

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

УДК 631.361:363

Кваліфікаційна робота на
правах рукопису

СЕРГІЄНКО Костянтин Михайлович

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОЛЕКТОРА ДОЇЛЬНОГО
АППАРАТА**

208 «Агроінженерія»

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

(підпис)

(ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
к.т.н., доц. Медведський О.В.

Житомир – 2024

АНОТАЦІЯ

Сергієнко К. М. **Підвищення ефективності колектора доїльного апарата.** – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр зі спеціальності 208 – агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024 р.

У кваліфікаційній роботі проведено порівняльний аналіз характеристичних показників функціонування колекторів доїльних апаратів, встановлено їх переваги та недоліки, визначено напрямки удосконалення.

Обґрунтована конструкція колектора доїльного апарата із додатковими функціональними особливостями які дозволяють підвищити ефективність машинного доїння за рахунок створення подразнюючих мікроколивань тиску у молочній камері.

Встановлені раціональні конструкційно-геометричні параметри та технологічні режими роботи запропонованого колектора доїльного апарата що покращить умови молоковиведення.

Ключові слова: колектор, вакуумметричний тиск, пружна характеристика, патрубков дроселя

ANNOTATION

Sergiyenko K. M. **Increasing the efficiency of the collector of the milking machine.** – Qualification work on manuscript rights.

Qualification work for a master's degree in specialty 208 – agroengineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

In the qualification work, a comparative analysis of the characteristic indicators of the functioning of the collectors of milking machines was carried out, their advantages and disadvantages were established, and the directions for improvement were determined.

Reasonable design of the collector of the milking machine with additional functional features that allow to increase the efficiency of machine milking due to the creation of irritating micro-oscillations of pressure in the milk chamber.

Rational structural and geometric parameters and technological modes of operation of the proposed collector of the milking machine have been established, which will improve the conditions of milk extraction.

Key words: collector, vacuum pressure, elastic characteristic, throttle nozzle

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА КОНСТРУКЦІЙНИХ РІШЕНЬ КОЛЕКТОРІВ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА	7
1.1. Аналіз класифікаційних ознак колекторів доїльних апаратів ...	7
1.2. Оцінка переваг та недоліків відомих конструкційних рішень колекторів доїльних апаратів	10
1.3. Висновки до розділу 1	13
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПОКРАЩЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КОЛЕКТОРА ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА	14
2.1. Обґрунтування конструкційно-технологічної схеми колектора доїльного апарата	14
2.2. Проектне рішення колектора доїльного апарата	17
2.3. Висновки до розділу 2	18
РОЗДІЛ 3. ВСТАНОВЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗРОБЛЕНОГО ЗМШУВАЧА КОМПОНЕНТІВ	19
3.1. Дослідження конструкційних параметрів керуючого механізму розробленого колектора	19
3.2. Визначення режимних характеристик керуючого механізму розробленого колектора	26
3.3. Висновки до розділу 3	29
ВИСНОВКИ	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	32

ВСТУП

Актуальність теми. Складником машинного доїння корів є система доїння притаманна для конкретного тваринницького об'єкту залежно від умов та технологій утримання тварин. Доїльне обладнання є найбільш відповідальним технічним об'єктом оскільки має безпосередній контакт із організмом тварини. Це, в першу чергу, стосується доїльного стакана який контактує із дійкою тварини. Проте і інші складові доїльного апарата, такі як колектор та пульсатор відіграють чи найважливішу роль в процесі забезпечення безпечного машинного доїння корів.

Різноманіття конструкційних виконань колекторів доїльних апаратів різних виробників, як закордонних так і вітчизняних, вказує на прагнення конструкторів віднайти найкраще рішення для забезпечення усіх вимог до машинного доїння корів та збереження їх здоров'я. Однією із проблем є недостатній обсяг молочної корпусної частини колектора доїльного апарата. Вчені зосередили свої зусилля на встановлення оптимального обсягу молочної частини, дійшли до певних логічних висновків та запропонували, на їх думку, раціональні параметри. Проте недостатньо повно були враховані і інші чинники які мають місце під час машинного доїння корів. Використання колекторів із занадто великим обсягом молочного простору можуть не враховувати особливості зміни рівня тиску, що негативно впливатиме на погіршення стереотипу доїння у корів. Окрім цього можуть погіршуватись умови вивільнення від молока молочного простору колектора доїльного апарата. При використанні режиму попарного доїння значний обсяг камери для молока є недоречним та навіть витратним як по матеріальним так і по енергетичним ресурсам. Розділення камери молочної на чотири частини може вирішити попередню проблему, проте занадто ускладнюється конструкція та, як наслідок, експлуатація та обслуговування такого колектора доїльного апарата.

Незважаючи на різноманіття конструкційних рішень колекторів доїльних апаратів, неврахованим залишається можлива реалізація стимулюючих подразнень під час машинного доїння корів, що може позитивно вплинути на

збільшення частки виведеного із вимені корови молока. Тому, покращення конструкційних та режимних характеристик колектора доїльного апарата є важливою задачею сьогодення.

Мета і задачі досліджень. Мета дослідження направлена на підвищення ефективності колектора доїльного апарата шляхом покращення режимних характеристик за рахунок механізму подразнюючих мікроколивачь тиску.

Досягнути вказану мету передбачається шляхом вирішення перелічених завдання:

- здійснити оцінку відомих конструкцій колекторів доїльного апарата вітчизняних та закордонних виробників, встановити переваги та недоліки;
- обґрунтувати схему конструкційного рішення колектора доїльного апарата з механізмом подразнюючих мікроколивачь тиску у молочній камері колектора;
- визначити функціональні параметри та принцип роботи розробленого механізму подразнюючих мікроколивачь тиску;
- встановити аналітичні залежності визначення конструкційних параметрів розробленого механізму подразнюючих мікроколивачь тиску;
- визначити експлуатаційну та технологічну ефективність розробленого колектора доїльного апарата.

Об’єкт дослідження – колектор доїльного апарата із механізмом подразнюючих мікроколивачь тиску.

Предмет дослідження – закономірності впливу параметрів конструкції механізму подразнюючих мікроколивачь тиску на режимні характеристики колектора доїльного апарата.

Методи досліджень. Під час виконання даної кваліфікаційної роботи використовували широко відомі методи дослідження, серед яких варто виділити наступні: аналітичний, експериментальний та розрахунковий.

Для опису закономірностей функціонування розробленого колектора доїльного апарата використовувались існуючі методи моделювання, які передбачають використання елементів теоретичної механіки та теорії машин і

механізмів, відомі положення опору матеріалів та технології конструкційних металів, теорій потоків газів та рідин.

Обробка результатів дослідження проводилась із використанням програмного апарату Excel та інших програм статистичної обробки даних, які є у вільному доступі.

Апробація результатів роботи. Апробація матеріалів кваліфікаційної роботи відбувалась на науково-практичних конференціях та інших наукових заходах, зокрема відображена у таких публікаціях:

1. Сергієнко К. М. Критеріальний підхід до оцінки колекторів доїльного апарата. *Наукові читання–2024*: матеріали науково-практичної конференції. 20 травня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 112–113.

2. Сергієнко К. М. Техніко-конструкційна оцінка колекторів доїльного апарата. *Студентські читання–2024* : матеріали науково-практичної конференції. 31 жовтня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 125–127.

3. Медведський О. В., Сергієнко К. М. Оцінка геометричних параметрів потоку молока у колекторі доїльного апарата. *Біоенергетичні системи* : матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. 12-14 листопада 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 13–15.

Структура та обсяг роботи. До складу кваліфікаційної роботи входить вступ, три розділи основної частини, висновки та список посилань на літературні джерела. Текст у роботі написано державною мовою на 33 сторінках комп'ютерного набору, ілюстровано 1 таблицею та 13 рисунками.

