

ВІДГУК
ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА
на дисертаційну роботу Бабина Ігоря Анатолійовича
“ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ ПРОМИВАННЯ
ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК”,
подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва

Актуальність теми дисертаційної роботи

Створення в Україні конкурентоспроможної технології і технічних засобів механізації і автоматизації в молочному тваринництві дозволить створити конкуренцію вітчизняного виробника доїльного обладнання на світовому ринку.

Одним із важливих компонентів комплексної механізації й автоматизації виробництва молока є технологічний процес машинного доїння корів і ефективне технологічне обладнання для отримання високоякісної продукції – молока корів.

Важливим показником якості молока є чистота молокопровідних ліній доїльної установки, де молоко проходить, починаючи з доїльного апарата, через: молокопровід, фільтр, лічильник молока і молокозбірник, молочний насос і танк-охолодник. Невідповідність режимів промивки, в окремо взятому елементі цієї лінії, веде до зниження якості молока, зростання ймовірності його бактеріального осіменіння, що відповідно призводить до зниження сортності молока, а відтак до зниження закупівельної ціни і відповідно ефективності його виробництва.

Однією з проблем технічного обслуговування доїльних систем є ефективність їх промивання. Відомо, що автоматизовані системи промивання молокопровідних ліній використовують хімічні компоненти які знижують надійність технологічних з'єднань молокопровідних ліній і вимагають наступного регламентного промивання² без таких компонентів, а неконтрольований залишок хімічного компоненту в молочній лінії доїльних установок призводить до бракування молока із-за невідповідності стандарту якості молока.

Технологічна реалізація молокопровідної лінії доїльної установки повинна забезпечити параметри, які б відповідали зоотехнічним, санітарно-гігієнічним та техніко-технологічним Європейським і світовим стандартам (ISO 3918, ISO 5707, ISO 6690, ASAE EP445.1, ASAE S518).

Обґрунтування раціональних конструкційно-технологічних параметрів і режимних характеристик системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок уможливило підвищення ефективності системи промивання, якості

молока та виконання технологічного процесу відповідно до санітарно-гігієнічних норм і стандартів.

Поставлені задачі вирішуються обґрунтуванням конструкційних параметрів та раціональних режимних характеристик системи промивання молокопровідної лінії доїльної установки.

Тому розроблення і дослідження параметрів і режимних характеристик системи промивання молокопровідної лінії доїльної установки обумовлює актуальність дисертаційних досліджень.

Зв'язок дисертаційної роботи з державними науковими програмами, планами, темами, пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки

Дисертаційні дослідження виконані у Вінницькому національному аграрному університеті. Дослідження, що складають основу дисертації, є складовою частиною науково-дослідних робіт за темами «Інтенсифікація процесів харчових, фармацевтичних та мікробіологічних виробництв шляхом механічної та теплофізичної технологічної дії» (державний реєстраційний номер 0112U006704, 2012-2018 рр.) та «Педагогічні та технічні основи розвитку наукової діяльності з проектування сільськогосподарських машин й технологічних процесів» (державний реєстраційний номер 0117U007539, 2018-2022 рр.).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій роботи полягає в тому, що вони базуються на коректному використанні законів гідро- пневмодинаміки та механіки рідин, що описують вимушені пульсуючі процеси змінного режиму руху, теоретичні дослідження проводили з використанням законів газорідинної динаміки та методів класичної механіки. Основні теоретичні дослідження перевіряли експериментальними дослідженнями, які виконували в лабораторних умовах із використанням методів планування багатофакторних експериментів і статистичної обробки експериментальних даних з використанням відповідного програмного забезпечення, достатньою збіжністю результатів теоретичних і експериментальних досліджень, а також завдяки використанню сучасних вимірювальних комплексів та удосконалених методик досліджень.

Достовірність результатів дисертаційної роботи

Достовірність наукових результатів визначається математичним апаратом, який використано автором в дисертації. Теоретичні дослідження базуються на фундаментальних математичних положеннях теорій класичної механіки, диференційних обчислень та аналітичного моделювання щодо обґрунтування

конструкційно-технологічних параметрів та режимних характеристик руху мийного двофазного розчину у молокопровідній лінії доїльної установки. Теоретичні дослідження підтверджено результатами планованого багатофакторного експериментів з використанням сучасних вимірювальних приладів та стандартних методик досліджень, а також сучасних програмних засобів опрацювання даних Mathematica, Star CCM+ і Planning Experiment із застосуванням кореляційно-регресійного аналізу.

Аналіз висновків по розділах і загальних висновків показує, що вони відповідають отриманим науковим і практичним результатам.

Коректність використання зазначеного математичного апарату підтверджується позитивним досвідом впровадження результатів дисертаційної роботи у виробництво підприємствами ТДВ „Брацлав” Вінницької області і ПП «Агротех Плюс», м. Дніпро.

