

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

**Кафедра інжинірингу технічних систем**

**Пояснювальна записка**

до дипломної роботи рівня вищої освіти «Магістр» на тему:

**Оптимізація параметрів роботи**

**адаптивної системи доїння**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГАІ-1-23

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Гордієнко Дмитро Юрійович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Трипутень Микола Мусійович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Потеруха Борис Тарасович

Дніпро 2024

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Рівень вищої освіти: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

**ДОЦЕНТ**

(вчене звання)

**Дудін В.Ю.**

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«12» листопада 2024 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Гордієнку Дмитру Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** Оптимізація параметрів роботи адаптивної системи доїння

**керівник роботи:** к.т.н., доцент Трипутень Микола Мусійович

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 12 » листопада 2024 року № 3784

**2. Строк подання студентом роботи** 16.12.2024 р.

**3. Вихідні дані до роботи** Аналіз стану питання процесів та обладнання для приготування комбікормів. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)** 1. Стан питання з досліджень адаптивних доїльних апаратів. 2. Теоретичні дослідження робочого процесу адаптивного доїльного апарата. 3. Програма та методика експериментальних досліджень. 4. Результати експериментальних досліджень адаптивного доїльного апарата. 5. охорона праці. 6. Економічне обґрунтування удосконаленого адаптивного доїльного апарата. Загальні висновки. Бібліографічний список

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і задачі досліджень. Аналіз (3 аркуші, А4). 2. Теоретичні дослідження (2 аркуші, А4) 3. Експериментальні дослідження (2 аркуші, А4) 4. Охорона праці (1 аркуш, А4). 5. Економічні показники (1 аркуш, А4). 6. Висновки (1 аркуш, А4)

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Трипутень М.М., доцент		
Нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 26.09.2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.10.2024 р.	
2	Теоретичний	до 20.10.2024 р.	
3	Експериментальний	до 09.11.2024р.	
4	Охорона праці	до 19.11.2024 р.	
5	Економічний	до 26.11.2024 р.	
6	Демонстраційна частина	до 30.11.2024р.	

Студент

\_\_\_\_\_

( підпис )

Гордієнко Д.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

( підпис )

Трипутень М.М.

(прізвище та ініціали)



## АНОТАЦІЯ

Гордієнко Д.Ю. Оптимізація параметрів роботи адаптивної системи доїння/Дипломна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

У вступній частині дипломної роботи обґрунтовано актуальність теми, з аналізу стану питання дослідження адаптивних доїльних апаратів, зроблені висновки. В другому розділі проведено обґрунтування конструкційно-технологічної схеми адаптивного доїльного апарата, проведено розробку регулятора вакууму. На основі програми та методики експериментальних досліджень були отримані оптимальні конструкційно-режимні параметри пристрою. Приведено вимоги охорони праці. Виконано економічне обґрунтування розробки. Зроблені висновки та складено список використаної літератури.

Ключові слова: регулятор вакууму, корова, вакуумметричний тиск, молоковіддача, питомі експлуатаційні витрати.

## ЗМІСТ

Вступ	8
1 СТАН ПИТАННЯ З ДОСЛІДЖЕНЬ АДАПТИВНИХ ДОЇЛЬНИХ АПАРАТІВ	11
1.1 Особливості будови вимені. Зоотехнічні вимоги до обладнання	11
1.2 Класифікація доїльних апаратів з регульованими режимами доїння	12
1.3 Огляд теоретичних досліджень доїльних апаратів з регульованим вакуумом	21
1.4 Мета і задачі досліджень	24
1.5 Висновки по розділу	26
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ АДАПТИВНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА	27
2.1 Обґрунтування конструкційно-технологічної схеми	27
2.2 Теоретичні дослідження процесу доїння з використанням регулятора	30
2.3 Швидкість наповнення міжстінної камери доїльного стакану при несталому русі повітря	41
2.4 Висновки по розділу	49
3 ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	50
3.1 Мета і задачі досліджень	50
3.2 Програма досліджень	50
3.3 Будова та принцип дії експериментальної установки	51
3.4 Висновки по розділу	54
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ АДАПТИВНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА	56
4.1 Результати проведення експериментальних досліджень	56

4.2	Результати досліджень впливу конструкційно-режимних параметрів роботи адаптивного доїльного апарата	58
4.3	Висновки по розділу	60
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	62
5.1	Загальні вимоги охорони праці при доїнні корів	62
5.2	Проект інструкції з охорони праці при роботі з адаптивним доїльним апаратом	63
5.3	Порядок дій у надзвичайних ситуаціях	66
5.4	Висновки по розділу	68
6	ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОГО АДАПТИВНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА	69
6.1	Вихідні дані	69
6.2	Розрахунок показників економічної ефективності	70
6.3	Висновки по розділу	71
	Загальні висновки	72
	Бібліографія	73
	Додатки	78

## Вступ

Однією з важливих умов безпеки країни є підвищення рівня забезпечення населення молочними продуктами харчування за рахунок власного виробництва.

Тваринництво - одна з найважливіших галузей сільськогосподарського виробництва, що задовольняє потреби населення в продуктах харчування галузі і забезпечує сировиною інші переробні промисловості. Однією з умов успішного розвитку тваринництва є створення міцної кормової бази, що приведе до збільшення кількості і якості виробленої продукції.

Більшість сільськогосподарських підприємств і приватних господарств мають молочно-м'ясний напрямок, і основою їх економічної діяльності є одержання найбільшої кількості високоякісного молока при найменших фінансових витратах.

Істотний вплив на величину удою і зміст жиру в молоці, крім годівлі, також має технологія доїння корів.

Підвищення ефективності виробництва молока (продуктивність тварини і якість продукції, продуктивність праці, витрати матеріальних і енергетичних ресурсів, собівартість) залежить від рівня технічного забезпечення технологій доїння корів.

У наш час ефективність доїння корів без шкоди для їхнього здоров'я не можна розглядати без забезпечення якісного машинного супроводу процесу доїння.

Правильна техніка доїння забезпечує найбільш повне видалення молока з молочної цистерни в короткий строк. Порушення технології доїння знижує молочну продуктивність корів, насамперед жирність молока.

Одним з факторів, що знижують рентабельність ведення молочного тваринництва, є хвороби молочної залози - мастити. Зниження рентабельності складається з недоодержання запланованого молока від хворої маститом корови (від 150 до 200 л на перехворілу корову), погіршення якості одержуваного молока, більших фінансових витрат на лікування хворої



корови, а при важкій формі хвороби і від передчасного вибракування, особливо молодих корів, у результаті атрофії вимені (до 30 % перехворілих корів передчасно здається на м'ясопереробні підприємства після 3-ї лактації), що приводить до подорожчання одного скотомісця.

В наш час в Україні зберігаються стратегічні погрози майбутньому розвитку молочного тваринництва. Насамперед, це пов'язане з відсутністю необхідних наукових досліджень і розробок, і як наслідок - ефективних машин і механізмів, зокрема, для доїння сільськогосподарських тварин. Тому успішні сільськогосподарські виробники і великі агрофірми орієнтуються, головним чином, на пропозиції західних підприємств, що випускають доїльні установки.

Відповідно до мети стратегії машинно-технологічного забезпечення виробництва продукції тваринництва перед аграрним сектором економіки України поставлений ряд завдань, спрямованих на підвищення ефективності тваринництва за рахунок створення принципово нової інженерно-технічної бази галузі і техніки нового покоління.

У тваринництві важливу роль відводять технологіям і системам доїння великої рогатої худоби. Передбачається розробка і освоєння промисловістю України машин для одержання, зберігання і переробки молока високої якості і у більшій кількості.

При обґрунтуванні машин і обладнання технологічного процесу одержання молока необхідно враховувати весь комплекс операцій - від підготовчих, основних і заключних операцій процесу доїння до зберігання і переробки, тому що від цього багато в чому залежить якість одержуваної продукції. Слабкою ланкою в цьому ланцюгу операцій є операції підготовчі, заключні і сам процес доїння, тому що він багато в чому визначає кількість і якість одержуваного молока, здоров'я і продуктивність корів.

Необхідно всебічно розглянути процес доїння сільськогосподарських тварин, оптимізувати конструкційно - технологічну схему переносного адаптивного доїльного апарата.

Наукова новизна досліджень роботи полягає в розробці класифікації

доїльних апаратів; конструкційно-технологічної схеми переносного адаптивного доїльного апарата; одержанні теоретичних і експериментальних залежностей для обґрунтування його робочого процесу і розробці методики дослідження конструкційно-режимних параметрів переносних адаптивних доїльних апаратів.

Можна зробити висновок, що завдання створення і впровадження переносного адаптивного доїльного апарата є досить актуальною, має важливе народногосподарське значення і вимагає цілком певного розв'язку.

## 1 СТАН ПИТАННЯ З ДОСЛІДЖЕНЬ АДАПТИВНИХ ДОЇЛЬНИХ АПАРАТІВ

### 1.1 Особливості будови вимені. Зоотехнічні вимоги до обладнання

Виробництво молока на фермах України неможливе без глибоких знань фізіологічних основ лактації і машинного доїння корів. Молочна залоза корови - високоорганізований орган, який складається з двох половин і чотирьох часток. За даними досліджень, довжина дольки під час молокоутворення становить до 1,5 мм, ширина - 1,0 мм, висота - 0,5 мм, об'єм - 0,7 - 0,8 мм<sup>3</sup>, у ній нараховується 150 - 200 альвеол. Скорочення міоепітелію відбувається під впливом гормону окситоцину, який надходить до нього кровоносними капілярами. Кожна альвеола, стиснута ззовні міоепітеліальним шаром, виділяє молоко у відповідний протік. Від кожної альвеоли відходить один протік, який має сфінктер, що регулюється вегетативною нервовою системою. Альвеоли розміщені радіально навколо молочних протоків, які формують середні і великі молочні ходи, що відкриваються у молочну цистерну, далі молоко через дійковий канал виводиться з молочної залози. Кожна частка вимені функціонує автономно.

Функціонування лактуючої молочної залози забезпечується трьома основними процесами: секрецією молока, його накопиченням у ємнісній системі вимені та періодичним звільненням від молока під час доїння. Процес утворення молока у корів відбувається постійно, при цьому ємнісна система вимені дає змогу розмістити секрет у альвеолах, протоках і цистернах протягом 12-16 годин. Для підтримання високого рівня молокоутворення необхідно періодично звільняти молочну залозу від накопиченого у ній молока. Якщо при наповненні ємнісної системи вимені не відбувається її своєчасне звільнення, секреторна активність альвеолярних клітин знижується. Неповне звільнення вимені під час доїння також спричинює гальмування секреції молока.

Характерною особливістю функціонування молочної залози є те, що

продукована у ній секреторна рідина (молоко) виводиться не спонтанно, як секрети багатьох інших залоз, а рефлекторно при певних специфічних діях на залозу - ссанні чи доїнні.

Основною технологічною операцією при видоюванні корови є безпосередньо процес доїння. Згідно з «Правилами машинного доїння корів» час доїння не повинен перевищувати 6 хв. У високопродуктивних, а також тугодійних корів він може становити до 10 і дещо більше хвилин. Одразу після завершення доїння для повного видоювання корови потрібно провести завершальні операції, що має велике значення для підтримання на належному рівні її фізіологічного і функціонального стану. Наступна важлива операція, яку виконує оператор, - машинне додоювання. При цьому підвісну частину доїльного апарата відтягують вниз і дещо вперед у напрямку розміщення дійок. Тривалість його не повинна перевищувати 30 с. При більш тривалому проведенні цієї операції можливе формування у корів стійкого стереотипу до машинного додоювання на умовно-рефлекторному рівні і негативно вплинути на ефективність доїння загалом. Після завершення машинного додоювання потрібно своєчасно відключити доїльний апарат від молочної залози, не допускаючи холостого доїння. Модернізація і конструювання нових пристроїв доїльних апаратів ведуться безупинно, і дотепер не створені ще доїльні машини, що повністю відповідають фізіології молочної залози корови, які створюють комфортне доїння. Копіювання машинами такту ссання теляти або ручного доїння не дозволяє повністю задовольняти вимогам фізіології. У зв'язку із цим необхідно в технологію доїння внести науково - обґрунтовані вимоги по конструкції доїльного апарата.

## **1.2 Класифікація доїльних апаратів з регульованими режимами доїння**

Різноманітність існуючих конструкцій доїльних апаратів пояснюється пошуком найбільш раціонального рішення, що найбільш повно відповідало б зоотехнічним, техніко-економічним вимогам і фізіології тварин.

Класифікацію доїльних апаратів можна зробити за наступними характерними ознаками:

- 1) способу добування молока;
- 2) конструкції виконавчого механізму;
- 3) принципу роботи апарата;
- 4) характеру доїння;
- 5) способу збору молока;
- 6) конструкції колектора;
- 7) конструкції пульсатора;
- 8) режиму доїння.

За способом вилучення молока доїльні апарати бувають відсмоктуючого та витискаючого типів.

Найбільше поширення одержав тип, що відсмоктує, робота якого заснована на різниці тисків у вимені тварини в піддійковій камері доїльного стакану. Його конструкція проста і надійна.

Апарати витискаючого типу, копіюють ручне доїння, витискають молоко із дійок вимені.

Однак значним недоліком таких стаканів є відсутність такту стиску, що порушує кровообіг у дійках вимені корови, не завжди забезпечується швидке видоювання, тому що сфінктер дійки при такті ссання в деяких випадках не може відкриватися повністю через стискання його з боків при занадто сильному засмоктуванні в конусоподібний стакан.

Внаслідок цього у корів спостерігається неповне видоювання (необхідність ручного додою), крім того, необхідно мати кілька комплектів доїльних стаканів різного розміру до кожного доїльного апарата, щоб застосовувати машинне доїння для більшої кількості корів, що мають дійки різних розмірів.

Доїльні стакани другого типу мають дві камери: міжстінну і піддійкову, що дозволяє прискорити процес доїння, можна обмежитись одним комплектом доїльних стаканів до кожного апарата, тому що дійкова гума в деяких межах автоматично пристосовується до дійок різних розмірів. До

недоліків двокамерних доїльних стаканів можна віднести те, що під час такту ссання порушується кровообіг у дійках, який не завжди відновлюється повністю під час такту стиску. За період доїння відбувається велике подовження дійок, а доїльні стакани наповзають на основу дійок вимені корів. Через це дійка із цистерною вимені порушується, і доїння переривається передчасно, що обумовлює неповне видоювання молока у корів. Внутрішня тканина дійки в його основі нерідко ушкоджується, у результаті чого можливе захворювання корів маститом, виникає необхідність не допускати перетримування доїльних стаканів на дійках вимені корів, тому що робота апарата вхолосту особливо шкідлива і викликає захворювання вимені (спроби усунути ці недоліки підбором оптимальних параметрів не завжди досягають мети).

За принципом роботи розрізняють двотактні, тритактні апарати та апарати безперервного відсмоктування. Двотактний доїльний апарат забезпечує такт ссання і такт стиску, внаслідок чого процес доїння протікає швидше. Головним недоліком апарата цього типу є відсутність такту відпочинку, що призводить до наповзання доїльних стаканів на основу дійок вимені, «сухому доїнню», захворюванню вимені корів.

Тритактний доїльний апарат має такт відпочинку, внаслідок чого негативні властивості двотактних доїльних апаратів зведені до мінімуму. Головними недоліками такого апарата є зменшення тривалості циклу доїння на 30 %, створення більш високого розрідження в піддійковій камері доїльних стаканів, необхідного для втримання доїльних стаканів на вимені, що у випадку перетримування доїльних стаканів на дійках вимені тварин («сухому доїнню») викликає мастит.

Доїльний апарат безперервної дії характеризується високою швидкістю вилучення молока, але негативний вплив вакууму на дійки тварин є його основним недоліком.

За характером доїння доїльні апарати бувають одночасного, попарного і часткового доїння. При одночасному доїнні всі дійки вимені видоюються одночасно. Для успішного застосування таких апаратів необхідно підбирати

тварин з рівномірним розвитком всіх часток вимені, інакше відбувається «сухе доїння» погано розвинених часток вимені корови.

При попарному доїнні передні і задні або праві і ліві частки вимені видноюються по черзі. Такий характер доїння сприятливий при переході від ручного доїння корів до механічного, доїння протікає з меншими навантаженнями на вим'я тварини, крім того, такі апарати успішно застосовуються для визначення придатності тварин до машинного доїння. Недоліком є складність конструкції пульсатора, що знижує його надійність у роботі і збільшує вартість доїльного апарата і час доїння.

При частковому доїнні кожна дійка видноюється окремо, апарати даного типу не знайшли широкого поширення через складну конструкцію пульсатора і жорстких режимів доїння, складності обслуговування і контролю процесу доїння.

При зборі видоєного молока доїльні апарати можуть подавати його в доїльне відро, у рухливу ємність, у молокопровід, а також роздільно від кожної дійки в індивідуальну ємність. Великого значення ця ознака в процесі доїння тварин не має, однак мають місце істотні розходження в трудомісткості. Більш трудомістким є збір молока в доїльне відро.

За конструкцією колектора доїльні апарати бувають двокамерні і чотирьохкамерні. Двокамерний колектор не забезпечує такту відпочинку, що негативно впливає на здоров'я тварин, однак процес доїння в таких апаратах протікає прискорено, що підвищує їх продуктивність.

Чотирьохкамерний колектор забезпечує такт відпочинку, що сприятливо впливає на здоров'я і продуктивність корів, але збільшення часу доїння не завжди забезпечує повне видноювання корів.

За конструкцією пульсатора доїльні апарати поділяють на поршневі, мембранні, двомембранні, електромагнітні, кулькові, вібропульсатори.

Поршневі пульсатори прості за конструкцією, але постійно потребують належного догляду, особливо змащення.

Мембранні пульсатори бувають одноклапанними і двоклапанними. Одноклапанні пульсатори застосовуються у двотактних доїльних апаратах і є

найпоширенішими через простоту конструкції і надійність в роботі. Двоклапанні пристрої цього призначення застосовуються в тритактних доїльних апаратах, але вони завеликі за конструкцією і ненадійні в роботі, тому що при підключенні пульсатора до вакуумпроводу часто відбувається деформування клапана через виникнення в ньому внутрішніх напружень.

Електромагнітні пульсатори діють від постійного або змінного електричного струму напругою 12 В, що ускладнює подачу електричної енергії.

Кулькові пульсатори встановлюються для кожного доїльного стакану окремо і застосовуються при почетвертному доїнні.

Застосування вібропульсаторів скорочує витрати ручної праці на доїння, зменшує захворювання корів маститом. Недоліками такого пульсатора є зниження продуктивності і середньої жирності молока корів за лактацію через відсутність достатнього ефекту стимуляції молочної залози при доїнні.

Двомембранні пульсатори складні за конструкцією, але часто застосовуються як головний пульсатор, встановлюється стаціонарно на трубопроводі постійного вакууму.

Із усієї різноманітності конструкцій пульсаторів найбільше поширення одержали мембранні пульсатори як більш прості за конструкцією і надійні в роботі.

За режимом роботи доїльні апарати поділяють на установки із жорстким і м'яким режимами доїння.

Жорсткий режим обумовлюється незмінністю величини вакууму і частоти пульсацій під час усього процесу доїння. При жорсткому режимі доїння не допускається перетримування доїльних стаканів після закінчення процесу молоковіддачі, інакше неминучі захворювання вимені, наповзання доїльних стаканів на основу дійок, негативний вплив на нервові закінчення, що призводить до неповного видоювання.