РОЗДІЛ 1

ОЦІНКА КОНСТРУКЦІЙНИХ РІШЕНЬ КОЛЕКТОРІВ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

1.1. Аналіз класифікаційних ознак колекторів доїльних апаратів

Колектор доїльного апарата є однією із найважливіших складових в системі забезпечення виведення молока із вимені корів. Залежно від тактності функціонування пульсатора та технологічних режимів роботи, колектори доїльного апарата відрізняються за конструкційним виконанням. Схематично найбільш поширені конструкції колекторів доїльного апарата подано на рис. 1.1. [1, 2, 3, 4, 5]

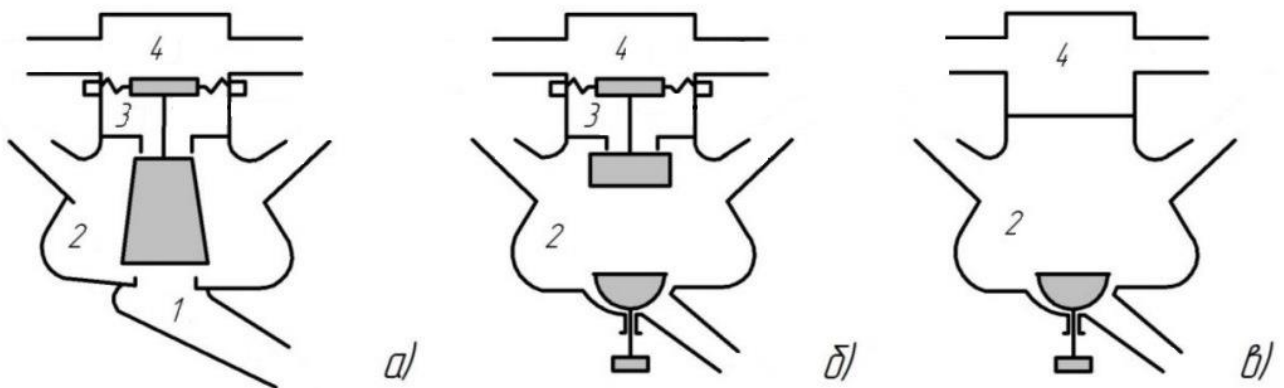


Рис. 1.1. Схематичне подання колектора доїльного апарата: а – тритактного пульсатора; б – двотактного пульсатора зі зниженим тиском; в – двотактного пульсатора: 1 – простір постійного вакуумного тиску; 2 – простір для накопичення молока; 3 – простір атмосферного тиску; 4 – простір із керуючим тиском.

Від початку створення доїльних апаратів вважалось доцільним використовувати доїльні апарати із тритактною системою (рис. 1.1, а) функціонування: такт виведення молока із дійки тварини; такт стиснення дійкової гуми доїльного стакану; такт для відпочинку дійки. Колектори такого типу функціонування мають складну будову, що ускладнює їх ефективне

обслуговування яке потребує багато часу на розбирання та промивання. Окрім цього доїльні апарати за тритактного виконання є недостатньо швидкими для обслуговування високопродуктивних корів, тривалість доїння яких суттєво зростає та виходить за межі встановлених зооветеринарних вимог.

Двотактне функціонування доїльного апарата не має недоліків тритактного. Такі колектори (рис. 1.1, в) значно простіші за будовою та обслуговування передбачає машинне промивання без розбирання. Колектор двотактного доїльного апарата позбавлений додаткових рухомих елементів які заповнювали простір для потоку молока. За рахунок відсутності третього такту, швидкість машинного доїння збільшується, оскільки тривалість третього такту перерозподілилась до першого і другого. Тобто, в межах аналогічної частоти пульсації, інтенсивність виведення молока із дійок корови збільшується. Це позитивно відображається на загальній тривалості технологічного процесу машинного доїння на тваринницькому підприємстві. [4, 5, 6]

Різновидом колекторів двотактних пульсаторів доїльного апарата є колектор (рис. 1.1, б) із додатковою можливістю знижувати рівень вакуумметричного тиску у просторі для молока і, відповідно, у просторах доїльних стаканів під дійками корови. Такий колектор дещо нагадує конструкцію колектора тритактного виконання. Проте, основний клапан-перекривач потоку молока замінено на клапан впуску повітря. Так, під час такту стиснення із простору атмосферного тиску до простору для молока надходить повітря через відкритий клапан. Відкриття клапана колектора відбувається за рахунок різниці тисків у просторі для атмосферного тиску та просторі для молока та однакового тиску у просторі керуючого тиску та просторі для атмосферного тиску. Завдяки тому, що клапан колектора відкривається до простору для молока надходить повітря із атмосферним тиском. В такому випадку відбувається зниження рівня вакуумметричного тиску у просторах під дійками тварини. Такий стан речей позитивно впливає на здоров'я тварини під час підтримання дійок корови в середовищі зниженого вакуумметричного тиску, порівняно із колектором звичайного двотактного виконання. [4, 5, 6, 7]

Насьогодні найбільшого поширення набули колектори доїльного апарата саме для двотактного функціонування пульсатора. Але поряд із режимом одночасного виведення молока із чотирьох дійок корови широкого використання набули колектори із попарним режимом функціонування пульсатора доїльного апарата (рис. 1.2-1.3).



Рис. 1.2. Колектор для доїльного апарата одночасного доїння: а – загальний вигляд; б – розподільник керуючого тиску.



Рис. 1.3. Колектор доїльного апарата попарної дії

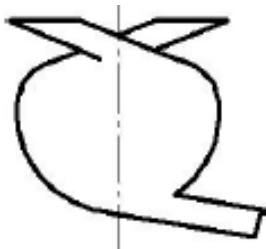
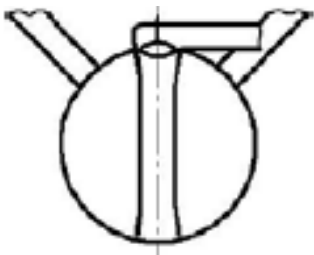
Колектор попарного режиму роботи пульсатора відрізняється від колектора одночасного режиму роботи (див. рис. 1.2 та 1.3) кількістю патрубків. В колектора одночасного процесу п'ять патрубків – один вхідний і чотири вихідних, в колектора попарного процесу шість патрубків – два вхідних та чотири вихідних. Це зумовлено принципом функціонування пульсатора доїльного апарата – якщо в передній парі дійок корови такт виведення молока, то у задній парі дійок корови в цей самий момент часу буде такт стиснення.

1.2. Оцінка переваг та недоліків відомих конструкційних рішень колекторів доїльних апаратів

Незважаючи на задовільні показники роботи доїльних апаратів із колекторами розглянутих найбільш поширених конструкцій вченими не припиняється пошук раціональних рішень (табл. 1.1). [8, 9, 10, 11]

Таблиця 1.1

Пропоновані схеми колектора для доїльного апарата

Конструкція	Призначення
	<p>У конструкції передбачено навмисне спрямування потоку молока від доїльних стаканів по стінкам корпусу. В такому випадку усувається один із недоліків класичних конструкцій колекторів – спінювання молока яке спрямовується до молочного простору особливо у системах одночасного доїння</p>
	<p>Колектор верхнього виведення молока через патрубок вертикальний. Таке рішення спрямоване на покращення виведення молока із молочного простору колектора за рахунок отримання кращої стабільності тиску. На думку винахідників при вертикальному</p>

	<p>рухові можна зменшити спінювання і погіршення якості виведеного із дійок молока.</p>
	<p>Колектор є покращеним варіантом колектора із вертикальним каналом руху молока. Проте, є деяке удосконалення, яке полягає в тому, що трубка обладнана додатковим очисником повітря та вирівнювачем інтенсивності потоку. В наслідок такого рішення отримують більш стабільний та рівномірний потік молока під час його виведення із молочного простору колектора.</p>
	<p>Головна відмінність запропонованої схеми є поділ молочного простору колектора доїльного апарата на чотири окремі ізольовані частини. Кожна частина відповідає за свою дійку вимені. Таке рішення сприяє забезпеченню захворюванню решти дійок коли одна із чотирьох буде хвора, наприклад, на мастит.</p>
	<p>Метою конструкційного рішення є відокремлення першого молока яку йде від дійок корови із підвищеною забрудненістю. Завдяки такому рішення насичене бактеріями та брудом молоко відводиться окремо, а основне молоко зберігає свою чистоту та якість.</p>
	<p>Колектор має циліндричну форму молочного простору. Окрім цього трубка виведення молока має специфічну зігнуту форму із імітацією верхнього відбору молока із молочного простору. Таке рішення поєднує позитивні сторони колекторів із класичним та вертикальним відведенням молока із молочного простору. При цьому зберігається якість молока, оскільки воно не спінюється під час руху.</p>

Вченими здійснювався пошук кращих конструкційних рішень колекторів доїльних апаратів для вирішення, на їх думку, недоліків існуючих серійних пристроїв. Варто підкреслити, що запропоновані рішення дозволяють покращити процес машинного доїння корів й нашли своє відображення в серійних конструкціях. Зокрема це колектор із чотирма молочними камерами німецького виробника (рис. 1.4). [4, 11, 12]



Рис. 1.4. Колектор доїльного апарата окремих долей вимені

Колектор на рис. 1.4. є конструкційним реальним втіленням розробок вчених вказаних у табл. 1.1. Попри заявлену виробниками позитивного ефекту від використання колектора із окремим збиранням молока від кожної долей вимені корови, складність будови та експлуатації стримує його широке

втілення у технологічному процесі. Збільшення видатків на обслуговуючі дії без отримання додаткового ефекту, наприклад, щодо повноти виведення молока із вимені є перешкодою у широкому використанні складних технічних систем. Так, не всі розробки були втілені у конкретні серійні моделі із-за їх складності будови та неможливості технологічного виготовлення та експлуатації на тваринницькому підприємстві.