Наукова новизна дисертаційної роботи

Наукова новизна теоретичних положень дисертації стосується теоретичних засад класичної гідро-пневмодинаміки і механіки функціонування системи гідро-пневно-імпульсного промивання молокопровідних ліній двофазним мийним розчином, що уможливило інтенсифікацію процесу руйнування молочних відкладень на поверхнях молокопроводів доїльних установок. З точки зору опонента найвагоміші наукові результати роботи наступні:

Вперше:

1. встановлено аналітичну залежність руху двофазного мийного розчину молокопровідною лінією доїльної установки з урахуванням гідравлічного удару, які обґрунтовують амплітудно-частотні характеристики системи промивки в залежності від конструкційних параметрів системи й фізико-механічних характеристик двофазного мийного розчину;

2. розроблено математичні залежності, що уможливають оптимізацію режимних параметрів повітряного інжектора в залежності від конструктивних параметрів молокопроводів за мінімізації швидкості зміни тиску на довжині молокопровідної лінії й забезпечує руйнування молочних відкладень;

3. отримано залежності якісних показників процесу промивання, які встановлюють вплив режимних характеристик повітряного інжектора системи промивання та конструкційних параметрів молокопровідної системи доїльної установки.

Отримали подальший розвиток:

4. залежність швидкості руху мийного розчину з врахування силових характеристик адгезії та фізико-механічних показників молочних відкладень, і враховує конструкційні параметри молокопроводу та фізико-механічні

характеристики мийного розчину, за якої уможливується подолання сил адгезії молочних відкладень.

Удосконалено:

5. методику експериментального дослідження забрудненості молокопровідної лінії на основі інтенсивності проходження світла заданого спектру через досліджуваний шар та встановлено кореляційний зв'язок між товщиною шару забруднення і інтенсивністю світлового потоку й коефіцієнтом поглинання світла шаром забруднення.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у визначенні раціональних конструкційного-режимних характеристик системи промивки двофазним мийним розчином та автоматизованої системи керування процесом формування гідпроімппульсного режиму його руху в молокопровідній лінії й розробленні його моделі, що забезпечує інтенсифікацію процесу руйнування молочних відкладень на поверхнях молокопроводів доїльних установок.

Запропонований метод використання явища гідравлічного удару та струменевого потоку мийного розчину в системі промивання доїльних установок, як засіб інтенсифікації процесу руйнування молочних відкладень, підвищує ефективність системи промивання і якість промивки молокопровідних систем.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень апробовано та впроваджено у вигляді:

- методики проведення експериментальних досліджень та лабораторної і експериментальної установки для дослідження, яку впроваджено у навчальних дисциплінах «Машини та обладнання в тваринництві», «Технічне обслуговування машин та обладнання» при підготовці бакалаврів та магістрів зі спеціальності «Агроінженерія» у Вінницькому національному аграрному університеті;

- конструктивну схему автоматизованої системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок різних типів передано для впровадження у виробництво до ТДВ «Брацлав» (Вінницька область) та ПП «Агромех Плюс» (м. Дніпро).

Новизну технічних рішень результатів наукових досліджень підтверджено патентом на корисну модель.

Структура та зміст дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Бабина Ігоря Анатолійовича є кваліфікаційною роботою, виконаною індивідуально у вигляді рукопису, що складається з вступу, 5-и розділів, загальних висновків, списку використаної літератури з 224

найменувань, з них 45 латиницею та 16 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 235 сторінок, основний текст на 185 сторінках, 80 рисунків, 11 таблиць.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано наукові задачі досліджень, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами, поставлені мета і завдання дослідження, відзначено наукову новизну та практичну цінність отриманих у роботі результатів, а також наведено дані про особистий внесок здобувача, апробації результатів, публікації.

У першому розділі “Сучасний стан питання і вибір напрямів досліджень” проаналізовано чинники і наслідки неефективного промивання молокопровідних ліній доїльного обладнання, проаналізовано техніко-технологічне забезпечення промивання доїльних установок та їх режимних параметрів.

Проведено аналіз досліджень науковців з даної проблематики, виявлено задачі, які попередньо не розглядались, та обґрунтовано напрям для подальшого дослідження основних теоретичних засад функціонування процесу промивання молочнотранспортної лінії доїльної установки.

Проаналізовано режимні характеристики системи промивки та їх вплив на якісні показники процесу промивання молокопроводу, а також конструктивні особливості автоматизованих систем промивки різних типів доїльних установок.

Сформовані задачі дослідження.

Однак, для кращого розуміння поставлених задач доцільно було б для аналізу розширити номенклатуру аналогічних систем з інших виробництв, наприклад молокопереробних технологічних ліній.

