с. 2 зазначено, що «допустимі межі вакуумметричного тиску – 32-48 кПа», тоді як наведені, наприклад, на с. 5

початкові технологічні параметри при апробації доїльних апаратів відповідають рівню 48-50 кПа.

*До першого розділу:*

2. Аналіз пульсаторів та колекторів потребує ширшого узагальнення щодо предмету дисертаційних досліджень та змісту висновку 2 за розділом 1.

*До другого розділу:*

3. Позначення камер атмосферного та змінного тиску в описі роботи пульсоколектора на с. 51 не відповідають наведеним на схемі 2.1 на с. 52.
4. Параметри електромагніту і якоря-клапана, які наведені на с. 58 та застосовуються у подальших дослідженнях, потребують обґрунтування.
5. Було б доцільним на основі отриманої автором моделі потоку повітря в каналах пульсоколектора (підрозділ 2.4) дослідити вплив раціональних діаметрів технологічних отворів (та відповідних швидкості й витрат повітря) на показники ефективності роботи пульсоколектора на визначених режимах. Тим більше, що у висновку 2 до розділу 2 наведені дані щодо максимальної швидкості руху повітря, відсутні у матеріалах розділу.

*До третього розділу:*

6. Оскільки експериментальний стенд (рис. 3.4, 3.5) містить «імітатор інтенсивності молоковіддачі», який, як вбачається, дозволяє встановити визначене значення цього параметра при проведенні досліджень, виникає потреба конкретизації «методики експериментальних досліджень інтенсивності молоковіддачі», де параметр інтенсивності молоковіддачі виступає вже в ролі досліджуваного показника.

*До четвертого розділу:*

7. Матеріали розділу доцільно було б доповнити даними щодо аналізу взаємодії розроблюваного технологічного обладнання з, власне, дійною коровою. Наприклад, який вплив на показник інтенсивності молоковіддачі (технологічний параметр пульсоколектора, підрозділ 4.2) буде здійснювати дійсна швидкість молоковіддачі дійної корови та її зміна в процесі доїння.

*До п'ятого розділу:*

8. Виробничою перевіркою встановлено, що використання доїльного апарата з розробленим автором пневмоелектромагнітним пульсоколектором дозволяє скоротити затрати праці на виконання завершальних операцій на 0,69 хв. Однак, при розрахунку показників економічної ефективності цей факт чомусь не було враховано.

*Загальні зауваження:*

9. Висновки щодо споживаної потужності потребують конкретизації. Загальний висновок 6 дисертації містить дані, що споживана потужність розробленого пневмоелектромагнітного пульсоколектора знаходиться в межах 5...7,5 Вт. При цьому на с. 41 дисертації наведено результати досліджень Лаврика Ю.В., за якими потужність приводу пульсатора не перевищує 3,1 Вт. Разом з тим, отримане автором (с. 104) в результаті аналізу результатів експериментальних досліджень значення потужності становило 1,75 Вт (для частоти пульсації до 1,3 Гц та співвідношенні між тактами 30:70). Можливо, для порівняння варто застосувати питомі значення показника?



10. В тексті роботи зустрічаються неузгоджені речення та описки, якість окремих рисунків потребує покращення та наявності позначень складових (напр., рис. 1.14 – Блок-схема комп'ютерного програмного забезпечення...).

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку роботи та її наукову цінність.

### ВИСНОВОК

Дисертаційна робота **Яцунського Петра Петровича** на тему **«Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів пневмоелектромагнітного пульсоколектора доїльного апарата»**, подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» (галузь знань 13 «Механічна інженерія»), є завершеною науково-дослідною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують актуальну задачу підвищення ефективності технологічного процесу машинного доїння корів шляхом розроблення і обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів пневмоелектромагнітного пульсоколектора доїльного апарата.

Зміст дисертації в достатній мірі відображено в опублікованих матеріалах досліджень (статтях та тезах доповідей). Недоліки, наведені у зауваженнях, не впливають на загальну цінність дисертаційного дослідження.

Дисертаційна робота **«Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів пневмоелектромагнітного пульсоколектора доїльного апарата»** за актуальністю і новизною отриманих результатів, їх достовірністю і обґрунтованістю, науковою і практичною цінністю, повнотою викладення матеріалу в наукових публікаціях, структурою та обсягом відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та «Тимчасовому порядку присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 167 від 06 березня 2019 року, за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» (13 «Механічна інженерія»).

На підставі цього вважаю, що автор дисертації **Яцунський Петро Петрович** заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування».

Офіційний опонент,  
декан механіко-технологічного факультету  
Національного університету біоресурсів  
і природокористування України,  
доктор технічних наук,  
старший науковий співробітник

  
**Вячеслав БРАТШКО**  
  