Проведений пошук відомих рішень науковців вказав на відсутність рішень спрямованих на стимулювання повноти видоювання корів. Саме покращення колектора із можливістю забезпечення повноти видоювання особливо кінцевих порцій молока із великим вмістом жиру є завданням кваліфікаційної роботи.

1.3. Висновки до розділу 1

1. Сучасні колектори працюють за двотактною схемою пульсатора доїльного апарата. За відповідних систем доїння використовують процес машинного доїння із одночасним та попарним виведенням молока із долей вимені корови. Проте, класичним схемам колекторів притаманні недоліки які не дозволяють в повній мірі задовольнити існуючі вимоги до машинного доїння корів.

2. Дослідження вчених спрямовані на покращення режимних та якісних показників машинного доїння. Але проблемі стимулювання молоковиведення серед відомих робіт вчених із машинного доїння корів не приділялось належної уваги.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПОКРАЩЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КОЛЕКТОРА ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

2.1. Обґрунтування конструкційно-технологічної схеми колектора доїльного апарата

Конструкційне виконання серійних доїльних апаратів схожі між собою. Відрізняються деякими деталями дизайну та геометричними параметрами обсягу молочного простору, виконанням молочного патрубку, систем розподілу тиску між доїльними стаканами та ін. Але вони позбавлені можливості створювати додатковий стимулюючий ефект для забезпечення повноти виведення молока із дійок корови. У кваліфікаційній роботі пропонується розробка колектора доїльного апарата з механізмом подразнюючих мікроколивань тиску (рис. 2.1).

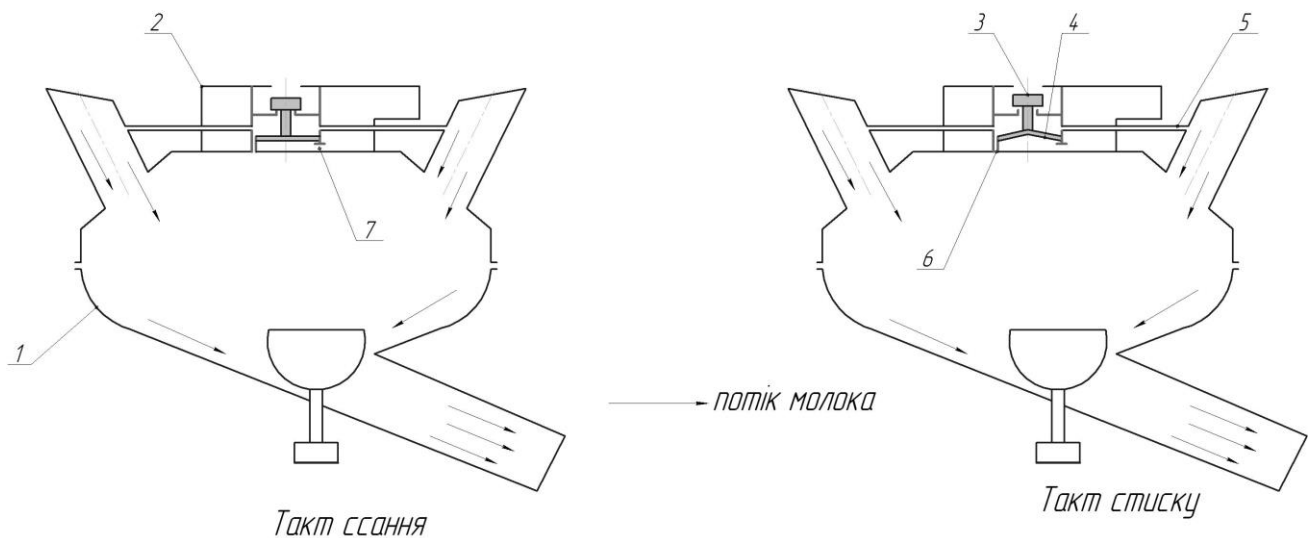


Рис. 2.1. Структурна схема розробленого колектора доїльного апарата: 1 – корпус молочного простору; 2 – корпус розподільника тиску; 3 – клапан; 4 – пружна пластина; 5 – патрубок з’єднувальний; 6 – канал дроселюючий; 7 – з’єднувальний отвір.

Принцип функціонування запропонованого колектора доїльного апарата полягає в наступному. Під час такту виведення молока із дійок вимені корови, у керуючій камері 2 (рис. 2.1) та у просторі для молока буде діяти вакуумметричний тиск. Вакуумметричний тиск буде також у просторі під дійкою тварини та у просторі між стінкою доїльного стакану та дійковим балоном. За такого перебігу подій вакуумметричний тиск через отвір 7 пошириться під пружний гумовий диск 4. За рахунок того, що простір над пружним диском із гуми сполучений із простором для молока за допомогою сполучного дроселю чого каналу 6, над гумовим диском також буде діяти вакуумметричний тиск. Оскільки із обох боків пружного диска діє однакова величина вакуумметричного тиску, а на клапан 3 зовні діє атмосферний тиск який притискає його сідла, тобто він буде закритий під час такту виведення молока із вимені корови. Молоко потрапляє до молочного простору колектора і спрямовується до вихідного патрубку, а звідти до молочного збірника чи молочного трубопроводу.

Під час такту стиску відбувається зміна величин тисків у камері керування. Так, для реалізації такту стиску до керуючої камери із пульсатора доїльного апарата спрямовується повітря із атмосферним тиском. В молочному просторі колектора під час такту стиску буде діяти вакуумметричний тиск. Атмосферний тиск із розподільної камери колектора через отвір 7 буде надходити у простір під пружний диск поступово нарощуючи абсолютне значення тиску. В той же проміжок часу через канал 6 у простір над пружним диском поширюється вакуумметричний тиск. В певний момент часу над пружним диском буде такий рівень вакуумметричного тиску який достатній для створення належного перепаду тисків між елементами клапанного пристрою. Під пружним диском буде атмосферний тиск і над клапаном який тримає пружний диск у рівному положенні також буде атмосферний тиск. За рахунок того, що площа гумового диска більше за площа клапана, а над диском буде вакуумметричний тиск, клапан під дією різниці тисків буде підніматися, тобто відкриватися (рис. 2.1 – такт стиску). Як тільки клапан відкриється до простору над пружним диском надійде повітря із атмосферним тиском. Через

з'єднувальний патрубок 5 у простір під дійку буде надходити атмосферне повітря і знижувати рівень вакуумметричного тиску. Таке явище позитивно впливає на відновлення кровотоку у дійці та сприяє зниженню ризику виникнення такого захворювання як мастит. Одночасно через канал 6 від молочного простору до простору над пружним диском буде також надходити повітря. Через певний проміжок часу тиски над диском і під диском вирівнюються. За рахунок дії атмосферного тиску на клапан пружний диск повернеться у попереднє положення і клапан закриється. До простору під дійку припиниться надходження атмосферного повітря і встановиться вакуумметричний тиск від молочного простору колектора доїльного апарата.

Оскільки із простору над пружним диском через канал 6 буде видалятися повітря, через деякий час різниці тисків буде достатньо для відкриття клапана. Таким чином повторюється попередній процес. Таких повторень протягом такту стискування буде декілька десятків. Схематично зміна тиску можна подати на рис. 2.2.

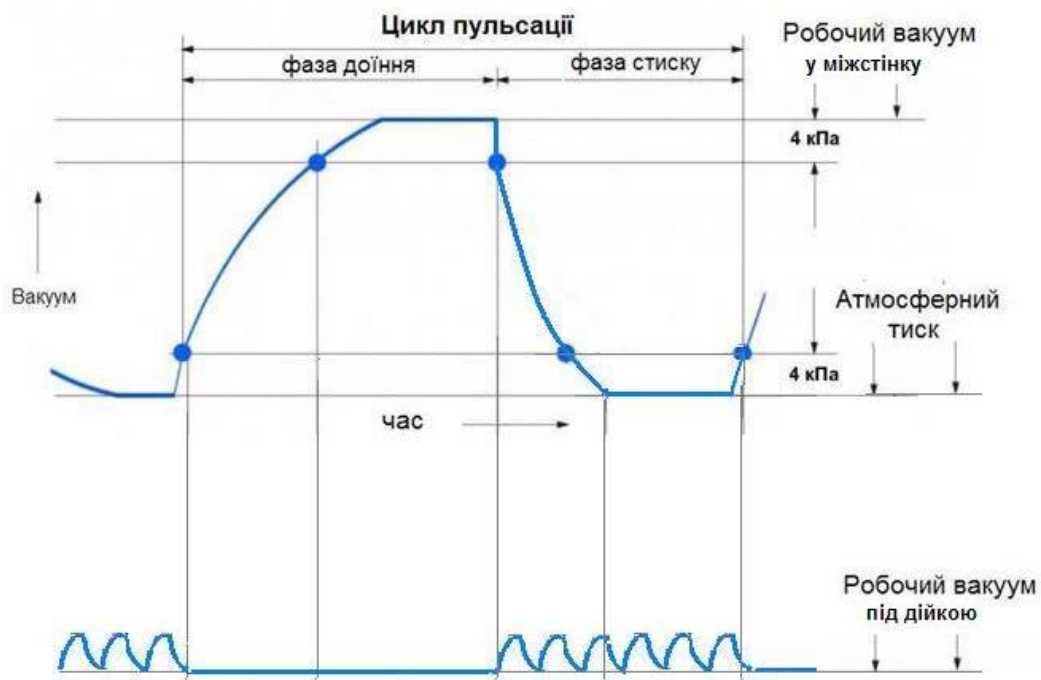


Рис. 2.2. Характер зміни тисків у камері під дійкою та у просторі між стінкою і балоном доїльного стакана.

