

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Механіко – технологічний факультет**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

**Завідувач кафедри**

Охорона праці та біотехнічних систем у

тваринництві

(назва кафедри)

Хмельовський В.С.

(підпис)

(ПІБ)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 р.

**БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему «Розробка та обґрунтування конструкційно-режимних параметрів  
механічного пульсатора для адаптивного доїльного апарата»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

**Гарант освітньої програми**

Д.Т.Н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Братішко В.В.

(ПІБ)

**Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи**

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Ачкевич О.М.

(ПІБ)

**Виконав**

(підпис)

Константиненко Ілля Сергійович

(ПІБ)

**КИЇВ – 2026**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ

І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

Охорона праці та біотехнічних систем у  
тваринництві

д.т.н., проф. \_\_\_\_\_ **Хмельовський В.С.**  
(наук. ступ., вч. звання) (підпис) (ПІБ)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи**

Константиненко Ілля Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність \_\_\_\_\_ 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи «Розробка та обґрунтування  
конструкційно-режимних параметрів механічного пульсатора для адаптивного  
доїльного апарата»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «16» лютого 2026р. №510 «С»

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру: \_\_\_\_\_ 04.05.2026

(рік, місяць, число)

**Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра:** Технічна документація пульсатора

**Перелік питань які потрібно розробити** \_\_\_\_\_

Вступ;

Аналіз існуючих конструкцій пульсатора;

Механіко-технологічних властивостей пульсатора для адаптивного доїльного апарата;

Розробка пульсатора;

Техніко-економічна оцінка

Висновки;

Список використаних джерел;

(перелік питань, які потрібно розробити)

**Перелік графічного матеріалу:** Вступ; мета та завдання дослідження; об'єкт дослідження;  
класифікація агрегатів; деталювання. Висновки

Дата видачі завдання «23» лютого 2026 р.

**Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи** \_\_\_\_\_

( підпис )

Ачкевич О.М.

(прізвище та ініціали)

**Завдання прийняв до виконання** \_\_\_\_\_

( підпис )

Константиненко І.С.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Він складається з реферату, ілюстрацій, таблиць, 28 посилань, та 24 рисунка, робота написана на 66 сторінки.

**Ключові слова:** доїльний апарат, механічний пульсатор, адаптивне доїння, молочне скотарство, мастит, молоковіддача, механізація тваринництва.

Дипломна робота присвячена розробці та обґрунтуванню конструкційно-режимних параметрів механічного пульсатора для адаптивного доїльного апарата. Актуальність теми обумовлена необхідністю підвищення ефективності виробництва молока, покращення якості доїння та зниження захворюваності корів на мастит. Сучасний розвиток молочного скотарства потребує впровадження нових технічних рішень, які забезпечують відповідність режимів доїння фізіологічним особливостям тварин.

У роботі проведено аналіз сучасних конструкцій доїльних апаратів і пульсаторів вітчизняного та закордонного виробництва. Встановлено, що більшість існуючих пульсаторів працюють із постійною частотою пульсацій та незмінним коефіцієнтом такту, що не дозволяє повною мірою враховувати індивідуальні особливості молоковіддачі корів. Це негативно впливає на інтенсивність доїння, стан вимені та продуктивність тварин.

Метою роботи є удосконалення конструкції механічного пульсатора адаптивного доїльного апарата шляхом обґрунтування його конструктивних та режимних параметрів. Для досягнення поставленої мети виконано аналіз тенденцій розвитку пульсаторів для доїльних апаратів, досліджено характеристики механічних пульсаторів, проведено перевірку режимів роботи та визначено вплив адаптивного доїльного апарата на продуктивність доїння і частоту виникнення маститу у корів.

У результаті досліджень запропоновано конструкцію механічного пульсатора, яка забезпечує зміну частоти пульсацій та коефіцієнта такту залежно від інтенсивності молоковіддачі. Проведені експериментальні дослідження підтвердили, що використання адаптивного пульсатора сприяє покращенню процесу доїння, підвищенню надоїв молока та зменшенню травмування вимені.

Практичне значення роботи полягає у можливості застосування удосконаленого механічного пульсатора в доїльних апаратах для прив'язного та безприв'язного утримання корів. Використання запропонованої конструкції дозволяє підвищити ефективність роботи доїльного обладнання, покращити умови експлуатації та забезпечити стабільну якість отриманого молока.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП                                                                                                                                          | 6  |
| 1. СТАН ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ                                                                                                  | 8  |
| 1.1 Аналіз досліджень доїння корів адаптивними доїльними апаратами                                                                             | 8  |
| 1.2. Класифікація та аналіз адаптивних доїльних апаратів                                                                                       | 14 |
| 1.3. Класифікація пульсаторів адаптивних доїльних апаратів                                                                                     | 20 |
| 2. КОНСТРУЦІЯ ТА РОБОЧІ ПАРАМЕТРИ МЕХАНІЧНОГО ПУЛЬСАТОРА АДАПТИВНОГО                                                                           | 25 |
| 2.1 Конструктивні схеми адаптивного доїльного апарату з доїнням у бідон з механічним пульсатором                                               | 25 |
| 2.2 Теоретичне обґрунтування конструктивно-режимних параметрів пульсатора адаптивного доїльного апарату                                        | 31 |
| 3. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНОГО ПУЛЬСАТОРА АДАПТИВНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТУ                                                                            | 41 |
| 3.1 Методика досліджень                                                                                                                        | 41 |
| 3.2 Визначення співвідношення тактів пульсатора                                                                                                | 44 |
| 3.3 Методика визначення переміщення золотника по висоті залежно від вакуумметричного тиску, що подається під шток                              | 47 |
| 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ПУЛЬСАТОРІВ У АПАРАТАХ                                                                                    | 49 |
| 4.1. Результати дослідження щодо визначення часу включення тактів                                                                              | 49 |
| 4.2. Результати досліджень щодо визначення переміщення золотника по висоті залежно від вакуумметричного тиску під штоком                       | 51 |
| 4.3. Результати досліджень щодо визначення необхідної потужності приводу золотника пульсатора залежно від конструктивних параметрів пульсатора | 53 |
| 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ                                                                                                     | 56 |
| 5.1. Охорона праці                                                                                                                             | 61 |
| ВИСНОВКИ                                                                                                                                       | 64 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ                                                                                                                     | 65 |

## ВСТУП

Як впливає з Державної програми розвитку сільського господарства та регулювання ринків сільськогосподарської продукції, сировини та продовольства на 2020 - 2025 роки, передбачається збільшити кількість р продовольчих товарів щодо загальних ресурсів, зокрема таких, як м'ясо (91,5%), зерно (99,7%), молоко (90,2%), све 98,7%), олія (87,7%).

У зв'язку з цим на розвиток галузі молочного тваринництва, поряд з іншими напрямками, слід звернути особливу увагу. При цьому дуже важлива як технологія вирощування та утримання корів, так і технологічне обладнання для виробництва та переробки молока. У цьому доїння корів – одне з найважливіших операцій технологічного процесу. Від того, наскільки відповідає доїльне обладнання фізіології тварин залежить молочна продуктивність і здоров'я вимені корів.

На ці параметри впливає як режим доїння, і фізіологія вимені тварин. Найбільше адаптовано доїння корів на доїльних установках типу «Ялинка», «Паралель», «Тандем» в автоматизованих доїльних залах. Виробництвом таких установок займаються зарубіжні фірми «Імпульс», «Вестфалія», «Де Лаваль», а також вітчизняні підприємства. Як правило, вони містять у складі елементи автоматики, які дозволяють процес доїння зробити керованим, залежно від інтенсивності молоковіддачі, забезпечуючи різний режим стимуляції молочних залоз. При цьому змінюються такі важливі параметри, як частота пульсацій, співвідношення тактів пульсатора та вакуумметричний тиск доїння.

У той же час виникає необхідність доїння тварин у бідон або молокопровід при прив'язному утриманні, пологових приміщеннях, а також при захворюваннях корів маститом. При цьому доїльний апарат має відповідати фізіологічним особливостям вимені тварин.

Нині у конструкціях доїльних апаратів використовуються пульсатори як вітчизняного, і зарубіжного виробництва, механічного, електромагнітного, гідравлічного, електромеханічного, пневмомеханічного, електричного, пневматичного типу. при доїнні корів у бідон, як правило, підтримується постійний вакуумметричний тиск і використовуються пневмомеханічні пульсатори або пульсатори попарного доїння з гідростабілізацією, що володіють постійним співвідношенням тактів і частотою пульсацій. Тому доцільною є розробка пульсатора для доїльного апарату з доїнням в бідон, у якого в залежності від інтенсивності молоковіддачі будуть змінюватися частота пульсацій і співвідношення тактів.

**Мета роботи** – удосконалення конструкції механічного пульсатора адаптивного доїльного апарату шляхом обґрунтування його конструктивних та режимних параметрів для підвищення ефективності доїння, покращення якості молока та зниження захворюваності корів на мастит.

**Завдання дослідження:**

Провести аналіз сучасних конструкцій доїльних апаратів та пульсаторів вітчизняного і закордонного виробництва.

Дослідити конструктивні та режимні характеристики механічних пульсаторів.

Обґрунтувати конструкційні та режимні параметри адаптивного механічного пульсатора.

Провести перевірку режимів роботи удосконаленого пульсатора.

Визначити вплив адаптивного доїльного апарата на інтенсивність доїння, продуктивність корів та частоту виникнення маститу.

Оцінити ефективність застосування удосконаленого пульсатора в умовах виробництва.

**Об'єкт дослідження** - процес машинного доїння корів адаптивним доїльним апаратом.

**Предмет дослідження** – конструкційні та режимні параметри механічного пульсатора адаптивного доїльного апарата та їх вплив на ефективність процесу доїння.

# **1 СТАН ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ**

## **1.1 Аналіз досліджень доїння корів адаптивними доїльними апаратами**

Статистика останніх років, як загалом в Україні, так і в нашому регіоні, показує, що підвищення ефективності молочного виробництва – це основне завдання сучасного агропромислового комплексу. Одним з варіантів вирішення цієї проблеми вважають те, що необхідно конструктивно покращувати обладнання, що використовується для машинного доїння корів.

Машинне доїння – складний процес. Це з тим, що з нього доводиться враховувати велику низку чинників, визначальних інтенсивність молоковіддачі. Насамперед необхідно брати до уваги фізіологічні та рефлекторні особливості організму, а по-друге, це правильно провести обґрунтування конструктивно-технічних параметрів доїльних апаратів.

При машинному доїнні корів доїльний апарат взаємодіє з організмом тварини. Цей процес повторюється 2-4 рази у день.

З точки зору ефективності ручне доїння краще, але при машинному доїнні вище продуктивність, виходить чистіше і доброякісніше молоко за рахунок відсутності контакту із зовнішнім середовищем, оскільки воно відразу потрапляє в ємність для збору. Машинне доїння також полегшує працю оператора. Спільно молоко, одержуване шляхом машинного доїння, має низьку собівартість.

На повноту та ефективність видалення молока при машинному доїнні впливають як фізіологічні особливості організму тварини, так і технічні характеристики доїльних установок і апаратів, що застосовуються. При зміні норм та експлуатаційних правил доїльних апаратів порушується функція молочної залози тварин.

Молоко виводиться із молочної залози лише у процесі доїння. При цьому відбувається виділення гормону окситоцин, який потім надходить у кров. Процес потрапляння в молочну залозу триває 12 секунд, після чого відбувається скорочення альвеол, за рахунок чого стискаються соски і молоко надходить у молочні протоки, а потім у цистерни. Гормон діє протягом 5-7 хвилин, після чого відбувається його руйнування. У зв'язку з цим процес доїння слід розпочинати відразу після того, як вим'я тварини буде підготовлене.

Так як вим'я корів розвинене нерівномірно, потрібно створення доїльного апарату, що має високі показники адаптивності та пропускної здатності. Підвищення молочної продуктивності, а також зниження захворюваності на кори маститом можливе при використанні адаптивних доїльних апаратів.

Доїльне обладнання, що застосовується, впливає на продуктивність праці операторів і на продуктивність корів у період лактації, що підтримується на певному рівні. Якість молока та продуктивність корів, на думку, залежить від безлічі факторів, зокрема від повноти та якості молока, що виводиться. Біологічна система «корова-теля» за цими параметрами – ідеальна система для виведення молока. Однак у даній системі є недолік: теля швидко насичується і у

вимені залишається молоко. Отже, за цієї системи продуктивність корів не зростає. При ручному доїнні, навпаки, спостерігається зростання продуктивності тварин, але виникає обмеження щодо повноти вилучення молока, оскільки руки доярки швидко втомлюються. Доїльний апарат, у свою чергу, забезпечує повноту видаювання, але через перетримки у заключній фазі доїння виникає «сухе доїння». Це викликає болючі відчуття у корів, а також ряд захворювань вимені, що веде за собою передчасний запуск корів, зниження продуктивності та погіршення якості молока.

Відомо, що одним із значущих факторів, що впливають на підвищення молочної продуктивності корів, вважається застосування для доїння тварин адаптивних доїльних установок, при цьому вони повинні мати спеціальні конструктивно-технічні параметри, підібраними під кожен групу і породу тварин, щоб машинне доїння було на високому рівні. Як правило, біотехнічна система складається з трьох елементів: людина, технічний пристрій та тварина. Дана система багаторівнева і самоналаштовується.

Дуже важливо дотримуватись режиму доїння для стимуляції процесу лактації. Сьогодні існує думка, що розроблені доїльні апарати і за кордоном, і в нашій країні не забезпечують достатню стимуляцію молоковіддачі. У багатьох моделях доїльних апаратів низька інтенсивність доїння, а також при використанні є ризик захворюваності тварин маститом.

Сучасний доїльний апарат, як вважається, повинен стимулювати рефлекс молоковіддачі, повною мірою видавати і не завдавати шкоди вимені корови. При цьому параметри та режими апарату повинні відповідати фізіологічним параметрам тварин щодо машинного доїння.

На думку ряду авторів, процес стимулювання молоковіддачі має відбуватися разом із тактом відпочинку, що забезпечує нормальну роботу доїльного апарату. При цьому процес вилучення молока з вимені та його переміщення з колектора повинні проходити паралельно та незалежно один від одного. Що існуючі доїльні апарати працюють за принципом висмоктування молока з вимені та стиснення соска для того, щоб відновити кровообіг. Доїльний апарат, паралельно із вилученням молока, повинен стимулювати молоковіддачу, не перешкоджаючи закінченню молока.

Серед факторів, що впливають на ефективність процесу машинного доїння, такі як селекційно-генетичні параметри вимені і, отже, молоковіддачі, технологічні параметри процесу доїння, а також технічні параметри доїльних апаратів.

Удосконалення процесу машинного доїння корів – один із способів підвищення рентабельності молочного тваринництва. При розробці доїльних апаратів слід враховувати інженерні, ветеринарні, зоотехнічні та фізіологічні параметри.

Слід пам'ятати і про випадкові фактори, що виникають у процесі машинного доїння. Їх вплив не менш значущий, наприклад, при поганому

заземленні електрообладнання виникають витіку струму через каркас доїльного обладнання, вакуумну лінію, водогін, які можуть знизити молочну продуктивність корів до 30% внаслідок впливу на тварин перед початком доїння змінного струму.

Для повного видаювання корови і для того, щоб перешкоджати захворюванню вимені, потрібно точно слідувати технологічним операціям машинного доїння, які є обов'язковими при роботі з будь-яким доїльним обладнанням.

Технічні характеристики доїльних апаратів суттєво впливають на процес машинного доїння тварин. Діапазон їхніх змін є досить широким у разі будь-яких порушень технічного стану. Якщо ці порушення виникають під час доїння, то істотно змінюється швидкість надою молока і, відповідно, збільшується час доїння.

Зі збільшенням обсягів виробництва молока підвищилися зоотехнічні та технологічні вимоги під час доїння для підвищення продуктивності корів. Корови з високими показниками надоїв більш схильні до захворювань вимені при порушенні технологічного процесу доїння. Через це відбувається зниження продуктивності, згодом вибракування тварин, що тягне за собою економічні втрати.

Численними дослідженнями, проведеними вітчизняними та зарубіжними вченими, встановлено, що для зниження захворюваності та підвищення продуктивності корів на 3-5% потрібно систематично діагностувати та своєчасно усувати дефекти технічного стану доїльного обладнання.

Для доїльних апаратів, що розробляються, підбираються такі комбінації робочих параметрів, при поєднанні яких мінімальний збиток фізіології вимені тварини, при цьому забезпечується максимальне вилучення молока з мінімальним рівнем ручної праці.

Через коливання вакууму під соском сильно знижується продуктивність машинного доїння. До причин цього можна віднести низьку продуктивність вакуумної лінії, зокрема насосів, малий переріз трубопроводів, синхронну роботу пульсаторів.

Вилучення молока з вимені відбувається за рахунок різниці тисків у підсосковій камері та міжстінній камері доїльної склянки і чим більший перепад, тим вища молоковіддача. Але через високий тиск у підсосковій камері може виникнути травма тканин вимені, що підвищує ймовірність захворюваності на мастит. Найбільш оптимально для доїльних апаратів підтримувати значення вакуумметричного тиску діапазоні 45-53 кПа. Деякі доїльні апарати повною мірою копіюють акт ссання (ефект ручного доїння). Але згідно з практичними даними механічно копіювати акт смоктання (або ручне доїння) недостатньо, щоб здійснювати ефективне машинне доїння.

За даними багатьох досліджень виявлено, що захворюваність на мастит нижче при використанні доїльних апаратів, в яких протягом процесу доїння підтримується знижений вакуумметричний тиск.

Основні фізіологічні вимоги машинного доїння для доїльних апаратів:

- 1) стимулювання рефлексу молоковіддачі за мінімальних витрат ручної праці;
- 2) повноцінне вилучення молока при кожному доїнні;
- 3) автоматична зміна параметрів та режимів доїння залежно від зміни значень молоковіддачі;
- 4) безпека щодо фізіології вимені.

Доїльні апарати індивідуального доїння на сьогоднішній день не повною мірою відповідають фізіології вимені. При неповному видоюванні молока відбувається зниження молочної продуктивності тварин, часта зміна груп лактуючих корів, і все це в результаті недосконалості машинного обладнання та їх низької ефективності.

У зв'язку з цим, фізіологічність - основний показник для вибору доїльного обладнання, здатного підтримувати режим доїння, при якому буде забезпечено повне видавання корови і при цьому виключається негативний вплив на молочну залозу. Усе це з огляду на те, що частки вимені корів розвинені нерівномірно.

Головні завдання при створенні оптимальної та досконалішої конструкції доїльного апарату наступні:

- а) виправлення недоліків конструкції, що гальмують рефлекс молоковіддачі;
- б) отримання повнішої взаємодії виконавчого механізму та вимені, яке б забезпечувало збудження рефлексу молоковіддачі при зменшенні витрат ручної праці;
- в) досягнення спрощення конструкції, збільшення надійності її роботи та комфортабельності в експлуатації.

Періодично виникає втрата «стереотипів доїння» при неякісному складанні доїльних склянок, незалежно від вдалого регулювання та налаштування доїльного апарату.

Соскова гума - це основний робочий орган доїльного апарату, що взаємодіє з вименем тварини. Необхідно, щоб застосована соскова гума відповідала одній групі на всіх доїльних апаратах, закріплених за оператором підприємства.

При надяганні доїльних склянок на соски спостерігається найбільший показник дестабілізації вакуумного режиму. У зв'язку з цим необхідно на фінальному етапі надягання кожної доїльної склянки подавати розрідження в підсоскові камери.

Конструкції сучасних доїльних апаратів за кордоном найкраще працюють при тиску 42...53 кПа, але деякі можуть працювати і при 33,3...91,3 кПа. Щоб забезпечити ефективний процес доїння, слід підтримувати постійний робочий процес. Інакше, при нестабільному розрідженні відбувається порушення

стереотипу доїння, знижується рефлекс молоковіддачі, збільшуються витрати часу на доїння тварин, зменшується продуктивність корів.

Запалення вимені це проблема сучасних молочних комплексів. Причини його виникнення криються насамперед у неправильному використанні доїльного обладнання, зокрема у надмірному тиску на соски та відсутності повітря під ними, що призводить до утворення тріщин, а згодом до інфікування, а по-друге неякісне його регулювання, неточний підбір під конкретне доїльне стадо, що в підсумку призводить до додаткових травм у тварин.

На думку вчених, основний негативний параметр, який упускають виробники обладнання для доїння, – можливість зворотного відтоку молока, що також призводить до виникнення маститу соска. Дослідженнями науковців, було встановлено, що збільшення захворюваності на мастит корів до 32 % тварин, збільшення подразненості молочної залози на 23...30 %, а також зменшення виходу молока на 23 % і зменшення тривалості лактаційного періоду на 25 % відбуваються при коливаннях робочого розрідження у вакуумній системі. У корів, які хворіють на мастит, спостерігається зниження молочної продуктивності на 10...18 %. Крім того, відбувається зниження середньої тривалості продуктивності корів до 3...4 років. При цьому відбувається вибракування значної кількості тварин (31,8 %) внаслідок пошкодження однієї та більше чвертей вимені.

Зниження молочної продуктивності спостерігається у понад 90 % корів, які перехворіли на мастит. Обсяг молока в уражених частках вимені знижується на 42 %, а при ураженні лише однієї частки втрати становлять 10...15 % молока. Для того, щоб забезпечити адаптивне управління доїнням, потрібно для кожного соска розрахувати його основні динамічні характеристики – константи часу молоковиведення та молоковіддачі. А також необхідно уточнити коефіцієнти передавальних функцій для внесення змін у режим управління, щоб забезпечити швидке, безпечне та найбільш повне виведення молока. Для отримання високих надоїв та уникнення порушень при управлінні машинним доїнням слід знати систему машин та обладнання, а також біологічні закономірності утворення молока та молоковіддачі у тварин. Основне значення для селекційного відбору високопродуктивного молочного стада має молочна продуктивність тварин, зокрема інтенсивність надою молока під час доїння. Все це має враховуватися при розробці нових конструкцій доїльних установок.

У результаті досліджень було встановлено, що максимальні значення інтенсивності надою зафіксовано у корів червоно-рябої степової породи, і вони коливаються в межах 1,1...3,1 л/хв.

Наповненість вимені молоком безпосередньо пов'язана з інтенсивністю надою та повнотою доїння. Не рекомендується доїти корів при наповненні вимені менше ніж на 40 %. Обсяг надою, інтенсивність молоковіддачі та ефективність ручної праці більшою мірою залежать від процесу підготовки вимені до доїння, який повинен відповідати вимогам фізіології тварин.