М'який режим доїння передбачає регулювання частоти пульсацій, зміну глибини вакууму в піддійковій камері доїльних стаканів або регулювання числа пульсацій і вакууму. М'який режим вилучення молока з регулюванням



числа пульсацій передбачає зміну частоти впливу на дійки корови, що враховує величину молоковіддачі. У таких апаратах відсутні недоліки апаратів із жорстким режимом доїння. Однак конструкція апарата з регулюванням числа пульсацій і вакууму в піддійковій камері вимагає створення додаткових механізмів і пристроїв для забезпечення такої роботи.

Доїльні апарати з регулюванням величини вакууму в піддійковій камері доїльних стаканів найбільш повно відповідають фізіології і швидкості молоковіддачі, легкі у виготовленні, не вимагають зайвих засобів контролю і регулювання. При їхньому використанні знижується пошкодження дійок (ранки, рани), зменшується наповзання доїльних стаканів на основу дійок вимені. При недостатній кількості або повній відсутності молока у вимені тварин до закінчення процесу доїння вплив вакууму на м'які тканини молочної залози максимально безпечний, що дозволяє уникнути «сухого доїння» і захворювання корів маститом, допускає короткочасне перетримування доїльних стаканів на дійках корів після повного їхнього видоювання без шкоди для здоров'я тварин.

Виходячи із запропонованої класифікації при конструюванні доїльних апаратів необхідно, щоб вони відповідали наступним оптимальним ознакам:

- за способом вилучення молока - відсмоктуючого типу;
- за конструкцією виконавчого механізму - двокамерні доїльні стакани;
- за принципом роботи апарата - двотактний;
- за характером доїння - одночасне;
- за способом збору молока - доїльне відро;
- за конструкцією колектора - двокамерний;
- за конструкцією пульсатора - мембранний, одноклапанний;
- за режимом доїння - м'який, з регулюванням вакууму в піддійковій камері.

Таблиця 1.1 - Огляд конструкцій доїльних апаратів зі змінюваним режимом роботи

Схема	Переваги	Недоліки
<p>Зміна величини вакууму в піддійкових камерах доїльних стаканів</p>	<p>Підвищується інтенсивність молоковіддачі. Зменшується кількість залишкового молока. Сприятливий вплив на поверхнево-тканинову структури</p>	<p>Різка зміна вакууму призводить до роздратування молочної залози і викликає захворювання маститом. Зміна вакууму не завжди адекватна зміні молоковіддачі</p>
<p>Зміна величини вакууму в міжстінних камерах доїльних стаканів</p>	<p>Запобігає наповзанню доїльних стаканів на дійки. Зменшується шкідливий вплив вакууму на дійки. Підвищений вакуум краще впливає на дійки в такт стиску</p>	<p>При такті стиску спостерігається викид молока в цистерну вимені. Менша стимуляція рефлексу молоковіддачі при доїнні</p>
<p>Зміна частоти пульсацій доїльного апарата</p>	<p>Підвищується продуктивність доїльного апарата. Зменшується час фактичного доїння корів</p>	<p>Збільшується витрата повітря при збільшенні частоти пульсацій. Тимчасово знижується удій. Інтенсивність стиску дійкової гуми знижується в 2-3 рази</p>

<p>Зміна такту ссання при роботі доїльного апарата</p>	<p>Скорочується час доїння при збільшенні тривалості. Підвищується молочна продуктивність при збільшенні такту під час інтенсивної молоковіддачі</p>	<p>Високе розрідження, що діє в піддійковій камері, сприяє наповзанню доїльних стаканів на дійки. Розрідження в піддійковій камері викликає гіперемію дійок</p>
<p>Зміна такту стиску при роботі доїльного апарата</p>	<p>Покращується рефлекс молоковіддачі. Підсилюється вплив, що масажує, дійкової гуми на дійки</p>	<p>При збільшенні такту стиску порушується кровообіг. Спостерігається залишкова деформація дійок і гіперемія при тривалому такті стиску</p>
<p>Зміна співвідношення тактів у доїльному апараті</p>	<p>Підвищується швидкість доїння тварини. Більш повне видоювання молока з кожної чверті. Забезпечується різна інтенсивність доїння передніх і задніх часток вимені</p>	<p>Різка зміна співвідношення тактів при коливаннях вакууму. Зміна інтенсивності потоку молоковиведення при зміні співвідношення тактів. Не можна забезпечити повне копіювання кривій молоковіддачі для групи тварин</p>

<p>Автоматичний перехід із тритактного режиму доїння на двотактний (безперервне відсмоктування) або навпаки</p>	<p>Зменшується час видоювання корови. Виявляється активний вплив на всю дійку у цілому протягом усього процесу доїння</p>	<p>При безперервному відсмоктуванні постійний вакуум викликає гостру гіперемію дійок. Частіше виникають роздратування, запалення дійок і приводять до їхнього зроговіння</p>
<p>Здійснення плавного переходу від такту ссання до стиску</p>	<p>Підвищується інтенсивність молоковиведення при плавному переході. Знижується кількість залишкового молока у вимені тварини після доїння. Стимулює кровообіг у дійці</p>	<p>Різка зміна призводить до викиду залишкового молока в цистерну вимені. Різка зміна тактів призводить до зниження продуктивності доїльного апарата. Плавна зміна приводить до поступового стиску</p>

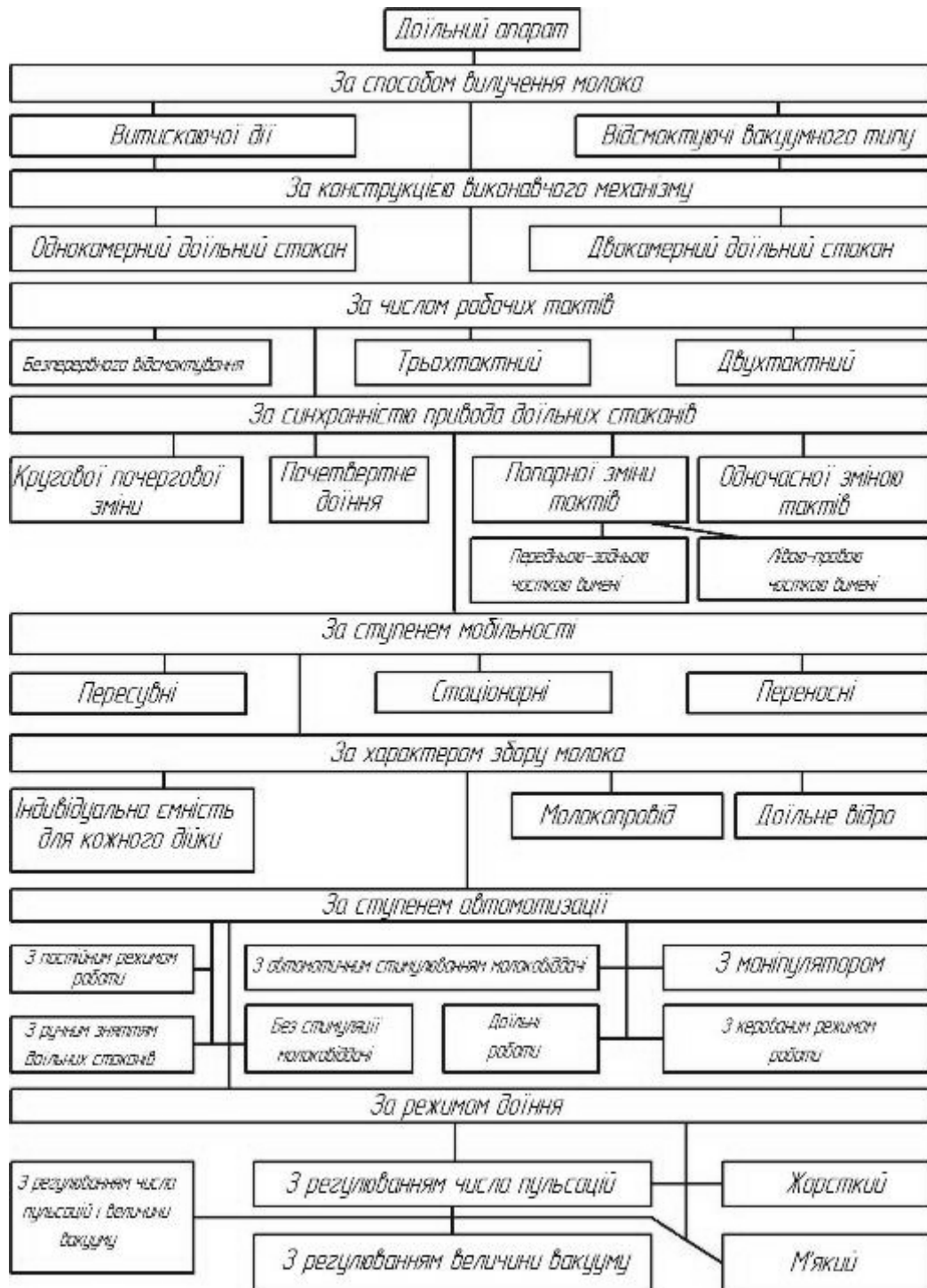


Рисунок 1.1-Класифікація доїльних апаратів

### 1.3 Огляд теоретичних досліджень доїльних апаратів з регульованим вакуумом

Багато вчених займалися теоретичними дослідженнями в області роботи доїльних апаратів з регульованим вакуумом. Проведені роботи присвячувалися зміні вакуумметричного тиску в камерах доїльних стаканів,

пульсаторі, колекторі, регулюванню числа пульсацій.

І.В. Крючкова у кандидатській дисертації «Дослідження і розробка доїльного апарата з автоматичною зміною вакуумметричного тиску» зробила висновок, що одним зі значимих факторів, що впливають на повноту і швидкість видоювання корів, є змінний вакуумметричний тиск, варіюванням якого, відповідно до інтенсивності молоковіддачі тварини, в інтервалі від 28 до 52 кПа досягається максимальний позитивний ефект за допомогою поліпшення якісних показників машинного доїння. Формулу розрахунків здатності, що відсмоктує, можна представити у вигляді:

$$Q_a = \alpha f_c \sqrt{\frac{Lg}{\mu\gamma}} \cdot H_p, \quad (1.1)$$

де  $\alpha$  - відносна тривалість такту ссання;

$f_c$  - середнє значення площі перетину сфінктера, прийняте постійною величиною;

$\mu$  - середнє значення коефіцієнта опору сфінктера;

$\gamma$  - питома вага молока;

$g$  - прискорення сили тяжіння ;

$H_p$  - величина вакууму в піддйковому просторі доїльного стакану.

Отримана формула зміни вакуумметричного тиску під дією:

$$H_p = H_{\min} + Q(t) \frac{H_{\max} - H_{\min}}{Q_{\max}}, \quad (1.2)$$

де  $Q_{\max}$  - максимальна швидкість молоковіддачі

А.А. Назін у дисертації «Розробка і обґрунтування конструктивно-режимних параметрів доїльного апарата з керованим режимом доїння» зробив висновок про перспективність напрямку розвитку засобів механізації доїння корів шляхом створення доїльного апарата з керованим режимом доїння залежно від інтенсивності потоку молока. Були отримані теоретичні

залежності зміни вакуумметричного тиску від площі поперечного переріза клапана, що перебуває під дією атмосферного тиску; ці залежності досить точно описуються відповідно поліномами четвертого і п'ятого порядків. При цьому час переходу на заданий режим доїння (при якому встановлюється задана величина розрідження в камері колектора) складе:

$$t_n = \frac{\pi b (R^2 - r^2)}{S_0 \sqrt{2g \left( h_m + \frac{\rho_0 - \rho_1}{\rho g} \right)}}, \quad (1.3)$$

де  $b$  - висота лопаті;

$R$  - більший радіус робочого колеса;

$r$  - менший радіус робочого колеса;

$S_0$  - площа поперечного переріза дійки вимені;

$h_m$  - висота підйому клапана;

$\rho_0$  - тиск молока у вимені тварини;

$\rho_1$  - тиск молока при виході із дійки.

Тоді вертикальне переміщення клапану складе:

$$h = \frac{\pi b \vartheta (R^2 - r^2)}{S_0 \sqrt{2g \left( h_m + \frac{\rho_0 - \rho_1}{\rho g} \right)}}, \quad (1.4)$$

де  $\vartheta$  – швидкість переміщення клапану.

Доведено, що при збільшенні площі поперечного переріза клапана від  $1 \cdot 10^{-3}$  до  $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$  і кута підйому гвинтової лінії опори ковзання від 0 до 1,39 рад змінюється величина вакууму.

Проведений аналіз теоретичних досліджень в області зміни вакуумметричного тиску в піддійкових камерах доїльних стаканів показує, що не всі питання до кінця досліджені і необхідні подальші роботи в цьому напрямку.

На підставі теоретичного огляду можна висунути припущення в

протіканні технологічного процесу удосконаленої конструкції адаптивного доїльного апарата (рисунок 1.8) [14].

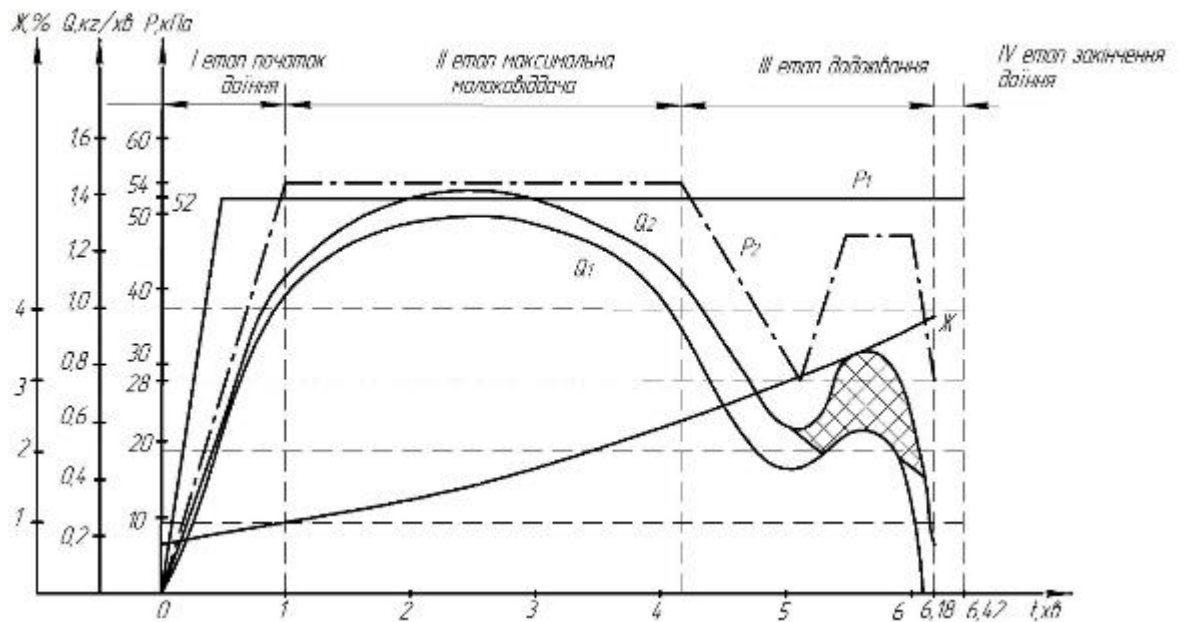


Рисунок 1.2- Зміна вакуумметричного тиску, молоковіддачі, жирності молока від часу доїння:

$P_1$ - вакуумметричний тиск у доїльному апараті АДУ-1, кПа;

$P_2$ -вакуумметричний тиск в удосконаленому доїльному апараті, кПа;

$Q_1$ - молоковіддача в доїльному апараті АДУ-1, кг/ хв.;

$Q_2$ - молоковіддача в удосконаленому доїльному апараті, кг/ хв.;

Ж- жирність молока, %

#### 1.4 Мета і задачі досліджень

У сучасних умовах, коли кількість і якість одержуваного молока впливає на рентабельність і собівартість виробленої продукції, перспективним напрямком у практиці доїння сільськогосподарських тварин (корів) є застосування доїльних апаратів з регульованим вакуумом. При цьому доїння корів проводиться з урахуванням основного показника в процесі одержання молока - швидкості молоковіддачі. Однак існуючі засоби механізації технологічного процесу доїння корів не завжди враховують цю особливість - швидкість молоковіддачі, вони негативно впливають на вим'я тварини,



високий вакуум у піддійковій камері доїльних стаканів на початку і кінці доїння призводить до захворювань вимені, гальмуванню рефлексу молоковіддачі внаслідок болючих відчуттів і т.д.

Аналіз стану механізації процесу доїння корів показав, що на існуючих молочнотоварних фермах використовується значна кількість різноманітних за конструкцією доїльних апаратів, однак лише деякі з них здатні видоювати тварин відповідно до фізіологічних особливостей, швидкості молоковіддачі, а деякі з них здатні дотримуватись вимог збереження здоров'я вимені корів, підтримувати рефлекс молоковіддачі. Найбільш перспективним типом таких машин є адаптивний доїльний апарат, де зміна вакууметричного тиску в піддійковій камері доїльних стаканів відбувається відповідно до інтенсивності молоковіддачі, зведено до мінімуму негативні дії вакууму при перетримуванні доїльних стаканів по закінченню доїння. Простота і надійність вигідно відрізняють доїльні апарати з регульованим вакуумом доїння від інших конструкцій доїльних апаратів.

Наявні в цей час на молочнотоварних фермах доїльні апарати типу «Майга», «Імпульс», АДУ не відповідають вимогам фізіології тварин, негативно впливають на процес молоковіддачі, травмують дійки вимені корови, приводять до різних захворювань вимені і гальмують рефлекс молоковіддачі.

Робітниками наукових установ, аспірантами, фахівцями і раціоналізаторами господарств зроблені досить успішні спроби в створенні серійних зразків адаптивних доїльних апаратів. Однак слід зазначити, що у всіх серійних доїльних апаратів, що випускають, є один серйозний недолік: вони не враховують швидкість виведення молока з вимені тварини в процесі доїння, не регулюють вплив вакууму на дійки вимені корови.

Перспективним напрямком з удосконалення технологічного процесу при застосуванні переносних доїльних апаратів зі збором молока в доїльне відро є установка на них додаткового пристрою по регулюванню вакууметричного тиску в піддійковій камері доїльних стаканів залежно від молоковіддачі.

Загальним недоліком раніше досліджених пристроїв з регулювання

вакууметричного тиску в піддійковій камері доїльних стаканів залежно від молоковіддачі є неадекватність реагування їх на зміну потоку молока.

Всі ці та інші відзначені вище недоліки негативно впливають на якісні і кількісні показники в процесі одержання продукції - молока.

На підставі досліджень літературних джерел поставлена мета дипломної роботи - підвищити повноту видоювання корів адаптивними доїльними апаратами шляхом обґрунтування їхніх конструкційно-режимних параметрів.

Відповідно до поставленої мети визначені наступні основні задачі досліджень:

- розробити класифікацію і обґрунтувати перспективний напрямок у створенні переносних адаптивних доїльних апаратів;
- розробити і обґрунтувати конструкційно-технологічну схему адаптивного доїльного апарата зі збором молока в доїльне відро;
- теоретично обґрунтувати робочий процес доїння удосконаленим адаптивним доїльним апаратом і його конструкційно-режимні параметри;
- експериментально дослідити вплив конструкційно-режимних параметрів адаптивного доїльного апарата на повноту видоювання корів;
- розробити заходи з охорони праці адаптивного доїльного апарату;
- дати техніко-економічну оцінку використання адаптивного доїльного апарату.