Графік зміни тисків на рис. 2.2. пояснює мету розробки. Так, протягом такту стиску у просторі під дійкою доїльного стакана відбувається тимчасова зміна тиску на невелику величину. В наслідок цього виникають мікроколивання тиску котрі будуть стимулювати процес молоковиведення особливо на кінцевому етапі доїння в процесі машинного додоювання корів.

2.2. Проектне рішення колектора доїльного апарата

Для втілення концепції колектора доїльного апарата з можливістю реалізації стимулюючих подразнень у кваліфікаційній роботі розроблена відповідна конструкція (рис. 2.3-2.4).

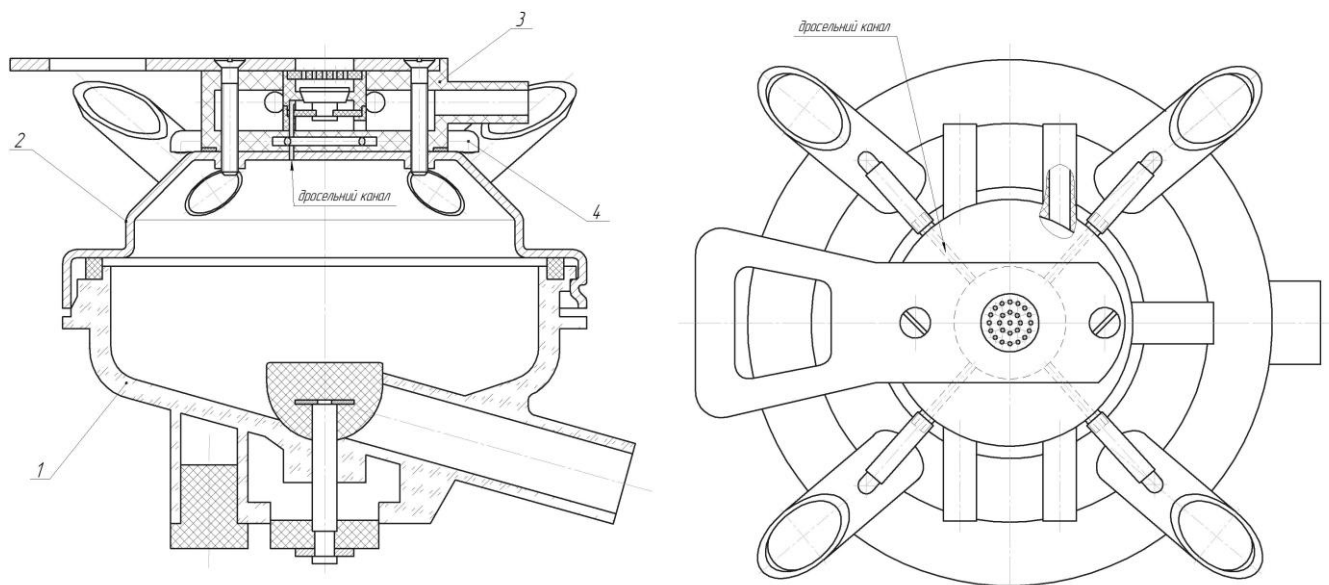


Рис. 2.3. Загальний вигляд розробленого колектора доїльного апарата: 1 – корпус молочного простору; 2 – корпус; 3 – корпус розподільника; 4 – патрубок з'єднувальний.

Складальне креслення розробленого колектора доїльного апарата із механізмом подразнюючих мікроколивань тисків. В конструкцію механізму генерування зміни тисків у просторі під дійкою доїльного стакана під час такту стиснення втілена схема подана на рис. 2.1.

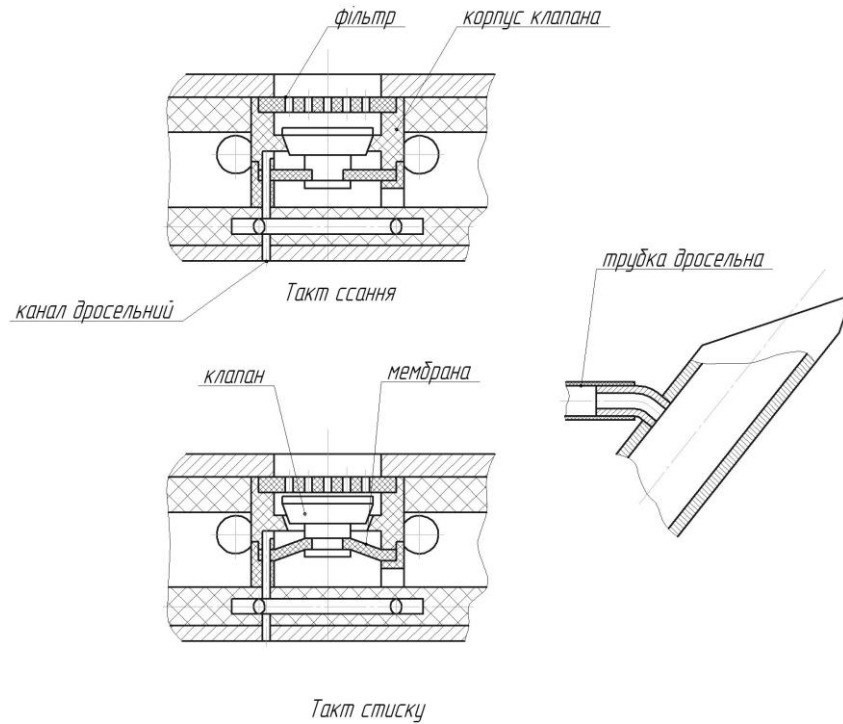


Рис. 2.4. Конструкція механізму створення мікроколивань тиску.

Для практичного втілення конструкції у вирід необхідно встановити геометричні параметри елементів запропонованого механізму, зокрема параметрів клапана та пружного диску. Окрім цього необхідно враховувати технологічні режими машинного доїння корів, зокрема рівень вакуумметричного тиску, який має бути достатнім для виведення молока у систему молокопроводу.

2.3. Висновки до розділу 2

1. Розроблена конструкція механізму мікроколивань тиску у просторі під дією доїльного стакана. Завдяки створенню мікроколивань буде виникати додатковий стимулюючий ефект для тварини що сприятиме реалізації повноти виведення утвореного у вимені молока, особливо на заключних хвилинах машинного доїння. В наслідок цього зменшиться час на машинне додоювання і машинне доїння в цілому.

РОЗДІЛ 3

ВСТАНОВЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗРОБЛЕНОГО КОЛЕКТОРА ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

3.1. Дослідження конструкційних параметрів керуючого механізму розробленого колектора

Основними складовими частинами керуючого механізму є клапан та пружний диск. Для встановлення геометричних параметрів складових запропонованого механізму складемо схему прикладання зусиль та напрямку переміщення елементів під час тактів стиснення та ссання (рис. 3.1).