Головне завдання будь-якого оператора забезпечити повне видоїння молока з вимені. Адже невидосений залишок молока у вимені знижує ефективність подальшого молокоутворення. Таким чином, відбувається поступове зниження надойів, що призводить до раннього вибракування корови. А також збільшується ймовірність захворювань вимені, які призводять до значного зниження молочної продуктивності.

В даний час, необхідно ретельно підходити до підготовки вимені перед доїнням, так як застосування вакууму для вилучення молока з вимені доставляє больові реакції, відбувається порушення кровообігу в сосках внаслідок наповнення доїльних склянок на вим'я, і в результаті зниження молочної продуктивності.

Але при цьому, сучасне обладнання, призначене для стимулювання інтенсивності молока недосконале та незручне у використанні. Для повнішого спустошення вимені корови необхідно проводити механічну стимуляцію молоковіддачі підготовчими пристроями. Внаслідок цього тривалість машинного доїння знижується на 13,3%, але, у свою чергу, продуктивність процесу доїння збільшується на 10,4%. Найкраще проводити підготовку вимені до доїння механічно: відбувається збільшення продуктивності машинного доїння та продуктивності корів.

Таким чином, основними операціями при підготовці до доїння будуть миття та масаж вимені, стимуляція перед доїнням, а їхня спільна тривалість за часом повинна бути не менше 0,75 хв у розрахунку на корову. Проте, основні показники, що характеризують роботу доїльних апаратів, – це частота пульсацій, співвідношення тактів. За значення цих показників відповідає пульсатор. При цьому відзначається контроль та регулювання частоти пульсацій у великій кількості існуючих доїльних апаратів, а також значення співвідношення тактів (смоктання, стиснення), що рекомендується, 60:40.

Пульсатор - це "серце" доїльного апарату. Для організації належної якості доїння, для забезпечення комфортних умов для тварини, щоб унеможливити шкоду здоров'ю тварин, дана частина доїльного апарату зобов'язана відповідати вимогам, що пред'являються заводом, що виготовляє це обладнання.

Пульсатор відповідає за регулювання роботи доїльного апарату та забезпечує нормальний режим роботи. Це складна пневматична система, яка включає камери, в яких змінюється об'єм і тиск, трубки дроселі, 20 які їх з'єднують. Аналіз режиму його роботи складається з визначення тривалості наповнення та звільнення камери керування повітрям. Дослідження конструкцій, які у молочних господарствах, дозволили зробити висновок у тому, що понад 80 % відмов посідає несправну роботу пульсаторів, що у своє чергу відбувається через конструкційно-технологічних несправностей.

Для того, щоб пульсатори працювали в нормальному режимі, необхідно постійно контролювати їх технічний стан із застосуванням сучасних діагностичних приладів. На даний момент найбільш прийнятними вважаються

пульсатори попарного доїння з гідромеханічним або електронним управлінням, що працюють разом з датчиками потоку молока. Які пульсатори найкращі? З регульованими або нерегульованими параметрами. На це питання однозначно відповісти складно. Але виходячи з факторів, що впливають на стабільність та якість режиму доїння, вибір на користь пульсаторів із регульованими параметрами. У процесі доїння параметри частоти пульсацій і співвідношення тактів повинні змінюватись в залежності від інтенсивності потоку молока, а в кінці доїння повинен забезпечуватись щадний режим вилучення молока. Таким чином, розробка пульсатора, надійного з технологічної та конструкційної точки зору, є актуальним завданням на даний момент. В даний час існує можливість для розробки та створення ідеального доїльного апарату. Для цього потрібно систематизувати вже накопичені знання, визначити напрямки для створення нових конструкцій доїльних апаратів, які працюватимуть у керованому режимі з урахуванням фізіологічних особливостей тварин.

## **1.2. Класифікація та аналіз адаптивних доїльних апаратів**

На основі комплексного аналізу існуючих технічних рішень адаптивних доїльних апаратів створено їх класифікацію (рисунок 1.1), яка дозволила виділити характерні особливості та напрямки розробки подібних доїльних апаратів.

Адаптивні доїльні апарати можна класифікувати:

- За типом пульсатора;
- За типом вакууму;
- За способом управління;
- За типом доїльних склянок;
- За принципом дії;
- За типом датчика потоку молока;
- За режимом роботи.

Щоб порівняти та вибрати найкращу конструкцію доїльного апарату, розглянемо деякі з них.

Аналізуючи класифікацію (рисунок 1.1.), можна дійти невтішного висновку, що існує безліч пристроїв для доїння з датчиками потоку молока, пульсаторами і доїльними склянками різної конструкції. Датчики потоку молока виконані у вигляді різноманітних пристроїв, які регулюють обсяг молока, що видається, і передають інформацію для виконавчого механізму за допомогою спеціальних команд. Пульсатори також різної конструкції з різним діапазоном регулювання співвідношення тактів і частоти пульсацій як в ручному, так і в автоматичному режимі.

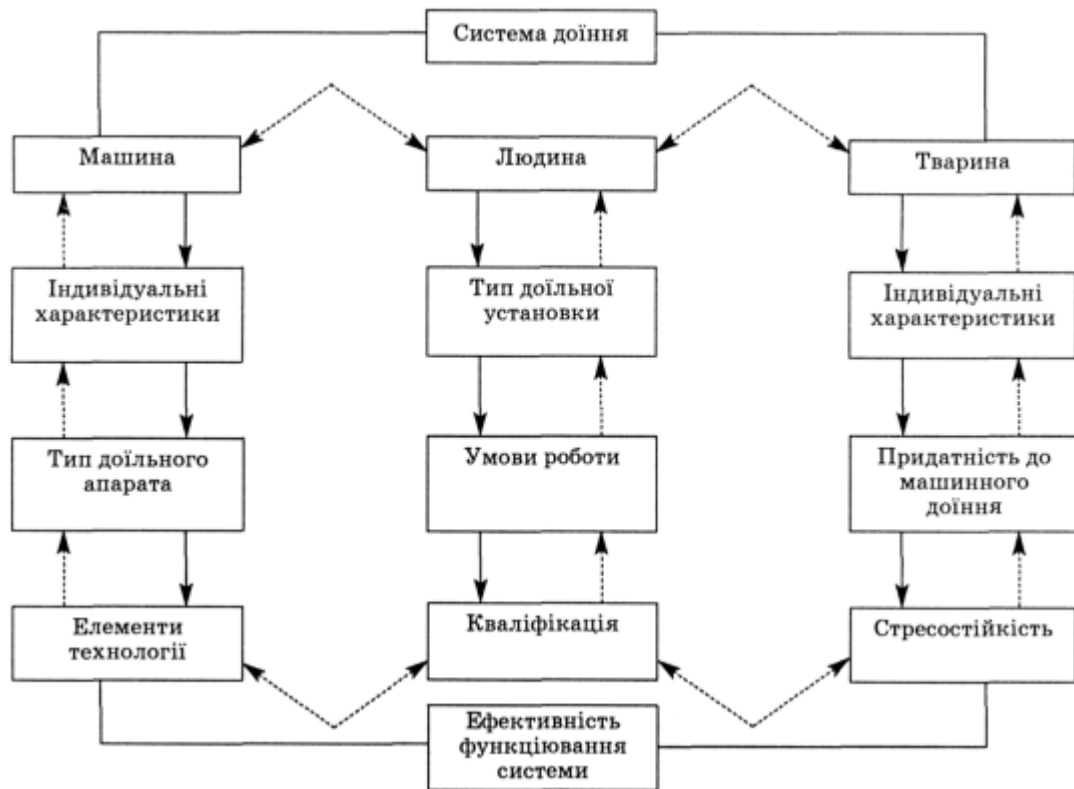


Рисунок 1.1 - Класифікація доїльних апаратів

Доїльний апарат, спрямований на забезпечення адаптивного режиму доїння та підвищення ступеня видоїльності корів, що складається з двонапівперіодного пульсатора, доїльних склянок, які обладнані регуляторами вакууму та масажними елементами, патрубків, колектора з камерами та розподільником. Регулятори вакууму складаються з робочої камери та камери керування, які розділені гнучкою мембраною. Вони з'єднуються з розподільником колектора та підсосковою камерою доїльних склянок за допомогою патрубків. Камера управління містить нормально закритий за допомогою підпружиненого клапана отвір, яке повідомляє її з атмосферою. При цьому клапан може взаємодіяти із жорстким центром мембрани».

Масажер за допомогою тяги з'єднаний з гнучкою мембраною, яка знаходиться між робочою камерою регулятора вакууму та підсосковою камерою доїльної склянки. У кожній камері колектора розташовані датчики потоків молока, що містять у своєму складі молокопастку з поплавком. Нижня частина поплавця містить у своєму складі нижню голку. Верхня частина кожної камери колектора складається з робочих камер та камер управління, які розділені гнучкою мембраною, при цьому вона складається з циліндричних виступів, за допомогою яких можна відокремити порожнину молокозбірної та робочої камер один від одного за допомогою верхньої голки поплавця можна утворити калібровану щілину в отворі гнізда при знаходженні в нижній позиції.

Також, вона здатна входити в калібрований отвір, який виконано по одній осі з нею, для повідомлення атмосфери та камери, що управляє. У структуру

колектора входить розподільник, що розташований зверху, робоча камера вакуумних регуляторів та 2-х напівперіодний пульсатор, які з'єднані між собою патрубками.

Доїльний апарат складається з доїльних склянок і пульсатора, а також бігунка, який виконаний у вигляді колеса, з наскрізними отворами, які розташовані на одній половині кола його обода, та ненаскрізним пазом на другій половині обода. Ребра жорсткості сприяють фіксації бігунка на осі, закріпленої у свою чергу на роторного валу 24 насоса. Вихідні отвори камер пульсатора та роторного насоса з'єднані разом. З'єднувальний канал поєднує впускну та випускні камери. При обертанні бігунка по черзі відбувається відкриття отвору для проходження молока, закриття, що призводить до перекриття вакуумметричного тиску в молокопроводі. До недоліків даної конструкції можна віднести більш тривалий час доїння, порівняно з аналогічними конструкціями доїльних апаратів.

Конструкцію доїльного апарату, основна відмінність якого – наявність двох пульсаторів основного та додаткового. У камері управління додаткового пульсатора розташована додаткова порожнина, що повідомляється за допомогою пружної гумової перегородки. Вона розташовується по осі з мембраною та клапаном. У корпусі порожнини знаходиться регулятор об'єму, який виконаний як поршень із запірним штуцером. Щоб змінити об'єм порожнини, у неї запускають рідину. Для оптимізації роботи пульсатора в заданому режимі змінюють об'єм додаткової порожнини для відповідної зміни об'єму керуючої камери. Максимальне відхилення створюють за допомогою викручування та вкручування поршня назовні або всередину корпусу. Підтримка стабільності пульсації соскової трубки відбувається за рахунок коливальних дій гумової пружної перегородки і мембрани, для більш швидкого розсмоктування набряклості сосків і закріплення реакції першотілок на машинне доїння. До недоліків даного доїльного апарату можна віднести підвищення зношування деталей, а через складність конструкції виникають труднощі з технічним обслуговуванням.

Мета винаходу групи вчених забезпечення повного видаювання за рахунок автоматичного регулювання процесів доїння для запобігання холостий хід роботи доїльного апарату, для запобігання недою доїльними склянками. Конструкція апарату складається з доїльних склянок, джерела вакууму, молокопроводів, молокозбірника, пристрої для перемикання тиску повітря. Молокопровід містить уловлювач. Також один електрод з'єднує генератор синусоїдальних коливань із підсилювачем. Пристосування для перемикання тиску повітря за допомогою іншого електрода з'єднані з пристроєм, що управляє. У керуючому пристрої міститься 4 керуючі канали на кожен сосок окремо. У кожному каналі розташовані один за одним датчик інтенсивності молоковіддачі, лічильна та розподільні схеми. Новизна полягає в тому, що в конструкцію пристрою, що управляє, вводять лічильну схему. Що сприяє поверненню схеми

для підрахунку часу відсутності молока в початкове положення при відновленні доїння. Представлені вище доїльні апарати забезпечують адаптивний режим доїння корів.

Представляє інтерес доїльний апарат, який складається з «доїльних склянок, колектора з молочною камерою, яка розділена на 4 частини, пульсатора з робочою камерою на кожну чверть вимені, вимірника, із встановленими на перегородці нерухомо молокопастушками, які виконані у вигляді циліндрів, що містять поршні з штоками. Упори обмежують рух зливного жолоба. також вони тягами пов'язані з поплавцями. При цьому вибір у який циліндр зливатиметься молоко залежить від положення жолоба. При досягненні певного об'єму молока відбувається змикання поршня з кільцевим магнітом, що призводить до зливання молока в порожнину, а надалі - молокопроводу в молочну камеру.

Ще одна з конструкцій доїльного апарату, складається з двох пульсаторів, один з яких пульсуючий, а другий стимулюючий, ємності збору молока, склянок доїльних двокамерного типу, керуючого блоку і колектора. Основна особливість пульсаторів, наявність камер із постійним та змінним тиском вакууму та камер абсолютного тиску. У керуючому блоці розташований датчик потоку молока, який містить отвір, регульований дроселем, стопор, камеру, що управляє, з джерелом вакууму і повітрям за рахунок спеціального пристрою, що здійснює регулювання відкриття і закриття отворів, яке встановлено на валу з датчиком потоку молока. За рахунок додаткової сполуки у вигляді каналу відбувається повідомлення камери тиску вакууму пульсатора зі стимулюючим режимом та камери з атмосферним тиском пульсатора з пульсуючим режимом. На корпусі блоку пульсаторів розташований додатковий канал, який з'єднує камеру змінного вакуумметричного тиску пульсатора стимулюючого і камеру атмосферного тиску пульсуючого пульсатора. Дані апарати спрямовані на підвищення ступеня видоєння корів.

Доїльний апарат, який у свою чергу складається з пульсуючого колектора, атмосферної камери, доїльних склянок, пристрою, що замикає. Пульсуючий колектор включає у свій склад пристрій розподілу вакууму, пульсатор та колектор. У пристрої, що замикає, встановлений фільтр, а камера тиску вакууму має з'єднання з даним фільтром. Шланги сполучаються хомутами. Жорстким способом з'єднані важіль та гільза доїльної склянки. Як затискачі валики з гуми. Фіксація важеля в положенні стиснення здійснюється за рахунок клямки, розташованої зверху основи.

Доїльний апарат влаштований з «доїльних склянок, основного та додаткового колекторів, пульсаторів, поєднаних по черзі, молокозбірника, який містить молочну приставку та порожнистий поршень, який за допомогою повітропроводу з'єднаний з камерою атмосферного тиску в додатковому пульсаторі. За допомогою тяги ковш, що повертається, з'єднаний з поршнем, в порожнині якого існують два радикальні отвори, які повідомляються з атмосферою і порожниною молокозбірника».

Стимуляція потоку молока в процесі доїння відбувається за рахунок спільної роботи основного та додаткового пульсаторів, що сприяє мікроколиванням соскової панchoxi. Основний процес доїння відбувається в 2-тактному режимі, при зменшенні інтенсивності потоку молока, починається спільна робота основного та додаткового пульсаторів, як при початку доїння. Дана конструкція доїльного апарату також спрямована на підвищення ступеня видоєння корів, проте через складність конструкції можуть виникнути проблеми з технічним обслуговуванням.

Доїльний апарат складається з камери зі стисненим повітрям, колектора у вигляді трубок та пульсатора, що здійснює поперемінну подачу та скидання стисненого повітря з простору міжстінної камери. Міжстінні камери є сосковими гумами, які розташовані в порожнинах доїльних склянок. Розташування нижнього обведення міжстінної камери і низу доїльної склянки знаходиться вище кінцевої частини соска вимені корови. З'єднання порожнин міжстінних камер доїльної склянки відбувається за допомогою околососкового трубчастого овального колектора. У свою чергу, він з'єднується з пружним опорним пневмоколектором пристосування кріплення за допомогою радіальних гнучких трубок. Він, у свою чергу, жорстко фіксується на верхній частині вимені корови. Джерело стисненого повітря за допомогою керованого реле часу нормально закритих та відкритих пневмоклапанів з'єднується з опорним колектором. Міжстінні камери складаються з еластичної перегородки, в якій виконано отвір калібрування. Співвідношення об'єму утвореної верхньої та нижньої частин камери знаходиться в межах 1:3.

Інший доїльний апарат, включає наступні елементи конструкції: камеру управління, повітряну камеру, камери постійного та змінного вакууму у складі пульсатора, доїльні склянки двокамерного типу, колектор і сполучні шланги. Камера, через яку проходить молоко, оснащена отвором, що калібрується, відокремлена від камери з вакуумом мембраною. Камери пульсатора та колектора, в яких знаходиться вакуум, з'єднані. Молочна камера з каліброваним і вакуумним отвором знаходиться в одному корпусі колектора і розділені мембраною. Керуюча камера пов'язана з плунжером, що керує нею. Встановлено основну та додаткову мембрани.

Вони з'єднані штоком з отвором. При переміщенні штока здійснюється повідомлення камери з вакуумметричним тиском та нижньої камери колектора. Доїльний апарат має суміщений пульсоколектор, в якому передбачено наявність жорсткої або еластичної мембрани, що розділяє колекторну та пульсаторну частини. З доїльною ємністю або молокопроводом пульсоколектор з'єднаний вакуум-молочним шлангом. Апарат працює у змінному режимі, орієнтуючись на швидкість молоковіддачі. У режимі «холостого» доїння робота співвідноситься з 3-х тактним, щадним режимом. При збільшенні інтенсивності потоку молока тривалість часу, витраченого на такт ссання, також збільшується, при цьому в кінці плавно переходить на такт масажу (стиснення). При зниженні інтенсивності

поток молока забезпечується автоматичне регулювання режиму роботи апарату, ближча за механізмом до 3-тактного режиму доїння. Таким чином, конструкція даного апарату дозволяє працювати в режимі нормального вакууму та режимі низького вакууму, що також спрямоване на підвищення ступеня видоєння корів.

Закордонні вчені розробили конструкцію доїльного апарату із двома режимами роботи. Його доїльний апарат включає наступні елементи та вузли конструкції: вакуумні шланги, штуцери, колектор, молочні трубки, пульсатор, доїльні склянки, пристрій керування вакуумметричним тиском. «Пульсатор входять: колектор, камера розподілу, камера управління. Корпус, камера вакуумметричного тиску, камера атмосферного тиску, плунжер, логічний елемент – складові перемикача режимів доїння». У камері керування колектора встановлено ще один логічний елемент. Залежно від положення плунжера відбувається поперемінне повідомлення перемикача та камери керування. Через складність конструкції виникають проблеми із технічним обслуговуванням доїльного апарату.

Конструкція доїльного апарату складається із двох поршневих пар, одного або кількох електромагнітів, які розташовані послідовно. За допомогою верхнього циліндра і поршня відбувається видавлювання молока з сосків за рахунок переміщення повітря в простір міжстінної камери з подальшим відсмоктуванням. Коли поршень рухається зворотно-поступально, відзначається відсмоктування молока з сосків за допомогою підсоскової камери з можливістю підтримки в ній розрідженого тиску, що забезпечує присмоктування доїльних склянок до вимені тварини.

Ще одна конструкція автономного компактного доїльного апарату включає балон зі стисненим повітрям, силовий пристрій, ручний поршневий насос, пульсатор. Поршневі пари приводяться в дію поршнем пульсатора за допомогою штока та важелів, все це відбувається для такту стиснення та такту ссання. З циліндра пульсатора періодично виходить стиснене повітря. Цей процес автоматизований за рахунок крана, в основі якого сердечник з г-подібним каналом. До позитивних сторін конструкції можна віднести малий балон зі стисненим повітрям та невелику витрату.

Доїльний апарат складається з «доїльних склянок, що містять дві камери, молочних та вакуумних шлангів, колектора, пульсатора, а також молочної камери з приставкою та термостатичного сильфона виконуючого механізму. Конструкція пульсатора складається з камер постійного та змінного вакуумметричних тисків, камери постійного атмосферного тиску та камери керування. Пульсатор з'єднаний аксіально з приставкою і розміщується зверху неї з метою утворення загальної поперечної перегородки, яка є основою для камери управління пульсатора». Центральний отвір із вертикальним штоком розташований на поперечній перегородці. Зверху штока знаходиться радіальне вилучення з профільним пазом, які за допомогою додаткового клапана здатні переміщатися по осі.

Розташування виконуючого механізму та клапана з пружиною знаходиться зверху поперечної перегородки. Присоска виступає у ролі виконуючого механізму. Вона закріплюється над додатковим клапаном 30 штока, який закріплюється знизу за допомогою термостатичного сильфона молочної камери приставки. У штоку знаходиться канал, за допомогою якого відбувається повідомлення між присоскою і камерою керуючої пульсатора з камерою для молока приставки. Конструкція доїльного апарату спрямована на забезпечення адаптивного режиму доїння та підвищення ступеня видоєння корів.

У конструкцію доїльного апарату, розробленого українцями, входять пульсоколектор, доїльні склянки. Особливість пульсоколектора в наявності камер із постійним та змінним вакуумметричним тиском, розділених між собою за допомогою клапанів. Пульсоколектор складається з двох частин: пульсатора та колектора. Вони з'єднані між собою з допомогою шлангів. Також на колекторі встановлений вібратор. В основі конструкції вібратора така частина, як поршень, здатний переміщатися у вертикальній площині. Цей елемент конструкції ділить вібратор на дві частини: камеру вакуумметричного тиску та камеру атмосферного тиску. Цей пристрій доїльного апарату дозволяє знизити фактор наповнення доїльних склянок, стимулювати потік молока. Сама конструкція зручна та проста у використанні.

Конструкції доїльних апаратів, представлені в аналізі, в основному спрямовані на забезпечення адаптивного режиму доїння, підвищення ступеня видоєння корів та зниження захворюваності на кори маститом. У зв'язку з цим можна дійти невтішного висновку, що дослідження у цій галузі актуальні.

### **1.3. Класифікація та аналіз пульсаторів адаптивних доїльних апаратів**

Аналізуючи існуючі технічні рішення щодо пульсаторів доїльних апаратів, можна виявити загальні риси та напрямки їх розробки. Загальні напрямки представлені у вигляді класифікації (рисунок 1.2).