### **1.5 Висновки по розділу**

Проведений аналіз доїльних апаратів і розроблена їх класифікація дозволили виявити перспективний напрямок у створенні адаптивного доїльного апарата, а саме установка на них додаткового пристрою по регулюванню вакууметричного тиску в піддійковій камері доїльних стаканів залежно від інтенсивності молоковіддачі.

У результаті аналізу теоретичних досліджень роботи адаптивних доїльних апаратів, висунуте припущення про режими доїння корови відповідно до молоковіддачі.

## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ АДАПТИВНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

### 2.1 Обґрунтування конструкційно-технологічної схеми

Вплив на організм корів при доїнні машинним способом повинен бути стереотипним і спрямованим на стимулювання припуску молока без патологічних наслідків для молочної залози. Пристосування для вилучення молока, що з'явилися на початку ХІХ століття у вигляді доїльної трубки (1836 р.), удосконалювалися до вижималок молока із дійок із застосуванням вальців або подушечок з жолобками. Надалі вони поступилися місцем пристроям, що діють на принципі відсмоктування, які застосовувалися у вигляді простого доїльного чохла, що надягається на вим'я корови (1851 р.), або гумових чашечок для кожної дійки (1860-1897 р.), а також доїльних стаканів в однокамерному та двокамерному виконаннях (1903 р.). Надалі конструкції доїльних апаратів, що працюють на принципі різниці тисків у вимені корови та у піддійковій камері доїльних стаканів, безупинно вдосконалюються аж до сьогодення.

Подальша модернізація конструкції доїльних машин спричиняє необхідність проведення теоретичних та експериментальних досліджень. Так, оптимальність фізіологічної відповідності впливу на дійки вимені буде вважатися досягнутою, якщо робочий вакуум при такті ссання стимулює молоковіддачу без патологічних явищ.

У наш час більшість фірм, що виготовляють доїльні установки з молокопроводом, намагаються досягнути наступних цілей:

- поліпшення якості одержуваного молока за рахунок забезпечення мінімального впливу на нього, застосування нових сучасних матеріалів, створення ефективних систем промивання, дезінфікуючих і миючих засобів, систем фільтрації та охолодження молока в потоці;
- підвищення молочної продуктивності корів і зниження їхньої захворюваності маститом шляхом удосконалення режимів доїння,

забезпечення стабільного вакуумного режиму, контролю та автоматизації підготовчих і заключних операцій доїння і способів стимуляції.

Доїльні апарати, що випускають в Україні та за рубежом, не цілком досконалі і не відповідають фізіології доїння тварин, що призводить до значного недобору молока, захворюваності корів маститом, одержанню молока зі вмістом великої кількості соматичних кліток, бактерій, вірусів і т.д. Тому без удосконалення доїльних апаратів і всього молочного устаткування виробництво екологічно чистого продукту неможливо.

У наш час майже для 8 млн. корів в Україні застосовують доїльні апарати застарілих конструкцій. Середнє продуктивне життя корови становить усього 2,5-3 роки, замість 6-8 років за фізіологічними показниками. Дійне стадо стрімко вироджується і вимагає заміни 50 % за один рік. Щоб зупинити вибракування корів, досить збільшити тривалість їхнього продукування хоча б у середньому до 3,5 років, створивши для них більш м'які умови утримання і доїння.

Головну погрозу здоров'ю та продукуванню корів представляє захворювання вимені - мастит. Основна причина цього захворювання - недосконалий, застарілий, зношений парк доїльних апаратів, що вимушено працює на форсованих режимах вакууметричного тиску, додатково травмуючи і знущаючи над тваринами. Все це супроводжується перевитратою електроенергії і зайвих матеріальних витрат. У зв'язку з вищевикладеним нами було поставлене технічне завдання по створенню конструкції адаптивного доїльного апарата (рисунок 2.1).

Удосконалений доїльний апарат працює наступним чином: при підключенні апарата до лінії номінального вакууму 54 кПа вакуум поширюється в доїльне відро 1, регулятор вакууму 2, пульсатор 18. При надходженні вакууму в камеру постійного вакууму 20 пульсатора 18 клапан пульсатора 19 опускається, вакуум переходить у камеру змінного вакууму 21 пульсатора 18 і далі по вакуумному шлангу 16 у міжстінну камеру доїльних стаканів 17.

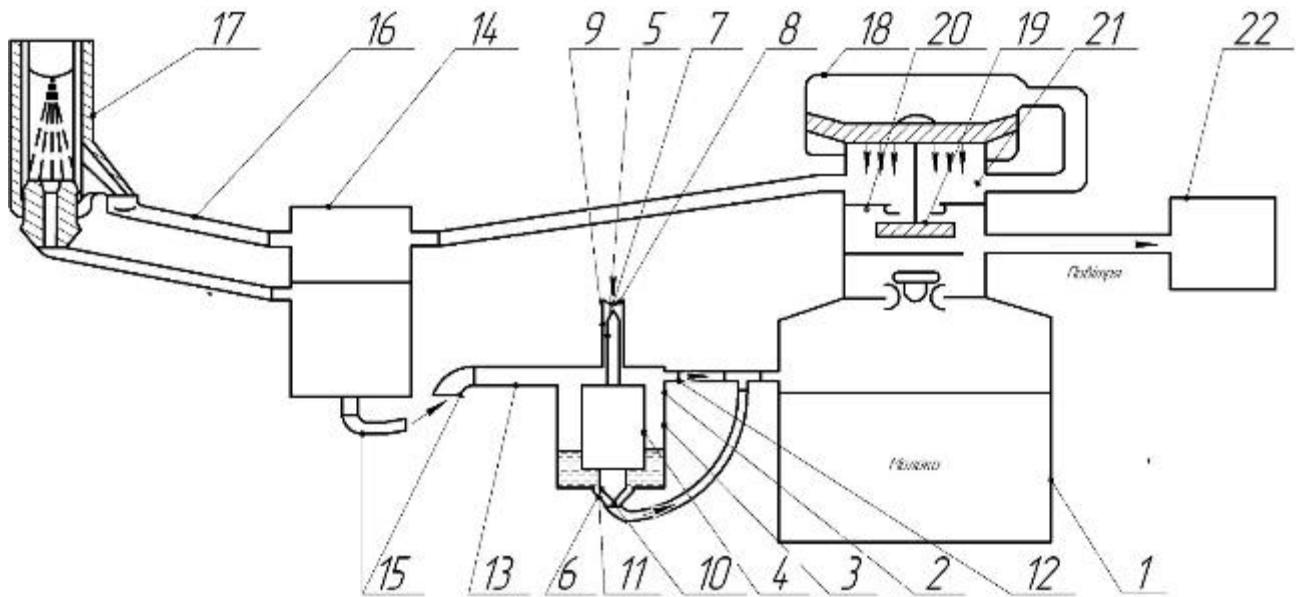


Рисунок 2.1 - Схема адаптивного доїльного апарата:

1 - доїльне відро; 2 - регулятор вакууму; 3 - корпус; 4 - поплавець; 5 - верхня голка; 6-нижня голка; 7 - прохідний переріз; 8 - калібрований канал для надходження атмосферного повітря; 9 - головка штуцера; 10 - отвір виходу молока; 11 - золотник потоку молока; 12 - золотник регулятора вакууму; 13 - штуцер входу молока; 14 - колектор; 15 - молочний патрубок; 16 - вакуумний шланг; 17- доїльний стакан; 18 - пульсатор; 19 - клапан; 20 - камера постійного вакууму; 21- камера змінного вакууму; 22 - вакуумний насос

У той же час вакуум через доїльне відро 7 і золотник регулятора вакууму 12 регулятора вакууму 2, через штуцер входу молока 13 проникає в колектор і далі в піддійкову камеру доїльних стаканів 17. Так як в регуляторі вакууму 2 відсутнє молоко, то поплавець 4 перебуває в крайнім нижнім положенні, перекриваючи золотник регулювання потоку молока 17 і відкриваючи калібрований канал для надходження атмосферного повітря 8. При цьому в регулятор вакууму 2 попадає атмосферний тиск, що знижує величину вакууму в піддійковій камері доїльних стаканів 17 до мінімальної величини 28 кПа. У процесі доїння молоко попадає через молочний патрубок 15 у корпус 3 регулятора вакууму 2 і піднімає поплавець 4, тим самим регулюючи величину відкриття золотника потоку молока 11 і закриття золотника 8 впуску повітря.

Кількість повітря, що попадає в регулятор вакууму 2, прямо пропорційно положенню поплавця 4 у корпусі 3, а його положення залежить від кількості молока, який проходить через регулятор вакууму 2. У зв'язку із цим зі збільшенням молоковіддачі поплавець 4 піднімається, тим самим нижньою голкою 6 регулює отвір виходу молока 10, а верхньою голкою 5 регулює прохідний переріз 7 для надходження атмосферного повітря, регулюючи вакууметричний тиск від 28 кПа на початку доїння до 54 кПа при максимальній молоковіддачі. При зниженні молоковіддачі поплавець 4 опускається вниз, тим самим зменшуючи прохідний переріз 7 для надходження атмосферного повітря і, знижуючи вакууметричний тиск у піддійковій камері доїльних стаканів 17. Величина вакууму знижується з 54 кПа до 28 кПа відповідно до молоковіддачі.

Дана конструкція пропонованого доїльного апарата дозволить виконати поставлене завдання по забезпеченню регулювання вакууму відповідно до молоковіддачі.

## **2.2 Теоретичні дослідження процесу доїння з використанням регулятора**

У наш час існують різноманітні конструкції доїльних машин, серед яких найбільше поширення одержали апарати, що створюють вакууметричний тиск для вилучення молока. Основною проблемою реалізації процесу вилучення молока з вимені при машинному доїнні є негативний вплив доїльних апаратів на молочну залозу тварини. Більшість господарств використовують доїльні апарати з постійним режимом роботи, з незмінним вакууметричним тиском (рисунок 2.2).

Якість роботи сучасних доїльних апаратів визначається, в основному, інтенсивністю стимуляції, що відтворює нейрогормональний рефлекс молоковіддачі, і безпекою доїння. Ці машини значно скорочують витрати праці, однак при невмілому використанні вони дають негативні результати: виникають масові захворювання корів маститом, знижується удій,

погіршується якість молока, тварини передчасно йдуть у запуск. Неадекватність дії виконавчої системи, технологічних і технічних параметрів фізіологічним вимогам завдає шкоди тваринницьким господарствам, при захворюванні корів маститом відбувається істотне зниження якості та кількості одержуваної продукції.

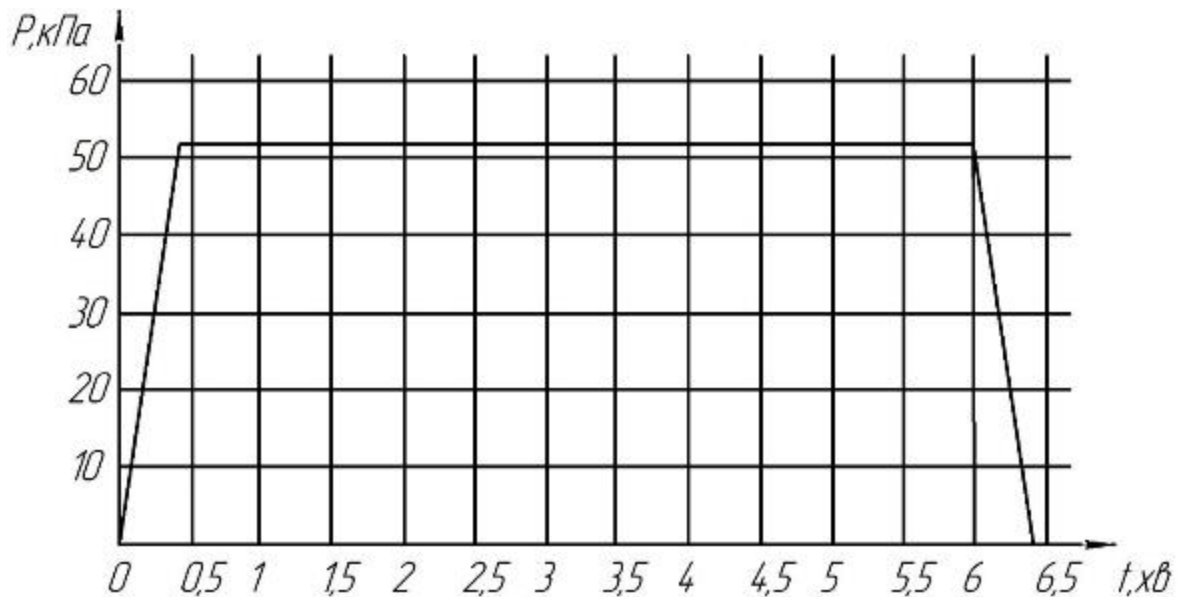


Рисунок 2.2 - Графік зміни вакууму протягом процесу доїння доїльним апаратом АДУ-1:  $p$  - вакууметричний тиск, кПа;  $t$  - час доїння, хв

З рисунка 2.2 видно, що протягом усього часу доїння в піддійковій камері доїльного стакану забезпечується постійний вакууметричний тиск. Це негативно позначається на здоров'ї тварин. Для того, щоб захистити корову від болючих відчуттів і захворювань вимені, пропонується встановити регулятор вакууму поплавкового типу, що буде змінювати вакууметричний тиск у піддійкових камерах доїльних стаканів залежно від молоковіддачі.

Із графіка видно, що протягом процесу доїння молоковіддача не постійна, тому для кожного моменту часу необхідно створювати певний вакуум, що буде відповідати кількості молока, що надходить у доїльне відро.

Для підвищення ефективності механічного доїння, як відомо, бажано в піддійкових камерах доїльних стаканів збільшувати вакууметричний тиск поступово, щоб воно досягло найвищого значення до моменту початку

максимальної молоковіддачі.

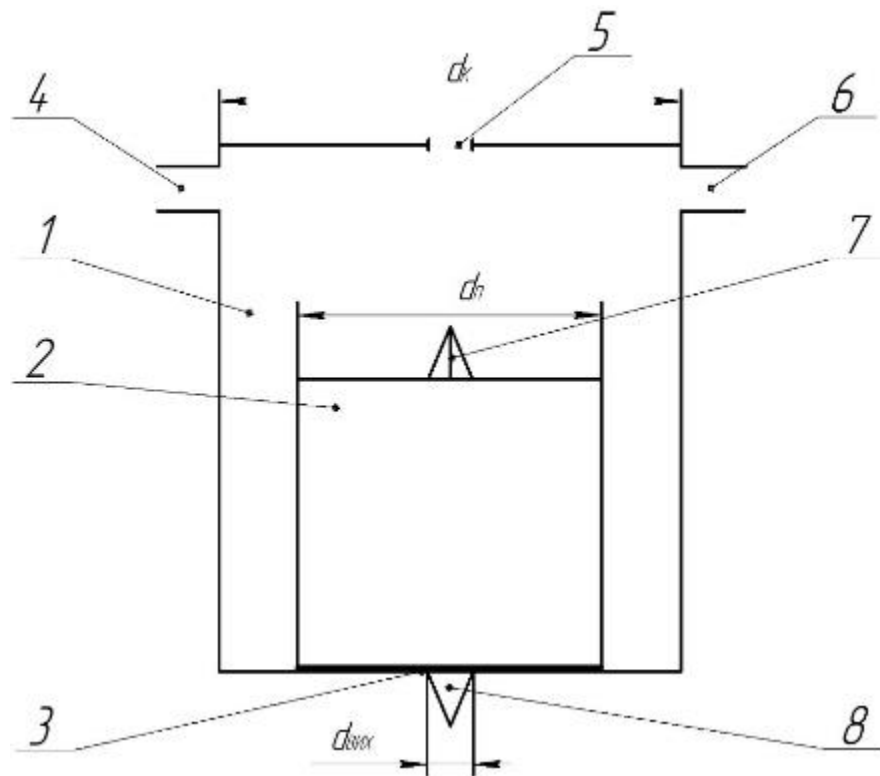


Рисунок 2.3 - Схема регулятора вакууму:

1 - поплавкова камера, 2 - поплавець; 3 - золотник виходу молока; 4 - штуцер входу молока; 5 - калібрований канал для надходження атмосферного повітря; 6- золотник регулятора вакууму; 7- верхня голка; 8 - нижня голка

Розглянемо початок процесу доїння для пропонованого доїльного апарата з регулятором вакууметричного тиску поплавкового типу (рисунок 2.4).

На початку процесу доїння вакууметричний тиск у поплавковій камері 1 дорівнює  $p_{e_1}$ , поплавець 2 перебуває в нижньому положенні  $H = 0$ , золотник виходу молока 3 закритий. З моменту часу  $t = 0$  (початок доїння) у камеру починає надходити молоко  $Q_0(t)$ . Воно накопичується в камері 1, і в момент часу  $t_1$  під дією архімедової сили  $(p_a - p_{e_1}) \frac{\pi d_{\text{вих}}^2}{4}$  відбувається відрив поплавця від вихідного отвору золотника 3 і починається процес його спливання. При



цьому архімедова сила повинна перевищити вагу поплавця  $G$  і різниці сил тисків  $p_{e_2} - p_{e_1}$ .