Другий розділ “Теоретичні дослідження процесу промивання молокопровідної лінії доїльної установки” присвячено дослідженні явищу адгезії між молочними відкладеннями і поверхнею молокопровідної лінії, доповнено фізико-математичні апарати руху двофазного мийного розчину, явища гідравлічного удару для періодично працюючого повітряного інжектора, обґрунтуванні режимів його роботи, розроблено фізико-математичну модель роботи гідроінжектора системи промивання. Обґрунтовано раціональне співвідношення залежності найменшої допустимої швидкості руху мийного розчину від фізико-механічних властивостей молочних відкладень за різних діаметрів молокопроводу, що уможливило руйнування адгезії (зчеплення) між відкладеннями у вигляді крапель рідини молочного походження і поверхнею молокопроводу. Теоретично досліджено динаміку втрат вакуумметричного тиску і товщини шару відкладень на стінці молокопроводу в залежності від конструкційних параметрів молокопроводу, вакуумметричного тиску і частотних характеристик роботи інжектора. Вирішуючи компромісну задачу, мінімізації

товщини шару молочних відкладень на стінці молокопроводу і швидкості зміни тиску за різних діаметрів молокопроводу, отримані раціональні параметри режимів роботи інжектора.

Однак, автору доцільно було б дотримуватись регламентованої термінології, що використовується для опису пневмо-гідродинамічного процесу транспортування двофазного середовища і функціонального розуміння технічних й технологічних систем доїльних установок.

В третьому розділі “Програма і методика експериментальних досліджень” наведено програму та методику проведення експериментальних досліджень, опрацювання експериментальних даних, схеми і загальні вигляди стендів для експериментальних досліджень забрудненості молокопровідної лінії й режимів роботи повітряного і гідро- інжекторів.

Вибрані фактори й критерії відгуку, наведені матриці планованого чотирьох факторного експерименту та методика опрацювання експериментальних даних.

Відповідно до програми досліджень розроблено елементи стендів для експериментальних досліджень з використанням сучасного контрольно-вимірювального обладнання, зокрема сенсори тиску, витрати повітря, мікроконтролери на базі Arduino Uno ATmega328, що дозволило дисертанту автоматизувати процес дослідження та одержати достовірні експериментальні дані.

В четвертому розділі “Результати експериментальних досліджень” наведено результати експериментальних досліджень режимів роботи повітряного і гідро- інжектора системи промивання молокопроводів доїльної установки проведено їх порівняння з результатами чисельного моделювання.

Дослідження проводилися з використанням методики планування багатофакторних експериментів за планом Хартлі-Коно для чотирьох факторів на трьох рівнях із триразовою повторюваністю. Далі з використанням програмного пакету Wolfram Mathematica визначалася модель регресії другого порядку для кожного запропонованих критеріїв.

Перевірка адекватності математичних моделей проведена з використанням елементів дисперсійного аналізу за критерієм Фішера на рівні довірчої ймовірності 0,95, оцінка значимості коефіцієнтів регресії визначена за критерієм Стюдента для вибраного рівня значимості.

За результатами експериментальних досліджень одержано кореляційні залежності ступеня чистоти, динаміки зміни вакуумметричного тиску, сили дії струменя мийного розчину на поверхню, які характеризують вплив вакуумметричного тиску, частотних характеристик інжектора, витрати мийного розчину, діаметру молокопроводу, конструкційних і технологічних параметрів інжектора, є новими і раніше не досліджувалось.

Наведені порівняння теоретичних та експериментальних даних, рівень наближення яких оцінений індексом детермінації від 0,96 до 0,98 стверджує адекватність теоретичних досліджень.

В додатках експериментальні дані.

У п'ятому розділі **“Реалізація результатів досліджень”** наведено обґрунтування конструктивно-технологічної схеми автоматичної системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок, методу та результати виробничої перевірки, техніко-економічне обґрунтування та впровадження результатів досліджень. Виробнича перевірка роботи автоматизованої системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок було проведено в умовах фермерських господарств ПП «АФ Батьківщина» і ПП «Радівське» (Вінницька область) на доїльних установках з верхнім молокопроводом УДМ-100 «Брацлавчанка» та з нижнім молокопроводом УДЕ-16 Ялинка.

Приведено оцінку економічної ефективності автоматизованої системи промивання доїльних установок.

У **загальних висновках** наведено найбільш важливі наукові та практичні результати, які були отримані під час проведених досліджень.

Додатки містять розрахунок найменшої допустимої швидкості руху мийного розчину залежно від фізико-механічних властивостей молочних відкладень, методу і результати чисельного моделювання руху двофазного мийного розчину молокопровідною лінією, результати моделювання динаміки зміни вакуумметричного тиску в молокопровідній лінії доїльної установки і вмісту компонентів багатофазного середовища в молокопровідній лінії доїльної установки, результати чисельного моделювання режимів роботи повітряного інжектора системи промивання, розрахунок конструкційно-режимних параметрів насадки гідро-інжектора системи промивання, результати експериментів, копію патенту на корисну модель, копію актів виробничої перевірки і їх результати, техніко-економічний розрахунок розробленої системи промивання, акти про використання і впровадження результатів наукових досліджень, список публікацій здобувача за темою дисертації.