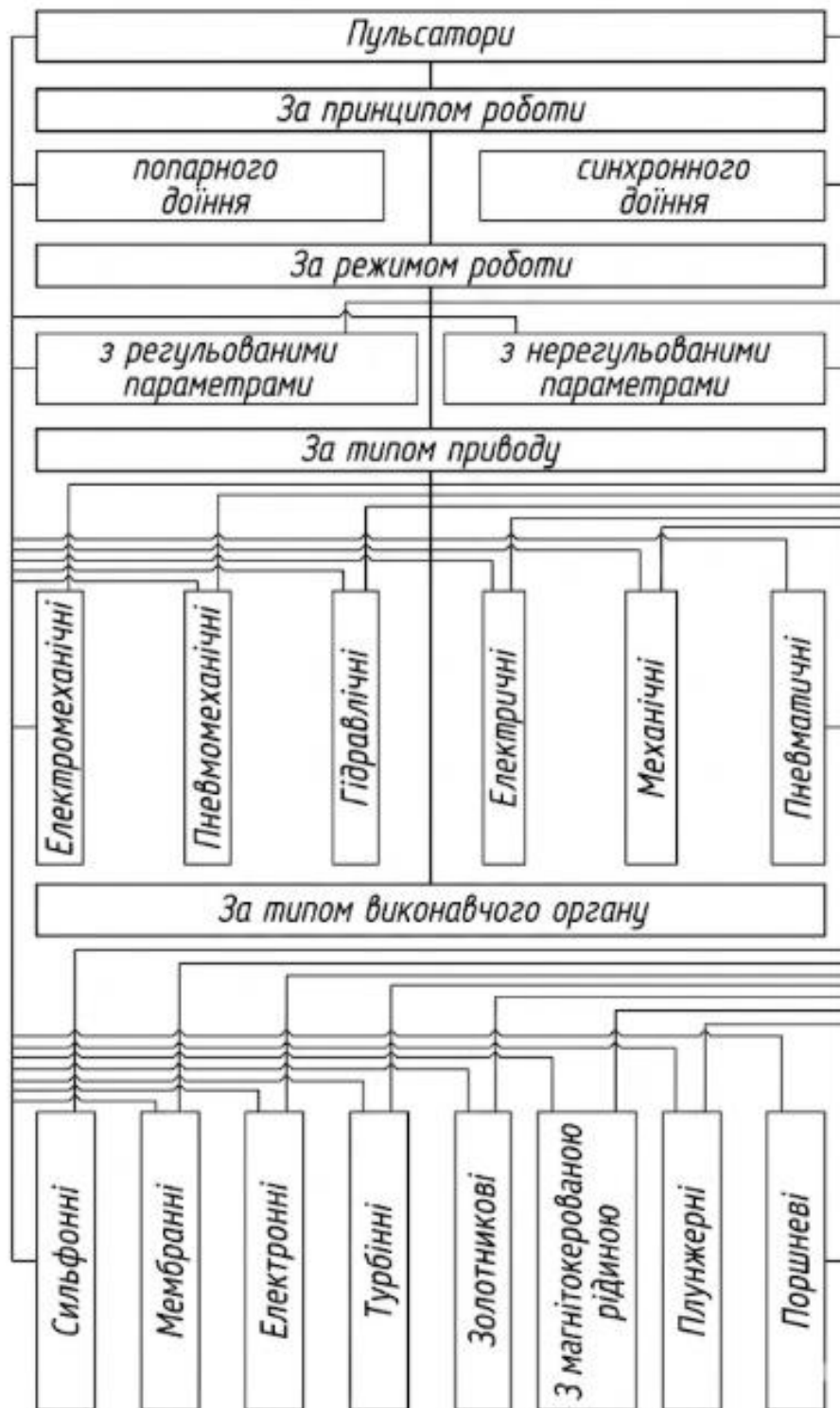


Рисунок 1.2 - Класифікація пульсаторів доїльних апаратів

Пульсатори можна класифікувати:

- за принципом роботи
- за режимом роботи
- за типом приводу
- на кшталт виконавчого органу.

З цієї класифікації, можна дійти невтішного висновку, що є низку різних конструкцій пульсаторів.

Конструкція електропульсатора, що працює у протифазі, запропонованого. Спрямована на стабілізацію в підсосковій та міжстінній камерах доїльних склянок розрядженого стану атмосфери при одночасному зниженні механічного навантаження на вим'я тварини. Конструкція електропульсатора попарного доїння заснована на лінійному електродвигуні, включає в себе корпус, патрубки постійного і змінного вакууму, атмосферний канал, конусний клапан, вал, які за допомогою якоря електродвигуна, влаштована з двох пульсаторів: верхнього і нижнього, в кожному з яких містяться атмосферні канали між камерами постійного та змінного вакуумів, конусні клапани, які працюють у протифазі на різних кінцях валу, для почергового відкриття закриття атмосферного каналу та отвори в перегородці кожного пульсатора. До недоліків даного пульсатора можна віднести підвищення зношування деталей, а через складність конструкції виникають труднощі з технічним обслуговуванням.

Ще одна конструкція електропульсатора доїльного апарату, запропонована, складається з корпусу, з'єднаного з лінійним двигуном, за допомогою патрубка постійного вакууму з'єднується з вакуумним проводом, а також з патрубком змінного вакууму, який у свою чергу прикріплюється до міжстінних камер доїльного склянки, і атмосферного каналу. Збірний якір є штоком, розташованим на пружинах і з'єднаним із внутрішньокорпусним клапаном. Він розташований серед 2 магнітних проводів П-подібної форми з намагніченими котушками, які за допомогою сальника підключаються до системи, що управляє.

Цікаве технічне рішення представлено у конструкції пульсоколектора, розробленого вченим, основною частиною якого є корпус, що складається з молокоприймальних камер та молокозбірної камери. Пульсоколектор та молокозбірні камери містять перепускний отвір із клапаном та отвір зливу, який розташований внизу. Молокоприймальні камери мають перепускний отвір, який розташований збоку, а у зливного отвору є клапан для перекриття.

Ще одна модель відноситься до сільського господарства, зокрема до конструкцій пульсоколекторів доїльних апаратів. Основні завдання даної моделі полягають у тому, що відбувається покращення режиму доїння та підвищення надійності в експлуатації. Це досягається за допомогою того, що корпус пульсоколектора разом з патрубками складається з камер постійного і змінного вакууму, а також камери керування, кришки з отвором, пружного порожнистого штока і клапана, причому розташування клапана знаходиться зверху кришки, а верхній кінець штока проходить через отвір кришок, також на кришці із зливними та перепускними отворами та поплавком, збоку якого спостерігаються канавки. Камери поплавця на поверхні збоку мають перепускні отвори, які співвідносяться з отворами патрубків. Також у корпусі є перегородка для перекриття камер поплавця. Зазначені пульсоколектори складні за конструкцією і в процесі доїння можливе забруднення перепускних отворів.

Корисна модель пневматичного пульсатора, відноситься до галузі машинного доїння сільськогосподарських тварин, безпосередньо до пристроїв

для перетворення постійного розрідження змінне в доїльних апаратах. Дана модель складається з корпусу та камер постійного та змінного розрідження, які розділені за допомогою мембранно-клапанного механізму. З'єднання камер змінного розрідження відбувається за допомогою дросельного пристрою, виконаного як вертикальна порожня трубка, перетин якої перекриває стрижень. Вертикальний порожнистий дросельний пристрій на своїй внутрішній поверхні містить шліцеві вирізи, виконані наскрізь і поздовжньо, які розташовуються 34 безперервно в поперечному перерізі. Форма даних вирізів може бути трикутною або напівсфери.

Корисна модель пульсатора відноситься до галузі тваринництва, зокрема до процесів машинного доїння та використовується при розробці пульсатора доїльного апарату, що працюють у 2-х тактному режимі. «Конструкція пульсатора доїльного апарату складається з циліндричного корпусу, клапана, який виконаний як поршень з порожнистими штоками циліндричними, які встановлюються в центральному отворі торців корпусу, і в них додатково розташовані вхідні і вихідні калібровані отвори з метою передачі атмосферного повітря в порожнину корпусу. Положення отвору постійного вакууму відзначено на бічній поверхні корпусу, воно зміщене по висоті вниз від положення отвору змінного вакууму». При розміщенні штоків у нижній позиції відбувається зміщення поршня вниз щодо отвору постійного вакууму, що призводить до здійснення такту ссання, а у верхній позиції спостерігається зміщення вгору щодо отвору постійного вакууму, що призводить до такту стиснення.

Наступний пульсатор складається з корпусу, кришки і підставки, з'єднаних між собою. У конструкції пульсатора є камери постійного вакууму та постійного атмосферного тиску, робоча камера та камера управління, клапанний та мембранний механізми». пристрій кришки є дросель, який регулює частоту пульсації. У канавках корпусу та підставки вставлено бактерицидну тканину, яка підлягає заміні. У нижній частині корпусу розташовані кільцеві канавки, які служать для повітрообміну.

Сутність електромагнітного пульсатора полягає в тому, що конструкція складається з корпусу з патрубками атмосферного тиску, постійного та змінного вакуумів, електромагніту з котушкою магнітопроводом, сердечника та дискового якоря з діамагнітною прокладкою. У магнітопроводу пульсатора є зовнішня частина, виконана з внутрішнім і зовнішнім фланцем, розташовані співвісно з площиною кінця сердечника. Зовнішній фланець складається з кільцевого клапанного гнізда з отворами, а поруч із магнітопроводом знаходиться дистанційна вставка у вигляді циліндра, виготовлена за допомогою діелектричного матеріалу, на внутрішній стороні якого нанесені поздовжні канали. Якір з одного боку, розташована поряд з патрубком постійного вакууму містить еластичну прокладку.

Наступний пульсатор для доїльних установок, складається з генератора, який задає імпульси вакууму і інвертора, які утворюють своїми стінками

порожнину загальної камери атмосферного тиску, камер вихідних імпульсів генератора і інвертора, пов'язаних за допомогою перемикаються клапанів з камерами управління і змінного вакууму, на вході камери вихідних імпульсів генератора, керуючої камери інвертора, яка об'єднується за допомогою каналу з порожниною камери вихідних імпульсів генератора, при цьому канали вихідних імпульсів інвертора та генератора складаються із зворотних клапанів, які додатково містять калібровані отвори.

Слідчий пульсатор складається з камери, що керує, розділеною пружною мембраною на 2 частини, і через нижню з'єднується з атмосферою, за допомогою вакуумного сильфона. Автоматичне регулювання частоти пульсу в даному доїльному апараті проводиться пульсатором, це особливо важливо в районах з різкими коливаннями атмосферного тиску. Пневматичний пульсатор, створений Ніколіні Габріеле і Сікурі Роберто, складається з пневматичного керуючого пристрою, в якому переміщається золотник, з метою створення зворотно-поступального переміщення циклічного з'єднання джерела вакууму і пульсаційної камери доїльного пристрою. Ковзання золотника відбувається на зносостійкій синтетичній пластині з вікнами, які пов'язані з камерами пульсацій та вакуумним джерелом. Пристрій корпусу пульсатора представлено жорсткою рамною конструкцією, 36 включає основу, бічні стінки та поперечки. Також до складу пульсатора входить жорстка U-подібна частина, поєднана з пластиною.

Представлені вище конструкції пульсаторів, у кожній з яких своє технічне рішення, спрямовані на зміну параметрів частоти пульсацій, співвідношення тактів, а також забезпечення щадного режиму вилучення молока в залежності від інтенсивності потоку молока. У зв'язку з цим, на підставі аналізу конструкцій доїльних апаратів і пульсаторів, можна зробити висновок, що слід продовжити дослідження в даній галузі і питання розробки конструкції адаптивного доїльного апарату з механічним пульсатором, який би найбільш повно забезпечував ступінь видосності тварин і зниження захворюваності на мастит, а також був вигідним з економічної і доцільною.

## **2. КОНСТРУЦІЯ ТА РОБОЧІ ПАРАМЕТРИ МЕХАНІЧНОГО ПУЛЬСАТОРА АДАПТИВНОГО**

### **2.1 Конструктивні схеми адаптивного доїльного апарату з доїнням у бідон з механічним пульсатором**

Для усунення недоліків, які були зазначені в ході аналізу технічних рішень у галузі доїльного обладнання, розроблено адаптивний доїльний апарат (рисунок 2.1), в основі конструкції якого - механічний пульсатор. Пульсатор 12 включає корпус 6, в якому встановлений золотник 11, у верхній частині з'єднується з шліцевим валом 15 за рахунок по вакууму 15 за рахунок по вакууму в 3 пневмоциліндра 41. Електродвигун 17 приводу золотника 11 обертається на кришці 14. З'єднання електродвигуна 17 і шліцевого валу 15 здійснено за допомогою еластичної муфти 16.

До конструктивної особливості золотника 11 можна віднести те, що камера 7 постійного вакуумметричного тиску і камера 9 постійного атмосферного тиску розділені двома стінками 10, які розташовані симетрично один одного. Товщина стінок 10 більша або дорівнює діаметру патрубків 8 і 23, які, у свою чергу, діаметрально протилежні і встановлені в корпусі 6. Через ці патрубки 8 і 23 камери вакуумметричного тиску 7 і постійного атмосферного тиску 9 з'єднані з розподільними камерами 22 з колекторами 1 склянок 20. У процесі доїння міжстінні камери 19 повідомляються з камерами 7 і 9 золотника поперемінно»

Через отвір 13 камеру 9 золотника надходить атмосферний тиск, а через отвір 5 камеру 7 постійний вакуумметричний тиск з порожнини пнев- 38 моциліндра 41, яка з'єднана через патрубок 4 з джерелом вакуумметричного тиску». Під поршнем 1 встановлена пружина 40, яка його пружна.

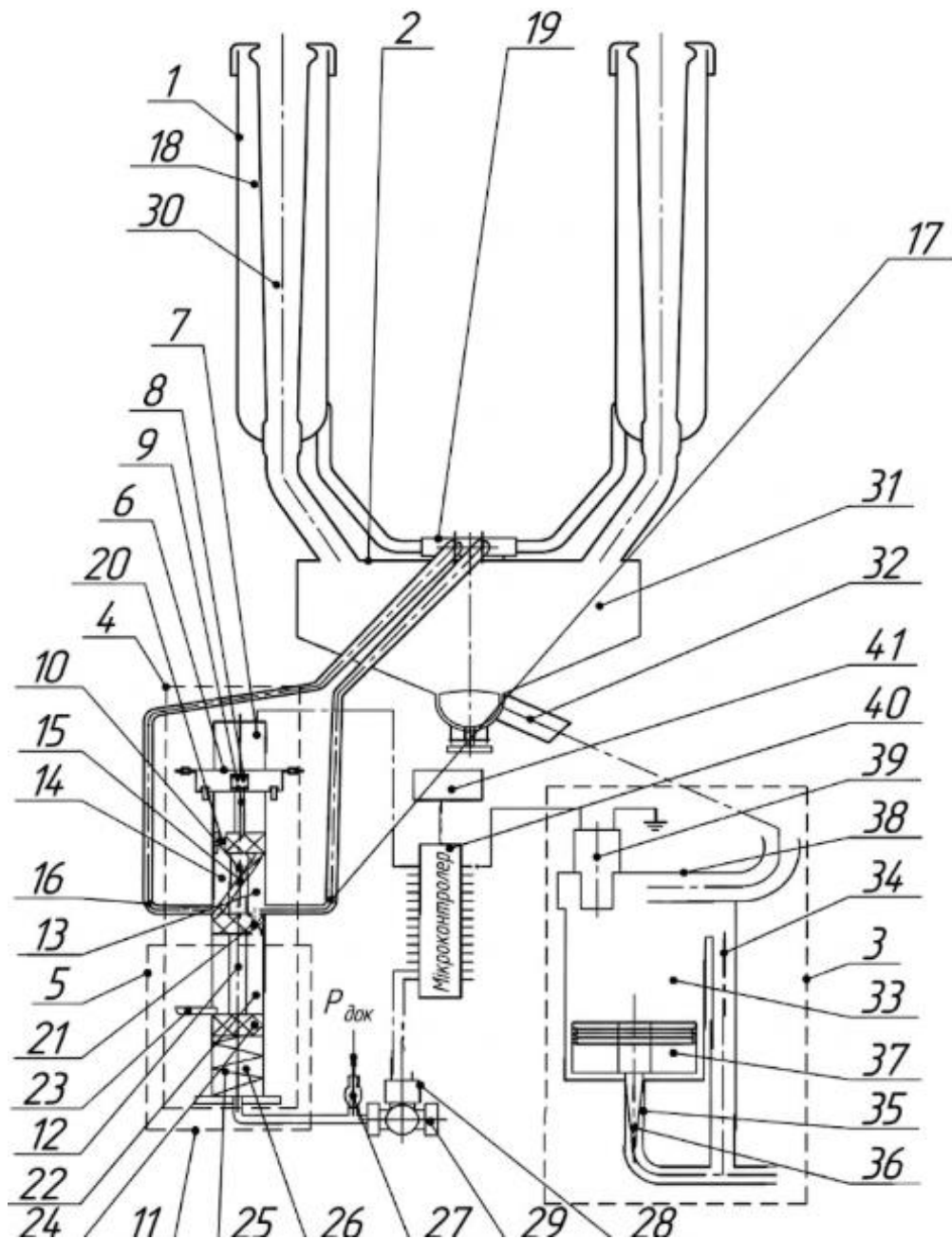


Рисунок 2.1 - Адаптивний доїльний апарат:

1 - поршень, 2 - надпоршнева камера пневмоциліндра, 3 - шток,  
 4, 8, 23, 25 - патрубки, 5, 13 - отвори, 6 - корпус, 7 - камера постійного  
 вакуумметричного тиску, 9 - камера постійного атмосферного тиску, пульсатор,  
 14 - кришка пульсатора, 15 - шліцевий вал, 16 - еластичне з'єднання,  
 17 - електродвигун, 18 - підсоскова камера, 19 - міжстінна камера  
 доїльного стакана, 20 - доїльний стакан, 21 - колектор, 22 - рас 26 - реєстратор  
 інтенсивності молоковидведення, 27 - мікроконтролер, 28 - лазерний далекомір,  
 29 - кришка датчика потоку молока, 30 - переливний патрубок, 31 - датчик  
 потоку молока, 32 - молокопастка, 33 - поплавок, 34 - зливний патрубок,  
 35 - 35 дросьель, 38 - калібрований канал, 39 - підпоршнева камера,  
 40 - пружина, 41 пневмоциліндр

При цьому в підпоршневу камеру 39 через калібрований канал 38 надходить вакуумметричний тиск, а через дросель 37 за допомогою крокового електродвигуна 36 - атмосферний тиск. Поплавковий датчик 31 потоку молока виконаний за принципом молоколовки, яка містить переливний патрубок 30 і зливний патрубок 34, який перекривається за рахунок голки 35, встановленої на поплавці 33. Через зливний патрубок 34 поплавок датчик 31 з'єднаний з ємністю прийому молока, а через патрубок 30 – з молокоприймальною камерою 31 у колекторі 21 і через неї з підсосковими камерами 18 доїльних стаканів 20. Щоб забезпечити лінійну залежність переміщення поплавка 33 (рисунок 2.2) і площі отвору для зливу молока з поплавкового датчика 31 через патрубок 34, поверхня голки 35 має вигляд, описаний у рівнянні:

$$y = x^2 \frac{(2r^2 - x^2)l}{r^2} + z^2 \frac{(2r^2 - z^2)l}{r^2} \quad (2.1)$$

де:  $z$  - поточне значення радіуса голки по осі  $X$  та  $Z$ , відповідно, м;

$r$  - радіус отвору для зливу, м;

$x, l$  - довжина голки, м.

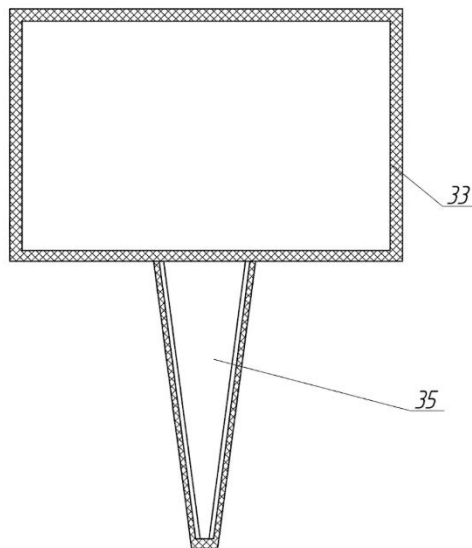


Рисунок 2.2 - Поплавок з голкою:

33 - поплавок, 35 - голка

Кришка 29 датчика потоку молока 31 оснащена лазерним далекоміром 28, який фіксує положення поплавка 33 у корпусі. При цьому дані далекоміра зчитує «мікроконтролер, з'єднаний з кроковим електродвигуном 36, встановленим на дроселі 37, електродвигуном 17, що обертає золотник 11, і реєстратором 26, який зчитує інтенсивність надою під час доїння.

Розроблений доїльний апарат працює в такому порядку. Пристрій для прийому молока через зливний патрубок 34 з'єднують із датчиком потоку молока 31. Підключають між собою джерело вакуумметричного тиску та патрубок 4 механічного пульсатора 12, а також калібрований канал 38. Забезпечують електричне з'єднання лазерного далекоміра 28 через мікроконтролер 27 з електродвигуном 17 пульсатора, реєстратором 26, що зчитує інтенсивність

виведення молока, та електродвигуном 36 дроселя 37. При цьому з ємності прийому молока в підсоскову камеру 18 доїльного стакана 20, яка з'єднана з молокоприймальною камерою 24 колектора 21, через патрубок 25, що сполучається з датчиком потоку молока 31, який має переливний патрубок 30 і зливний патрубок 34, рівень відкриття якого регулює голка 35, встановлена на поплавці 33, що сполучається з пристроєм прийому молока, надходить вакуумметричний тиск.

У свою чергу, електродвигун 17 обертає через шліцьовий вал 15, з'єднаний з валом електродвигуна 17 за допомогою еластичної муфти 16, золотник 11, що містить камери вакуумметричного 7 та атмосферного 9 тиску, розділені між собою стінками 10. Камери 7 вакуумметричного та 9 атмосферного тиску по чергово сполучаються через область розподільних камер 22 колектора 21 з порожниною міжстінних камер 19 доїльних стаканів 20, створюючи в цих камерах змінний вакуум, що регулює відведення молока. При цьому атмосферний тиск надходить у камеру 9 через отвір 13, а вакуумметричний тиск через патрубок 4 у надпоршневу камеру 2 пневмоциліндра 41 і вже через отвір 5 у камеру 7.