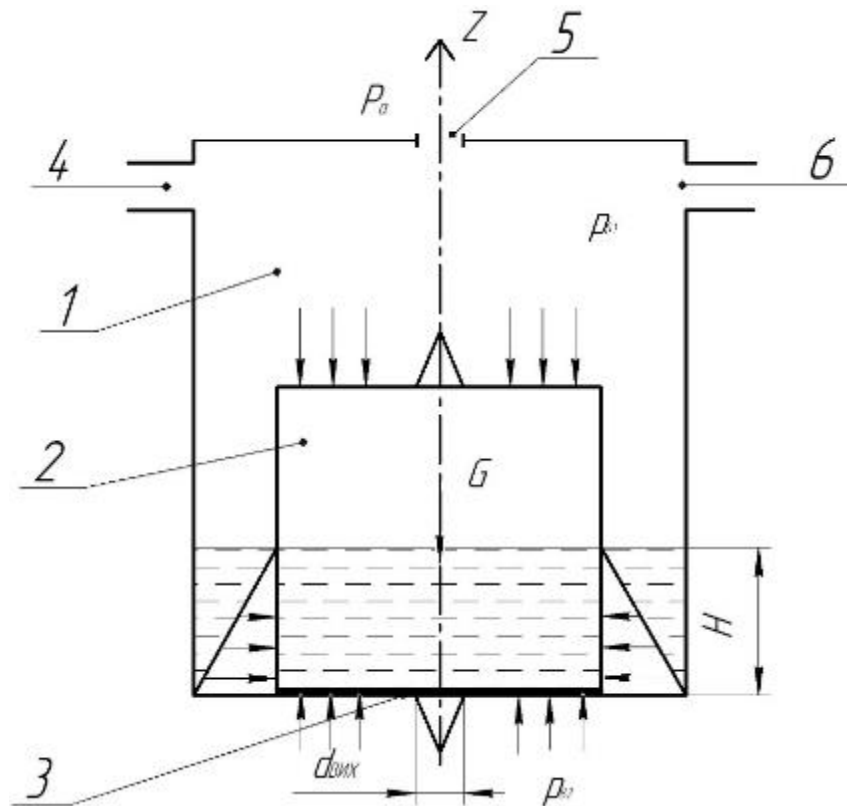


Рисунок 2.4-Схема регулятора вакууму на початку процесу доїння:

1-поплавкова камера; 2-поплавець; 3-золотник виходу молока; 4-штуцер входу молока; 5- калібрований канал для надходження атмосферного повітря; 6-золотник регулятора вакууму

Сума проєкцій всіх сил на вісь z становить (рисунок 2.4):

$$\sum F_{iz} = -G - (p_a - p_{e_1}) \cdot S + (p_a - p_{e_1} + \gamma H) \cdot (S - S_{вих}) + (p_a - p_{e_2}) \cdot S_{вих}, \quad (2.1)$$

де  $G$ - вага поплавця, Н;

$\gamma$  - питома вага молока, Н/м<sup>3</sup>;

$S$  - площа поплавця, м<sup>2</sup>;

$p_a$  - атмосферний тиск, кПа;

$p_{e_1}$  - вакууметричний тиск у регуляторі вакууму, кПа;

$p_{e_2}$  - вакууметричний тиск у доїльному відрі, кПа;

$H$  - висота спливання поплавця при відкритому вихідному отворі молока, м;

$S_{вих}$  - площа вихідного отвору, м<sup>2</sup>.

$$\begin{aligned} -mg + p_{e_1} \cdot S_{вих} - p_{e_2} \cdot S_{вих} + \gamma HS - \gamma HS_{вих} = \\ -mg + (p_{e_1} - p_{e_2}) \cdot S_{вих} + \gamma H \cdot (S - S_{вих}) = 0 \end{aligned} \quad (2.2)$$

Перетворюючи рівняння (2.2), одержимо:

$$\gamma H = \frac{mg - (p_{e_1} - p_{e_2}) \cdot S_{вих} - mg}{(S - S_{вих})} \quad (2.3)$$

Вакууметричний тиск у доїльному апараті АДУ-1 з початку доїння інтенсивно зростає до величини 52 кПа (рисунок 2.2). У пропонуваному доїльному апараті на початку доїння вакууметричний тиск зростає до величини 28 кПа (молоковіддача до 0,25 кг/хв) і поступово збільшується відповідно до молоковіддачі до 54 кПа (рисунок 2.4).

При досягненні рівня молока в поплавковій камері регулятора вакууму до  $h = H$  (рисунок 2.5) поплавець починає спливати, вихідний отвір 3 камери 1 відкривається, тобто в камері буде кількість молока, яка обумовлена формулою:

$$Q_m = \frac{\pi}{4} (d_k^2 - d_n^2) \cdot H \gamma_m \quad (2.4)$$

де  $\gamma_m$  - щільність молока, кг/м<sup>3</sup>;

$d_k$  - діаметр камери, м;

$d_n$  -- діаметр поплавця, м.

Відповідно до графіка молоковіддачі (рисунок 2.3) обсяг молока, що надходить у камеру за час  $t$  (за теоремою про середнє значення інтеграла), визначається за формулою:

$$V_{\text{відкр}} = \int_0^t Q_0(t)(dt) = Q_{0_{\text{сер}}} \cdot t_{\text{відкр}} \quad (2.5)$$

де  $Q_{0_{\text{сер}}}$  - середня витрата молока, кг/хв. ;

$t_{\text{відкр}}$  - інтервал часу, хв.

З отриманого вираз, прирівнюючи  $\sum F_i = 0$ , визначимо висоту підйому

Н поплавця в камері (рисунок 2.6), що утвориться на момент часу  $t_{\text{відкр}}$  :

$$H = \frac{mg - (p_{e_1} - p_{e_2}) \cdot S_{\text{вих}}}{\gamma \cdot (S - S_{\text{вих}})} \quad (2.6)$$

Після відкриття вихідного отвору камери молоко починає надходити через нього в ємність, у якій підтримується необхідний оптимальний за умовами доїння вакуум  $P_{\text{в.онт}}$ . На цьому етапі необхідно забезпечити умови, при яких поплавець продовжує спливати. Для цього необхідно, щоб витрата  $Q_0(t)$  була більше витрати, що пропускається вихідним отвором,  $Q_{\text{вих}}(t)$ .

Визначимо витрату витікання молока через малий отвір при змінному напорі за формулою (2.7). Розглянемо схему регулятора вакууму від мінімальної до максимальної молоковіддачі (рисунок 2.5).

З умови закону збереження маси одержимо:

$$Q_0(t)(dt) - Q_{\text{вих}}(t)(dt) = dv = \left( \frac{\pi d_k^2}{4} - \frac{\pi d_n^2}{4} \right) dh$$

(2.7)

звідки

$$\frac{dh}{dt} = \frac{Q_0(t) - Q_{\text{вих}}(t)}{\frac{\pi}{4} \cdot (d_k^2 - d_n^2)} \quad (2.8)$$

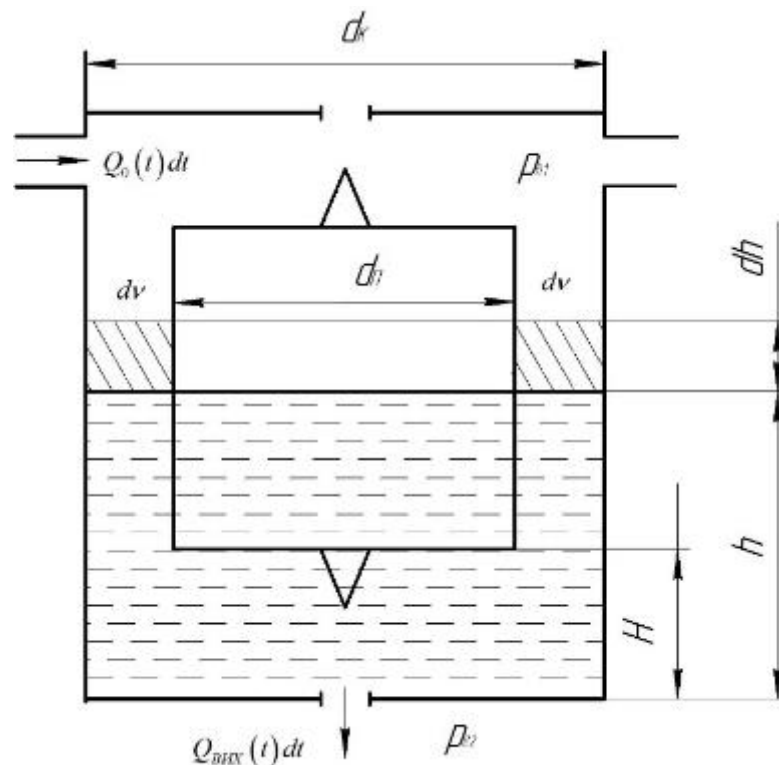


Рисунок 2.5 - Регулятор вакууму від мінімальної до максимальної  
молоковіддачі

Витрату молока через вихідний отвір для даного моменту часу визначаємо за гідравлічною формулою:

$$Q_{\text{вих}} = \mu \frac{\pi d_{\text{вих}}^2}{4} \cdot \sqrt{2g \cdot \left( \frac{p_{e_2} - p_{e_1}}{\gamma} + h(t) \right)} \quad (2.9)$$

де  $\mu$ - коефіцієнт витрати отвору,  $\mu = 0,6$ ;

$\gamma$ - питома вага молока, Н/м<sup>3</sup>;

$P_{e_1}$ ;  $P_{e_2}$  - задані оптимальні значення вакууму в ємності для молока (54 кПа)

та в поплавковій камері (28 кПа).

Тоді, підставивши значення  $Q_{вих}$  в рівняння (2.5), отримаємо:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{Q_0(t) - Q_{вих}(t)}{\frac{\pi}{4} \cdot (d_k^2 - d_n^2)} = \frac{Q_0(t) - \mu \frac{\pi d_{вих}^2}{4} \sqrt{2g \left( \frac{P_{e_2} - P_{e_1}}{\gamma} + h(t) \right)}}{\frac{\pi}{4} (d_k^2 - d_n^2)}$$

(2.10)

Звідси знаходимо вираз для часу підняття поплавця до величини від Н до h:

$$\int_{t_{відкр}}^t dt = \frac{\pi}{4} (d_k^2 - d_n^2) \int_H^h \frac{dh}{Q_0(t) - \mu \frac{\pi d_{вих}^2}{4} \sqrt{2g \left( \frac{P_{e_2} - P_{e_1}}{\gamma} + h(t) \right)}}$$

або

$$t - t_{відкр} = \frac{\pi}{4} (d_k^2 - d_n^2) \int_H^h \frac{dh}{Q_0(t) - \mu \frac{\pi d_{вих}^2}{4} \sqrt{2g \left( \frac{P_{e_2} - P_{e_1}}{\gamma} + h(t) \right)}}$$

(2.11)

або

$$t = \frac{\pi}{4} (d_k^2 - d_n^2) \int_H^h \frac{dh}{Q_0(t) - \mu \frac{\pi d_{вих}^2}{4} \sqrt{2g \left( \frac{P_{e_2} - P_{e_1}}{\gamma} + h(t) \right)}} + t_{відкр}$$

(2.12)

Для умови заповнення камери і спливання поплавця необхідно, щоб  $t$  було більше  $t_{\text{відкр}}$ . У свою чергу, це призводить до вимоги, щоб знаменник у підінтегральному вираженні був би позитивним, тобто:

$$\mu \frac{\pi d_{\text{вих}}^2}{4} \sqrt{2g \left( \frac{p_{e_2} - p_{e_1}}{\gamma} + h \right)} \leq Q_0(t) \quad (2.13)$$

Ця умова повинна виконуватися з моменту відкриття вихідного отвору. Тоді при цьому повинно бути:

$$\mu \frac{\pi d_{\text{вих}}^2}{4} \sqrt{2g \left( \frac{p_{e_2} - p_{e_1}}{\gamma} + H \right)} \leq Q_0(t_{\text{відкр}}) = KQ_0(t_{\text{відкр}}) \quad (2.14)$$

де  $K \leq 1$  - коефіцієнт регулювання ( $K = 0,8 \dots 0,9$ ).

З отриманого вираз визначимо діаметр вихідного отвору:

$$d_{\text{вих}} = 2 \sqrt{\frac{KQ_0(t_{\text{відкр}})}{\mu \pi \sqrt{2g \left( \frac{p_{e_2} - p_{e_1}}{\gamma} + H \right)}}} \quad (2.15)$$

Отже, діаметр вихідного отвору не залежить від розмірів камери і поплавця, тобто від  $d_n$  і  $d_k$ .

З формули (2.6) можна визначити масу поплавця  $m$ :

$$m = \frac{(p_{e_1} - p_{e_2}) \cdot S_{\text{вих}} + \gamma H (S - S_{\text{вих}})}{g} \quad (2.16)$$

Так як питома вага молока  $\gamma = \gamma_m g$ , то:

$$m = (p_{\epsilon_1} - p_{\epsilon_2}) \cdot S_{\text{вих}} + \gamma_m H \cdot (S - S_{\text{вих}}) \quad (2.17)$$

де  $H$  - висота спливання поплавця при відкритому вихідному отворі молока, м;

$S_{\text{вих}}$  - площа вихідного отвору, м<sup>2</sup> ;

$\gamma_m$  - щільність молока, кг/м<sup>3</sup>;

$S$  - площа поплавця, м<sup>2</sup>;

$p_{\epsilon_1}$  - вакууметричний тиск у корпусі регулятора, кПа;

$p_{\epsilon_2}$  - вакууметричний тиск у доїльному відрі, кПа.

З рисунка 2.6 визначаємо час, до якого поплавець повинен досягти розрахункового положення, тобто повинен піднятися на висоту  $H_1$ . Нехай воно дорівнює  $t_{\text{max}}$ .

Тоді рівняння (2.11) для цих умов матиме наступний вигляд:

$$t_{\text{max}} - t_{\text{відкр}} = \frac{\pi}{4} (d_k^2 - d_n^2) \int_H^{H+H_1} \frac{dh}{Q_0(t) - \mu \frac{\pi d_{\text{вих}}^2}{4} \sqrt{2g \left( \frac{p_{\epsilon_2} - p_{\epsilon_1}}{\gamma} + h(t) \right)}} \quad (2.19)$$

Задаємо хід поплавця конструктивно рівним  $H_1$ . За теоремою про середнє значення інтеграла маємо:

$$\int_H^{H+H_1} \frac{dh}{Q_0(t) - \mu \frac{\pi d_{\text{вих}}^2}{4} \sqrt{2g \left( \frac{p_{\epsilon_2} - p_{\epsilon_1}}{\gamma} + h(t) \right)}} = \left[ \frac{H_1}{Q_0(t) - \mu \frac{\pi d_{\text{вих}}^2}{4} \sqrt{2g \left( \frac{p_{\epsilon_2} - p_{\epsilon_1}}{\gamma} + h(t) \right)}} \right]_{\text{сер}} \quad (2.20)$$

Будемо вважати, що можна прийняти  $Q_0(t) = \frac{Q_{\max} - Q_{\text{відкр}}}{2}$ ,  $h(t) = \frac{H_1}{2}$ ,

тобто приблизно вважати постійною величиною  $D$ :

$$(2.21) \quad \left[ Q_0(t) - \mu \frac{\pi d_{\text{вих}}^2}{4} \sqrt{2g \left( \frac{p_{\theta_2} - p_{\theta_1}}{\gamma} + h(t) \right)} \right]_{\text{сеп}} \approx \left[ \frac{Q_{\max} - Q_{\text{відкр}}}{2} - \mu \frac{\pi d_{\text{вих}}^2}{4} \sqrt{2g \left( \frac{p_{\theta_2} - p_{\theta_1}}{\gamma} + \frac{H_1}{2} \right)} \right] = D$$

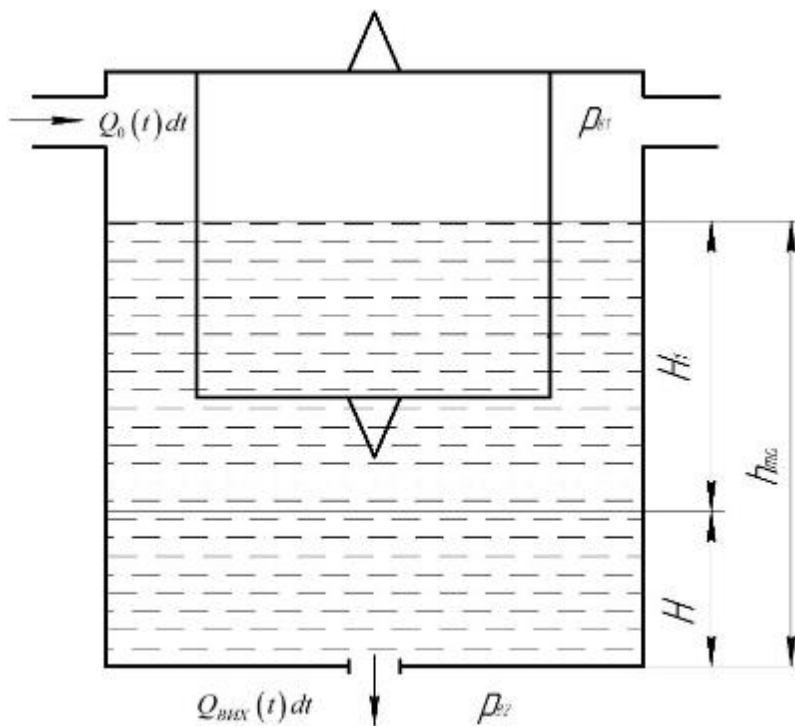


Рисунок 2.6 - Регулятор вакууму при максимальній молоковіддачі

У результаті, підставляючи (2.21) в (2.19), одержимо формулу:

$$(2.22) \quad t_{\max} - t_{\text{відкр}} = \frac{\pi}{4} (d_{\kappa}^2 - d_n^2) \frac{H_1}{D}$$



Оскільки  $H_1$ , було задано конструктивно, то виходить, що для забезпечення необхідного часу для підняття поплавця необхідно так задати співвідношення діаметрів камери і поплавця, щоб задовольнити умові:

$$d_k^2 - d_n^2 = \frac{D \cdot (t_{\max} - t_{\text{відкр}})}{H_1} \quad (2.23)$$

або

$$d_k^2 \left[ 1 - \left( \frac{d_n}{d_k} \right)^2 \right] = \frac{D \cdot (t_{\max} - t_{\text{відкр}})}{H_1} \quad (2.24)$$

Звідси отримуємо діаметр поплавця  $d_n$  :

$$d_n = \sqrt{d_k^2 - \frac{D \cdot (t_{\max} - t_{\text{відкр}})}{H_1}} \quad (2.25)$$

Таким чином, всі основні конструкційні параметри пристрою маса поплавця  $m$ , висота підйому поплавця  $H$ , діаметр поплавця  $d_n$ , діаметр вихідного отвору  $d_{\text{вих}}$  визначені, а сам пристрій працює в заданому режимі незалежно від обсягу молоковіддачі.

### **2.3 Швидкість наповнення міжстінної камери доїльного стакану при несталому русі повітря**

При роботі доїльного апарата для теоретичних досліджень найбільше значення має час перехідного періоду від такту ссання до такту стиску, що, у свою чергу, залежить від швидкості руху атмосферного повітря при несталому русі.

Для аналізу цього процесу, тобто впуску атмосферного повітря в міжстінну камеру доїльного стакану, складемо схему (рисунок 2.7).

Зі зміною швидкості впуску повітря в міжстінну камеру доїльного стакану змінюється тиск. Від величини тиску змінюються швидкість деформування і сила стиску дійкової гуми, а також характер зміни тиску в піддійковій камері.

При роботі доїльного апарата повітря і вакуум поводяться приблизно так само, як у технічній термодинаміці - модель ідеально стисливого газу [5, 14]. У зв'язку із цим можна використати подібні методи технічної термодинаміки для математичного обґрунтування процесу, що відбувається в міжстінних і піддійкових камерах доїльних стаканів.

Велика швидкість руху повітря спричиняє сповільнення часу переходу процесів від одного такту до іншого. Приймаємо, що під час перехідних процесів через малу величину часу їхнього протікання, не буде теплообміну з навколишнім середовищем, інакше кажучи, процес приймаємо адіабатним.