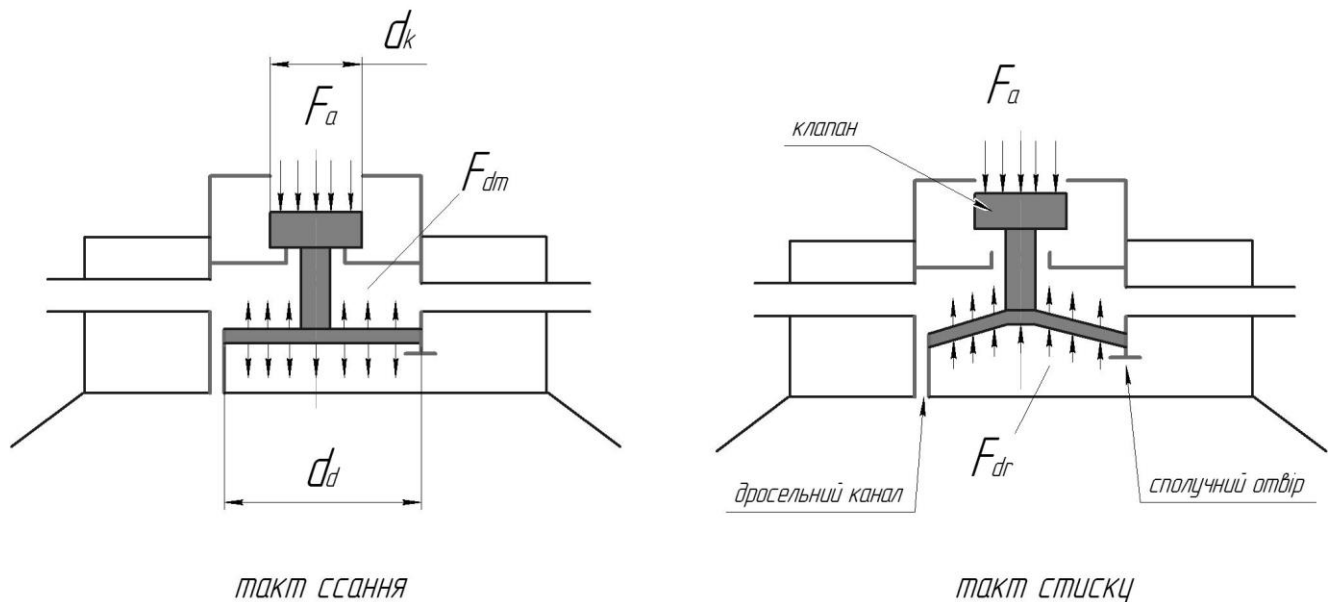


Рис. 3.1. Схема силового впливу на елементи розробленого керуючого механізму

Під час такту виведення молока клапан розробленого пристрою має бути закритий. Запишемо умову за якої клапан буде у закритому стані – сили котрі діють в напрямку закривання мають перевищувати сили які діють в напрямку відкривання. В такому випадку сила яка утримує клапан закритим визначається з врахуванням [13, 14, 15, 16], відповідно до умови:

$$F_c = F_a + F_{dr} - F_{dm} - F_d > 0, \quad (3.1)$$

де F_c – сила закривання клапана, Н;

F_a – дія сили з боку атмосфери, Н;

F_{dr} – дія сили з боку камери керування, Н;

F_{dm} – дія сили з боку простору колектора для молока, Н;

F_d – пружна сила матеріалу диска, Н.

Якщо сума сил котрі тиснуть на клапан для його закриття буде перевищувати суму сил котрі прагнуть підняти клапан, то в кінцевому результаті клапан залишиться закритим під час такту виведення молока із вимені корови.

Величина сили яка діє з боку атмосфери можна визначити за формулою:

$$F_a = p_a \cdot S_k = p_a \cdot \frac{\pi \cdot d_k^2}{4}, \quad (3.2)$$

де p_a – величина тиску атмосферний, Па;

S_k – площа поверхні контакту клапана, м²;

d_k – діаметральний розмір клапана, м.

Тиск що виникає з боку камери керування становитиме:

$$F_{dr} = p_r \cdot S_d = p_r \cdot \frac{\pi \cdot d_d^2}{4}, \quad (3.3)$$

де p_r – величина тиску у камері керування, Па;

S_d – площа поверхні пружного диска, м²;

d_d – діаметральний розмір пружного диска, м.

Сила, яка тисне з боку молочного простору колектора визначається як:

$$F_{dm} = p_m \cdot S_d = p_m \cdot \frac{\pi \cdot d_d^2}{4}, \quad (3.4)$$

де p_m – величина тиску у молочному просторі колектора, Па.

Сила, яка враховує пружні характеристики матеріалу дика можна визначити за допомогою формули:

$$F_{dr} = p_m \cdot S_d \cdot \gamma = p_m \cdot \frac{\pi \cdot d_d^2}{4} \cdot \gamma, \quad (3.5)$$

де γ – пружна характеристика матеріалу диску.

Якщо підставити отримані рівняння (3.2, 3.3, 3.4, 3.5) у рівняння (3.1) та виконаємо деякі математичні перетворення отримаємо аналітичну модель для встановлення тиску закривання клапана під час такту виведення молока:

$$F_c = 0,785 \cdot (p_a \cdot d_k^2 + p_r \cdot d_d^2) - 0,785 \cdot p_m \cdot d_d^2 \cdot (1 + \gamma). \quad (3.6)$$

Із рівняння (3.6) походить, що сила з якою утримується клапан механізму закритим визначається геометричними розмірами клапана та диска, співвідношення яких становить коефіцієнт пропорційності ($d_k/d_d=k$), оскільки виконується умова рівності тисків $p_m=p_r$ під час такту виведення молока (рис. 3.2).

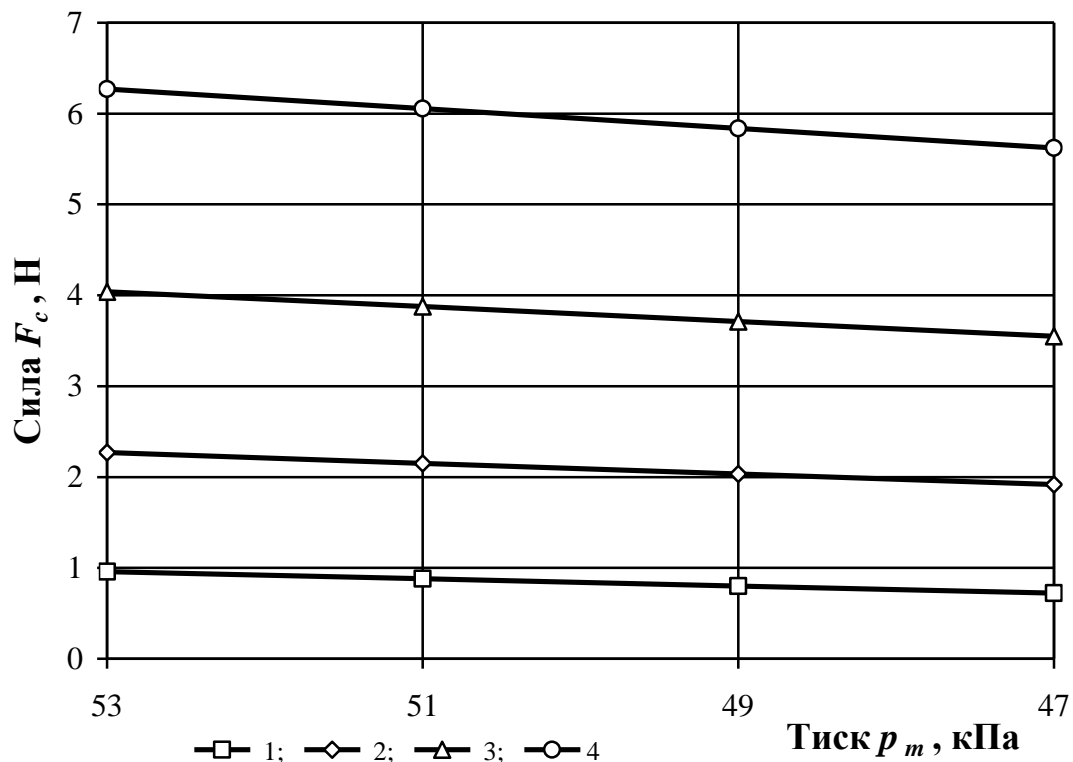


Рис. 3.2. Графічна залежність сили утримання клапана закритим (F_c) під дією тисків ($p_m=p_r$) за умови коефіцієнта пропорційності ($d_k/d_d=k$): 1 – 0,6; 2 – 0,67; 3 – 0,71; 4 – 0,75.

Відповідно до графічних залежностей на рис. 3.2, зі зростанням рівня тиску у молочному просторі колектора доїльного апарата сила притискання клапана несуттєво знижується для усього діапазону досліджуваних значень коефіцієнта пропорційності. Зі збільшенням коефіцієнта пропорційності в межах діючого фіксованого рівня тиску сила притискання клапана суттєво зростає. Так, за умови рівня тиску 53 кПа при збільшенні коефіцієнта пропорційності клапанного механізму від 0,6 до 0,75 сила притискання зростає на 5,2 Н або у 6,5 рази, а за умови рівня тиску 47 кПа – на 4,9 Н або у 7,8 рази. Таким чином, коефіцієнт співвідношення геометричних параметрів клапанної системи має більш значуще значення на силу притискання ніж рівень вакуумметричного тиску.