Частоту пульсацій змінюють шляхом регулювання швидкості обертання виконавчого механізму 11 за рахунок зміни потужності електродвигуна 17 залежно від інтенсивності потоку молока, що реєструється мікроконтролером 27. З мікроконтролером встановлено електричне з'єднання реєстратора 26 швидкості відбору молока та лазерного далекоміра 28, що реєструє положення поплавка 33 всередині молокозбірника 32.

Співвідношення тактів змінюють шляхом вертикального переміщення золотника 11, з'єданого зі шліцьовим валом 15, по корпусу 6 механічного пульсатора 12 за рахунок подачі або вакуумметричного тиску через калібрований канал 38, або атмосферного тиску через дросель 37, ступінь відкриття якого регулює електродвигун 36, у підпоршневу камеру 39 пневмоциліндра 41. При цьому поршень 1 підпружинений пружиною 40.

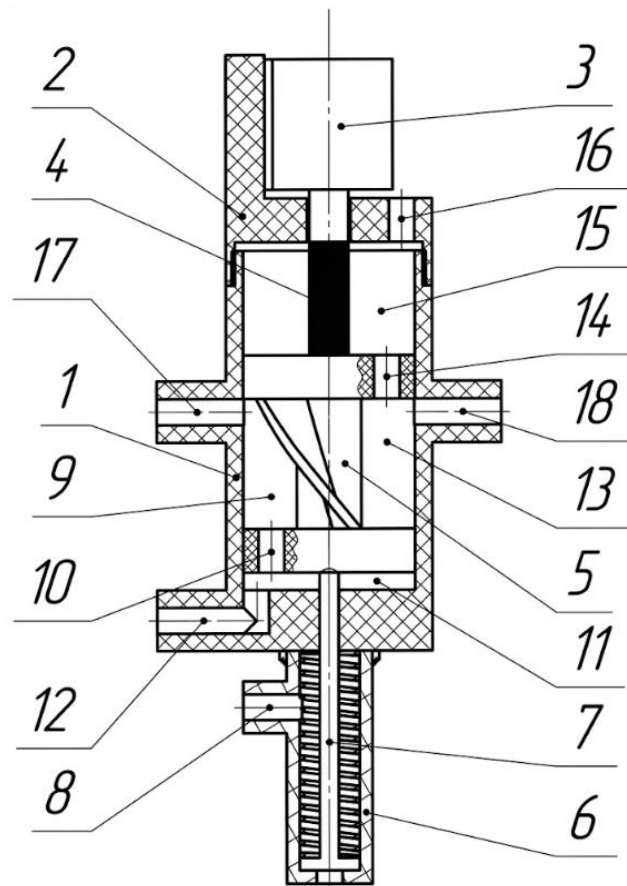


Рисунок 2.3 - Схема пропонованого пульсатора:

- 1 - корпус пульсатора, 2 - кришка, 3 - електродвигун, 4 - шліцьовий вал,  
 5 - золотник, 6 - пневмоциліндр, 7 - шток, 8, 12, 17, 18 - патрубок,  
 9, 11 - камера постійного вакуумметричного тиску, 10, 14, 16 - отвір,  
 13, 15 - камера атмосферного тиску

Він складається з корпусу 1, встановлених у ньому патрубків 8, 12, з'єднаних із джерелом вакуумметричного тиску, та 17, 18, з'єднаних із парами доїльних стаканів, кришки 2, електродвигуна 3, шліцьового вала 4, золотника 5, що містить камери 11 вакуумметричного тиску і 13 атмосферного тиску, розділені між собою гвинтовими пластинами 19 і 20, одна з яких з лівим напрямком відхилення від поздовжньої осі, а інша з правим, пневмоциліндра 6 зі штоком 7. Для зниження впливу сил тертя золотник і корпус пульсатора виготовлені з фторопласту.

Частота пульсацій і співвідношення тактів регулюються автоматично залежно від інтенсивності потоку молока за допомогою встановлення мікроконтролером параметрів потужності електродвигуна та ступеня відкриття дроселя для подачі атмосферного тиску.

Робота пульсатора відбувається в такому режимі. Пульсатор працює наступним чином. Для початку з'єднують патрубок 8 з пристроєм, що керує подачею вакуумметричного або атмосферного тиску, патрубок 12 з джерелом

постійного вакуумметричного тиску, а патрубки 17 і 18 з'єднують з міжстінними камерами доїльних стаканів.

Золотник 5 зображено на рисунку 2.4.

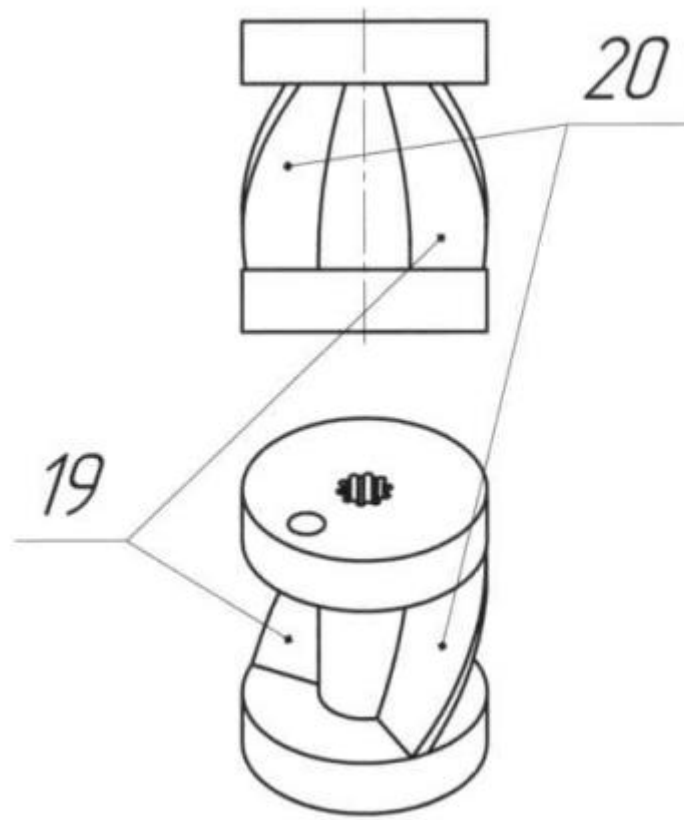


Рисунок 2.4 - Схема золотника пульсатора: 19, 20 - розділові пластини золотника

Золотник 5 обертається за допомогою електродвигуна 3, який з'єднаний з ним за допомогою шліцьового валу 4. Камери вакуумметричного 11 і атмосферного 13 тисків послідовно під час обертання золотника 5 контактують з міжстінними камерами доїльних стаканів попарно через патрубки 17 і 18, з метою створення в них змінного вакуумметричного тиску.

За рахунок зміни швидкості обертання золотника 5 за допомогою електродвигуна 3 змінюється частота пульсацій. Інтенсивність молоковіддачі, яка визначається за допомогою датчика потоку молока, визначає надходження змінного вакуумметричного тиску в корпус пневмоциліндра 6. Частота пульсацій безпосередньо залежить від інтенсивності потоку молока. Зміна співвідношення тактів здійснюється за допомогою переміщення золотника 5 у вертикальній площині корпусу пульсатора з використанням штока 7 пневмоциліндра 6, змінюючи при цьому відстань між розділовими пластинами камер вакуумметричного та атмосферного тиску виконавчого механізму, які розташовані під нахилом.

Процес доїння корови проходить у нормальному режимі. У режимі стимуляції збільшується частота пульсацій і зменшується тривалість такту

смоктання, і навпаки. Регулювання співвідношення тактів і частоти пульсацій відбувається автоматично і залежить від інтенсивності вилучення молока.

## 2.2 Теоретичне обґрунтування конструктивно-режимних параметрів пульсатора адаптивного доїльного апарату

У пропонованому доїльному апараті механічний пульсатор забезпечує зміну співвідношення тактів і частоти пульсацій в автоматичному режимі залежно від інтенсивності потоку молока, що реєструється датчиком потоку молока у вигляді молоколовки.

Щоб встановити основні конструктивно-режимні параметри пульсатора, при яких забезпечується задане співвідношення тривалості такту смоктання і такту стиснення, у нашому випадку потрібно визначити співвідношення центральних кутів золотника відносно роздільної пластини при переміщенні по висоті відносно каналів патрубків, що з'єднуються з розподільною камерою колектора і далі міжстінними камерами доїльних стаканів.

Схема для визначення співвідношення тактів зображена на рисунку 2.5

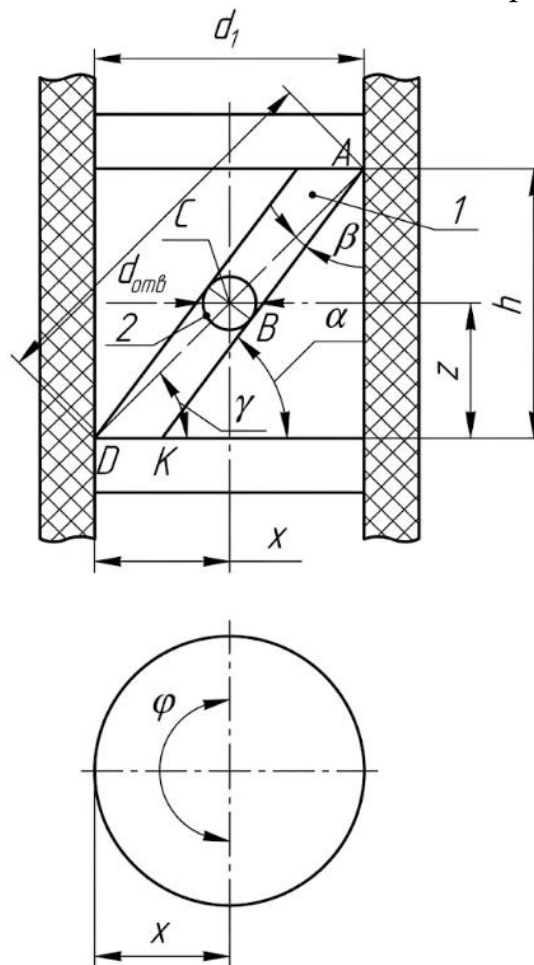


Рисунок 2.5 - Схема для визначення співвідношення тактів:

1 - розділювальна пластина, 2 - отвір, що з'єднує порожнину пульсатора з розподільною камерою колектора

Діагональ  $l$  перерізу роздільної пластини 1 золотника пульсатора дорівнює:

$$l = \sqrt{h^2 + d_1^2} \quad (2.1)$$

де  $h$  - висота паза золотника, м;

$d_1$  - діаметр золотника, м.

А оскільки відрізок  $AC$  становить:

$$AC = \frac{l}{2} = \frac{\sqrt{h^2 + d_1^2}}{2} \quad (2.2)$$

то из трикутника  $\triangle ABC$ :

$$\beta = \arcsin \frac{s_1}{\sqrt{h^2 + d_1^2}} \quad (2.3)$$

де  $s_1$  - товщина роздільної пластини, м.

При цьому має виконуватися умова, що товщина  $s_1$  діаметр роздільної пластини 1 повинен бути не меншим за діаметр патрубків, які по черзі з'єднують камеру постійного вакуумметричного тиску та камеру атмосферного тиску з розподільною камерою колектора, а далі - з міжстінними камерами доїльних стаканів:

$$s_1 \geq d_{oms} \quad (2.4)$$

Угол  $\gamma$  наклона діагонали  $AD$  сечения разделительной пластини 1 золотника равен:

$$\alpha = \arcsin \frac{d_{oms}}{\sqrt{h^2 + d_1^2}} + \arctg \frac{h}{d_1} \quad (2.5)$$

Знаючи кут  $\alpha$  нахилу роздільної пластини 1, ми можемо визначити відстань  $x$  від внутрішньої поверхні корпусу пульсатора до роздільної пластини 1 на висоті  $z$  відносно нижньої площини внутрішньої поверхні золотника, що характеризує зміщення  $x$  золотника відносно осі отвору 2, що з'єднує порожнину пульсатора з розподільною камерою колектора і далі з міжстінними камерами доїльних стаканів (Рисунок 2.5):

$$x = \frac{z}{tga} \quad (2.6)$$

Звідси ми можемо визначити кут  $\varphi$ , що охоплює зону контакту порожнини золотника з отвором 2:

$$\varphi = 2 \arccos \left( 1 - \frac{2x}{d_1} \right) \quad (2.7)$$

Також ми можемо визначити кут  $\tau$  поворот золотника під час перекриття отвору 2 роздільною пластиною 1 виконавчого механізму пульсатора, протягом якого діє поточний режим:

$$\tau = 2 \arcsin \frac{d_{омб}}{2d_1} \quad (2.8)$$

Таким чином, «загальний кут повороту виконавчого механізму пульсатора, протягом якого триватиме дія поточного режиму, можна визначити як:

$$\theta = \varphi + \tau \quad (2.9)$$

де  $\theta$  - кут повороту виконавчого механізму пульсатора, протягом якого триватиме дія поточного режиму, *рад*.

Тоді подальший режим буде здійснюватися протягом кута  $\varepsilon$  повороту золотника:

$$\varepsilon = 2\pi - (\varphi + \tau) \quad (2.10)$$

Вакуумметричний тиск у міжстінних камерах двох доїльних стаканів, які одночасно з'єднані патрубком через розподільну камеру колектора з камерою постійного вакуумметричного тиску пульсатора, змінюється зі швидкістю, яку можна представити у вигляді рівняння:

$$\frac{dp_{\Pi}}{dt} = P_a \frac{Q_n}{V_{\kappa}} \quad (2.11)$$

де  $p_T$  - поточний тиск повітря в міжстінній камері в абсолютних величинах, Па;

$Q_n$  - витрата повітря, м<sup>3</sup>/с;

$V_{ky}$  - об'єм міжстінних камер двох доїльних стаканів та каналів, що з'єднують їх із розподільною камерою колектора, м<sup>3</sup>;

$P_a$  - атмосферний тиск у системі, Па.

Для визначення витрати повітря скористаємося рівнянням:

$$Q_n = K \cdot (P_{атм} - P_{абс}) \quad (2.12)$$

де  $P_{атм}$ ,  $P_{абс}$  – рівень атмосферного та абсолютного тиску в системі, відповідно, Па;

З огляду на умови працездатності пульсатора, товщина роздільної пластини 1 повинна бути не меншою за діаметр отвору 2 пульсатора. Для визначення діаметра отвору 2 при заданій довжині вакуумного каналу, що з'єднує пульсатор із розподільною камерою колектора, важливо визначити час увімкнення тактів.

Графічна зміна часу включення такту всмоктування від значень діаметра та довжини вакуумного каналу має вигляд, представлений на рисунку 2.6.

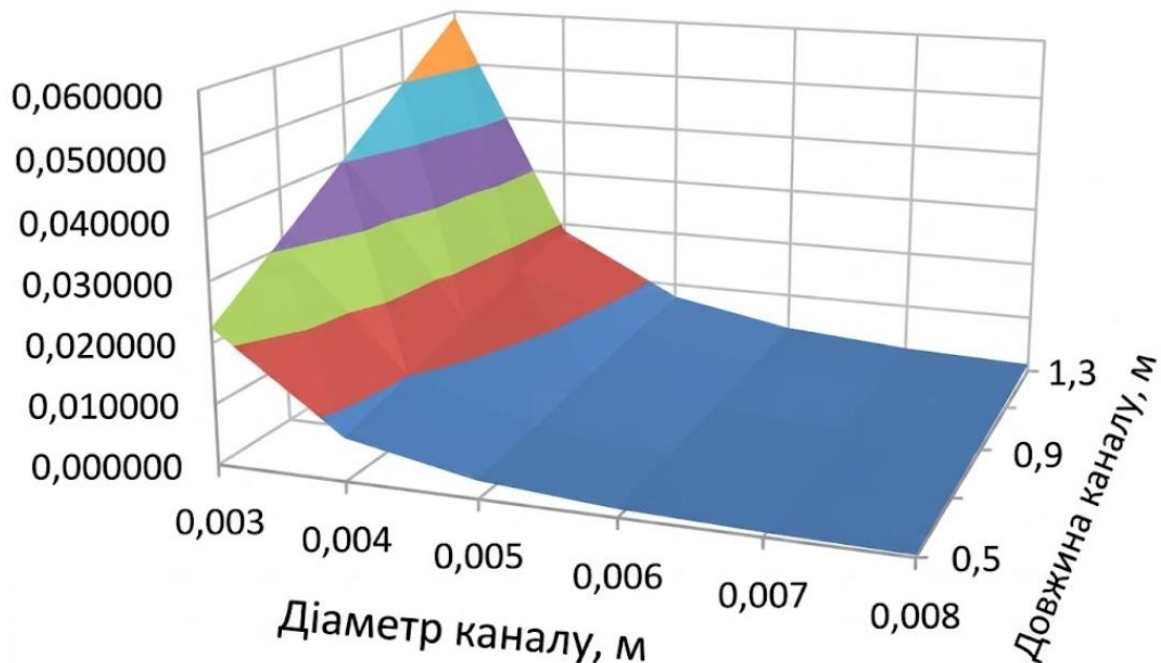


Рисунок 2.6 - Графік зміни часу увімкнення циклу відсмоктування

Як видно з графіка, при зміні діаметра каналу в межах 0,003-0,008 м та зміні довжини каналу в діапазоні 0,5-1,3 м значення часу включення такту всмоктування змінюються в діапазоні 0,00116-0,02256 с.

Графічна зміна часу включення такту стиснення від значень діаметра та довжини вакуумного каналу має вигляд, представлений на рисунку 2.7.

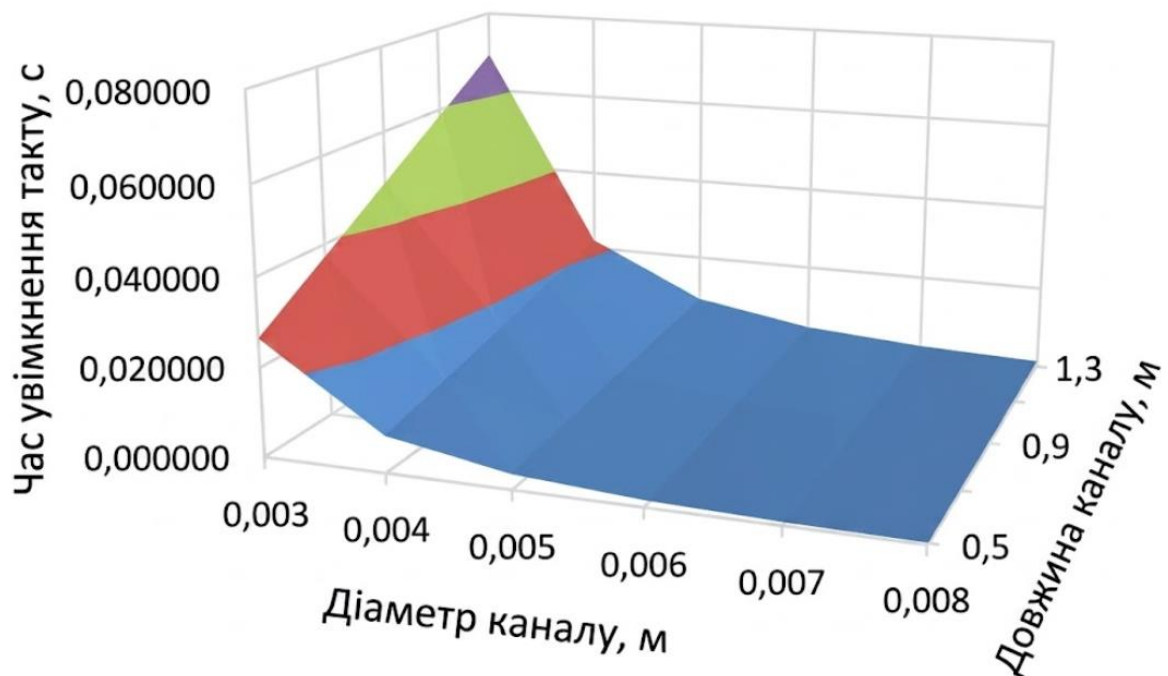


Рисунок 2.7 - Графік зміни часу включення такту стиснення

Аналізуючи діаграму, можна сказати, що час увімкнення такту стиснення, залежно від довжини каналу, яка змінюється в діапазоні 0,5-1,3 м, та від зміни діаметра каналу в межах 0,003-0,008 м, змінюється в діапазоні 0,00137-0,026638с.

У такому випадку рівняння для визначення діаметра каналу при включенні такту всмоктування матиме вигляд:

$$d_{отв} = \sqrt[4]{\frac{128\eta l_k V_{ky}}{\pi P_{атм} t_v} \cdot \ln \frac{(P_{атм} - P_{мк})}{(P_{атм} - P_{амк})}} \quad (2.13)$$

Графічна залежність діаметра каналу від значень часу включення такту всмоктування та довжини вакуумного каналу має вигляд, показаний на рисунку 2.8.

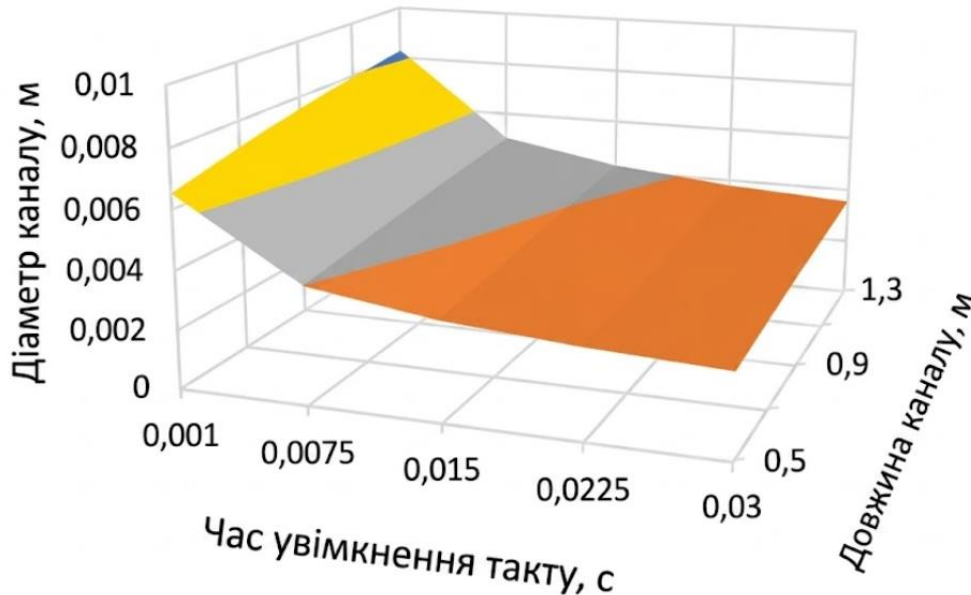


Рисунок 2.8 - Графік зміни діаметра каналу для такту всмоктування

Аналізуючи діаграму, можна сказати, що діаметр каналу залежно від часу включення такту всмоктування, який змінюється в діапазоні 0,001-0,03 с, та від зміни довжини каналу в межах 0,5-1,3 м, змінюється в діапазоні 0,0035-0,0065 м.