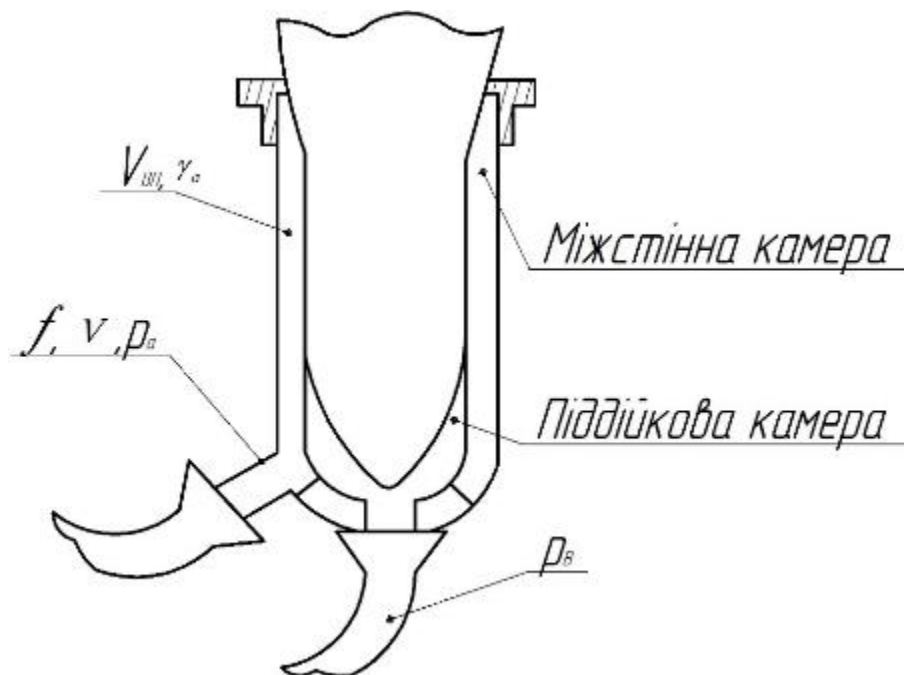


Рисунок 2.7 - Схема заповнення повітрям міжстінної камери доїльного стакану

Розглянемо роботу доїльного апарата. Атмосферне повітря надходить із колектора в міжстінну камеру доїльного стакану при  $p_a = \text{const}$  через отвір, що має поперечний переріз  $f$ .

Обсяг міжстінної камери доїльного стакану  $V_{en}$ , м<sup>3</sup> визначається рівнянням:

$$V_{en} = V_0 + V_{сер} = f(p)dt, \text{ м}^3, \quad (2.26)$$

де  $V_0 = \text{const}$  - загальний обсяг простору до вхідного отвору при недеформованій дійковій гумі, м<sup>3</sup>;

$V_{сер}$  - об'єм, що змінюється внаслідок деформування дійкової гуми, м<sup>3</sup>.

Приймаємо, що тиск повітря зменшується на нескінченно малу величину  $dp$ , відповідно зменшується вага повітря. Проведемо диференціювання рівняння стану для повітря, що впускає, та одержуємо:

$$\frac{V_{en}}{p} dp = TdG + GdT \quad (2.27)$$

За нескінченно малий проміжок часу  $dt$  у міжстінну камеру доїльного стакану надходить кількість повітря  $dG$ , що визначається з вираз:

$$dG = \gamma_m f v dt, \quad (2.28)$$

де  $v$  - швидкість повітря через отвір за нескінченно малий проміжок часу, м/с;

$\gamma_m$  - питома вага повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$f$  - поперечний переріз отвору, м<sup>2</sup>.

Приймаємо, що об'ємна вага повітря в отворі рівна об'ємній вазі повітря за отвором, тому що тиск струменя повітря за отвором дорівнює тиску в міжстінній камері доїльного стакану. Так можна вважати через те, що швидкість струменя повітря менше критичної.

Величина  $f$  показує, що мінімальна площа поперечного перерізу струменя дорівнює поперечному перетину отвору.

Одержати вираз для визначення швидкості  $V$  можна за допомогою рівняння Бернуллі для ідеально стисливого газу.

$$\frac{k}{k-1} \cdot \frac{p_a}{\gamma_a} + \frac{v^2}{2g} = \frac{k}{k-1} \cdot \frac{p}{\gamma_m} + \frac{v^2}{2g}, \quad (2.29)$$

де  $k$  - показник адіабатного процесу, для двохатомних газів  $k = 1,4$ ;

$V$  - швидкість течії повітря в міжстінній камері доїльного стакану, м/с;

$P_a$  - тиск атмосферного повітря, Н/м<sup>2</sup>;

$\gamma_a$  - питома вага атмосферного повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$p$  - тиск повітря в камері, Н/м<sup>2</sup>;

$\gamma_m$  - питома вага повітря в камері, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

У процесі надходження повітря через отвір у міжстінну камеру доїльного стакану поступово збільшується тиск, у зв'язку із чим змінюється тиск  $p$ , питома вага  $\gamma_m$  повітря і його швидкість  $V$ , у зв'язку із цим процес течії повітря є квазістаціонарним. Такі зміни за кожен нескінченно малий проміжок часу  $dt$ , відповідають умовам рівняння Бернуллі.

При надходженні струменя повітря через щілину в міжстінну камеру доїльного стакану його частки рівномірно заповнюють весь простір цієї камери (обсяг).

Повітря, проходячи через отвір у міжстінну камеру доїльного стакану, у місці утворення струменя має поперечний переріз більшого розміру, чим на виході з отвору, а вихідний струмінь буде конічної форми.

Відомо, що газовий струмінь у нас буде безперервний і через будь-який поперечний переріз у будь-який момент часу проходить ту саму кількість повітря, отже, можна стверджувати, що швидкість течії повітря в отворі більше швидкості в місці утворення струменя. Тому можна вважати, що швидкість у місці утворення струменя дорівнює нулю.

Використовуючи вище наведені висновки, спростимо рівняння Бернуллі, яке прийме наступний вид:

$$\frac{k}{k-1} \cdot \frac{p_a}{\gamma_a} = \frac{k}{k-1} \cdot \frac{p}{\gamma_m} + \frac{v^2}{2g} \quad (2.30)$$

Із цього виразу одержимо формулу швидкості течії повітря в найбільш вузькому поперечному перерізі струменя:

$$v = \sqrt{\frac{2gk}{k-1}} \sqrt{\frac{p}{\gamma_m} - \frac{p_a}{\gamma_a}} \quad (2.31)$$

В адіабатному процесі:

$$\frac{p}{\gamma^k} = c, \text{ тоді } \frac{p}{\gamma} = c^{\frac{1}{k}} \cdot p^{\frac{k-1}{k}} \quad (2.32)$$

Підставляючи вираз (2.30) в (2.29), одержуємо швидкість як функцію тільки однієї змінної  $p$ .

$$v = \sqrt{\frac{2gk}{k-1}} c^{\frac{1}{k}} \sqrt{p_a^{\frac{k-1}{k}} p^{\frac{k-1}{k}}} \quad (2.33)$$

Отримане рівняння (2.32) підставляємо в вираз (2.21) і введемо коефіцієнт витрати  $\mu$ , що є добутком наступних коефіцієнтів:

$$\mu = \delta \varepsilon \sigma \xi, \quad (2.34)$$

де  $\delta$  - коефіцієнт швидкості, що відбиває опір впуску повітря за рахунок проходження через отвір;

$\mathcal{E}$  - коефіцієнт стиску, що характеризує зменшення поперечного перерізу струменя в порівнянні з отвором при проходженні повітря;

$\mathcal{O}$  - коефіцієнт, що відображає повноту стиску струменя повітря в залежності від місця розташування впускного отвору в міжстінній камері доїльного стакану;

$\xi$  - коефіцієнт, що враховує форму сопла, відмінну від теоретично прийнятого отвору.

Виходячи із цього одержимо рівняння:

$$dG = \mu \gamma f \sqrt{\frac{2gk}{k-1}} c^{\frac{1}{k}} \sqrt{p_a^{\frac{k-1}{k}} p^{\frac{k-1}{k}}} dt \quad (2.35)$$

Виходячи з коефіцієнтів, що характеризують коефіцієнт витрати, можна зробити висновок, що форми сопла і його розташування в міжстінній камері доїльного стакану залежать від цієї величини.

Приблизно можна прийняти, що в даному випадку коефіцієнт  $\mu$  є постійною величиною.

Так як  $\gamma = p^{\frac{1}{k}} c^{\frac{1}{k}}$ , то:

$$dG = \mu p^{\frac{1}{k}} f \sqrt{\frac{2gk}{k-1}} c^{\frac{1}{k}} \sqrt{p_a^{\frac{k-1}{k}} p^{\frac{k-1}{k}}} dt \quad (2.36)$$

$$T = \frac{c^{\frac{1}{k}}}{R} p^{\frac{k-1}{k}}$$

$$TdG = \frac{p\mu f}{R} \sqrt{\frac{2gk}{k-1}} c^{\frac{1}{k}} \sqrt{p_a^m p^m} dt$$

$$GdT = \frac{V_{en}}{R} mdp. \quad (2.37)$$

Підставляючи значення  $GdT$  і  $TdG$  в початкове диференціальне рівняння, одержуємо:

$$\frac{V}{R} dp = \frac{pa\mu f}{R} \sqrt{p_a^m - p^m} dt + \frac{V}{R} m dp$$

де  $a = \sqrt{\frac{2gk}{k-1}} c^{\frac{1}{k}}$ .

Розділяючи змінні,

$$\frac{dp}{p\sqrt{p_a^m - p^m}} = \frac{a\mu f}{V_{en}(1-m)} \sqrt{p_a^m - p^m} dt$$

звідки

$$t = \frac{V_{en}(1-m)}{a\mu f} \int \frac{dp}{p\sqrt{p_a^m - p^m}} \quad (2.38)$$

При  $k = 1,4$  і  $m = \frac{2}{7}$  позначаємо  $p_a^{\frac{3}{7}} = A$  і перетворюємо інтегральний

вираз (2.38) наступним чином:

$$\int \frac{dp}{p\sqrt{p_a^m - p^m}} = ap^{-1}(A + p^{\frac{2}{7}})^{\frac{1}{2}} dp$$

Інтегрування можливо за допомогою підстановки:

$$A + B_p^n = Z^s \quad (2.39)$$

Виконуючи дії, пов'язані з інтегруванням, одержуємо в загальному виді залежність:

$$t = f(p)$$

$$t = \frac{5}{2} \frac{V_{en}}{p_a^{\frac{1}{7}} \mu a f} \ln \frac{p_a^{\frac{1}{7}} - \sqrt{p_a^{\frac{2}{7}} - p^{\frac{2}{7}}}}{p_a^{\frac{1}{7}} + \sqrt{p_a^{\frac{2}{7}} - p^{\frac{2}{7}}}} + c \quad (2.40)$$

Для визначення постійної  $c$  використовуємо початкові умови для всього інтервалу впуску, при якому тиск змінюється від  $p_p$  до  $p_a$ , і підставляючи значення  $c$  у рівняння, одержуємо формулу для розрахунку тривалості впуску повітря:

$$t = \frac{5}{2} \frac{V_{en}}{p_a^{\frac{1}{7}} \mu a f} \left[ \ln \frac{p_a^{\frac{1}{7}} - \sqrt{p_a^{\frac{2}{7}} - p^{\frac{2}{7}}}}{p_a^{\frac{1}{7}} + \sqrt{p_a^{\frac{2}{7}} - p^{\frac{2}{7}}}} + \ln \frac{p_a^{\frac{1}{7}} - \sqrt{p_a^{\frac{2}{7}} - p_p^{\frac{2}{7}}}}{p_a^{\frac{1}{7}} + \sqrt{p_a^{\frac{2}{7}} - p_p^{\frac{2}{7}}}} \right], \quad (2.41)$$

де  $p$  - робочий тиск повітря (тиск у вакуумній системі).

Для спрощення розрахунків позначаємо вираз, що стоїть у квадратних дужках, через  $p_a$ . З огляду на те, що за час переходу від такту ссання до такту стиску, тиск у міжстінній камері доїльного стакану змінюється в межах від  $p_1$  до  $p_2$ , вираз для визначення переходу від такту ссання до такту стиску можна написати у наступному вигляді:

$$t = \frac{5}{2} \frac{V_{en}}{p_a^{\frac{1}{7}} \mu a f} [p_a]_{p_1}^{p_2} \quad (2.42)$$

Отримані рівняння для визначення швидкості як функції тільки одної змінної  $p$  і часу переходу від такту ссання до такту стиску дозволяють розрахувати характеристики доїльного апарата, його конструкційні параметри.



## 2.4 Висновки по розділу

Розроблено і обгрунтовано конструкційно-технологічну схему адаптивного доїльного апарату зі збором молока в доїльне відро, який додатково включає в свій склад регулятор вакуума, що дозволяє забезпечити режим доїння відповідно до інтенсивності молоковіддачі корови.

Отримано аналітично вирази для визначення висоти підйому поплавця (2.6), витрати молока через вихідний отвір (2.9), часу підняття поплавця (2.12), діаметра вихідного отвору регулятора вакууму: 12-16 мм, маси поплавця регулятора вакууму: 150-250 г.

Отримано вираз (2.33) для визначення швидкості течії повітря в найбільш вузькому поперечному перерізі струменя. Отримана формула (2.42) для розрахунку тривалості впуску повітря.

## 3 ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1 Мета і задачі досліджень

Метою експериментальних досліджень було обґрунтування оптимальних конструкційно - режимних параметрів удосконаленого доїльного апарата і перевірка результатів теоретичних досліджень, проведених раніше.

При дослідженні за основний показник, що характеризує роботу адаптивного доїльного апарата, приймалася зміна вакууметричного тиску в піддійкових камерах доїльних стаканів відповідно до інтенсивності молоковіддачі. Тому в процесі проведення експериментальних досліджень необхідно визначити закономірність зміни вакууметричного тиску в піддійкових камерах доїльних стаканів залежно від часу доїння, молоковіддачі та величини відкриття золотника регулятора вакууму, що змінює величину підсмоктування повітря в доїльне відро доїльного апарата і далі в піддійковій камері доїльних стаканів.

### 3.2 Програма досліджень

В основу програми проведення експериментальних досліджень був покладений метод математичної теорії планування багатофакторних експериментів, що дозволяє виявити та оцінити вплив факторів на прийнятий критерій оптимізації.

На основі аналізу процесу роботи експериментальної установки були обрані основні рівні варіювання виділених факторів, які представлені в таблиці 3.1. Критерієм оптимізації було обрано кількість залишкового молока у вимені тварини по закінченню доїння  $Q_{o.m}$ .

Таблиця 3.1- Фактори, рівні та інтервали варіювання

Фактор	Кодове позначення	Інтервал варіювання	Рівні фактора		
			Основний 0	Верхній +1	Нижній -1
$d_n$ - діаметр поплавця, мм	$X_1$	5	75	80	70
$d_{вих.отв.}$ - діаметр вихідного отвору, мм	$X_2$	2	14	16	12
m-маса поплавця, г	$X_3$	50	200	150	250

### 3.3 Будова та принцип дії експериментальної установки

Для реалізації програми експериментальних досліджень на основі проведених в попередніх розділах теоретичних досліджень було розроблено та реалізовано конструкцію удосконаленого доїльного апарата, на основі якого було розроблено лабораторну установку (рисунок 3.1; 3.2). Вона складається з доїльного відра 1, регулятора вакууму 2, що складається з корпусу 3, усередині якого встановлений поплавець 4, що має верхню голку 5 і нижню голку 6, яка відкриває прохідний переріз 7 каліброваного каналу для надходження атмосферного повітря 8. Крім того, є золотник потоку молока 11, штуцер проходу вакууму 12 і штуцер входу молока 13. Колектор 14 розподіляє вакуум по доїльних стаканах і проводить збір молока через молочний патрубок 15 і вакуумний шланг 16 до доїльних стаканів 17. Змінний вакуум створює пульсатор 18 із клапаном 19 і камерами постійного вакууму 20, змінного вакууму 21.

Пропонований пристрій працює наступним чином: при підключенні апарата до лінії номінального вакууму 54 кПа вакуум поширюється в доїльне відро 1, регулятор вакууму 2, пульсатор 18. При надходженні вакууму в камеру постійного вакууму 20 пульсатора 18 клапан пульсатора 19

опускається, вакуум переходить у камеру змінного вакууму 21 пульсатора 18 і далі по вакуумному шлангу 16 у між стінну камеру доїльних стаканів 17.

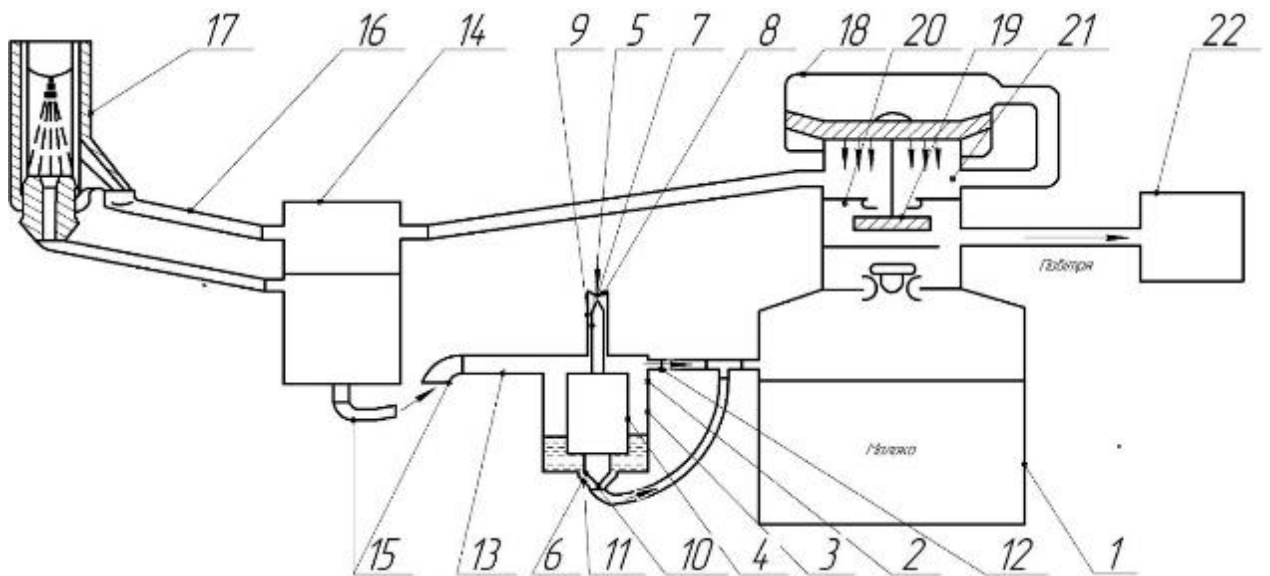


Рисунок 3.1- Схема лабораторної установки:

1- доїльне відро; 2 - регулятор вакууму; 3 - корпус; 4 - поплавець; 5- верхня голка; 6 - нижня голка; 7 - прохідний переріз; 8 - калібрований канал для надходження атмосферного повітря; 9 - головка корпусу; 10- отвір виходу молока; 11- золотник потоку молока; 12 - штуцер проходу вакууму; 13 - штуцер входу молока; 14 - колектор; 15 - молочний патрубков; 16 - вакуумний шланг; 17-доїльний стакан; 18- пульсатор; 19 - клапан; 20 - камера постійного вакууму; 21 - камера змінного вакууму; 22 - вакуумний насос

У той же час вакуум через доїльне відро 1 і золотник регулятора вакууму 12 регулятора вакууму 2, через штуцер входу молока 13 надходить в колектор і далі в піддійкову камеру доїльних стаканів 17. Так як в регуляторі вакууму 2 відсутнє молоко, то поплавець 4 перебуває в крайньому нижньому положенні, перекриваючи золотник регулювання потоку молока 11 і відкриваючи калібрований канал для надходження атмосферного повітря 8.



Рисунок 3.2 - Загальний вигляд експериментальної установки для дослідження адаптивного доїльного апарата:

1-пульсатор; 2- регулятор вакууму; 3-доїльне відро; 4- доїльний стакан; 5- «штучне вим'я»; 6 - вакуум регулятор; 7- вакуумметр; 8- вакуумний насос

При цьому в регулятор вакууму 2 надходить атмосферний тиск, що знижує величину вакууму в піддійковій камері доїльних стаканів 17 до мінімальної величини 28 кПа.