Дослідження проводились при фіксованому значенні пружної характеристики диску при заданому коефіцієнті пропорційності, значення якого визначається [15, 17, 18, 19, 20] за формулою:

$$\gamma = \frac{\frac{1}{3} + \frac{d_k}{d_d} + \left(\frac{d_k}{d_d}\right)^2}{1 + \frac{2d_k}{d_d} + \left(\frac{d_k}{d_d}\right)^2}, \quad (3.7)$$

Під час такту стиснення клапан розробленого механізму створення мікроколивань повинен бути відкритим. Для відкритого положення клапана повинна виконуватись наступна умова:

$$F_o = F_{dr} + F_{dm} - F_d - F_a > 0, \quad (3.8)$$

де F_o – сила закривання клапана, Н;

F_a – дія сили з боку атмосфери, Н;

F_{dr} – дія сили з боку камери керування, Н;

F_{dm} – дія сили з боку простору колектора для молока, Н;

F_d – пружна сила матеріалу диска, Н.

Виконавши ряд перетворень отримаємо математичний вираз для встановлення сили для відкриття клапана під час такту стиснення:

$$F_o = 0,785 \cdot d_d^2 (p_m + p_r - p_m \cdot \gamma) - 0,785 \cdot p_a \cdot d_k^2. \quad (3.9)$$

За результатами дослідження рівняння (3.9) отримали графічні залежності на рис. 3.3.

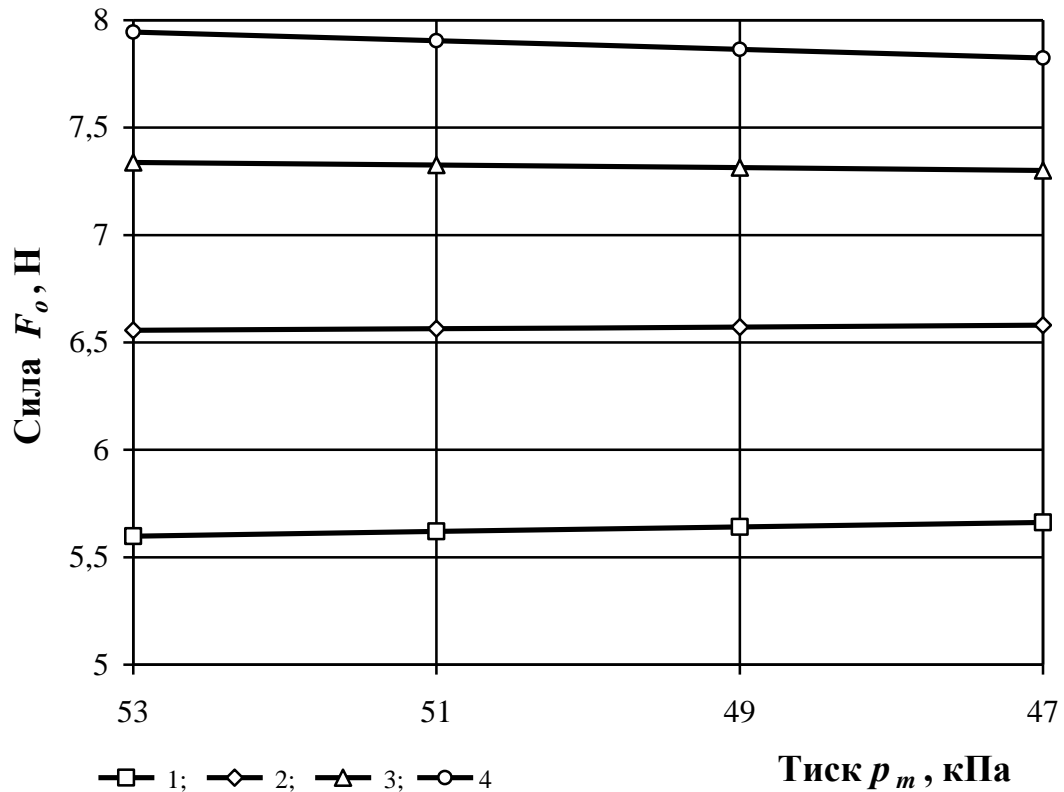


Рис. 3.3. Графічна залежність сили утримання клапана відкритим (F_o) під дією різниці тисків p_m і p_r за умови коефіцієнта пропорційності ($d_k/d_d=k$): 1 – 0,6; 2 – 0,67; 3 – 0,71; 4 – 0,75.

Під час такту стиснення тиск у камері керування буде відповідати рівню атмосферного тиску, а у молочному просторі колектора буде діяти вакуумметричний тиск. Відповідно до графічних залежностей на рис. 3.3, сила з якою клапан буде відкриватись суттєво залежить від коефіцієнта пропорційності. Так, для рівня тиску у молочному просторі колектора $p_m=53$ кПа та атмосферному тиску $p_a=p_r=101,325$ кПа сила відкриття клапана при збільшенні коефіцієнта пропорційності від 0,6 до 0,75 зростає на 2,35 кПа або

на 42 %, а для рівня тиску у молочному просторі колектора $p_m=47$ кПа – зростання становить 2,16 кПа або на 38 %. При цьому, в межах фіксованої величини коефіцієнта пропорційності рівень тиску у молочному просторі колектора доїльного апарата не має суттєвого впливу.

Для коефіцієнта пропорційності 0,6 сила яка прагне відкрити клапан розробленого механізму менша від сили яка притискає клапан та тримає його закритим. Таким чином, незважаючи на виконання умови (3.8), мінімальне значення коефіцієнта пропорційності не варто використовувати під час конструювання керуючого механізму.

Виникає потреба у встановленні бажаного діапазону значення коефіцієнта пропорційності для гарантованого функціонування розробленого механізму (рис. 3.4).

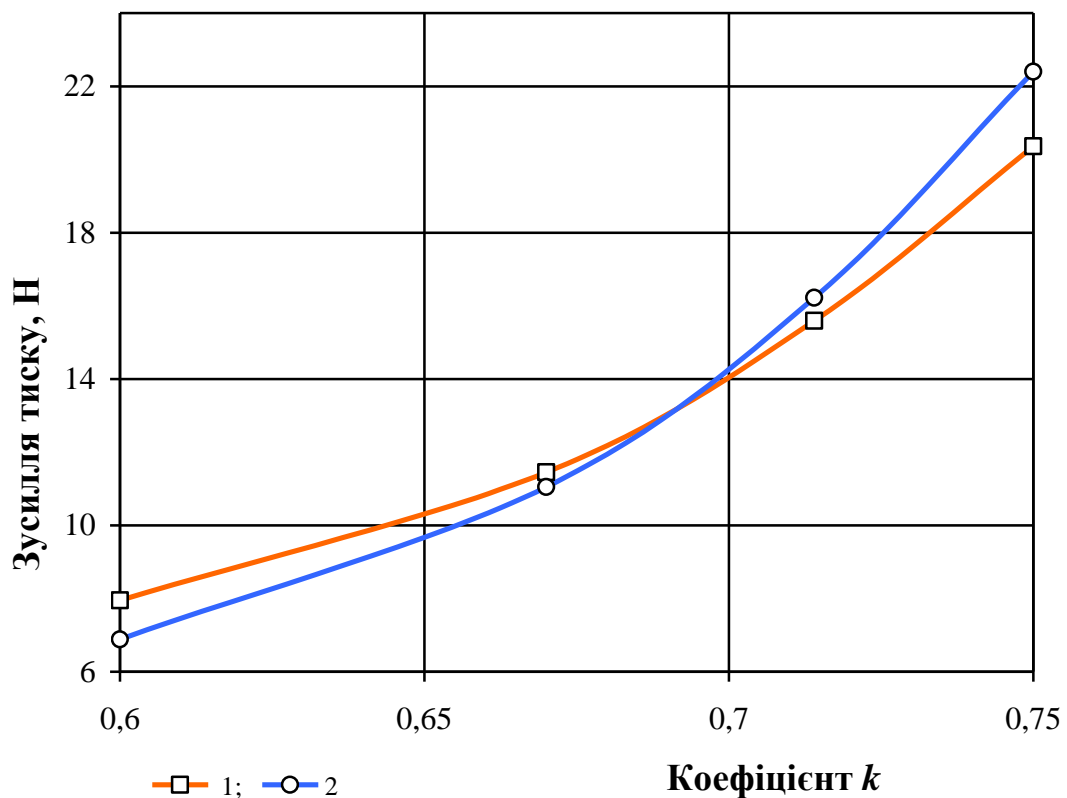


Рис. 3.4. Характер зміни тисків зміни положення елементів керуючого механізму від коефіцієнта пропорційності (k): 1 – характер залежності силового впливу на утримання клапана закритим; 2 – характер залежності силового впливу на утримання клапана відкритим.