Рівняння для визначення діаметра каналу при включенні такту стиснення матиме вигляд:

$$d_{отв} = \sqrt[4]{\frac{128\eta l_k V_{ky}}{\pi P_{атм} t_v} \cdot \ln \frac{(P_{атм} - P_{абс})}{(P_{мк} - P_{абс})}} \quad (2.14)$$

Графічна зміна діаметра каналу залежно від значень часу включення такту стиснення та довжини вакуумного каналу має вигляд, показаний на рисунку 2.9.

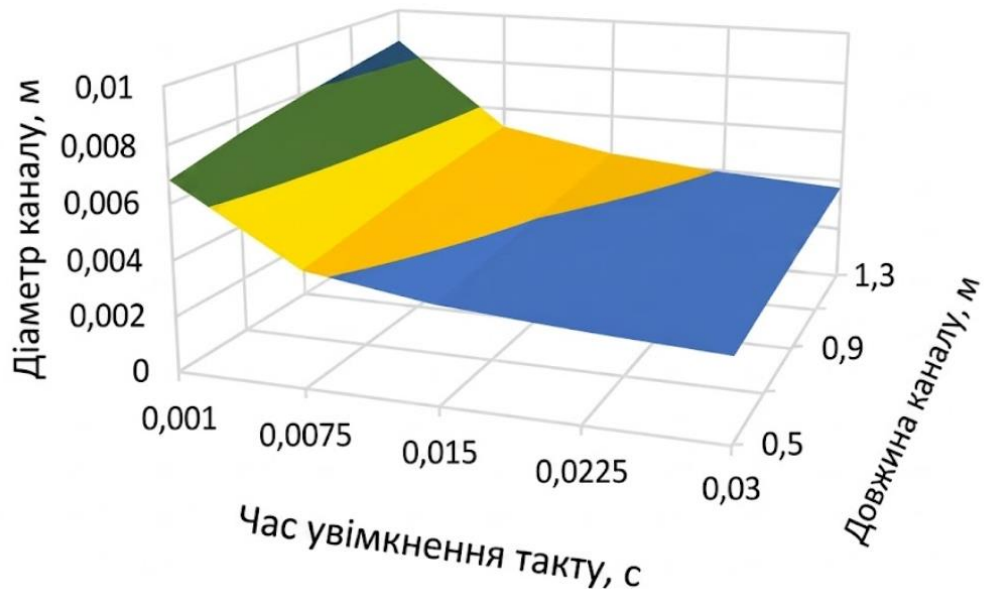


Рисунок 2.9 - Графік зміни діаметра каналу для такту стиснення

Аналізуючи діаграму, можна сказати, що діаметр каналу залежно від часу включення такту стиснення, який змінюється в діапазоні 0,001-0,03 с, та від зміни довжини каналу в межах 0,5-1,3 м, змінюється в діапазоні 0,0037-0,0068 м.

З урахуванням того, що при ввімкненні режиму стиснення можливі ударні навантаження на сосок вимені корови, у подальших розрахунках із застосуванням діаметра  $d_{омв}$ , будемо використовувати рівняння для розрахунку зазначеного параметра в режимі увімкнення такту стиснення з допустимим інтервалом коливання часу  $t_{cm}$ , при якому виключається шкідливий вплив на сосок.

Загальноприйняте зображення співвідношення тактів може мати такий вигляд:

$$\left( \frac{\theta}{2\pi} 100\% \right) : \left( \frac{\varepsilon}{2\pi} 100\% \right) \quad (2.15)$$

Розрахунок співвідношення тактів проводили за умови, що висота паза  $h$  робочої камери золотника дорівнює 30,0 мм, діаметр золотника  $d_l=50,0$  мм, діапазон коливань часу ввімкнення такту стиснення в межах 0,001-0,03с. Значення співвідношення тактів розраховували з урахуванням різних положень золотника у вертикальній площині всередині корпусу пульсатора відносно каналів, що сполучаються з розподільною камерою колектора, з інтервалом 5,5 мм від крайнього верхнього положення золотника.

Графіки значень величини такту стиснення та всмоктування залежно від переміщення золотника у вертикальній площині корпусу пульсатора на відстань 0,004 м, від часу включення тактів в інтервалі 0,001-0,03 с та від зміни довжини каналу в межах 0,5-1,3 м, зображені на рисунках 2.10 та 2.11, відповідно.

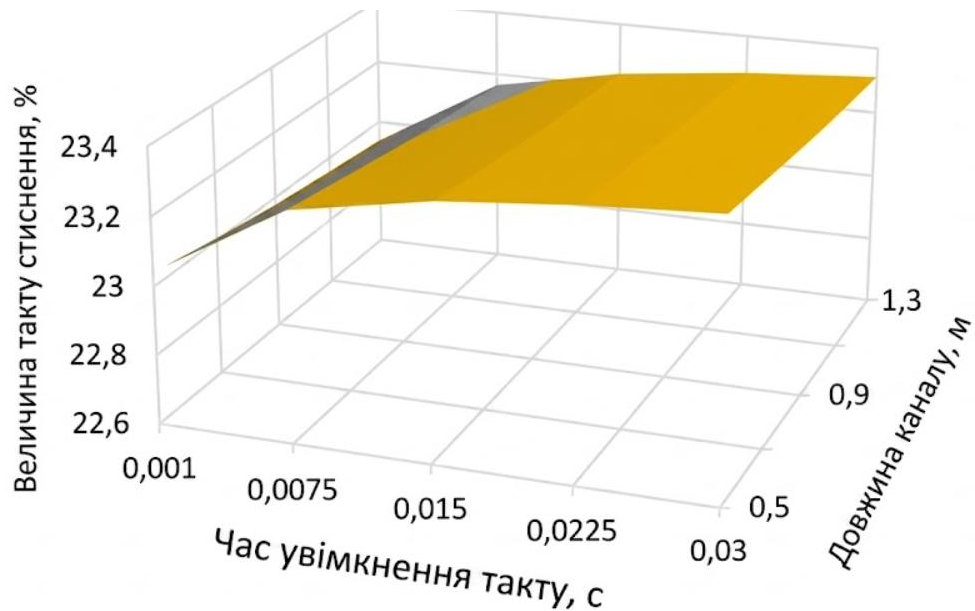


Рисунок 2.10 - Графік значень коефіцієнта стиснення

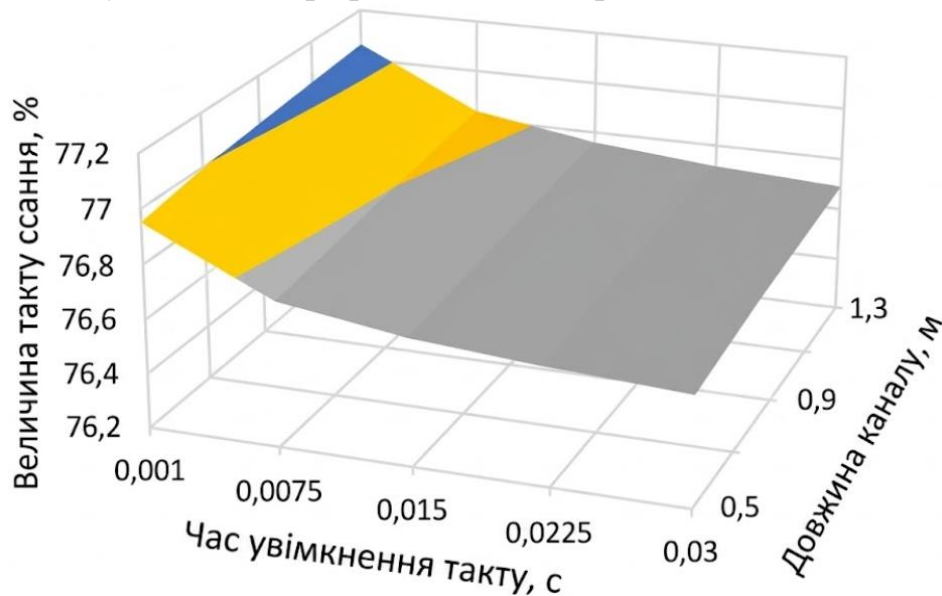


Рисунок 2.11 - Графік значень такту всмоктування

Під час доїння в номінальному режимі тривалість такту смоктання встановлюється відповідно до зоотехнічних вимог, що забезпечує максимальну інтенсивність потоку молока, яке виводиться з вимені корови, та безпечний вплив на молочну залозу. Цьому повинен відповідати загальний кут повороту  $\theta_{dn}$  виконавчого механізму пульсатора, протягом якого триватиме дія поточного режиму, що може бути реалізовано при зміщенні нижньої площини внутрішньої поверхні золотника відносно осі отвору 2 (рисунок 2.5) на висоту  $z_{dn}$ .

Після завершення доїння та переведення доїльного апарату в режим стимулюючого доїння тривалість такту смоктання встановлюється відповідно до зоотехнічних вимог, що забезпечує безпечний вплив на молочну залозу. Цьому повинен відповідати загальний кут повороту  $\theta_{ds}$  виконавчого механізму пульсатора, протягом якого триватиме дія поточного режиму, що може бути

реалізовано при зміщенні нижньої площини внутрішньої поверхні золотника відносно осі отвору 2 (рисунок 2.5) на висоту  $z_{ds}$ .

У такому випадку, за умови збереження початкового положення розділової пластини, висота  $h$  паза робочої камери золотника може бути зменшена з боку камери постійного вакуумметричного тиску, розташованої знизу, на величину.

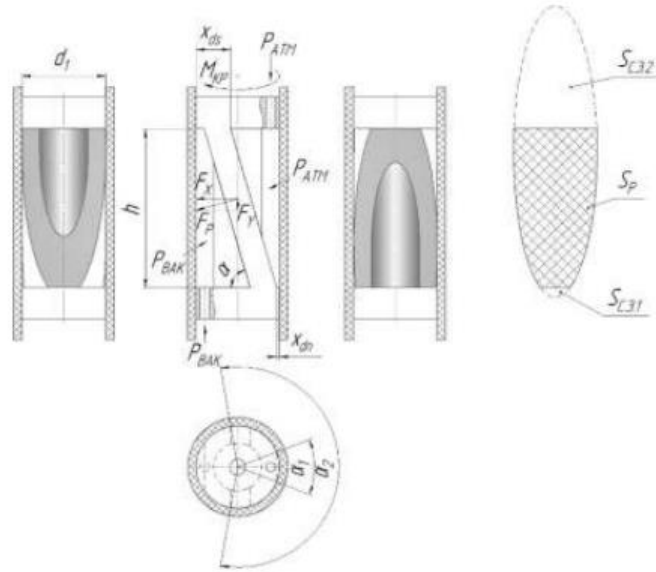


Рисунок 2.13 - Схема сил, що діють на золотник

Площу еліпса визначимо як:

$$S_e = \frac{\pi d_1^2}{4 \cos \alpha} \quad (2.16)$$

Площа  $S_{ce1}$  визначимо, використовуючи площу сектора кола з діаметром  $d_1$ , висота якого дорівнює відстані  $x_{dn}$  від внутрішньої поверхні корпусу пульсатора до лінії кріплення розділової пластини до нижньої площини внутрішньої поверхні золотника з боку камери постійного атмосферного тиску, а площа  $S_{ce2}$  визначимо, використовуючи площу сектора кола з діаметром  $d_1$ , висота якого дорівнює відстані  $x_{ds}$  від внутрішньої поверхні корпусу пульсатора з боку камери постійного вакуумметричного тиску до лінії кріплення розділової пластини до верхньої площини внутрішньої поверхні золотника з боку камери постійного атмосферного тиску.

Зазначені сегменти являють собою проекції на горизонтальну площину сегментів еліпса, що відсікаються, по лінії кріплення розділової пластини до нижньої площини внутрішньої поверхні золотника і по лінії кріплення розділової пластини до верхньої площини внутрішньої поверхні золотника з боку камери постійного атмосферного тиску.

У такому випадку для визначення площі сегментів еліпса, що відсікаються, ми можемо скористатися такими формулами:

$$S_{e.1} = \frac{R^2 (a_1 - \sin a_1)}{2 \cos \alpha}, \quad S_{e.2} = \frac{R^2 (a_2 - \sin a_2)}{2 \cos \alpha} \quad (2.54)$$

де  $\alpha_1$  - центральний кут проекції на горизонтальну площину сегмента, що відсікається, еліпса по лінії кріплення розділової пластини до нижньої площини внутрішньої поверхні золотника з боку камери постійного атмосферного тиску, рад;

$\alpha_2$  - центральний кут проекції на горизонтальну площину сегмента еліпса, що відсікається, по лінії кріплення розділової пластини до верхньої площини внутрішньої поверхні золотника з боку камери постійного атмосферного тиску., рад;

$R$  - радіус золотника, м

Зі зміною діаметра виконавчого механізму пульсатора в діапазоні 30,0-50,0 мм та інтервалом варіювання висоти паза золотника від 30,0 до 50,0 мм значення горизонтальної складової сили впливу на роздільну пластину змінюється в діапазоні від 53,91 до 99,44 Н.

Графічно залежність горизонтальної складової сили впливу на роздільну пластину від параметрів діаметра та висоти паза золотника зображена на рисунку 2.14.

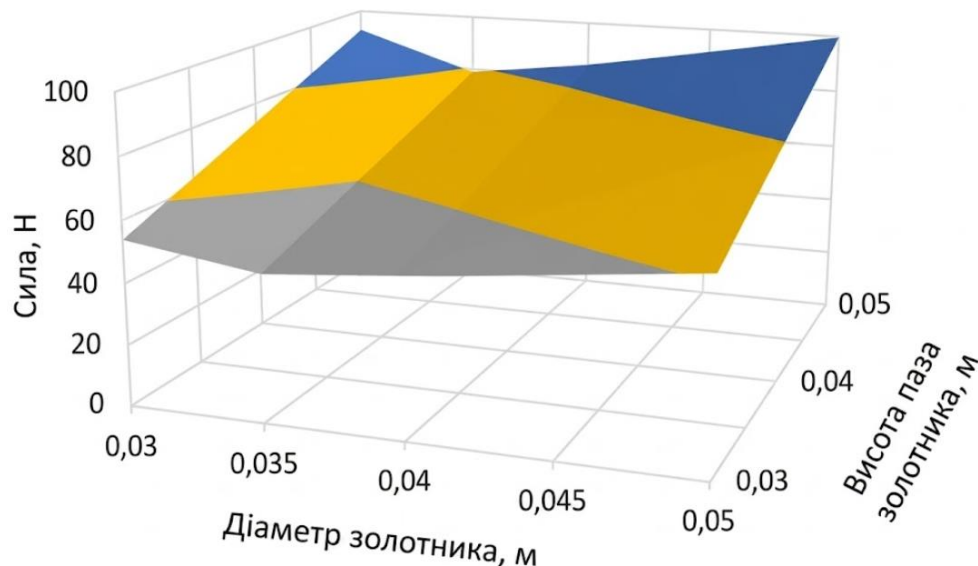


Рисунок 2.14 - Графік залежності горизонтальної складової сили, що діє на роздільну пластину, від висоти паза та діаметра золотника

#### Висновки до розділу.

1. Значення часу включення такту стиснення та часу включення такту всмоктування залежать від коефіцієнта в'язкості середовища  $\eta$ , довжини вакуумного каналу  $l_k$ , обсягу камери управління  $V_{ку}$ , абсолютного тиску в міжстінковій камері доїльного стакана  $P_{км}$  та діаметра каналу  $d_k$ . Встановлено, що зі зміною діаметра каналу від 3,0 до 8,0 мм та довжини каналу від 0,5 до 1,3 м час увімкнення такту стиснення змінюється в межах від 0,00137 до 0,026638с, а час увімкнення такту всмоктування змінюється в межах від 0,00116 до 0,02256с.

2. На підставі досліджень було визначено співвідношення тактів всмоктування та стиснення залежно від переміщення золотника у корпусі

пульсатора по вертикалі. Зміна співвідношення тактів залежить від діаметра каналу, що дорівнює товщині роздільної пластини,  $d_{омб}$ , діаметра золотника  $d_l$ , висота паза золотника  $h$ , зсуви  $x_{ds}$  роздільної пластини у верхній площині золотника, зміщення  $x_{dn}$  роздільної пластини в нижній площині золотника. За умови, що висота паза  $h$  робоча камера золотника становить 30,0 мм, діаметр золотника  $d_l=50,0$  мм, зсуви  $x_{dn}$  і  $x_{ds}$  дорівнюють 0, встановлено, що при зміні переміщення золотника у вертикальній площині корпусу пульсатора на відстань 0,004-0,026 м, від часу включення тактів в інтервалі 0,001-0,03 с та від зміни довжини каналу в межах 0,5-1,3 м співвідношення тактів варіює в межах від 23,31:76,69 до 68,16:31,84.

3 Визначено необхідну жорсткість пружини, параметри якої залежать від тиску, що подається під шток пульсатора, необхідного для потрібного переміщення виконавчого механізму у вертикальній площині, та від конструктивних параметрів золотника. Встановлено, що зі зміною діаметра виконавчого механізму пульсатора в діапазоні 30,0-50,0 мм з інтервалом варіювання висоти паза золотника від 30,0 до 50,0 мм значення жорсткості пружини без урахування сили тертя золотника об внутрішню поверхню корпусу пульсатора змінюється в діапазоні від 911,9 до 1975,2 Н/м.

### 3. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНОГО ПУЛЬСАТОРА АДАПТИВНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

#### 3.1 Методика досліджень

Проведені теоретичні дослідження робочого процесу адаптивного доїльного апарату з механічним пульсатором підтверджують, що основна умова працездатності апарату - утримання конструкції на вимені, а також забезпечення заданого режиму доїння, яке максимально копіює фізіологічні особливості вимені корів. За виконання цих умов враховують безліч чинників.

Як впливає з програми, з урахуванням теоретичних викладок та особливостей розробленої конструкції пульсатора (рисунок 3.1), ми виготовили макетний зразок та деякі деталі, які надалі піддавалися нами дослідженням для покращення конструктивно-режимних параметрів. Проведення випробувань проходило із використанням контрольно-вимірювальних приладів.



Рисунок 3.1 - Механічний пульсатор доїльного апарату: 1 - пульсатор у зборі, 2, 3, 4, 6 - патрубки, 5 - електродвигун, 7 - золотник, 8 - пружина, 9 - шайба проставальна, 10 - корпус пульсатора, 11 - вал шліцевий

Залежність зміни часу включення такту від діаметра та довжини каналу, що повідомляється з розподільчою камерою колектора, ми визначали за допомогою лабораторної установки, схема якої зображена на рисунку 3.2.

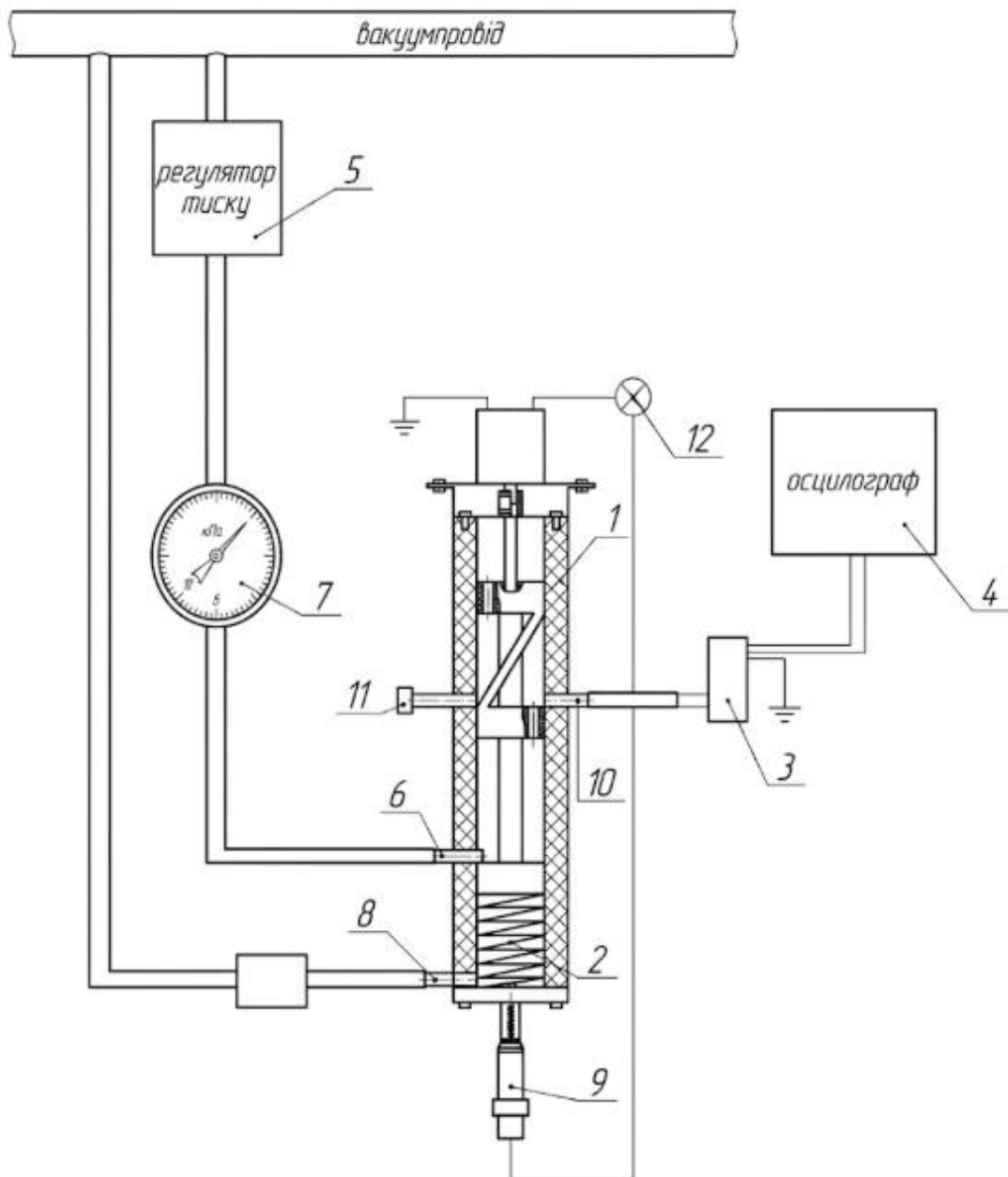


Рисунок 3.2 - Схема лабораторної установки для визначення часу включення такту: 1 - корпус пульсатора, 2 - пружина, 3 - датчик, 4 - осцилограф, 5 - регулятор тиску, 6, 8, 10 - патрубок, 7 - вакуумметр, 9 - мікрометричний глибиномір, 11 - заглушка, 12 - лампочка

Установка складається з пульсатора доїльного апарату, закріпленого нерухомо; патрубок 8 з'єднаний із джерелом вакуумметричного тиску через регулятор 5. Для реєстрації тиску стенд оснащений вакуумметром марки ВП4-УУ2, що з'єднується з патрубком 6, і датчиком 3, що з'єднується з патрубком 10 і підключений до осцилографа 4 марки С1-93. Під золотником встановлена пружина 2, хід якої дорівнює висоті паза золотника. Для реєстрації положення золотника по висоті всередині корпусу пульсатора внизу встановлений мікрометричний глибиномір марки 9 ГМЦ-100 0,01. Точність виміру  $\pm 0,01$  мм.