У процесі доїння молоко попадає через молочний патрубков 15 у корпус 3 регулятора вакууму 2 і піднімає поплавець 4, тим самим регулюючи величину відкриття золотника потоку молока 11 і закриття золотника 8 впуску повітря. Кількість повітря, що надходить в регулятор вакууму 2, прямо пропорційна положенню поплавця 4 у корпусі 3, а його положення залежить від кількості молока, яке проходить через регулятор вакууму 2.

У зв'язку із цим зі збільшенням молоковіддачі поплавець 4 піднімається, тим самим нижньою голкою 6 регулює отвір виходу молока 10, а верхньою голкою 5 регулює прохідний переріз 7 для надходження атмосферного повітря, регулюючи вакууметричний тиск від 28 кПа на початку доїння до 54 кПа при максимальній молоковіддачі.

При зниженні молоковіддачі поплавець 4 опускається вниз, тим самим зменшуючи прохідний переріз 7 для надходження атмосферного повітря і, знижуючи вакууметричний тиск у піддійковій камері доїльних стаканів 17. Величина вакууму знижується з 54 кПа до 28 кПа відповідно до молоковіддачі.

Пропонована конструкція доїльного апарата (рис. 3.2) простіша по виготовленню, зборці і в експлуатації, за рахунок плавного підвищення і зниження вакууметричного тиску стимулює молоковіддачу і не наносить шкоди здоров'ю тварини, навіть при перетримуванні доїльних стаканів на дійках корови по закінченню доїння, не спричинює їй особливого занепокоєння. Вакууметричний тиск у піддійковій камері регулюється і відповідає молоковіддачі, за рахунок чого зменшується ризик захворювань вимені корів.

### **3.4 Висновки по розділу**

Для визначення конструкційно-режимних параметрів удосконаленого адаптивного доїльного апарату була розроблена і виготовлена лабораторна установка (рисунок 3.1; 3.2).

В основу програми проведення експериментальних досліджень було покладено метод математичної теорії планування багатofакторних

експериментів, який дозволить виявити і оцінити вплив факторів на прийнятий критерій оптимізації.

Теоретичні дослідження удосконаленого доїльного апарату дозволили отримати аналітичні залежності для визначення діаметра вихідного отвору регулятора вакууму: 12-16 мм, маси поплавця регулятора вакууму: 150-250 г, діаметра поплавця: 70-80 мм.

Наведено методику обробки експериментальних даних, що дозволяє розрахувати коефіцієнти експериментально-статистичної моделі другого порядку і обґрунтувати адекватність отриманої моделі.

## 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ АДАПТИВНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

### 4.1 Результати проведення експериментальних досліджень

Вивчення впливу різних факторів на оціночні показники доїльного апарата пов'язане із завданням визначення максимальної та мінімальної молоковіддачі доїльного апарата при одержанні максимальної кількості молока, відповідно до зоотехнічних вимог. Результати цих досліджень представлені графічно залежностями на рисунках 4.1, 4.2.

Аналіз залежності, представленої на рисунку 4.1, показує, що більш швидке і якісне виконання технологічного процесу доїння корів відбувається при тиску рідини на поплавець під дією напору  $q_{жк} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{с}$ .

Подальше збільшення підйому поплавця небажано, тому що збільшення вакууметричного тиску може призвести до фізіологічно не обґрунтованого впливу на молочну залозу тварини, а внаслідок цього до захворювань вимені корови через проникнення вакууму в молочну залозу, виникнення розривів лімфатичних і кровоносних судин, а отже, до зниження продуктивності та збільшення часу доїння.

Зменшення підняття поплавця від діючого напору молока приведе до зменшення вакууметричного тиску, причому в момент максимальної молоковіддачі, що приведе до збільшення часу доїння, а отже, недоодержання залишкового молока через збільшення часу доїння, що не відповідає фізіологічним вимогам тварини (корови).

Ефективність варіювання сили тиску рідини на поплавець також підтверджується аналітичними виразами, з аналізу яких видно, що зі зменшенням величини підняття поплавця зменшується сила тиску рідини на поплавець, так як зменшується залежність від діючого напору.

Ефективність варіювання сили тиску рідини на поплавець залежно від діючого напору  $q_{жк} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{с}$ , підтверджується експериментальними залежностями, з аналізу яких видно, що при зниженні діючого напору



знижується вакууметричний тиск і як наслідок - збільшується час доїння, що негативно впливає на процес доїння і кількість залишкового молока.

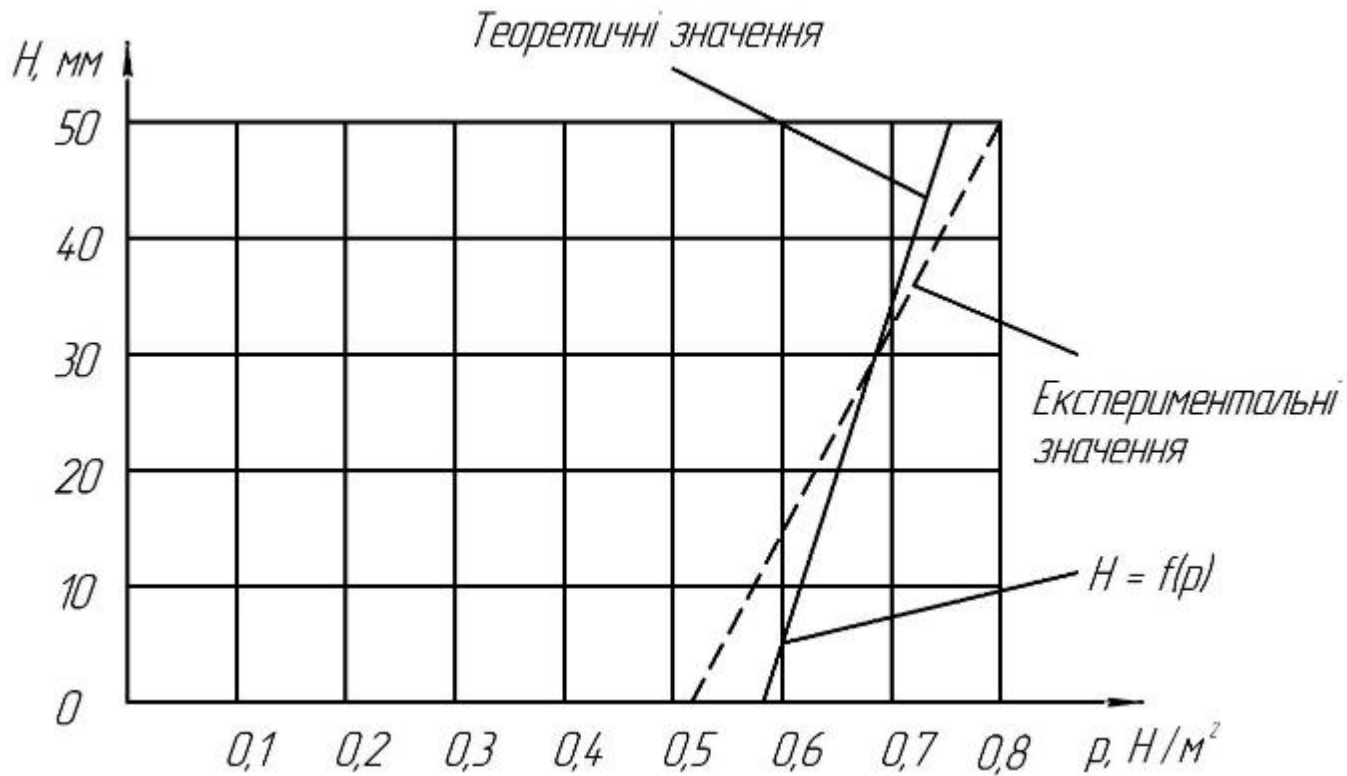


Рисунок 4.1- Залежність сили тиску рідини на поплавець від діючого напору  $q_{жк} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{с}$

Велике значення має зміна середнього надою молока від часу доїння. На рисунку 4.2 представлений графік, який показує, що збільшення часу доїння не веде до одержання більшої кількості молока, причина - у фізіологічних факторах одержання молока в процесі доїння.

З аналізу отриманих даних видно, що кількість одержуваного молока не залежить від часу доїння, тому збільшення цього часу недоцільно. Цей фактор необхідно враховувати при доїнні корів, що передбачено пропонованим доїльним апаратом (формула 2.11).

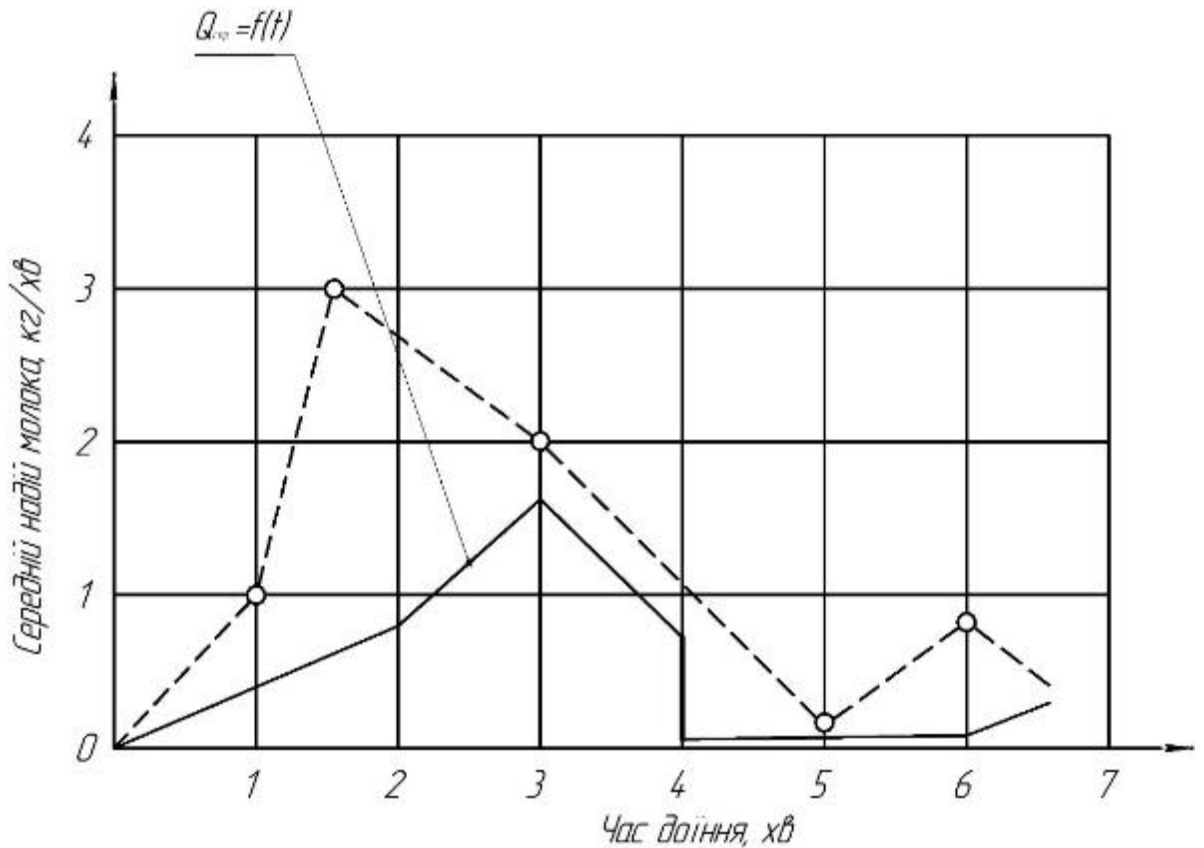


Рисунок 4.2- Залежність середнього надюю молока від часу доїння

#### 4.2 Результати досліджень впливу конструкційно-режимних параметрів роботи адаптивного доїльного апарата

Канонічні форми рівняння регресії будуть мати вигляд:

$$Y - 0,19 = 0,01X_2^2 + 0,017X_3^2; \quad (4.1)$$

$$Y - 0,19 = 0,013X_1^2 + 0,001X_3^2; \quad (4.2)$$

$$Y - 0,19 = 0,017X_1^2 + 0,007X_2^2. \quad (4.3)$$

Дані вирази являють собою рівняння еліпса, тому що оба коефіцієнта при невідомих членах мають однакові знаки. Підставляючи в ці рівняння різні значення критерію оптимізації, одержимо рівняння контурних кривих еліпсів, по яких будувалися поверхні відгуків (рисунки 4.3, 4.4, 4.5).

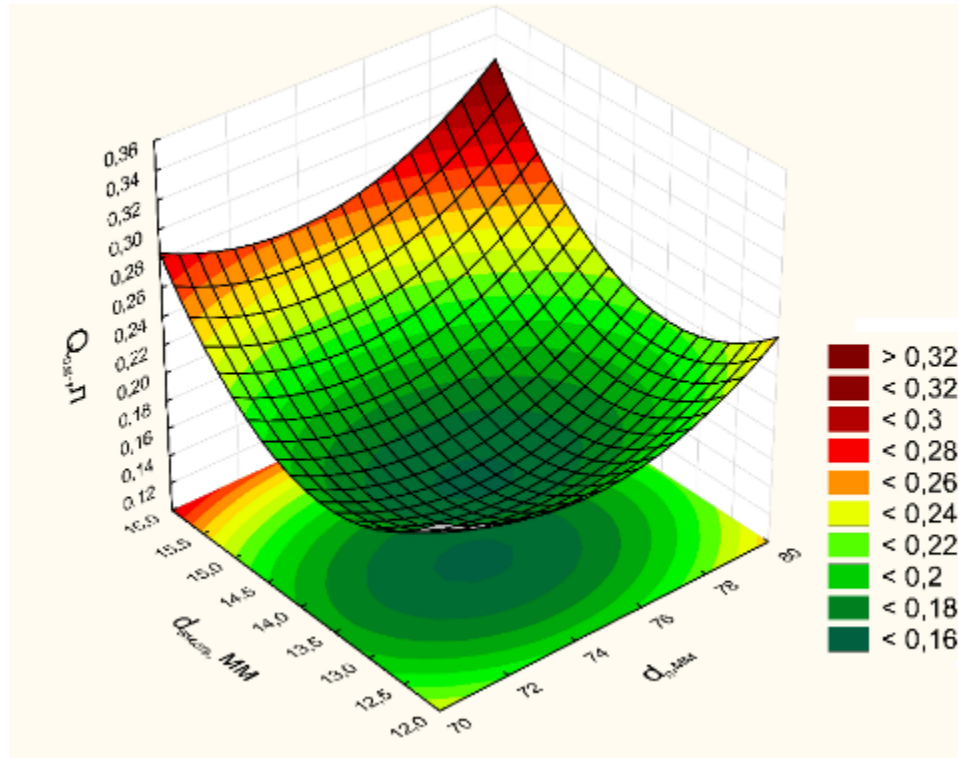


Рисунок 4.3 - Поверхня відгуку, що характеризує кількість залишкового молока  $Q_{о.м.}$  залежно від діаметра поплавця  $d_{п}$  ( $X_1$ ) і діаметра вихідного отвору  $d_{вих.отв.}$  ( $X_2$ ) при масі поплавця  $m = 190$  г

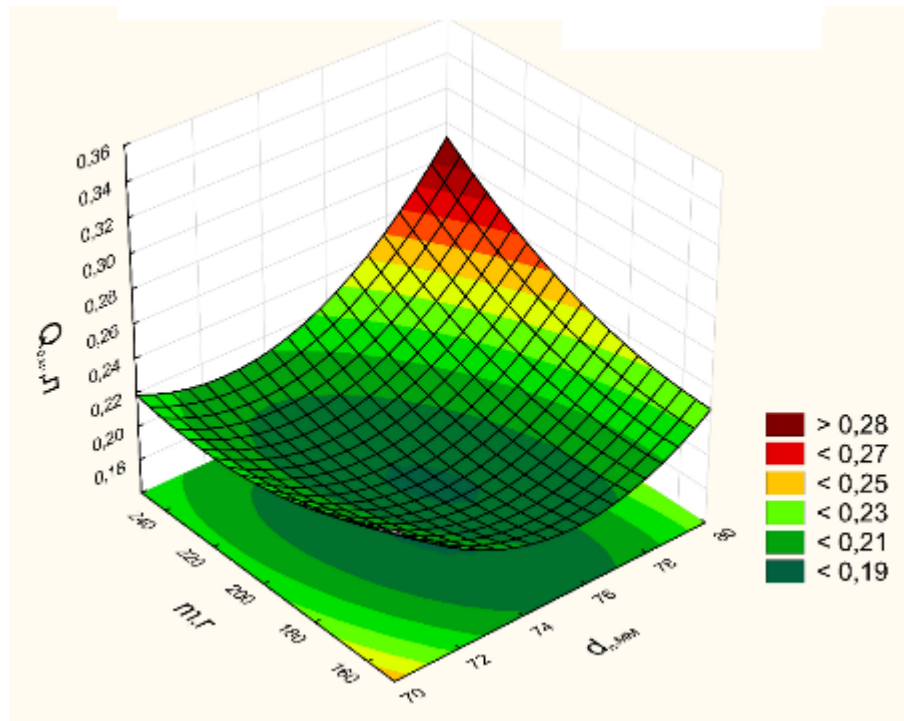


Рисунок 4.4 - Поверхня відгуку, що характеризує кількість залишкового молока  $Q_{о.м.}$  залежно від діаметра поплавця  $d_{п}$  ( $X_1$ ) і маси поплавця  $m$  ( $X_3$ ) при діаметрі вихідного отвору  $d_{вих.отв.} = 12,19$  мм

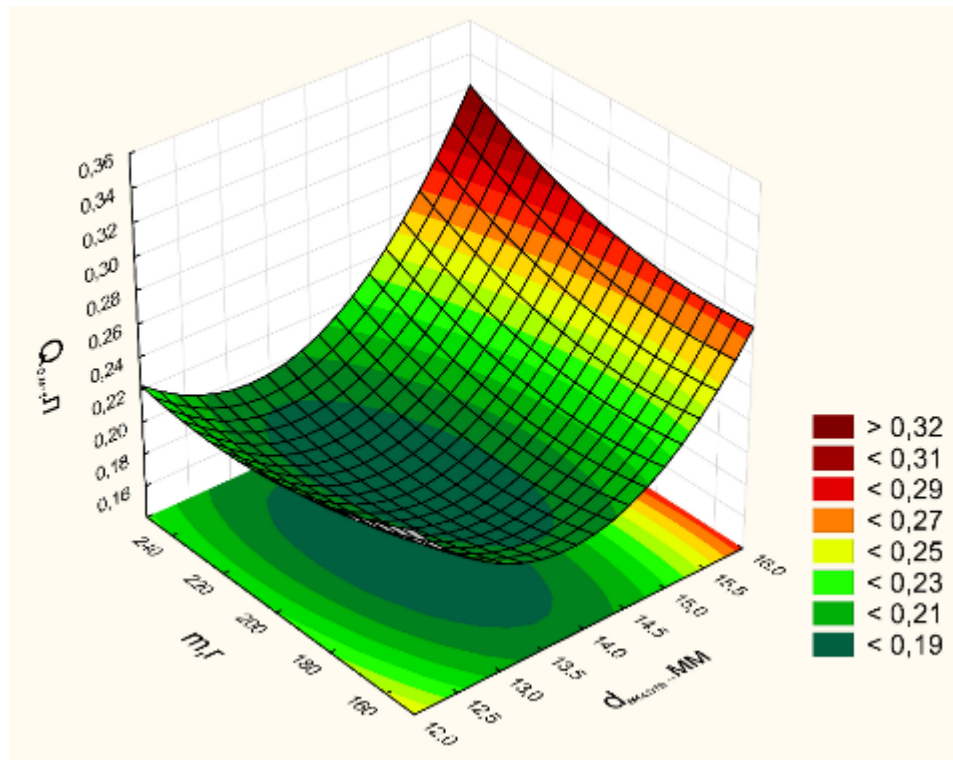


Рисунок 4.5 - Поверхня відгуку, що характеризує кількість залишкового молока  $Q_{o.m.}$  залежно від діаметра вихідного отвору  $d_{вих.отв.}$  ( $X_2$ ) і маси поплавця  $m$  ( $X_3$ ) при діаметрі поплавця  $d_n = 70,44$  мм

Умовним оптимумом функції є особлива точка - центр поверхні відгуку. Дана точка дає наочне уявлення про найбільш сприятливу комбінацію факторів досліджуваного процесу. Із центру проводять координатні осі головних напрямків канонічного рівняння.