Повнота висвітлення основних результатів

Основні положення дисертаційної роботи опубліковано у 12 наукових працях (у т.ч. 8 одноосібні), з них – 6 статей у спеціалізованих фахових виданнях України, 1 публікація у міжнародному виданні; 1 патент на корисну модель; 4 тез доповідей на міжнародних і всеукраїнських конференціях.

Апробація основних наукових положень дисертації проведена на 6 міжнародних і всеукраїнських науково-технічних та науково-практичних конференціях.

Ідентичність змісту автореферату дисертації

Зміст автореферату повністю ідентичний змісту та основним положенням дисертації.

Зауваження до дисертації роботи

1. В першому розділі доцільно було б більш акцентувати увагу на результатах досліджень процесів промивки, зокрема режимів руху мийного розчину і ефективність очищення, а також промивки доїльних роботів.

2. Якщо двофазне середовище є з рідини і повітря, тоді для суміші не виконується умова $dp / dz = \text{grad}$, а також $U_g \neq U_f$, то чи адекватне застосування принципу суперпозиції у даному випадку ?

3. Необхідно проаналізувати, чи із зменшенням допустимої швидкості руху мийного розчину із-за збільшення діаметру молокопроводу (рис. 2.3) забезпечиться руйнування адгезії між відкладеннями крапель рідини молочного походження і поверхнею молокопроводу доїльної установки ?

4. З результатів моделювання, рисунки 2.6, 2.9, 2.11, 2.12, 2.14, 2.15 і додаток В, незрозуміло, що характеризує додатній і від'ємний вакуумметричні тиски ?

5. Повторюваність досліду доцільно було розраховувати за середнім квадратичним відхиленням вимірювальної величини, похибкою вимірювального приладу і функцією розподілу випадкової величини.

6. Для оптимізації критеріїв відгуку доцільно було б провести канонічне перетворення отриманих математичних моделей другого порядку (2.37, 2.40, 4.4, 4.5, 4.7, 4.11, 4.13) та побудувати двомірні перерізи, що уможливило б виявити фактори, які найбільше впливають на даний критерій відгуку.

7. Робочий вакуумметричний тиск і регулятори тиску доїльних установок регулюються на вакуум 60 кПа і нижче.

Незрозуміло, чому автором для чисельного моделювання і в експерименті, верхній рівень фактору вакуумметричного тиску прийнято 75 кПа ?

8. В дисертації доцільно було б умовні позначення, одиниці розмірності і пояснення змінних подати окремо у розділ переліку умовних позначень, що поліпшило сприйняття роботи, а в додатках навести алгоритм чисельного експерименту.

Вказані зауваження не відносяться до основних наукових положень дисертації та не впливають на загальну оцінку роботи та її наукову цінність.

Загальний висновок

Результати всебічного розгляду та аналізу дисертаційної роботи

“Підвищення ефективності роботи системи промивання доїльних установок” дозволяють зробити висновок, що вона є завершеним науковим дослідженням, яке виконане на актуальну тему. Зазначені вище зауваження слід розглядати як побажання для подальшої плідної наукової праці, і вони не знижують загальної позитивної оцінки роботи.

Мета роботи, поставлені та розв’язані в ній задачі, викладені основні наукові результати дозволяють зробити висновок про те, що дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

Теоретичні положення дисертації та їх практичне підтвердження вносять вклад в науку, можуть слугувати основою для розроблення нових адаптивних автоматизованих систем промивання доїльних установок, дозволяють моделювати конструкційно-технологічні параметри системи промивання, що підвищить якість процесу і ефективність роботи системи промивання доїльних установок.

Зміст дисертаційної роботи свідчить про високий рівень кваліфікації автора, як наукового співробітника, здатного формулювати та розв’язувати науково-прикладні задачі, а також керувати науковими дослідженнями. Дисертаційна робота за актуальністю теми, науковою новизною та практичною цінністю отриманих в ній результатів досліджень відповідає вимогам “Порядку присудження наукових ступенів” Міністерства освіти і науки України, а її автор, Бабин Ігор Анатолійович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

Офіційний опонент:

професор кафедри механіки
та автоматизації машинобудування
Національного університету “Львівська політехніка”,
доктор технічних наук, професор

Дмитрів В. Т.

Підпис д.т.н., професора Дмитріва В.Т. засвідчую.

Вчений секретар
Національного університету “Львівська політехніка”,
кандидат технічних наук, доцент



Брилинський Р. Б.