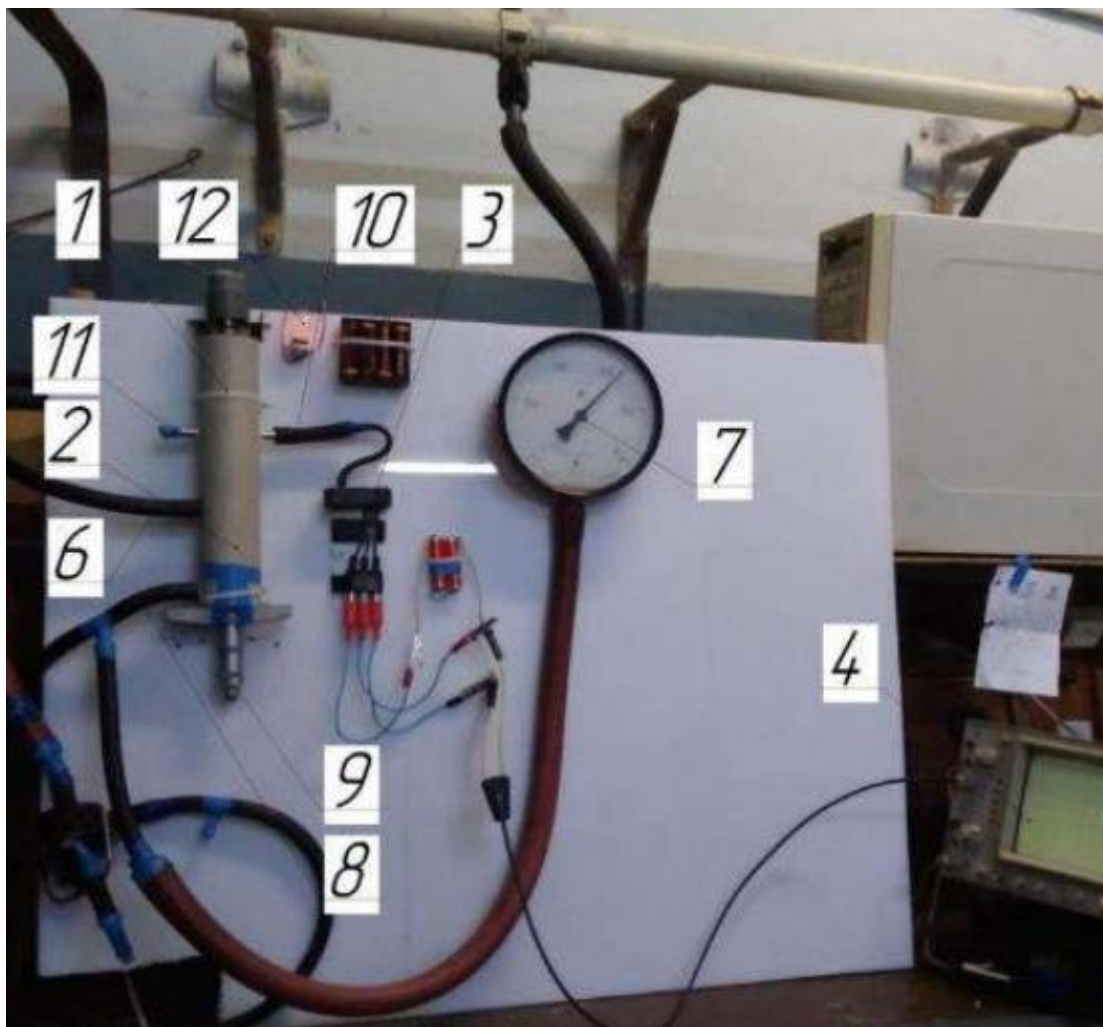


Рисунок 3.3 - Лабораторна установка визначення часу включення такту: 1 - корпус пульсатора, 2 - пружина, 3 - датчик, 4 - осцилограф, 5 - регулятор тиску, 6, 8, 10 - патрубок, 7 - вакуумметр, 9 - мікрометричний глибиномір, 11 - заглушка, 12 - лампочка

Для того, щоб встановити характер залежності часу включення такту від діаметра та довжини каналу, що повідомляє пульсатор з розподільчою камерою колектора, ми проводили факторний експеримент.

Граничні інтервали варіювання факторів зведені до таблиці 3.1.

| Фактори             | Діаметр каналу, м | Довжина каналу, м |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Прийняте позначення | $d_{отв}$         | $l_k$             |
| Позначення в МФЕ    | $x_3$             | $x_4$             |
| Верхня межа         | 0,013             | 2,0               |
| Основний рівень     | 0,008             | 1,5               |
| Нижня межа          | 0,003             |                   |

Дослідження проводили в такий спосіб. Підключали живлення до приводу золотника пульсатора. Запускали вакуумну лінію. Після встановлення номінального вакуумметричного тиску проводили зчитування показань. За допомогою регулятора тиску встановлювали вакуумметричний тиск під штоком

золотника  $20,0 \pm 2,0$  кПа, тим самим переміщуючи виконавчий механізм для того, щоб 10 патрубок знаходився на рівні середини камер вакуумметричного і атмосферного тиску. За допомогою мікрометричного глибиноміру фіксували положення золотника по висоті. При зіткненні штока та глибиноміру загорялася лампочка, підключена до корпусу двигуна та глибиноміру через мінусовий провід.

За допомогою осцилографа фіксували на графіку час включення такту. Кожен режим записували за допомогою програми на ноутбукі. Дослідження проводили з триразовою повторністю з діаметром каналу патрубка 10, рівному товщині пластини, що змінюється від 3,0 до  $13,0 \pm 1,0$  мм з кроком 1,0 мм і зміною довжини каналу від 1,00 до  $2,00 \pm 0,01$  м з обліком 0 00,00 м з кроком 0,25 м.  $50,0 \pm 1,0$  мм з кроком 5,0 мм, діаметр золотника від 30,0 до  $50,0 \pm 1,0$  мм, частота обертання 40,0-  $80,0 \pm 5,0$  об/хв і вакуумметричний тиск  $48,0 \pm 2,0$  кПа. Після проведення досвіду, аналізуючи отримані результати, встановлювали час включення такту.

### **3.2 Визначення співвідношення тактів пульсатора**

Залежність зміни співвідношення тактів від висоти паза золотника, його положення в корпусі пульсатора щодо каналів, що повідомляються з розподільною камерою колектора, товщини розділової пластини камер вакуумметричного і атмосферного тиску і її зміщення в нижній і верхній площині золотника, а також діаметра золотника 4 визначали за допомогою лабораторної. Експериментальна установка складається з пульсатора доїльного апарату, закріпленого нерухомо, патрубок 8 з'єднаний з джерелом вакуумметричного тиску через регулятор 5. Для реєстрації тиску стенд забезпечений вакуумметром марки ВП4-УУ2, що з'єднується з патрубком 6, і датчиком 3, що з'єднується з патрубком 4 С1-93. Під золотником встановлена пружина 2, хід якої дорівнює висоті паза золотника. Для реєстрації положення золотника по висоті всередині корпусу пульсатора внизу корпусу пульсатора встановлено мікрометричний глибиномір марки 9 ГМЦ-100  $0,01$ . Точність виміру  $\pm 0,01$  мм.

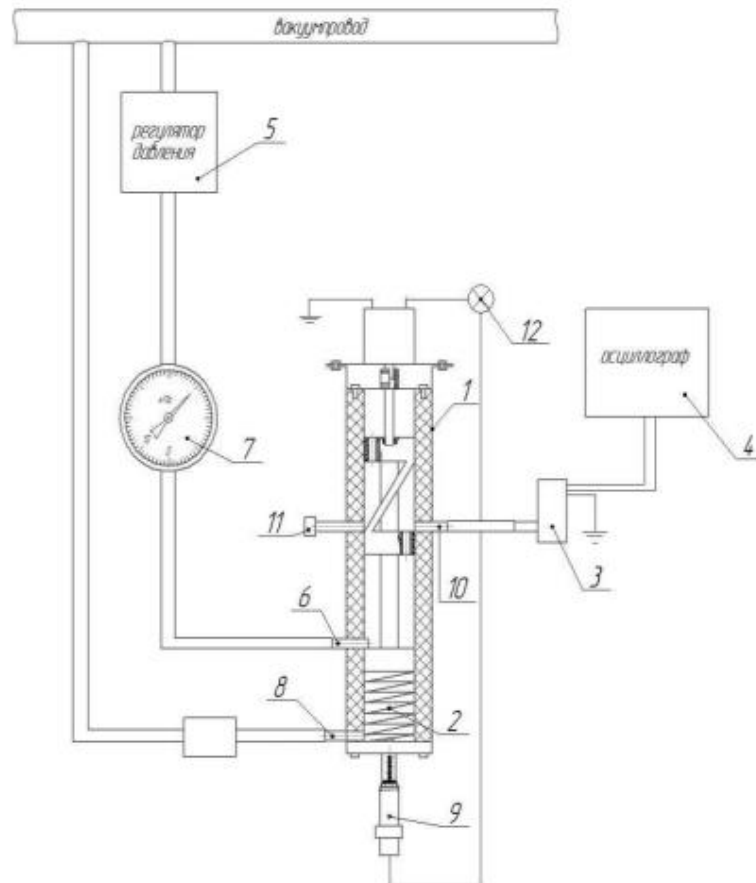


Рисунок 3.4 - Схема лабораторної установки для визначення співвідношення тактів пульсатора: 1 - корпус пульсатора, 2 - пружина, 3 - датчик, 4 - осцилограф, 5 - регулятор тиску, 6, 8, 10 - патрубок, 7 - вакуумметр, 9 - мікрометричний глибиномір, 11 - заглушка

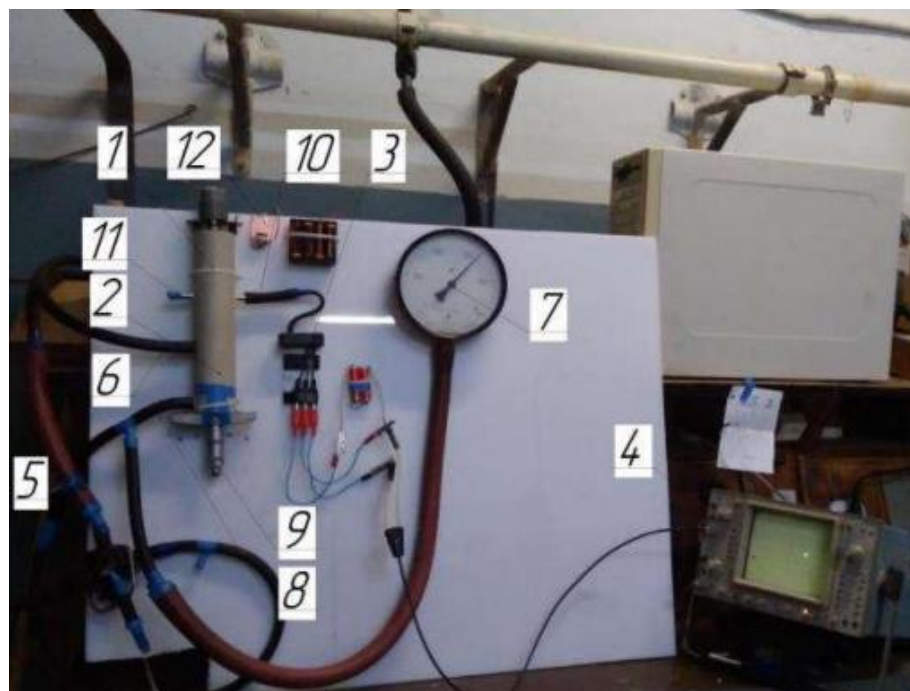


Рисунок 3.5 - Лабораторна установка визначення співвідношення тактів: 1 - корпус пульсатора, 2 - пружина, 3 - датчик, 4 - осцилограф,

5 - регулятор тиску, 6, 8, 10 - патрубок, 7 - вакуумметр,  
9 - мікрометричний глибиномір, 11 - заглушка, 12 - лампочка

Для того, щоб встановити характер залежності співвідношення тактів пульсатора від висоти паза золотника, положення золотника по висоті щодо каналів, сполучених з розподільчою камерою колектора, товщини пластини, що розділяє камери вакуумметричного і атмосферного тиску і її зміщення в нижній і верхній площині золотника, а також діаметра золотника. Граничні інтервали варіювання факторів зведені до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

| Фактори             | Висота паза золотника, м | Положення золотника по висоті, м | Товщина пластини, м | Діаметр золотника, м | Зсув пластини в нижній площині золотника, | Зсув пластини у верхній площині золотника, |
|---------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Значення            | H                        | Z                                | s <sub>1</sub>      | d <sub>1</sub>       | x <sub>dn</sub>                           | x <sub>ds</sub>                            |
| Позначення в МФЕ    | x <sub>1</sub>           | x <sub>2</sub>                   | x <sub>3</sub>      | x <sub>4</sub>       | x <sub>5</sub>                            | x <sub>6</sub>                             |
| Верхня межа (1)     | 0,05                     | 0,03                             | 0,013               | 0,05                 | 0,012                                     | 0,012                                      |
| Основний рівень (0) | 0,04                     | 0,02                             | 0,008               | 0,04                 | 0,006                                     | 0,006                                      |
| Нижня межа (-1)     | 0,03                     | 0,01                             | 0,003               | 0,03                 | 0                                         | 0                                          |

Дослідження проводили в такий спосіб. Встановлювали по черзі золотник із діапазоном зміни співвідношення тактів ссання та стиснення від 70:30 до 30:70 з кроком 10,0 %. Підключали живлення до приводу золотника пульсатора. Запускали вакуумну лінію. Після встановлення номінального вакуумметричного тиску проводили зчитування показань. За допомогою регулятора тиску встановлювали необхідний вакуумметричний тиск під штоком золотника від 0 до 40,0±2,0 кПа з кроком 5,0 кПа, переміщуючи цим виконавчий механізм. За допомогою мікрометричного глибиноміру заміряли положення золотника по висоті. При зіткненні штока та глибиноміру загорялася лампочка, підключена до корпусу двигуна та глибиноміру через мінусовий провід. Знаючи положення золотника всередині корпусу, за допомогою датчика 3 і осцилографа 4 реєстрували зміну співвідношення тактів. Кожен режим записували за допомогою програми на ноутбучі. Дослідження проводили з трикратною повторністю з діаметром каналу патрубка 10, рівному товщині пластини, що змінюється від 3,0±0,1 до 13,0±0,1 мм з кроком 1,0 мм, зміщенням пластини у верхній і нижній площині золотника від 0 до 12,0±0,1мм, 30,0±1,0 мм з урахуванням висоти паза золотника, що змінюється від 30,0 до 50,0±1,0 мм з кроком 5,0 мм, діаметр золотника від 30,0 до 50,0±1,0 мм. При цьому інтервал варіювання кута установки пластини при зміні конструктивних параметрів

знаходився в межах від 30,0 до 60,0  $\pm$  1,0. Після проведення досвіду, аналізуючи отримані результати, встановлювали необхідні конструктивні параметри необхідного діапазону співвідношення тактів пульсатора.

### 3.3 Методика визначення переміщення золотника по висоті залежно від вакуумметричного тиску, що подається під шток

Характеристики переміщення золотника залежно від вакуумметричного тиску, що подається під шток, ми визначали за допомогою лабораторної установки, схема якої зображена на рисунку 3.4.

Експериментальна установка складається з пульсатора доїльного апарату, нерухомо закріпленого, патрубком 8 з'єднаний з джерелом вакуумметричного тиску через регулятор. Для реєстрації тиску стенд забезпечений вакуумметром марки ВП4-УУ2, з'єднаний з патрубком 6 через регулятор тиску з вакуумною лінією. У нижній частині корпусу пульсатора встановлено мікрометричний глибиномір 9 ГМЦ-100 0,01, що контактує з серцевиною золотника. Переміщення золотника по висоті обмежено патрубком 6, що контактує зі штоком, причому висота паза золотника дорівнює ходу штока. Вал приводу золотника пульсатора та мікрометр підключені до джерела електричної енергії, причому відстань фіксується після дотику серцевини штока та голки глибиноміру. При дотику електричний ланцюг замикається і загоряється лампочка. Точність виміру  $\pm$  0,01 мм.

Для того, щоб встановити характер залежності переміщення золотника по висоті в залежності від вакуумметричного тиску, що подається під шток, діаметра золотника і жорсткості пружини, нами був проведений факторний експеримент.

Межі зміни факторів представлені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Межі зміни факторів експерименту

| Фактори             | Вакуумметричний тиск, кПа | Діаметр золотника, м | Жорсткість пружини, Н/м |
|---------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|
| Прийняте рішення    | P                         | d <sub>1</sub>       | k                       |
| Позначення в МФЕ    | x <sub>1</sub>            | x <sub>2</sub>       | x <sub>3</sub>          |
| Верхня межа (1)     | 40,0                      | 0,05                 | 2000,0                  |
| Основний рівень (0) | 20,0                      | 0,04                 | 1500,0                  |
| Нижня межа (-1)     | 0                         | 0,03                 | 1000,0                  |

Дослідження проводили в такий спосіб. На стенд встановлювали пульсатор з параметрами згідно з матрицею планування експерименту. Підключали

живлення до приводу золотника пульсатора. Запускали вакуумну лінію. Після встановлення номінального вакуумметричного тиску проводили зчитування показань. За допомогою регулятора зміни вакуумметричного тиску подавали під шток золотника необхідний вакуумметричний тиск. За допомогою мікрометричного глибиноміру фіксували положення золотника по висоті. Кожен режим записували за допомогою програми на ноутбучі.

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ МЕХАНІЧНОГО ПУЛЬСАТОРА ДОЇЛЬНОГО АПАРАТУ

### 4.1. Результати досліджень щодо визначення часу включення тактів

Як випливає з теоретичних досліджень, час включення тактів залежить від вакуумметричного тиску, діаметра і довжини каналу, що з'єднується з розподільною камерою колектора. Зі збільшенням вакуумметричного тиску час включення тактів зменшується. У зв'язку з цим експеримент проводили при вакуумметричному тиску  $48,0 \pm 2,0$  кПа.

В результаті виконання факторного експерименту з визначення часу включення тактів встановлено, що експериментальна модель для такту стиснення достатньою мірою може бути представлена у вигляді рівняння регресії, яке можна представити як:

$$Y = 0,047 - 16,235x_1 + 0,062x_2 - 5,26x_1x_2 + 1015,3x_1^2 - 0,001x_2^2 \quad (4.1)$$

де  $Y$  - час увімкнення такту стиснення, с;

$x_1$  - діаметр каналу, що з'єднує пульсатор із розподільною камерою колектора, м;

$x_2$  - довжина каналу, що з'єднує пульсатор із розподільною камерою колектора, м.

У розшифрованому вигляді рівняння має такий вигляд:

$$Y = 0,047 - 16,235d_{омв} + 0,062l_k - 5,26d_{омв}l_k + 1015,3d_{омв}^2 - 0,001l_k^2 \quad (4.2)$$

де  $d_{омв}$  - діаметр каналу, що з'єднує пульсатор із розподільною камерою колектора, м;

$l_k$  - довжина каналу, що з'єднує пульсатор із розподільною камерою колектора, м.

У свою чергу, експериментальна модель для такту ссання достатньою мірою може бути представлена у вигляді рівняння регресії, яке можна представити як:

$$Y = 0,043 - 14,647x_1 + 0,048x_2 - 6,45x_1x_2 + 997,3x_1^2 + 0,013x_2^2 \quad (4.3)$$

де  $Y$  - час увімкнення циклу всмоктування, с;

$x_1$  - діаметр каналу, що з'єднує пульсатор із розподільною камерою колектора, м;

$x_2$  - довжина каналу, що з'єднує пульсатор із розподільною камерою колектора, м.

У розшифрованому вигляді рівняння має вигляд:

$$Y = 0,043 - 14,647d_{омв} + 0,048l_k - 6,45d_{омв}l_k + 997,3d_{омв}^2 - 0,013l_k^2 \quad (4.4)$$

де  $d_{омв}$  - діаметр каналу, що з'єднує пульсатор із розподільною камерою колектора, м;

$l_k$  - довжина каналу, що з'єднує пульсатор із розподільною камерою колектора, м

Ми провели розрахунок, тим самим визначивши значення часу включення тактів залежно від діаметра та довжини каналів, що з'єднуються з розподільною камерою колектора, при вакуумметричному тиску  $48,0 \pm 2,0$  кПа, а потім, використовуючи отримані дані, розрахували рівняння 4.1 і 4.3.