Графічний аналіз поверхонь відгуків дозволяє для кожного конкретного випадку визначити оптимальні значення  $Q_{o.m.}$  залишкового молока залежно від діаметра поплавця  $d_n$ , діаметра вихідного отвору  $d_{вих.отв.}$  і маси поплавця  $m$ .

### 4.3 Висновки по розділу

На підставі результатів проведених експериментальних досліджень були отримані рівняння регресії в кодованому (4.3) і розкодованому (4.4) видах, які адекватно описують обраний критерій оптимізації -  $Q_{o.m.}$ .

Проведений аналіз отриманих залежностей дозволив виявити оптимальні співвідношення конструкційно-режимних параметрів удосконаленого доїльного апарата, при яких  $Q_{o.m} = 0,162$  л:

- діаметр поплавця  $d_n = 70,44$  мм;
- діаметр вихідного отвору  $d_{вих.отв} = 12,19$  мм;
- маса поплавця  $m = 190$  г.

## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **5.1 Загальні вимоги охорони праці при доїнні корів**

Загальні вимоги охорони праці при доїнні корів за прив'язного утримання спрямовані на забезпечення безпечних умов для працівників, запобігання травмам та створення комфортних умов для тварин. Ці вимоги базуються на національних та європейських нормах.

В Україні такі вимоги регулюються законами та нормативно-правовими актами, зокрема: Законом України "Про охорону праці", Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві (затвердженими наказом Міністерства соціальної політики України від 29.08.2018 № 1240), а також державними стандартами. Згідно з цими документами, роботодавець зобов'язаний забезпечити належні умови праці, навчання персоналу безпечним методам роботи та систематичний контроль за дотриманням вимог безпеки.

Умови доїння передбачають використання сучасного доїльного обладнання, що відповідає вимогам безпеки, його технічне обслуговування, а також дотримання правил гігієни як тварин, так і працівників. Працівники мають використовувати засоби індивідуального захисту (рукавички, спецодяг), забезпечувати правильне розташування тварини та уникати раптових рухів, щоб запобігти стресу у корів і можливим травмам.

На рівні ЄС вимоги до охорони праці у сільському господарстві регулюються такими документами, як Директива Ради 89/391/ЄЕС про запровадження заходів, спрямованих на підвищення безпеки та здоров'я працівників на робочих місцях, а також специфічними директивами, наприклад, Директива 2006/42/ЄС про машини, яка містить вимоги до безпеки обладнання. У цих документах підкреслюється необхідність регулярного оцінювання ризиків, впровадження заходів щодо мінімізації небезпек та забезпечення навчання персоналу.

У контексті догляду за тваринами ЄС керується Регламентом Ради (ЄС) № 1099/2009 про захист тварин під час забою, що також стосується умов утримання та поводження з тваринами. Для доїння це означає забезпечення зручного положення корів, уникнення насильства чи застосування надмірної сили.

Організація робочого процесу має враховувати фізіологічні особливості корів і безпеку працівників. Для цього важливо:

Забезпечити чіткий графік доїння, щоб уникнути стресу у тварин.

Організувати робочі місця так, щоб вони були зручними і безпечними для працівників. Зокрема, проходи мають бути достатньо широкими для переміщення корів та безпечного доступу до них.

Використовувати правильні методи прив'язування, щоб уникнути травмування тварин і працівників. Прив'язь має бути виготовлена з матеріалів, які не травмують шкіру корови.

Вимоги до обладнання включають:

Використання доїльних апаратів, що відповідають стандартам безпеки (в Україні – ДСТУ, в ЄС – вимоги Директиви 2006/42/ЄС).

Регулярне технічне обслуговування обладнання для запобігання несправностям. Несправний апарат може травмувати тварин і створити небезпеку для працівників.

Таким чином, дотримання цих вимог охорони праці гарантує безпечний і ефективний процес доїння, покращує умови утримання тварин і підвищує добробут працівників.

## **5.2 Проект інструкції з охорони праці при роботі з адаптивним доїльним апаратом**

### **1. Загальні положення**

1.1. Ця інструкція встановлює вимоги з охорони праці при роботі з адаптивним доїльним апаратом і є обов'язковою для виконання всіма працівниками, які використовують дане обладнання.

1.2. Роботодавець повинен забезпечити працівників необхідними засобами індивідуального захисту (спецодягом, рукавичками, взуттям із неслизькою підошвою) та організувати інструктажі з охорони праці.

1.3. До роботи з доїльним апаратом допускаються особи, які пройшли навчання, інструктаж з охорони праці, медичний огляд та мають відповідний допуск.

1.4. Працівник зобов'язаний знати принцип роботи апарата, правила його експлуатації, гігієнічні вимоги, а також правила надання першої допомоги.

1.5. Забороняється використовувати доїльний апарат у разі його несправності або при відсутності належного технічного обслуговування.

## 2. Вимоги перед початком роботи

2.1. Перевірити стан робочого місця: воно має бути чистим, без сторонніх предметів, з належним освітленням і вентиляцією.

2.2. Оглянути доїльний апарат на предмет цілісності, відсутності пошкоджень і витоків робочих рідин (наприклад, мастила або дезінфікуючих засобів).

2.3. Перевірити наявність і справність заземлення електрообладнання.

2.4. Переконатися, що доїльні стакани, шланги та інші елементи апарата ретельно очищені й дезінфіковані.

2.5. Підготувати корів до доїння: оглянути вим'я, при необхідності вимити його теплою водою і обробити дезінфікуючим розчином.

2.6. Перед підключенням апарата переконатися, що прив'язь корови забезпечує її фіксацію, але не завдає дискомфорту.

## 3. Вимоги під час виконання роботи

3.1. Підключати доїльний апарат до вимені корови відповідно до інструкції виробника. Забороняється застосовувати надмірну силу при під'єднанні або від'єднанні стаканів.

3.2. Постійно контролювати роботу апарата: слідкувати за рівнем вакууму, станом шлангів та герметичністю з'єднань.



3.3. У разі виникнення будь-яких несправностей (недостатній тиск, витоки рідин тощо) негайно зупинити роботу апарата та повідомити керівника.

3.4. У разі неспокійної поведінки корови (удари ногами, різкі рухи) діяти обережно: заспокоїти тварину або зупинити процес доїння.

3.5. Уникати контакту з рухомими частинами апарата під час його роботи.

#### 4. Вимоги після закінчення роботи

4.1. Вимкнути апарат від електромережі, переконатися у відсутності залишкового тиску в системі.

4.2. Провести очищення та дезінфекцію всіх елементів апарата, дотримуючись вимог гігієни.

4.3. Перевірити цілісність обладнання після роботи та скласти його у визначене місце.

4.4. Оглянути робоче місце, прибрати використані засоби, забезпечити чистоту.

4.5. Повідомити керівника про виявлені несправності або недоліки в роботі апарата.

#### 5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

5.1. У разі ураження електричним струмом негайно відключити апарат від мережі та надати першу допомогу постраждалому.

5.2. У разі несправності доїльного апарата припинити його використання, від'єднати від електромережі та викликати спеціаліста для ремонту.

5.3. У разі травмування працівника чи тварини негайно звернутися за медичною допомогою та повідомити керівника.

#### 6. Відповідальність

6.1. Працівники, які порушують вимоги цієї інструкції, несуть відповідальність згідно з чинним законодавством України.

6.2. Роботодавець зобов'язаний забезпечити дотримання вимог охорони праці та створити безпечні умови роботи.

### 5.3 Порядок дій у надзвичайних ситуаціях

Під час повідомлення про мінування будівлі університету

#### 1. Загальні положення

1.1. У разі отримання інформації про мінування будівлі університету необхідно діяти швидко, організовано й відповідно до затвердженого плану евакуації та заходів безпеки.

1.2. Всі працівники та студенти зобов'язані зберігати спокій, не створювати паніки та слідувати вказівкам відповідальних осіб.

1.3. Керівництво університету зобов'язане забезпечити регулярний інструктаж персоналу щодо дій у таких ситуаціях.

#### 2. Порядок отримання повідомлення

2.1. Особа, яка отримала повідомлення про мінування (усно, телефоном або іншим способом), повинна:

зафіксувати всі отримані дані (час дзвінка, характер повідомлення, особливості голосу, фонові звуки);

негайно повідомити про це керівника університету та службу безпеки.

2.2. При телефонному повідомленні намагатися зберігати спокій, уточнити деталі:

місце розташування вибухового пристрою;

час передбаченого вибуху;

мотиви особи, яка повідомляє про мінування.

2.3. Інформація передається до екстрених служб за номером 102 (поліція) та 101 (ДСНС).

#### 3. Організація евакуації

3.1. Після отримання повідомлення про мінування відповідальні особи організовують негайну евакуацію працівників, студентів та відвідувачів.

3.2. Евакуація проводиться за заздалегідь затвердженим планом, маршрутами, зазначеними у планах евакуації, розташованих у будівлі.

3.3. Відповідальні особи забезпечують:

інформування присутніх про необхідність залишити будівлю через систему оповіщення або іншими способами;

перевірку приміщень на наявність людей;

контроль за дотриманням порядку під час евакуації.

3.4. При евакуації забороняється:

забирати з собою особисті речі, які не знаходяться поруч;

використовувати ліфти;

повертатися в будівлю без дозволу відповідальних осіб.

4. Взаємодія з екстреними службами

4.1. По прибуттю поліції, піротехніків та інших екстрених служб керівництво університету передає їм отриману інформацію.

4.2. Співробітники університету сприяють екстреним службам у проведенні огляду приміщень та прилеглої території.

4.3. До завершення огляду та отримання дозволу поліції повернення до будівлі суворо забороняється.

5. Дії після завершення перевірки

5.1. У разі підтвердження відсутності вибухового пристрою екстрені служби інформують керівництво університету про можливість повернення до роботи.

5.2. Після завершення перевірки та евакуації керівництво аналізує ситуацію, проводить додаткові інструктажі з охорони праці та безпеки.

5.3. Якщо виявлено вибуховий пристрій, керівництво університету діє відповідно до вказівок екстрених служб.

6. Відповідальність

6.1. Всі працівники та студенти зобов'язані виконувати вимоги інструкції.

6.2. За порушення порядку евакуації чи невиконання вказівок відповідальних осіб передбачено адміністративну або дисциплінарну відповідальність відповідно до чинного законодавства.

Цей порядок дій затверджується наказом ректора університету і переглядається щорічно.

#### **5.4 Висновки по розділу**

Організація охорони праці при доїнні корів за прив'язного утримання має враховувати технічну справність обладнання, дотримання гігієнічних норм і безпеки працівників, що сприяє запобіганню травмам і забезпечує продуктивність роботи. Інструкція з охорони праці під час роботи з адаптивним доїльним апаратом забезпечує алгоритм безпечного використання обладнання, мінімізує ризики нещасних випадків і передбачає дії в аварійних ситуаціях. Розроблений порядок дій у разі надзвичайної ситуації, зокрема при повідомленні про мінування будівлі, гарантує злагоджену евакуацію, зменшує ризики для життя і здоров'я людей та сприяє ефективній взаємодії з екстреними службами.

## 6 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОГО АДАПТИВНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

### 6.1 Вихідні дані

В основу оцінки ефективності використання досліджуваного переносного доїльного апарата з регулятором вакууму при доїнні корів покладені методи визначення економічних показників згідно із зоотехнічними вимогами і по загальноприйнятих методиках.

Базою для порівняння розробленого переносного доїльного апарата з регулятором вакууму був прийнятий найпоширеніший на молочнотоварних фермах серійний доїльний апарат АДУ-1.

Для порівняння техніко-економічних показників і проведення розрахунків бралися існуючі методики обґрунтування економічної ефективності.

Вихідні дані для розрахунків економічної ефективності наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Вихідні дані для розрахунків економічної ефективності  
запропонованого доїльного апарату

№ п/п	Показники	Базовий АДУ-1	Удосконалений
1	Поголів`я, що обслуговується, гол.	10	10
2	Кратність доїння	2	2
3	Тривалість одного доїння 1 корови, хв.	6	6
4	Тривалість підготовчо-заклучних операцій на 1 корову, хв.	8,5	7,2
5	Загальна тривалість обслуговування 1 корови, хв.	14,5	13,2
6	Загальна тривалість процесу доїння на добу, год	4,83	4,4
7	Середньодобова продуктивність за лактацію, кг	18,5	18,8
8	Тривалість лактації, днів	305	305
9	Приріст продуктивності, кг*гол./рік	-	91,5

10	Обслуговуючий персонал, чел.	1	1
11	Встановлена потужність обладнання, кВт	0,75	0,75
12	Тарифна ставка, грн./год.	24,3	24,3
13	Коефіцієнт нарахування заробітної плати	1,22	1,22
14	Вартість електроенергії, грн./кВт*год	1,68	1,68
15	Вартість молока другого гатунку, грн./кг	5,2*	5,2*
16	Норма амортизаційних відрахувань,%	15	15
17	Норма відрахування на поточний ремонт і техдогляди технічного засобу,%	5	5
18	Балансова вартість доїльного апарату, грн.	5990	6780
19	Капітальні вкладення	-	790

## 6.2 Розрахунок показників економічної ефективності

Порівнювати доїльні апарати (базовий та удосконалений) за питомими експлуатаційними витратами, які включають до свого складу витрати на заробітну платню, витрати на енергоресурси, амортизаційні відрахування та витрати на ремонт і технічне обслуговування. Розрахунок даних показників виконаємо за методиками та рекомендаціями, приведеними в [2, 42].

Таблиця 6.2-Економічний ефект впровадження пропонованого удосконаленого адаптивного доїльного апарату

Показник	Базовий	Удосконалений
Вид роботи, що виконується	Доїння корів	Доїння корів
Річний обсяг роботи, т	56,425	57,340
Балансова вартість, грн.	5990	6780
Питомі експлуатаційні витрати, грн.	804,9	727

Приведені витрати, грн.	820,8	744,7
Річні експлуатаційні витрати-всього, грн.	45420	41689,9
у тому числі:		
- заробітна плата з нарахуванням, грн.	43673	39784
- амортизаційні відрахування, грн.	898,5	1017
- відрахування на поточний ремонт і техдогляди технічного засобу, грн.	299,5	339
- вартість спожитих на протязі року енергоресурсів, грн.	549	549
Річний економічний ефект, грн.	-	3612,5
Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років	-	0,22

### 6.3 Висновки по розділу

Техніко-економічна оцінка експериментального адаптивного доїльного апарату показала, що в порівнянні з базовим АДУ-1 він має переваги за експлуатаційними витратами. При цьому строк окупності при впровадженні складе 0,22 роки, а річний економічний ефект за нашими розрахунками становить  $E_p = 3612,5$  грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз доїльних апаратів і розроблена їх класифікація дозволили виявити перспективний напрямок у створенні адаптивного доїльного апарата, а саме установка на них додаткового пристрою по регулюванню вакууметричного тиску в піддійковій камері доїльних стаканів залежно від інтенсивності молоковіддачі.

2. Розроблено і обгрунтовано конструкційно-технологічну схему адаптивного доїльного апарату зі збором молока в доїльне відро, який додатково включає в свій склад регулятор вакуума, що дозволяє забезпечити режим доїння відповідно до інтенсивності молоковіддачі корови.

3. Теоретичні дослідження удосконаленого доїльного апарату дозволили отримати аналітичні залежності для визначення висоти підйому поплавця, витрати молока через вихідний отвір, часу підняття поплавця, діаметра вихідного отвору регулятора вакууму: 12-16 мм, маси поплавця регулятора вакууму: 150-250 г.

4. Експериментально визначені оптимальні конструкційно-режимні параметри адаптивного доїльного апарату: діаметр поплавця  $d_n = 70,44$  мм; маса поплавця  $m = 190$  г; діаметр вихідного отвору  $d_{\text{вих.отв.}} = 12,19$  мм.

5. Для забезпечення належних умов охорони праці, на основі існуючих вимог, нами було розраховано параметри запроектованого контуру заземлення та спрогнозовано наслідки вибуху газоповітряної суміші при витіканні газу з газопроводу та заходи запобігання вибуху.

6. Річний економічний ефект від впровадження удосконаленого доїльного апарату на прикладі приватної ферми на 10 корів, в порівнянні з аналогічним серійним доїльним апаратом АДУ-1, становить 3612,5 грн.; термін окупності- 0,22 роки.



## Бібліографія

1. Національний проект «Відроджене скотарство» / Міністерство аграрної політики та продовольства України, Національна академія аграрних наук України // [Текст, таблиці, додатки]. – К. : ДІА, 2011. – 44 с.
2. Машкін М. І. Технологія виробництва молока і молочних продуктів: підруч. / М.І. Машкін, Н.М. Париш; М-во аграрної політики України. – К.: Вища школа, 2006. – 351 с.: іл.
3. Романюха І.О., Дудін В.Ю. Курсове і дипломне проектування тваринницьких підприємств: навч. посібн. [для студ. вищ. навч. закл.] / І.О. Романюха, В.Ю. Дудін; за ред. І. Романюхи. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2014. – 418 с.
4. ДСТУ 3662-97. Молоко коров'яче незбиране. Вимоги при закупівлі. Видання офіційне. - Київ. Держстандарт України. 1997, - 8 с.
5. Власенко В.В. Технологія виробництва і переробка молока та молочних продуктів: навч. посіб. для студ. вузів III-IV рівнів акредитації / В.В. Власенко, М.І. Машкін, П.П. Бігун. – Вінниця: ГПАНІС, 2000. – 306 с.
6. Яцюта, М. Актуальні питання в галузі виробництва та переробки молока / М. Яцюта, М. Гелескул, О. Савченко// АгроСвіт. - 2002. - № 5. - С. 22.
7. ISO 8968-1. Milk and Milk Products. Determination of Nitrogen Content—Part 1: Kjeldahl Principle and Crude Protein Calculation. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 2014.
8. Дудін В.Ю. Розгорнута індикаторна діаграма ротаційного пластинчатого вакуумного насоса. Вісник харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка «Технічні системи і технології тваринництва» - Харків: ХНТУСГ, 2014.- Вип. 144. – С. 111 – 117.