Відповідно до отриманих графічних залежностей на рис. 3.4, чітко прослідковується раціональні значення коефіцієнта пропорційності для забезпечення функціонування розробленого механізму. Так, в діапазоні значень коефіцієнта пропорційності від 0,6 до 0,69 сила відкривання клапана розробленого механізму менша від сили яка спрямована на закривання клапана. Це означає, що виділений діапазон коефіцієнта пропорційності не варто використовувати, оскільки механізм запропонованої конструкції не буде функціонувати – клапан буде весь час закритим.

Таким чином мінімальне значення коефіцієнта пропорційності для гарантованого функціонування розробленого механізму має становити $k=0,7$.

Рівняння регресії яке пов'язує силу тиску на утримання клапана закритим під час такту виведення молока та коефіцієнта пропорційності має вигляд:

$$F_c = 416,35 \cdot k^2 - 479,61 \cdot k + 145,85, \quad (3.10)$$

де k – коефіцієнт пропорційності, $k=d_k/d_d$.

Рівняння регресії (3.10) є адекватним, оскільки коефіцієнт детермінації має максимально можливе значення $R^2=0,99$.

Рівняння регресії яке пов'язує силу тиску яка відкриває клапан під час такту стиснення та коефіцієнт пропорційності має вигляд:

$$F_o = 561,89 \cdot k^2 - 655,56 \cdot k + 197,96. \quad (3.11)$$

Рівняння регресії (3.11) є адекватним, оскільки коефіцієнт детермінації має максимально можливе значення $R^2=0,99$.

Наступним кроком у дослідженні розробленого механізму створення мікроколивань тиску у просторі під дією корови полягає у встановленні кількості мікроколивань під час такту стиснення. Тобто, необхідно визначити тривалість процесу перемикавання клапана із одного положення в інше.

3.2. Визначення режимних характеристик керуючого механізму розробленого колектора

Функціонування розробленого механізму забезпечується за рахунок швидкості зміни тиску у просторі над пружним диском. Чим швидше буде змінюватись тиск із вакуумметричного на атмосферний, тим більше мікроколивань механізму можна отримати впродовж такту стиснення.

Проміжок часу впродовж якого тиск у просторі над пружним диском має змінитись на протилежний, можна визначити за допомогою формули [14, 15]:

$$t_k = \frac{v}{76 \cdot \zeta_p} \ln \left(\delta \cdot \frac{P_m}{P_r} \right), \quad (3.12)$$

де v – обсяг простору над пружним диском, см^3 ;

δ – параметр часу залежно від рівня тисків;

ζ_p – Пуазейловий коефіцієнт.

Пуазейлів коефіцієнт враховує шлях який пройде потік повітря між просторами механізму котрі з'єднані трубками та каналами, визначається за допомогою відомої формули [14, 15]:

$$\zeta_p = \frac{\pi \cdot d_l^4}{128 \cdot l_p \cdot \eta_p}, \quad (3.13)$$

де d_l – діаметр з'єднувальної трубочки (див. рис. 2.1), см ;

l_p – довжина з'єднувальної трубочки, см ;

η_p – в'язкість динамічна для повітря за заданих умов, $\text{г/см} \times \text{с}$.

Для визначення коефіцієнта залежності тривалості спрацювання механізму використовують значення рівня тиску за абсолютним показником, використовуючи формулу [14, 15]:

$$\delta = \frac{152 - p_r}{152 - p_m}, \quad (3.14)$$

Кількість змін положень клапана (n_k), а відповідно і мікроколивань, впродовж такту стиснення визначаємо за формулою:

$$n_k = \frac{t_{st}}{t_k}, \quad (3.15)$$

де t_{st} – продовженість такту стиснення, с.

Залежність кількості змін положень клапана механізму керування від геометричних параметрів з'єднувальних елементів подано на рис. 3.5.

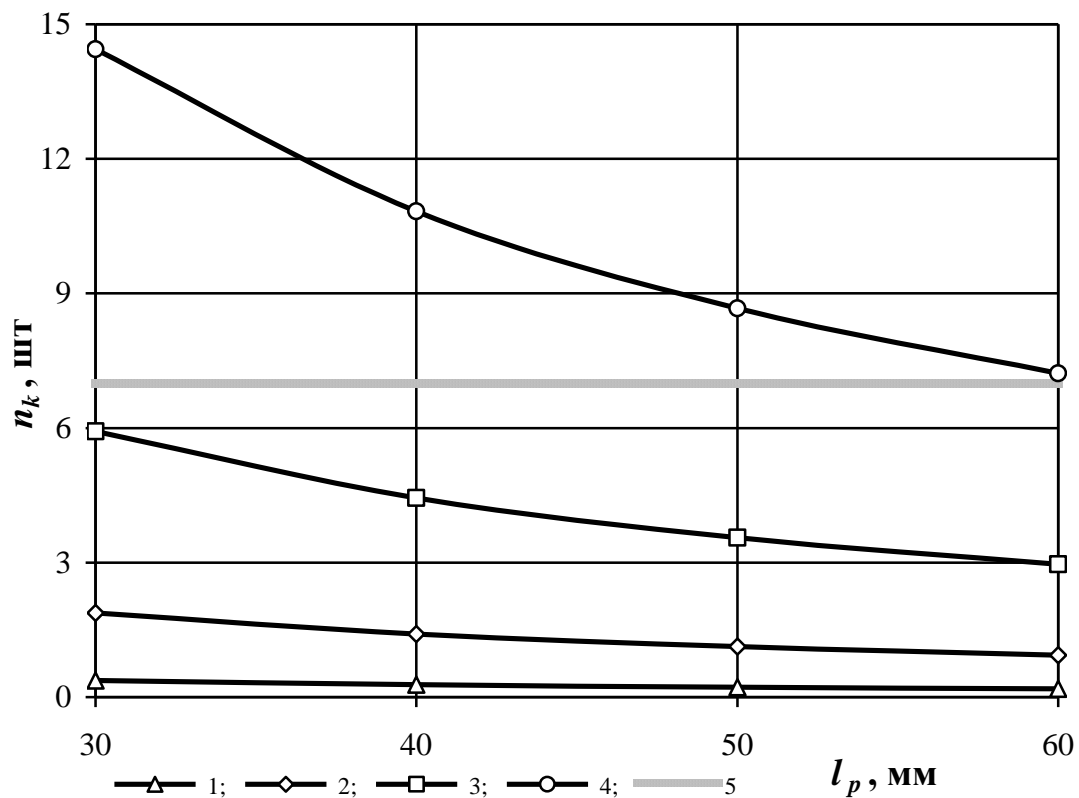


Рис. 3.5. Залежність кількості змін положень клапана (n_k) впродовж такту стиснення від подовження з'єднувальної трубочки (l_p) за умови діаметра (d_l): 1 – 1 мм; 2 – 1,5 мм; 3 – 2 мм; 4 – 2,5 мм; 5 – мінімальне значення

Відповідно до графічних залежностей на рис. 3.5, зі збільшенням довжини з'єднувальної трубочки кількість змін положення клапана

розробленого механізму зменшується незалежно від його діаметра. Інтенсивність зменшення числа коливань клапана при збільшенні довжини трубочки мінімальна при мінімальному значенні його діаметра. Так, при діаметрі трубки (d_l) від 1 до 1,5 мм число змінних положень клапана становить 0,18-1,87 разів, що недостатньо для досягнення мінімально-допустимого значення.

При діаметрі з'єднувальної трубочки у 2 мм суттєво зростає число змінних положень клапана розробленого механізму. Причому меншій довжині з'єднувальної трубочки відповідає більше число змінних положень клапана. Але, за такого діаметра не можна отримати більше семи коливань клапана впродовж такту стиснення.

Діаметр з'єднувальної трубки більший ніж 2,5 мм дозволяє отримати кількість змін положення клапана розробленого механізму більше ніж сім разів у всьому діапазоні його довжини. Так, за умови довжини з'єднувальної трубочки 30 мм, число змінних коливань клапана становить 14,4 разів. А при збільшенні довжини з'єднувальної трубочки до 60 мм, число змінних коливань клапана зменшується до 7,2 разів, тобто у два рази. Причому від діаметра 2 мм до 2,5 мм при довжині з'єднувальної трубочки 30 мм кількість змінних положень зростає у 2,45 рази, а при довжині з'єднувальної трубочки 60 мм кількість змінних положень зростає у 2,43 рази.

За результати проведених досліджень отримали рівняння регресії яке вказує на взаємозв'язок геометричних параметрів системи поєднання складових із кількістю коливань клапана:

$$n_k = 2,4324l_p - 4,0242d_l + 0,0021l_p^2 - 0,1527l_p d_l + 4,9958d_l^2, \quad (3.16)$$

де d_l – діаметр з'єднувальної трубочки, м;

l_p – довжина з'єднувальної трубочки, м.

Рівняння регресії (3.16) можна вважати адекватним так як встановлений коефіцієнт детермінації знаходиться на рівні $R^2=0,98$, що більше мінімально-допустимого значення 0,75.