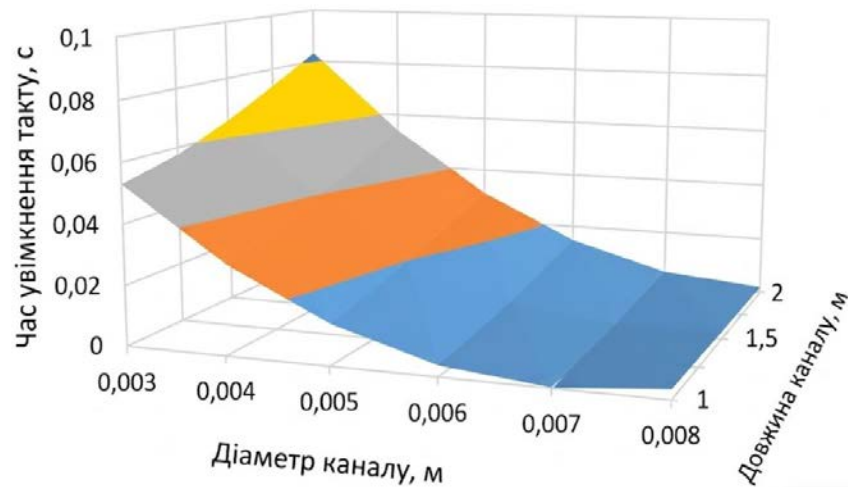


Рисунок 4.1 - Зміни часу включення такту стиснення залежно від діаметра та довжини каналу, що з'єднує пульсатор із розподільною камерою колектора

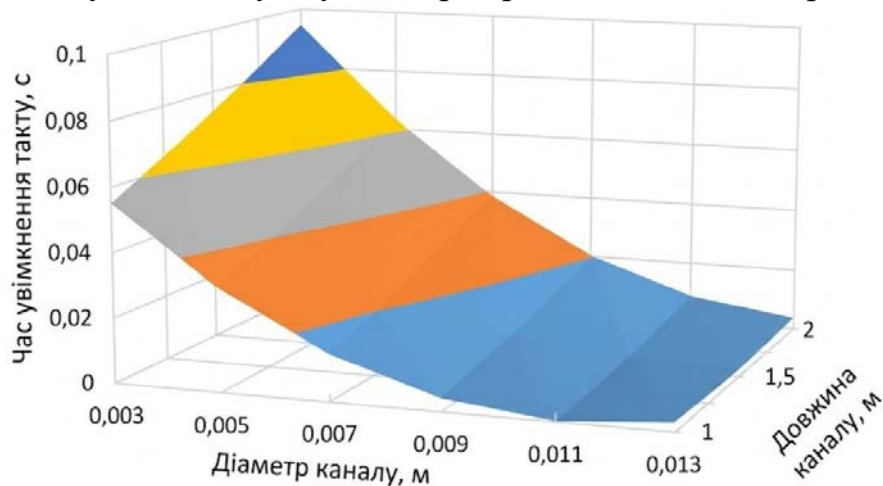


Рисунок 4.2 - Залежність зміни часу включення такту всмоктування від діаметра та довжини каналу, що з'єднує пульсатор із розподільною камерою колектора

Адекватність теоретичних рівнянь оцінювалася за критерієм Фішера. Розрахунок показує, що рівняння ідентичні. Фактичні значення критерію не перевищують 2,06, тоді як табличне значення F-критерію Фішера дорівнює 3,40. На підставі цього можна будувати висновки про достовірності теоретичних рівнянь, отриманих нами визначення часу включення тактів залежно від діаметра і довжини каналів, які повідомляють пульсатор з розподільною камерою колектора.

У досліджених відомих учених, з досвіду експлуатації відомих доїльних установок, зазначено, що час включення такту, що рекомендується, при 60 пульсаціях в хвилину становить близько 0,060 с. За даними експерименту, даний час включення такту при довжині каналу 1,25 м забезпечується при його діаметрі, що дорівнює 3,1 мм.

#### 4.2. Результати досліджень щодо визначення переміщення золотника по висоті залежно від вакуумметричного тиску під штоком

Дослідження проводили відповідно до методики, викладеної в розділі 3.4. Згідно з теоретичними дослідженнями, переміщення золотника залежить від вакуумметричного тиску під штоком, діаметра золотника та жорсткості пружини.

В результаті виконання факторного експерименту з визначення переміщення золотника по вертикалі встановлено, що експериментальна модель достатньою мірою може бути представлена у вигляді рівняння регресії, яке в кодованому вигляді має вигляд:

$$Y = 0,04791 - 0,01438x_1 - 0,00012x_2 - 0,0019x_3 + 0,00032x_1x_2 - 0,00027x_1x_3 + 0,00038x_2x_3 - 0,00017x_1x_2x_3 + 0,00431x_1^2 - 0,00053x_2^2 - 0,00098x_3^2 \quad (4.5)$$

де  $Y$  - вертикальне переміщення золотника, м;

$x_1$  - діаметр золотника, м;

$x_2$  - вакуумметричний тиск у камері управління, кПа;

$x_3$  - жорсткість пружини, Н/м.

Розрахунок рівняння визначення потрібного значення переміщення виконавчого механізму пульсатора у вертикальній площині корпусу механічного пульсатора з урахуванням різних значень вакуумметричного тиску, діаметра виконавчого механізму і жорсткості пружини ми виконали за допомогою ПК.

На підставі отриманих даних було проведено розрахунок рівняння (4.24).

Результати обчислень представлені нами у графічному вигляді на малюнках 4.33-4.35: при фіксованому значенні жорсткості пружини  $k=1500,0$  Н/м:

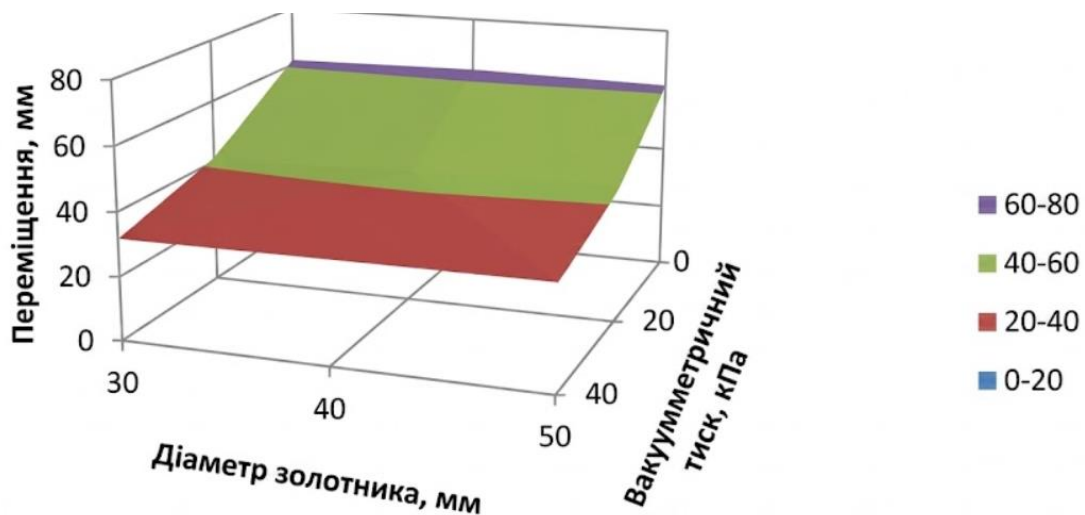


Рисунок 4.3 - Залежність вертикального переміщення золотника в камері пульсатора від вакуумметричного тиску та діаметра золотника

При фіксованому значенні діаметра золотника  $d_1=40,0$  мм:

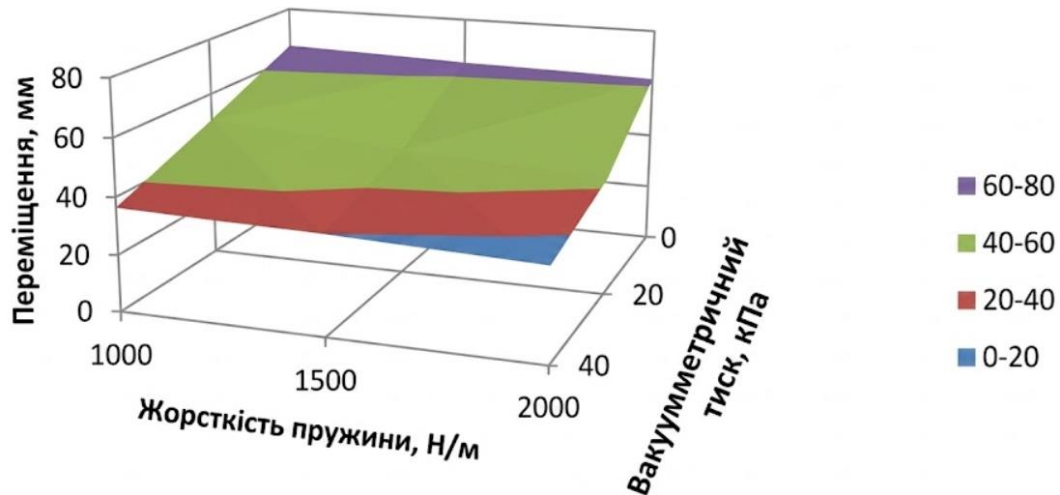


Рисунок 4.4 - Залежність вертикального переміщення золотника в камері пульсатора від вакуумметричного тиску та жорсткості пружини

При фіксованому значенні вакуумметричного тиску  $P=20,0$  кПа:

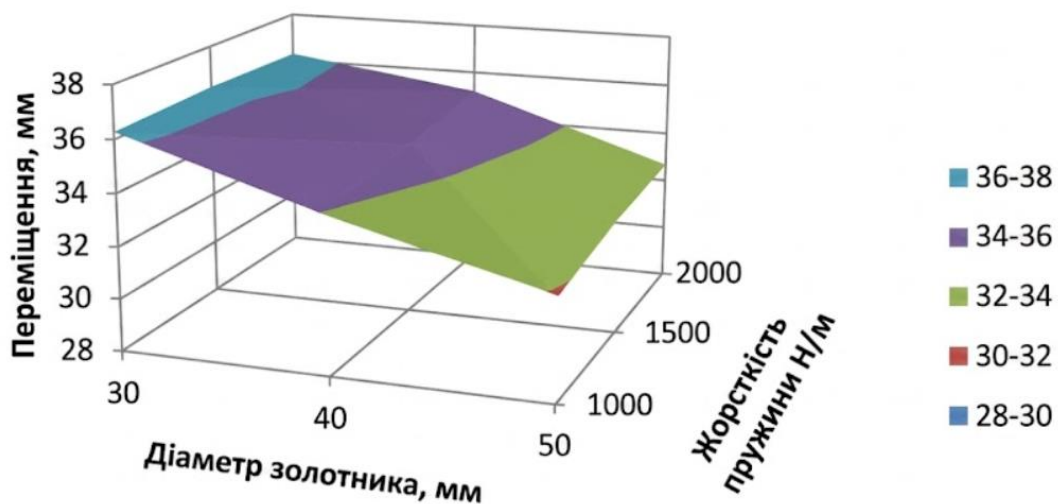


Рисунок 4.5 - Залежність вертикального переміщення золотника в камері пульсатора від жорсткості пружини та діаметра золотника

Розрахунок показує, що рівняння ідентичні. Фактичні значення критерію не перевищують 1.10, тоді як табличне значення  $F$ -критерію Фішера дорівнює 3.13. На підставі цього можна будувати висновки про достовірності теоретичного рівняння, отриманого нами визначення ступеня переміщення золотника у вертикальній площині корпусу пульсатора від параметрів вакуумметричного тиску, жорсткості пружини і діаметра золотника.

З попередніх експериментів встановлено, що діаметр золотника, що рекомендується, дорівнює 40,0 мм. Звідси випливає, що для забезпечення переміщення золотника з крайнього верхнього положення в крайнє нижнє положення при даному діаметрі та вакуумметричному тиску під штоком 40,0 кПа жорсткість пружини повинна бути 1500 Н/м.

### 4.3. Результати досліджень щодо визначення необхідної потужності приводу золотника пульсатора залежно від конструктивних параметрів пульсатора

З теоретичних досліджень робочого процесу приводу золотника пульсатора випливає, що потужність приводу залежить від вакуумметричного тиску, діаметра, висоти паза та частоти обертання золотника.

В результаті виконання факторного експерименту з визначення потужності приводу пульсатора встановлено, що експериментальна модель у достатній мірі може бути представлена у вигляді рівняння регресії, яке в кодованому вигляді має вигляд:

$$Y = 0,37 - 4,992 \cdot 10^{-6} x_1 - 0,185 x_2 - 0,167 x_3 - 6,746 x_4 + 1,727 \cdot 10^{-6} x_1 x_2 + \\ + 4,813 \cdot 10^{-5} x_1 x_2 - 2,129 x_2 x_3 + 5,78 x_2 x_4 - 0,583 x_3 x_4 + 0,0006 x_1 x_2 x_3 - 7,576 \cdot 10^{-6} x_1 x_3 x_4 - \\ - 0,0002 x_1 x_2 x_4 - 28,03 x_2 x_3 x_4 + 0,004 x_1 x_2 x_3 x_4 - 1,628 \cdot 10^{-6} x_1^2 + 186,236 x_2^2 + \\ + 0,572 x_3^2 - 12,263 x_4^2$$

де  $Y$  - потужність приводу виконавчого механізму пульсатора, Вт;

$x_1$  - вакуумметричний тиск у камері механічного пульсатора, кПа;

$x_2$  - діаметр виконавчого механізму пульсатора, м;

$x_3$  - частота обертання виконавчого механізму пульсатора,  $\text{с}^{-1}$ ;

$x_4$  - висота паза золотника, м

У розшифрованому вигляді рівняння має вигляд:

$$Y = 0,37 - 4,992 \cdot 10^{-6} P_{\text{вак}} - 0,185 d_i - 0,167 n - 6,746 h + 1,727 \cdot 10^{-6} P_{\text{вак}} + \\ + 4,813 \cdot 10^{-5} P_{\text{вак}} h - 2,129 d_i h + 5,78 d_i h - 0,583 n h + 0,0006 P_{\text{вак}} d_i h - 7,576 \cdot 10^{-6} P_{\text{вак}} n h - \\ - 0,0002 P_{\text{вак}} d_i h - 28,03 d_i n h + 0,004 P_{\text{вак}} d_i n h - 1,628 \cdot 10^{-6} P_{\text{вак}} + 186,236 d_i^2 + \\ + 0,572 n^2 - 12,263 n^2$$

де  $P_{\text{вак}}$  - вакуумметричний тиск у камері пульсатора, кПа;

$d_i$  - діаметр золотника, м;

$n$  - частота обертання золотника,  $\text{с}^{-1}$ ;

$h$  - висота паза золотника.

Розрахунок рівняння для визначення необхідного значення потужності приводу з урахуванням різних значень вакуумметричного тиску, різних діаметрів і висот паза золотника та частоти обертання ми виконали за допомогою ПК. На основі отриманих даних було проведено розрахунок.

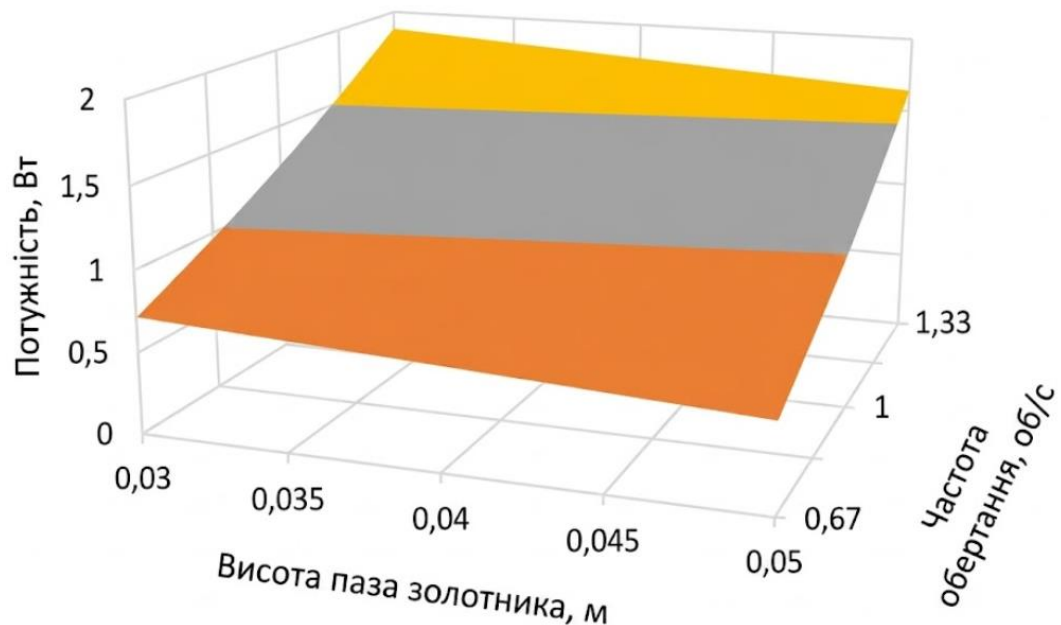


Рисунок 4.6 - Залежність потужності приводу золотника пульсатора від частоти обертання та висоти паза золотника

Розрахунок показує, що рівняння ідентичні. Фактичні значення критерію не перевищують 2.18, тоді як табличне значення F-критерію Фішера дорівнює 3.13. На підставі цього можна судити про достовірність теоретичного рівняння, отриманого нами для визначення потужності приводу золотника пульсатора, яка залежить від вакуумметричного тиску в камері механічного пульсатора, частоти обертання золотника, висоти паза та його діаметра.

Встановлено, що при діаметрі золотника та висоті його паза, рівними 40,0 мм, вакуумметричному тиску 48,0 кПа, коефіцієнті тертя ковзання, що дорівнює 0,08, і частоті обертання золотника - 60,0 об/хв., потужність приводу повинна бути не менше 1,6 Вт.

Доведено залежність часу включення такту від діаметра та довжини каналу, що повідомляє пульсатор з розподільчою камерою колектора. Адекватність теоретичних та експериментальних рівнянь оцінювалася за критерієм Фішера. Фактичні значення критерію не перевищують 2.06, тоді як табличне значення F-критерію Фішера дорівнює 3.40. На підставі цього можна будувати висновки про достовірності теоретичних рівнянь, отриманих нами визначення часу включення тактів залежно від діаметра і довжини каналів, які повідомляють пульсатор з розподільчою камерою колектора. За даними експерименту, даний час включення такту при довжині каналу 1,25 м забезпечується при його діаметрі, що дорівнює 3,1 мм.

Фактичні значення критерію не перевищують 1.11 для такту стиснення і 1.57 для такту ссання, тоді як табличне значення F-критерію Фішера дорівнює 3.13 для такту стиснення і 2.40 для такту ссання. На підставі цього можна судити про достовірність теоретичних рівнянь, отриманих нами для визначення співвідношення тактів в залежності від розмірів діаметра і висоти паза золотника,

товщини пластини, що розділяє камери вакуумметричного і атмосферного тиску, рівної за розміром діаметру каналу для надходження тиску, зміщення пластини в нижній і верхній площині колектора. Згідно з літературними джерелами, оптимальне відношення тривалості такту смоктання до такту стиснення 60:40 при частоті пульсацій 60 циклів за хвилину. У такому випадку, при товщині розділової пластини 3,1 мм, рекомендованій зміні співвідношення такту смоктання до такту стиснення при переході з номінального режиму доїння в стимулюючий режим від 60:40 до 40:60, прийнятими нами з конструктивних міркувань діаметра золотника рівному 0,0 відстань від внутрішньої поверхні корпусу пульсатора до лінії кріплення розділової пластини до нижньої та верхньої площини внутрішньої поверхні золотника має дорівнювати 12,0 мм.

Для забезпечення переміщення золотника з верхнього крайнього положення в крайнє нижнє положення при даному діаметрі і вакуумметричному тиску під штоком 40,0 кПа жорсткість пружини повинна бути 1500,0 Н/м.

Встановлено, що при діаметрі золотника та висоті його паза, рівними 40,0 мм, вакуумметричному тиску 48,0 кПа, коефіцієнті тертя ковзання, що дорівнює 0,08, і частоті обертання золотника – 60,0 об/хв., потужність приводу повинна бути не менше 1,6 Вт.

## 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Показники економічної ефективності роботи експериментального доїльного апарату з механічним пульсатором розраховували з урахуванням загальноприйнятих методик. Для більш об'єктивної оцінки ефективності слід проводити аналогічні розрахунки по контрольному доїльному апарату.

Розрахунок показників економічних ефективності вели паралельно на двох досліджуваних групах на контрольній із використанням доїльного апарату «DaMilk AID 10» та дослідною із застосуванням експериментального зразка. Основними показниками було прийнято - зниження ручних витрат у процесі доїння та збільшення ступеня здоєності тварин.

Для розрахунку економічної ефективності експериментального доїльного апарату з механічним пульсатором використовувалась така формула:

$$E_a = (Z_b - Z_n) G_n - [(C_b + H K_b) - (C_n + H K_n)] G_n \quad (5.1)$$

де  $E_a$  - економічна ефективність від використання одного доїльного апарату протягом року з урахуванням ручної праці, грн.;

$Z_n, Z_b$  - сума витрат, понесених під час доїння однієї корови контрольним апаратом «DaMilk AID 10» та розробленим доїльним апаратом, грн.;

$G_n$  - кількість удоев, проводимих на розроботанном доильном аппарате за год, шт.;

$C_b, C_n$  - повна вартість витрат на доїння однієї корови при використанні контрольного та розробленого доїльного апарату, грн.;

$K_n, K_b$  - обсяг питомих капітальних вкладень у загальній сумі витрат при використанні для доїння контрольного та розробленого доїльного апарату.

Формула для розрахунку граничної вартості одного експериментального доїльного апарата наведена нижче:

$$Z_n = \frac{1,1 Z_b a + (l_b \beta - l_n) G_n P_n}{(1 + a_n P_n) 1,1} \quad (5.4)$$

де  $a$  - коефіцієнт заміни контрольного апарату на експериментальний з урахуванням кількості доїнь на рік  $G_n$ ;

$l_b$  - питома експлуатаційна норма витрат при використанні контрольного доїльного апарату;

$l_n$  - питома експлуатаційна норма витрат при використанні експериментального доїльного апарату без урахування амортизаційних відрахувань;

$\beta$  - коефіцієнт при зниженні витрат,  $\beta = 0,8$ ;

$P_n$  - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень,  $P_n = 0,125$ ;

$a_n$  - коефіцієнт витрат на амортизацію,  $a_n = 0,14$

Питома експлуатаційна норма витрат  $l_b$  розраховується з урахуванням загальних річних витрат на експлуатацію доїльного апарату  $I_b$  та загальної кількості доїнь за рік  $G_H$ :

$$l_b = \frac{I_b}{G_H} \text{ або } l_b = \frac{B_b + A_b}{G_H} \quad (5.5)$$

де:  $B_b$  - основні та додаткові витрати на заробітну плату, грн.;

$A_b$  - амортизаційні витрати, а також витрати на ремонт, грн.;

Витрати на амортизацію розраховують за формулою:

$$A_b = a_H (Z_b + R_t) \quad (5.6)$$

де  $R_t$  - витрати на доставку та реалізацію, грн., а також основні та додаткові витрати на заробітну плату  $B_b$  визначають за формулою:

$$B_b = 1,18 t_{pol} B_{\text{ч}} G_H$$

Питома експлуатаційна норма витрат при використанні експериментального доїльного апарату ( $l_H$ ).