3.3. Висновки до розділу 3

1. Встановлено, що зі збільшенням коефіцієнта пропорційності в межах діючого фіксованого рівня тиску сила закривання клапана суттєво зростає. Доведено, що за умови рівня тиску 53 кПа при збільшенні коефіцієнта пропорційності від 0,6 до 0,75 сила з якою клапан утримується закритим зростає на 5,2 Н або у 6,5 рази, а за умови рівня тиску 47 кПа – на 4,9 Н або у 7,8 рази.

2. Встановлено, що сила яка відкриває клапан суттєво залежить від коефіцієнта пропорційності. Для рівня тиску у молочному просторі колектора 53 кПа сила відкривання клапана зі збільшенням коефіцієнта пропорційності від 0,6 до 0,75 зростає на 2,35 кПа або на 42 %, а для рівня тиску 47 кПа – зростання становить 2,16 кПа або на 38 %. При цьому, в межах фіксованої величини коефіцієнта пропорційності рівень тиску у молочному просторі колектора доїльного апарата не має суттєвого впливу.

3. Отримано рівняння регресії яке пов'язує силу тиску на утримання клапана закритим під час такту виведення молока та коефіцієнта пропорційності. Отримано рівняння регресії яке пов'язує силу тиску яка відкриває клапан під час такту стиснення та коефіцієнт пропорційності. Встановлено мінімально-допустиме значення коефіцієнта пропорційності на рівня $k=0,7$ за якого функціонування розробленого механізму буде стабільним.

4. Встановлено, що діаметр з'єднувальної трубочки має становити 2,5 мм з довжиною від 30 до 60 мм. Проте при з'єднувальної трубочки 30 мм, кількість подразнюючих молоковіддачу коливань становить 14,4 разів, а при довжині 60 мм, число коливань становитиме лише 7,2 рази. За результати проведених досліджень отримали рівняння регресії яке вказує на взаємозв'язок геометричних параметрів системи поєднання складових розробленого механізму із кількістю коливань клапана.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що класичним схемам колекторів притаманні недоліки які не дозволяють в повній мірі задовольнити існуючі вимоги до машинного доїння корів. Дослідження вчених спрямовані на покращення режимних та якісних показників машинного доїння. Але проблемі стимулювання молоковиведення серед відомих робіт вчених із машинного доїння корів не приділялось належної уваги.

2. Розроблена конструкція механізму мікроколивань тиску у просторі під дією доїльного стакана. Завдяки створенню мікроколивань буде виникати додатковий стимулюючий ефект для тварини що сприятиме реалізації повноти виведення утвореного у вимені молока, особливо на заключних хвилинах машинного доїння. В наслідок цього зменшиться час на машинне додоювання і машинне доїння в цілому.

3. Встановлено, що зі збільшенням коефіцієнта пропорційності в межах діючого фіксованого рівня тиску сила закривання клапана суттєво зростає. Доведено, що за умови рівня тиску 53 кПа при збільшенні коефіцієнта пропорційності від 0,6 до 0,75 сила з якою клапан утримується закритим зростає на 5,2 Н або у 6,5 рази, а за умови рівня тиску 47 кПа – на 4,9 Н або у 7,8 рази. Встановлено, що величина рівня тиску у молочній порожнині колектора та у розподільній порожнині під час такту виведення молока не мають суттєвого впливу на величину сили притискання клапана.

4. Встановлено, що сила яка відкриває клапан суттєво залежить від коефіцієнта пропорційності. Для рівня тиску у молочному просторі колектора 53 кПа сила відкривання клапана зі збільшенням коефіцієнта пропорційності від 0,6 до 0,75 зростає на 2,35 кПа або на 42 %, а для рівня тиску 47 кПа – зростання становить 2,16 кПа або на 38 %. При цьому, в межах фіксованої величини коефіцієнта пропорційності рівень тиску у молочному просторі колектора доїльного апарата не має суттєвого впливу.

5. Отримано рівняння регресії яке пов'язує силу тиску на утримання клапана закритим під час такту виведення молока та коефіцієнта

пропорційності. Отримано рівняння регресії яке пов'язує силу тиску яка відкриває клапан під час такту стиснення та коефіцієнт пропорційності. Встановлено мінімально-допустиме значення коефіцієнта пропорційності на рівня $k=0,7$ за якого функціонування розробленого механізму буде стабільним.

6. За результати проведених досліджень отримали рівняння регресії яке вказує на взаємозв'язок геометричних параметрів системи поєднання складових розробленого механізму із кількістю коливань клапана.

7. Встановлено раціональні параметри складових розробленого механізму створення стимулюючих подразнень під час машинного доїння корів. Так, діаметр з'єднувальної трубочки має становити 2,5 мм з довжиною, яка визначається конструкцією колектора, але не більше 50 мм. Об'єм простору над пружним диском повинен становити 1,2 см³ при співвідношення діаметра клапана до діаметра диску не менше 0,7. В такому число стимулюючих коливань буде становитиме більше 7 разів впродовж такту стиснення, що перевищує значення відомих конструкцій доїльних апаратів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Карпенко С. Ю. Технології та технічні засоби машинного доїння корів. К.: Вища школа, 2011. 256 с.
2. Розлич П. С. Доїння корів : теорія та практика. *Техніка АПК*. 2013. №8. С 12-16.
3. Фененко А. І. Машинне доїння корів : підручник. К.: Кондор, 2014. 236 с.
4. Машини для тваринництва та птахівництва. / за ред. В. І. Кравчука та Ю. Ф. Мельника. Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого, 2019. 218 с.
5. Рябенюк В. А. Машини та обладнання для тваринництва : підручник. К. : Кондор, 2017. 702 с.
6. Сергієнко К. М. Критеріальний підхід до оцінки колекторів доїльного апарата. *Наукові читання–2024: матеріали науково-практичної конференції*. 20 травня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 112–113.
7. Сергієнко К. М. Техніко-конструкційна оцінка колекторів доїльного апарата. *Студентські читання–2024* : матеріали науково-практичної конференції. 31 жовтня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 125–127.
8. Фенюк В. В. Теорія і практика машинного доїння корів: монографія. Київ, 2016. 198 с.
9. Феєнко В. І., Сиртюк А. А. Режимна характеристика колектора молокопровідна лінія доїльна апарата. *Вісник Львівського державного аграрного університету : Агроінженерні дослідження*. 2016. № 8. С. 118–122.
10. Ліпінський А. П. Аналітикак ефектикету режиму робота доїльного апаратів різних конструкція. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*. 2019. Вип. 89. С. 11–17.

11. Дмитрова В. К. Дослідження молоковіддачі різних режимів доїльного апарата. *Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження*. 2014. № 8. С. 216–220.
12. Контура М. М. Адаптивний режим роботи доїльного апарата. *Техніка АПК*. 2016. С. 82–85.
13. Медведський О. В., Сергієнко К. М. Оцінка геометричних параметрів потоку молока у колекторі доїльного апарата. *Біоенергетичні системи : матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції*. 12-14 листопада 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 13–15.
14. Бойчук В. В. Гідравлічні процеси та потоки : підручник. К.: «КП», 2017. 324 с.
15. Резанік П. Н. Вакуумна техніка : підручник. К. : Вища. школа, 2010. 320 с.
16. Медведський О. В., Ачкевич О. М., Ачкевич В. І. Динаміка вакуумметричного тиску молочної камери колектора доїльного апарата. *Scientific horizons*. 2019. № 5 (78). С. 51–57. doi: 10.33249/2663-2144-2019-78-5-51-57.
17. J. Česna, O. Medvedskiy, Y. Postol, V. Kukharets, M. Zayets, R. Hrudovij, Y. Pantsyr, J. Zarajczyk, D. Zbigniew (2022). Simulation of design parameters of a milking cup with an extended service life. *Agricultural Engineering*, Vol. 26, No. 1, Pp. 243-252. DOI: 10.2478/agriceng-2022-0019.
18. O. Medvedskiy, S. Kukharets, J. Česna, O. Sukmaniuk. Simulation of a vacuum system of a small-size milking machine. *Engineering for rural development*. 2021. Vol. 20. P. 1456-1462. DOI: 10.22616/ERDev2021.20.TF099.
19. O. Medvedskiy, S. Kukharets, J. Česna, V. Achkevych. Estimation of mechanical and technological specifications of milk transporting system of the milking machine. *Proceedings of the 19-th International Scientific Conference Engineering for Rural Development*. Jelgava : Latvia University of Life Sciences and Technologies, 2020. Vol. 19. P. 1456–1462. DOI: 10.22616/ERDev2020.19.TF364.
20. Медведський О. В., Кухарець С. М., Ярош Я. Д., Цивенкова Н. М. Енергетична та технологічна ефективність мобільних доїльних установок : монографія. Житомир : ЖНАЕУ, 2020. 124 с.