Економічна ефективність при застосуванні експериментального доїльного апарату з механічним пульсатором, з урахуванням підвищення молочної продуктивності тварин, визначається за такою формулою:

$$E'_H = \frac{E_H}{Q_H} = \frac{([P_1 - (I_b + E_H K_1)] - [P_2 - (I_H + E_H K_2)])}{Q_H} \quad (5.7)$$

де  $E_H$  - економічна ефективність від виробництва одного центнера молока, грн./ц;

$E_H$  - економічна ефективність при підвищенні молочної продуктивності тварин, грн.;

$Q_H$  - річний обсяг отриманого молока при використанні одного розробленого доїльного апарату;

$P_1 P_2$  - закупівельна ціна молока в контрольній та дослідній групах, грн.;

$$P_1 = q_b MЦ_{\text{м}}; \quad (5.8)$$

$$P_2 = q_H MЦ_{\text{м}}.$$

Економічна ефективність використання розробленого доїльного апарату з механічним пульсатором розраховувалася на основі наведених витрат.

Основні показники, необхідні для розрахунку, наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.1 Вхідні дані для розрахунку річної економічної ефективності та граничної вартості розробленого доїльного апарата з механічним пульсатором

| с Показники                 | Одиниці виміру | DaMilk AID 10 | Експериментальний доїльний апарат |
|-----------------------------|----------------|---------------|-----------------------------------|
| Поголів'я молочного стадаа  | гол            | 20            | 20                                |
| Кількість доїльних апаратів | шт             | 3             | 3                                 |

|                                                   |          |        |        |
|---------------------------------------------------|----------|--------|--------|
| Час доїння                                        | с        | 483,6  | 500,3  |
| Кількість доїнь                                   | Раз/день | 3      | 3      |
| Продуктивність первісток                          | кг       | 6732,4 | 7635,2 |
| Потужність двигуна                                | кВт      | 3      | 3      |
| Вартість доїльного апарату                        | грн      | 24000  | 27000  |
| Відрахування на амортизацію                       | %        | 16,8   | 16,8   |
| Відрахування на поточний ремонт та обслуговування | %        | 14,9   | 14,9   |
| Тарифна ставка                                    | грн      | 95,54  |        |

Економічна ефективність використання експериментального доїльного апарату, отримана в результаті розрахунків, наведена в таблиці 5.2

Таблиця 5.2 Показники економічної ефективності при використанні розробленого доїльного апарату з механічним пульсатором

| Показники                                                                          | Одиниці вимірювання | DaMilk A1D 10 | Експериментальний доїльний апарат |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------|-----------------------------------|
| Капітальні інвестиції                                                              | грн                 | 72000         | 81000                             |
| Відрахування на амортизацію                                                        | грн                 | 12096         | 13608                             |
| Витрати на поточний ремонт та обслуговування                                       | грн                 | 10728         | 12069                             |
| Електроенергія                                                                     | грн                 | 9360          | 10530                             |
| Наведені витрати                                                                   | грн                 | 514087        | 507066,2                          |
| Економічна ефективність за рік за наведеними витратами у розрахунку на 20 корів    | грн                 |               | 81610,6                           |
| Економічна ефективність за рік за наведеними витратами у розрахунку на одну корову | грн                 |               | 4080,53                           |
| Термін окупності                                                                   | рік                 |               | 0,99                              |

Як видно з таблиці 5.2, при використанні експериментального доїльного апарату економічна ефективність за наведеними витратами вища, ніж при застосуванні контрольного доїльного апарату. Економічна ефективність за рік склала 81 610,6 гривень. У розрахунку на одну корову вона склала 4080,53 гривень.

## ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці у молочному тваринництві є одним із найважливіших напрямів забезпечення безпечних та здорових умов праці працівників фермерських господарств і тваринницьких комплексів. Під час експлуатації сучасного доїльного обладнання працівники постійно контактують з електроустановками, вакуумними системами, рухомими механізмами та обладнанням, що працює в умовах підвищеної вологості. Саме тому при проектуванні та удосконаленні механічного пульсатора для адаптивного доїльного апарату необхідно враховувати не лише технологічну ефективність обладнання, а й вимоги технічної безпеки, виробничої санітарії та пожежної безпеки.

Виробничі процеси машинного доїння характеризуються наявністю ряду небезпечних та шкідливих факторів. До основних небезпечних факторів належать ураження електричним струмом, травмування рухомими деталями механізмів, дія вакууму, слизькі поверхні підлоги, а також підвищений рівень шуму та вібрацій. До шкідливих виробничих факторів відносять високу вологість повітря, значне бактеріальне забруднення приміщень, недостатню вентиляцію та психофізичне навантаження на операторів машинного доїння.

У процесі роботи адаптивного доїльного апарата механічний пульсатор виконує функцію зміни тактів стиснення та смоктання доїльних стаканів. Під час роботи механізм створює циклічні коливання та працює у складі вакуумної системи, тому конструкція пульсатора повинна забезпечувати максимальну надійність і безпечність. Усі рухомі елементи пульсатора мають бути закриті захисними кожухами або корпусами, які запобігають випадковому контакту працівника з деталями, що обертаються або переміщуються. Конструкція обладнання повинна виключати можливість самовільного відкривання захисних елементів під час роботи.

Особливу увагу необхідно приділяти електробезпеці, оскільки доїльні установки працюють у середовищі з підвищеною вологістю та наявністю металевих конструкцій. У таких умовах значно підвищується ризик ураження електричним струмом. Для забезпечення безпечної експлуатації всі електродвигуни, вакуумні насоси, електроприводи та пускові пристрої повинні бути надійно заземлені. Електричні мережі повинні оснащуватись автоматичними вимикачами, пристроями захисного відключення та системами контролю перевантаження. Забороняється використання обладнання з

пошкодженою ізоляцією проводів, несправними вимикачами або відкритими струмопровідними частинами.

Під час проведення технічного обслуговування або ремонту пульсатора необхідно повністю відключати обладнання від електромережі та вакуумної системи. На пускових пристроях повинні встановлюватися попереджувальні таблички про заборону вмикання обладнання під час виконання ремонтних робіт. Ремонт і регулювання механічного пульсатора допускається проводити лише після повної зупинки всіх рухомих механізмів та зниження тиску у вакуумній системі.

Одним із важливих факторів безпечної роботи є забезпечення нормативного мікроклімату у виробничих приміщеннях. У доїльних залах та приміщеннях для утримання корів повинні підтримуватись допустимі параметри температури, вологості та швидкості руху повітря. Для цього приміщення обладнуються припливно-витяжною вентиляцією, яка забезпечує видалення надлишкової вологи, шкідливих газів та мікроорганізмів. Недостатня вентиляція може призводити до погіршення умов праці, підвищення втомлюваності працівників та розвитку професійних захворювань.

Важливе значення має також виробниче освітлення. Робочі місця операторів машинного доїння повинні бути забезпечені достатнім природним та штучним освітленням відповідно до санітарних норм. Освітлення має забезпечувати чітку видимість усіх елементів доїльного обладнання, контрольно-вимірювальних приладів та проходів у приміщенні. Недостатня освітленість може стати причиною травматизму або помилок під час експлуатації обладнання.

Під час роботи вакуумних насосів та механічних пульсаторів утворюється шум і вібрація, які негативно впливають як на працівників, так і на тварин. Підвищений рівень шуму викликає втому, погіршення концентрації уваги та зниження продуктивності праці. Для зменшення шуму та вібрацій рекомендується встановлення гумових амортизаторів, віброізоляційних прокладок та шумоізоляційних кожухів на вакуумних насосах і механічних вузлах пульсатора. Конструкція удосконаленого пульсатора повинна забезпечувати плавність роботи механізму та мінімізацію ударних навантажень.

Важливим елементом охорони праці є дотримання санітарно-гігієнічних вимог. Після завершення процесу доїння всі елементи доїльного апарата повинні проходити очищення та дезінфекцію. Накопичення залишків молока у шлангах та робочих камерах пульсатора може призвести до розвитку патогенних мікроорганізмів, що становить небезпеку як для тварин, так і для обслуговуючого персоналу. Для миття обладнання необхідно використовувати спеціальні мийні та дезінфікуючі засоби відповідно до встановлених технологічних вимог.

Пожежна безпека у приміщеннях молочних ферм повинна забезпечуватись дотриманням правил експлуатації електрообладнання та систем вентиляції. Усі виробничі приміщення повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння: порошковими або вуглекислотними вогнегасниками,

пожежними щитами, ящиками з піском та системами оповіщення про пожежу. Забороняється зберігання легкозаймистих матеріалів поблизу електрообладнання та вакуумних насосів. Електропроводка повинна відповідати допустимим навантаженням і регулярно перевірятись на відсутність пошкоджень.

Для запобігання виробничому травматизму важливе значення має правильна організація робочого місця оператора машинного доїння. Проходи між обладнанням повинні бути вільними та не слизькими, підлога — мати нековзке покриття, а всі комунікації бути надійно закріпленими. Працівники повинні суворо дотримуватись правил внутрішнього трудового розпорядку та інструкцій з охорони праці.

Запропонована конструкція механічного пульсатора адаптивного доїльного апарата дозволяє підвищити рівень безпеки праці за рахунок більш стабільної роботи механізму, зменшення вібрацій, оптимізації режимів роботи вакуумної системи та підвищення надійності конструкції. Використання удосконаленого пульсатора сприяє не лише покращенню технологічного процесу доїння та підвищенню продуктивності молочного скотарства, але й створенню більш безпечних і комфортних умов праці для операторів машинного доїння.

## **ОХОРОНА ПРАЦІ**

Охорона праці у молочному тваринництві є одним із найважливіших напрямів забезпечення безпечних та здорових умов праці працівників фермерських господарств і тваринницьких комплексів. Під час експлуатації сучасного доїльного обладнання працівники постійно контактують з електроустановками, вакуумними системами, рухомими механізмами та обладнанням, що працює в умовах підвищеної вологості. Саме тому при проектуванні та удосконаленні механічного пульсатора для адаптивного доїльного апарата необхідно враховувати не лише технологічну ефективність обладнання, а й вимоги технічної безпеки, виробничої санітарії та пожежної безпеки.

Виробничі процеси машинного доїння характеризуються наявністю ряду небезпечних та шкідливих факторів. До основних небезпечних факторів належать ураження електричним струмом, травмування рухомими деталями механізмів, дія вакууму, слизькі поверхні підлоги, а також підвищений рівень шуму та вібрацій. До шкідливих виробничих факторів відносять високу вологість повітря, значне бактеріальне забруднення приміщень, недостатню вентиляцію та психофізичне навантаження на операторів машинного доїння.

У процесі роботи адаптивного доїльного апарата механічний пульсатор виконує функцію зміни тактів стиснення та смоктання доїльних стаканів. Під час роботи механізм створює циклічні коливання та працює у складі вакуумної системи, тому конструкція пульсатора повинна забезпечувати максимальну надійність і безпечність. Усі рухомі елементи пульсатора мають бути закриті

захисними кожухами або корпусами, які запобігають випадковому контакту працівника з деталями, що обертаються або переміщуються. Конструкція обладнання повинна виключати можливість самовільного відкривання захисних елементів під час роботи.

Особливу увагу необхідно приділяти електробезпеці, оскільки доїльні установки працюють у середовищі з підвищеною вологістю та наявністю металевих конструкцій. У таких умовах значно підвищується ризик ураження електричним струмом. Для забезпечення безпечної експлуатації всі електродвигуни, вакуумні насоси, електроприводи та пускові пристрої повинні бути надійно заземлені. Електричні мережі повинні оснащуватись автоматичними вимикачами, пристроями захисного відключення та системами контролю перевантаження. Забороняється використання обладнання з пошкодженою ізоляцією проводів, несправними вимикачами або відкритими струмопровідними частинами.

Під час проведення технічного обслуговування або ремонту пульсатора необхідно повністю відключати обладнання від електромережі та вакуумної системи. На пускових пристроях повинні встановлюватися попереджувальні таблички про заборону вмикання обладнання під час виконання ремонтних робіт. Ремонт і регулювання механічного пульсатора допускається проводити лише після повної зупинки всіх рухомих механізмів та зниження тиску у вакуумній системі.

Одним із важливих факторів безпечної роботи є забезпечення нормативного мікроклімату у виробничих приміщеннях. У доїльних залах та приміщеннях для утримання корів повинні підтримуватись допустимі параметри температури, вологості та швидкості руху повітря. Для цього приміщення обладнуються припливно-витяжною вентиляцією, яка забезпечує видалення надлишкової вологи, шкідливих газів та мікроорганізмів. Недостатня вентиляція може призводити до погіршення умов праці, підвищення втомлюваності працівників та розвитку професійних захворювань.

Важливе значення має також виробниче освітлення. Робочі місця операторів машинного доїння повинні бути забезпечені достатнім природним та штучним освітленням відповідно до санітарних норм. Освітлення має забезпечувати чітку видимість усіх елементів доїльного обладнання, контрольно-вимірювальних приладів та проходів у приміщенні. Недостатня освітленість може стати причиною травматизму або помилок під час експлуатації обладнання.

Під час роботи вакуумних насосів та механічних пульсаторів утворюється шум і вібрація, які негативно впливають як на працівників, так і на тварин. Підвищений рівень шуму викликає втому, погіршення концентрації уваги та зниження продуктивності праці. Для зменшення шуму та вібрацій рекомендується встановлення гумових амортизаторів, віброізоляційних прокладок та шумоізоляційних кожухів на вакуумних насосах і механічних

вузлах пульсатора. Конструкція удосконаленого пульсатора повинна забезпечувати плавність роботи механізму та мінімізацію ударних навантажень.

Важливим елементом охорони праці є дотримання санітарно-гігієнічних вимог. Після завершення процесу доїння всі елементи доїльного апарата повинні проходити очищення та дезінфекцію. Накопичення залишків молока у шлангах та робочих камерах пульсатора може призвести до розвитку патогенних мікроорганізмів, що становить небезпеку як для тварин, так і для обслуговуючого персоналу. Для миття обладнання необхідно використовувати спеціальні мийні та дезінфікуючі засоби відповідно до встановлених технологічних вимог.

Пожежна безпека у приміщеннях молочних ферм повинна забезпечуватись дотриманням правил експлуатації електрообладнання та систем вентиляції. Усі виробничі приміщення повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння: порошковими або вуглекислотними вогнегасниками, пожежними щитами, ящиками з піском та системами оповіщення про пожежу. Забороняється зберігання легкозаймистих матеріалів поблизу електрообладнання та вакуумних насосів. Електропроводка повинна відповідати допустимим навантаженням і регулярно перевірятись на відсутність пошкоджень.

Для запобігання виробничому травматизму важливе значення має правильна організація робочого місця оператора машинного доїння. Проходи між обладнанням повинні бути вільними та не слизькими, підлога мати нековзке покриття, а всі комунікації бути надійно закріпленими. Працівники повинні суворо дотримуватись правил внутрішнього трудового розпорядку та інструкцій з охорони праці.

Запропонована конструкція механічного пульсатора адаптивного доїльного апарата дозволяє підвищити рівень безпеки праці за рахунок більш стабільної роботи механізму, зменшення вібрацій, оптимізації режимів роботи вакуумної системи та підвищення надійності конструкції. Використання удосконаленого пульсатора сприяє не лише покращенню технологічного процесу доїння та підвищенню продуктивності молочного скотарства, але й створенню більш безпечних і комфортних умов праці для операторів машинного доїння.

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз технологій машинного доїння корів та відомих технічних рішень доїльного обладнання дозволив встановити, що в умовах особистих подвір'їв та колективних фермерських господарств доцільно використовувати адаптивні доїльні апарати, у пульсаторів яких залежно від інтенсивності молоковіддачі змінюються як частота пульсацій, так і співвідношення тактів.

2. Теоретично та експериментально доведено, що час включення такту стиснення та такту ссання в доїльних склянках залежить від коефіцієнта динамічної в'язкості повітря, перепаду тиску на вході та виході, довжини та діаметра каналу, що повідомляє пульсатор з розподільчою камерою колектора. Адекватність теоретичної та емпіричної моделей підтверджується F - критерієм Фішера. При табличному значенні 3,40 його факт становить 2,06. Згідно з даними експерименту, при довжині каналу 1,25 м рекомендований час включення такту стиснення 0,06 с забезпечується при діаметрі, що дорівнює 3,1 мм

3. Встановлено залежність переміщення золотника від його діаметра та ваги, тиску, що діє на золотник, та жорсткості пружини. Теоретично та експериментально доведено, що для забезпечення переміщення золотника з крайнього верхнього положення у крайнє нижнє положення при діаметрі золотника 40,0 мм та вакуумметричному тиску під штоком 40,0 кПа жорсткість пружини має бути 1500,0 Н/м.

4. Встановлено, що в результаті використання експериментального адаптивного доїльного апарату з механічним пульсатором порівняно з доїльним апаратом DaMilk AІД 10 молочна продуктивність корів збільшилася на 6,1%, а захворюваність на мастит зменшилася на 11,1%. Економічна ефективність застосування адаптивного доїльного апарату з механічним пульсатором, у розрахунку на 20 голів, склала 81610,6 гривень. Впровадження експериментального адаптивного доїльного апарату на підприємствах забезпечило отримання виручки понад 269 877,1 грн. на рік.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Бондаренко О. І. Удосконалення доїльних апаратів адаптивного типу / О. І. Бондаренко // Механізація та електрифікація сільського господарства. - 2020. - № 12. С. 33-39.
2. Кравченко М. В. Аналіз роботи пульсаторів у сучасних доїльних установках / М. В. Кравченко, С. Л. Титаренко // Техніка і технології АПК. - 2019. - № 4. - С. 18-24.
3. Шевченко П. Г. Вплив режимів доїння на фізіологічний стан вимені корів / П. Г. Шевченко // Вісник Сумського НАУ. - 2021. - № 3. - С. 55-60.
4. Іванов В. С. Конструктивні параметри механічних пульсаторів / В. С. Іванов // Науковий вісник НУБіП України. - 2018. - № 289. - С. 72-78.
5. Петренко А. Д. Дослідження процесу молоковіддачі корів / А. Д. Петренко // Аграрний вісник Причорномор'я. - 2022. - № 104. - С. 41-47.
6. Мельник І. М. Системи адаптивного доїння у молочному скотарстві / І. М. Мельник. - Київ : Аграрна освіта, 2020. - 214 с.
7. Савчук Р. П. Механізація технологічних процесів у тваринництві / Р. П. Савчук. - Львів : Новий Світ, 2019. - 356 с.
8. Гончаренко В. І. Технологія машинного доїння корів / В. І. Гончаренко. - Харків : Факт, 2018. - 287 с.
9. Ткаченко С. М. Доїльні апарати та їх робочі органи / С. М. Ткаченко // Технічний сервіс АПК. - 2021. - № 7. - С. 14-20.
- 10 Лисенко Д. О. Підвищення ефективності роботи доїльних установок / Д. О. Лисенко // Інженерія природокористування. - 2020. - № 2. - С. 66-71.
11. Мороз О. В. Дослідження впливу частоти пульсацій на інтенсивність доїння / О. В. Мороз // Вісник аграрної науки Причорномор'я. - 2019. - № 1. - С. 49-54.
12. Белов С. П. Основи проектування доїльних машин / С. П. Белов. - Дніпро: Пороги, 2017. - 301 с.
13. Козак Ю. М. Автоматизація процесів у молочному тваринництві / Ю. М. Козак // Тваринництво України. - 2022. № 6. - С. 25-31.
14. Андрійчук Л. В. Пульсатори доїльних апаратів: конструкція та принцип дії / Л. В. Андрійчук // Агроінженерія. - 2020. № 9. - С. 52-58.
15. Романенко П. І. Дослідження вакуумних систем доїльних установок / П. І. Романенко // Технічний прогрес в АПК. - 2019. - № 11. - С. 37-43.
16. Гаврилюк Т. С. Інноваційні технології машинного доїння / Т. С. Гаврилюк. - Київ : Центр учбової літератури, 2021. - 268 с.
17. Федоренко В. М. Вплив машинного доїння на здоров'я корів / В. М. Федоренко // Ветеринарна медицина України. - 2018. - № 5. - С. 29–35.
18. Дорошенко І. Г. Аналіз режимів роботи адаптивних доїльних апаратів / І. Г. Дорошенко // Вісник ХНАУ. - 2022. - № 8. - С. 61-67.
19. Яценко Н. П. Експлуатація обладнання молочних ферм / Н. П. Яценко. - Одеса : Астропринт, 2019. - 244 с.

20. Коваленко О. С. Параметри пульсацій у доїльних системах / О. С. Коваленко // Аграрна техніка та обладнання. - 2021. - № 10. - С. 48-53.
21. Бублик М. Ю. Сучасні тенденції розвитку доїльної техніки / М. Ю. Бублик // Технології ХХІ століття. - 2020. - № 4. - С. 74-79.
22. Руденко В. А. Методи оцінки ефективності машинного доїння / В. А. Руденко // Наукові праці Полтавської ДАА. - 2019. № 2. - С. 57-63.
23. Кириленко Є. В. Технічне забезпечення молочних ферм / Є. В. Кириленко. - Київ : Урожай, 2018. - 318 с.
24. Зінченко О. М. Інтенсивність молоковіддачі та режими доїння / О. М. Зінченко // Вісник аграрної науки. - 2021. - № 6. - С. 39-45.
25. Нестеренко І. П. Підвищення надійності механічних пульсаторів / І. П. Нестеренко // Машина та обладнання АПК. 2020. - № 3. - С. 22-27.
26. Баранов С. В. Технологія виробництва молока / С. В. Баранов. - Харків : Основа, 2017. - 276 с.
27. Чумак В. Д. Біотехнічні основи машинного доїння / В. Д. Чумак // Агробіологія. - 2019. - № 5. - С. 44-50.
28. Олійник П. С. Сучасні механізовані системи доїння корів / П. С. Олійник. - Львів : Сполом, 2022. - 295 с.