9. Дудін В.Ю., Линник Ю.О., Алієв Е.Б. Експериментальні дослідження процесу переміщення молочно-повітряної суміші в доїльній установці з верхнім молокопроводом . Технічні системи і технології тваринництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – Харків, 2015. – Вип. 157. – С. 146-152.

10. Дудін В.Ю. Системи промивки доїльних установок. Materiały XII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Kluczowe aspekty naukowej działalności - 2016» Volume 8. Matematyka. Fizyka. Budownictwo i architektura. Rolnictwo. Techniczne nauki.: 7 - 15 stycznia 2016 roku, Przemysł. Nauka i studia – S. 33 – 35

11. Дудін В.Ю. Вакуумний агрегат доїльних установок промислового типу. Науково-виробничий журнал «Техніка і технології АПК», № 2 (77), С. 14-16.

12. Дудін В.Ю. Структура формування ефективності процесу доїння. Materiály XIV Mezinárodní vědecko – praktická konference «Moderní vymoženosti vědy – 2018», Volume 8 : Praha. Publishing House «Education and Science» - S. 53-56. – ISBN 978-966-8736-05-6.

13. <http://www.delaval.ru/Productinformation1/Milking/Products/Milking-point/Cluster/MC115/>

14. Машини для тваринництва та птахівництва // За редакцією В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника, Дослідницьке, УкрНДІВПТ ім. Погорілого – 2009, -207 с.

15. Сайт фірми GEA Farm Technologies [Електронний ресурс]/ Каталог продукції Режим доступу: <http://www.gea-farmtechnologies.com/>, вільний. - Загл. з екрана. - Яз. укр., англ.

16. Сайт фірми DeLaval [Електронний ресурс]/ Каталог продукції Режим доступу: <http://www.delaval.ru/>, вільний. - Загл. з екрана. - Яз. рос.

17. Новітні технології виробництва молока. Колектив авторів. За ред. Кравчука В.І. Дослідницьке, УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2008 - 70 с.
18. Павленко С.І. Оптимізація конструктивно-режимних параметрів ротаційного вакуумного насоса індивідуальної доїльної установки / С.І. Павленко, В.Ю. Дудін, Е.Б. Алієв // Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві: зб. наук. праць / Ін-т мех. тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2011. – № 1(7). – С. 240-252. – ISSN 2075-1591.
19. Павленко С.І. Експериментальні дослідження показників робочого процесу вакуумного насоса / С.І. Павленко, В.Ю. Дудін, В.С. Дубовенко // Вдосконалення технології та обладнання виробництва продукції тваринництва: Вісник харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – Харків, 2010. – Вип. 93. – С. 464-468.
20. Дудин В.Ю. Обоснование конструктивных параметров и режима работы ротационного вакуумного насоса/ В.Ю. Дудин, С.И. Павленко// Перспективные технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: материалы международной научно-практической конференции (Минск 11-12 апреля 2013 г.) В2 ч. Ч. 2 – минск: БГАТУ – 2013 С. 195 – 197.
21. Павленко С.І. Дослідження умов роботи в спряжені пластина-статор ротаційного вакуумного насоса індивідуальної доїльної установки / С.І. Павленко, В.Ю. Дудін, Е.Б. Алієв, / Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. - К., 2012. - Вип. 170, ч.1, - С.169-180.
22. Алієв Е.Б. Теоретична оцінка показників надійності вакуумної системи доїльні установки / Е.Б. Алієв, Т.А Похальчук // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки: Луганський національний аграрний університет – Луганск, 2011. – Вип. 29. – С. 57-66.

23. Дудін В.Ю. Підвищення ефективності роботи вакуумних установок доїльного обладнання / В.Ю. Дудін, С.І. Павленко, Б.Т. Потеруха // Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві: зб. наук. праць / Ін-т мех. тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2009. – Вип. 3 (3). – С. 8-13. – ISSN 2075-1591

24. Павленко С.І. Обґрунтування деяких конструктивних характеристик ротаційних вакуумних насосів з тангенціальним розміщенням пластин / С.І. Павленко, М.М. Науменко, В.Ю. Дудін // Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій у тваринництві: Вісник харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – Харків, 2011. – Вип. 108. – С. 159-163

25. Павленко С.І. Обґрунтування окремих параметрів пластинчатих вакуумних насосів / С.І. Павленко, В.Ю. Дудін, М.В. Колончук, Д.Ф. Кольга // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С.Полякова НАН України. – Дніпропетровськ: 2008. – Вип. 75. – С. 258-268.

26. Wycliffe H. Rotary pumps and mechanical boosters – as used on today's high vacuum systems / H. Wycliffe // Vacuum. – № 37. – 1987. – P. 603-607

27. Audi M. Ion pumps / M. Audi, M. de Simon // Vacuum. – № 37. – 1987. – P. 639-636.

28. Kubina L. Decreasing energetic demands of vacuum pumps being used in machine milking with utilization of a frequency convertor / L. Kubina, Š. Kováč // RES. AGR. ENG. – 2002. – № 48. – P. 103-111.

29. Rasmussen M.D. Influence of air intake on the concentration of free fatty acids and vacuum fluctuations during automatic milking / M.D. Rasmussen, L. Wiking, M. Bjerring, H.C. Larsen // Journal of Dairy Science. – 2006. – № 89. – P. 4596-4605.

30. Reinemann D.J. Effects of Milking Vacuum on Milking Performance and Teat Condition / D.J. Reinemann, M.A. Davis, D. Costa, A.C. Rodriguez //

Proceedings, AABP- National Mastitis Council. International Symposium on Mastitis and Milk Quality, 13-15.09.2001, Vancouver, Canada. – 2001.

31. Tan J. Analysis of vacuum systems / J. Tan, K.A. Janni, R.D. Appleman // Journal of Dairy Science. – 1993. – № 76. – P. 2204-2212.

32. Закон України «Про охорону праці»

33. НПАОП 0.00-4.21-04. «Типове положення про службу охорони праці»

34. ДСТУ 2293-99 «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять»

35. НПАОП 0.00-6.03-93 «Порядок опрацювання і затвердження роботодавцем нормативних актів з охорони праці, що діють на підприємстві»

36. Положення «Про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту» (Наказ Держгірпромнагляду від 24.03.2008 року № 53).

37. ДСТУ 4397: 2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 15 с.

## **ДОДАТКИ**

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра інжинірингу технічних систем

## Оптимізація параметрів роботи адаптивної системи доїння

демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МгМ-1-23  
Гордієнко Дмитро Юрійович

**Керівник:** к.т.н., доцент  
Тришутень Микола Мусійович

Дніпро 2024

### МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

Мета дипломної роботи - підвищити повноту видоювання корів адаптивними доїльними апаратами шляхом обґрунтування їх конструкційно-режимних параметрів.

Відповідно до поставленої мети визначені наступні основні задачі досліджень:

- розробити класифікацію і обґрунтувати перспективний напрямок у створенні переносних адаптивних доїльних апаратів;
- розробити і обґрунтувати конструкційно-технологічну схему адаптивного доїльного апарата зі збором молока в доїльне відро;
- теоретично обґрунтувати робочий процес доїння удосконаленим адаптивним доїльним апаратом і його конструкційно-режимні параметри;
- експериментально дослідити вплив конструкційно-режимних параметрів адаптивного доїльного апарата на повноту видоювання корів;
- розробити заходи з охорони праці адаптивного доїльного апарату;
- дати техніко-економічну оцінку використання адаптивного доїльного апарату.

## АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ



Рисунок 1 - Класифікація доїльних апаратів

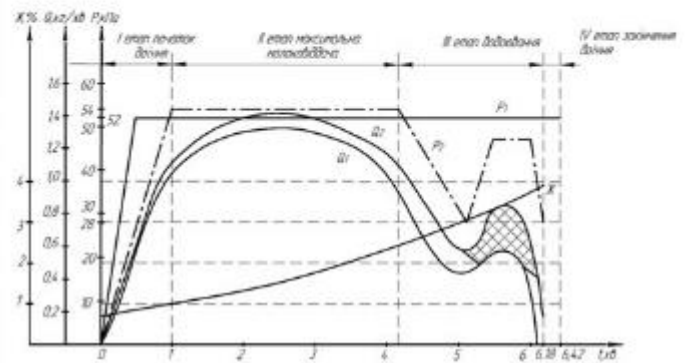


Рисунок 2 - Зміна вакуумметричного тиску, молоковіддачі,

жирності молока від часу доїння:

 $P_1$  - вакуумметричний тиск у доїльному апараті АДУ-1, кПа; $P_2$  - вакуумметричний тиск у удосконаленому доїльному апараті, кПа; $Q_1$  - молоковіддача в доїльному апараті АДУ-1, кг/ хв.; $Q_2$  - молоковіддача в удосконаленому доїльному апараті, кг/ хв.;

Ж - жирність молока, %

3

## АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

Таблиця 1 - Огляд конструкцій доїльних апаратів зі змінюваним режимом роботи

Схема	Переваги	Недоліки
Зміна величини вакууму в піддійкових камерах доїльних стаканів	Підвищується інтенсивність молоковіддачі. Зменшується кількість залишкового молока. Сприятливий вплив на поверхнево-тиснинову структуру	Різка зміна вакууму призводить до роздратування молочної залози і викликає захворювання маститом. Зміна вакууму не завжди адекватна зміні молоковіддачі
Зміна величини вакууму в міжстійкових камерах доїльних стаканів	Запобігає наповненню доїльних стаканів на дійки. Зменшується шкідливий вплив вакууму на дійки.	При такій стиску спостерігається виникнення молока в цистерну вимені. Менша стимуляція рефлексу молоковіддачі при доїнні
Зміна частоти пульсацій доїльного апарата	Підвищується продуктивність доїльного апарата. Зменшується час фактичного доїння корів	Збільшується витрата повітря при збільшенні частоти пульсацій. Тимчасово знижується удій. Інтенсивність стиску дійкової гуми зменшується в 2-3 рази
Зміна такту ссання при роботі доїльного апарата	Скорочується час доїння при збільшенні тривалості. Підвищується молочна продуктивність при збільшенні такту під час інтенсивної молоковіддачі	Високе розрідження, що діє в піддійковій камері, сприяє наповненню доїльних стаканів на дійки. Розрідження в піддійковій камері викликає гіперемію дійок
Зміна такту стиску при роботі доїльного апарата	Покращується рефлекс молоковіддачі. Підсилюється вплив, що масажує, дійкової гуми на дійки	При збільшенні такту стиску порушується кровообіг. Спостерігається залишкова деформація дійок і гіперемія при тривалому такті стиску
Зміна співвідношення тактів у доїльному апараті	Підвищується швидкість доїння тварини. Більш повне видоювання молока з кожної чверті. Забезпечується різна інтенсивність доїння передніх і задніх часток вимені	Різка зміна співвідношення тактів при коливаннях вакууму. Зміна інтенсивності потоку молоковидедення при зміні співвідношення тактів. Не можна забезпечити повне копіювання кривій молоковіддачі для групи тварин
Автоматичний переїзд із тригачного режиму доїння на двотактний (безперервне відсмоктування) або навпаки	Зменшується час видоювання корови. Виявляється активний вплив на всю дійку у цілому протягом усього процесу доїння	При безперервному відсмоктуванні постійний вакуум викликає гостру гіперемію дійок. Частіше виникають роздратування, запалення дійок і приводять до їхнього зрощівання
Здійснення плавного переходу від такту ссання до стиску	Підвищується інтенсивність молоковидедення при плавному переході. Знижується кількість залишкового молока у вимені тварини після доїння. Стимулює кровообіг у дійці	Різка зміна призводить до викиду залишкового молока в цистерну вимені. Різка зміна тактів призводить до зниження продуктивності доїльного апарата. Плавна зміна приводить до поступового стиску

4



## ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

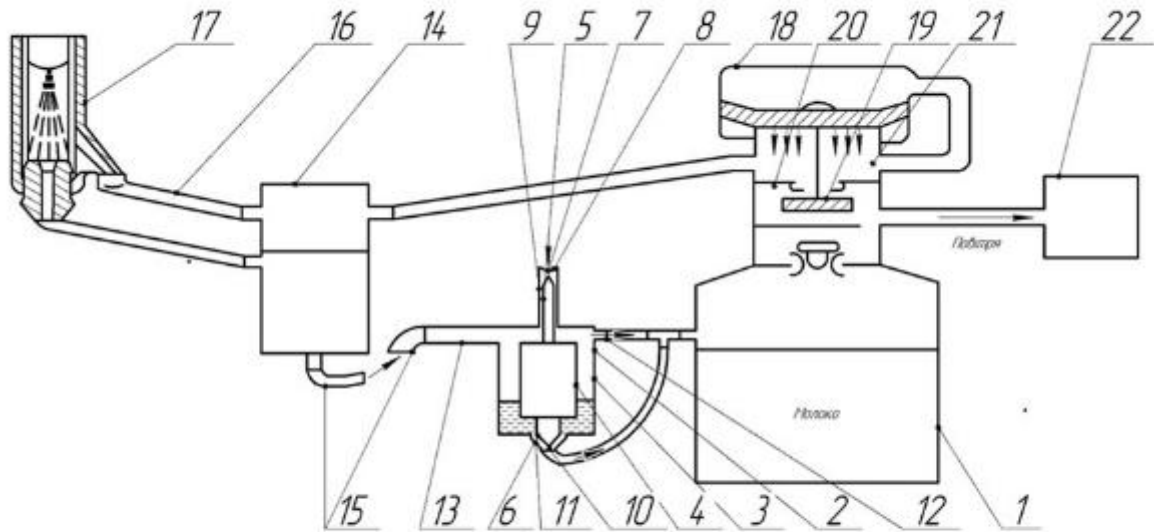


Рисунок 3 - Схема адаптивного дойльного апарата: 1 - дойльне відро; 2 - регулятор вакууму; 3 - корпус; 4 - поплавець; 5 - верхня голка; 6-нижня голка; 7 - прохідний переріз; 8 - калібрований канал для надходження атмосферного повітря; 9 - головка штуцера; 10 - отвір виходу молока; 11 - золотник потоку молока; 12 - золотник регулятора вакууму; 13 - штуцер входу молока; 14 - колектор; 15 - молочний патрубок; 16 - вакуумний шланг; 17 - дойльний стакан; 18 - пульсатор; 19 - клапан; 20 - камера постійного вакууму; 21 - камера змінного вакууму; 22 - вакуумний насос

5

## ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

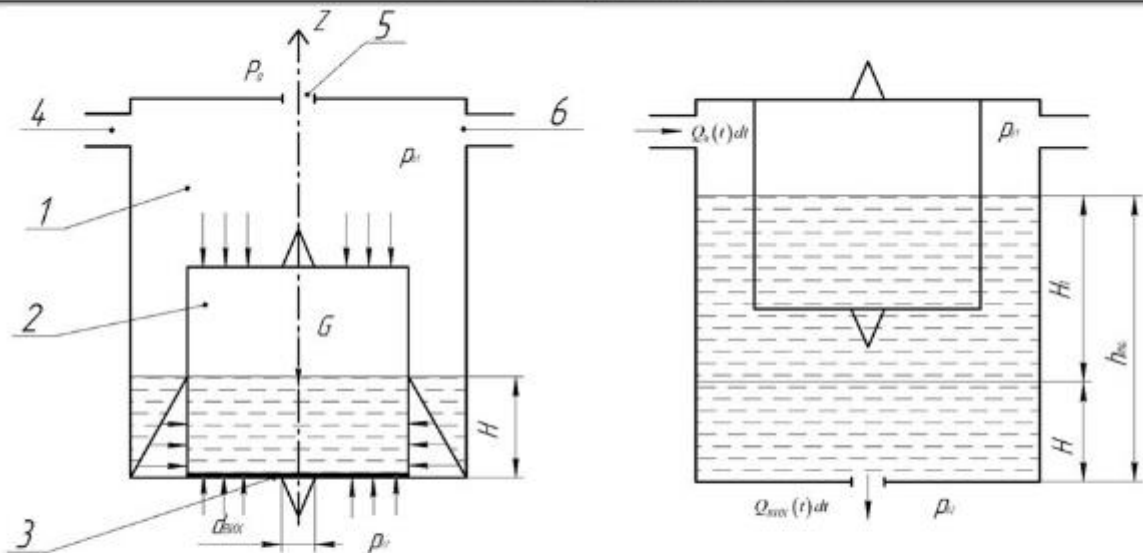


Рисунок 4 - Схема регулятора вакууму на початку доїння (а) та при максимальній молоковіддачі (б): 1 - поплавоква камера, 2 - поплавець; 3 - золотник виходу молока; 4 - штуцер входу молока; 5 - калібрований канал для надходження атмосферного повітря; 6- золотник регулятора вакууму; 7- верхня голка; 8 - нижня голка

З приведених схем отримано аналітичні залежності для визначення висоти підйому поплавця, витрати молока через вихідний отвір, часу підняття поплавця з яких визначено: діаметр вихідного отвору регулятора вакууму - 12-16 мм, маса поплавця регулятора вакууму - 150-250 г

6

### ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ



Рисунок 5 - Загальний вигляд експериментальної установки для дослідження адаптивного дойльного апарата: 1-пульсатор; 2- регулятор вакууму; 3-дойльне відро; 4- дойльний стакан; 5- «штучне вим'я»; 6 - вакуум регулятор; 7- вакуумметр; 8- вакуумний насос

7

### ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

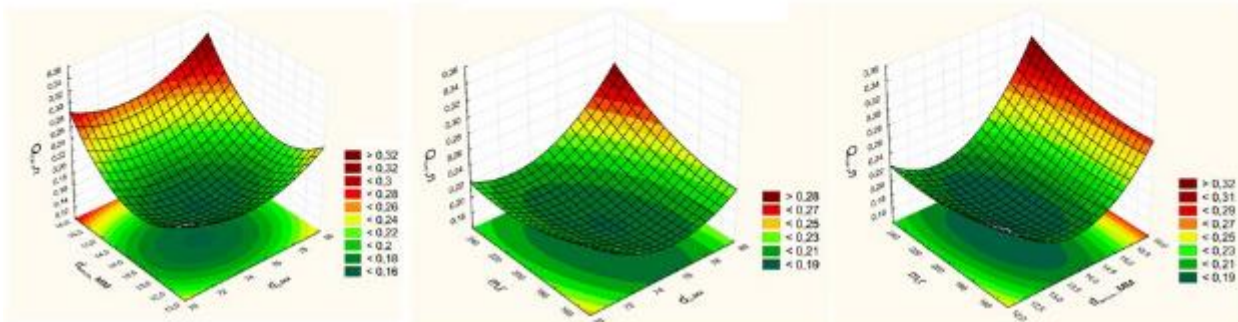


Рисунок 6 - Поверхня відгуку, що характеризує кількість залишкового молока  $Q_{0,м}$  залежно від діаметра поплавця  $d_n (X_1)$  і діаметра вихідного отвору  $d_{вих.отв} (X_2)$  при масі поплавця  $m = 190$  г

Рисунок 7 - Поверхня відгуку, що характеризує кількість залишкового молока  $Q_{0,м}$  залежно від діаметра поплавця  $d_n (X_1)$  і маси поплавця  $m (X_3)$  при діаметрі вихідного отвору  $d_{вих.отв} = 12,19$  мм

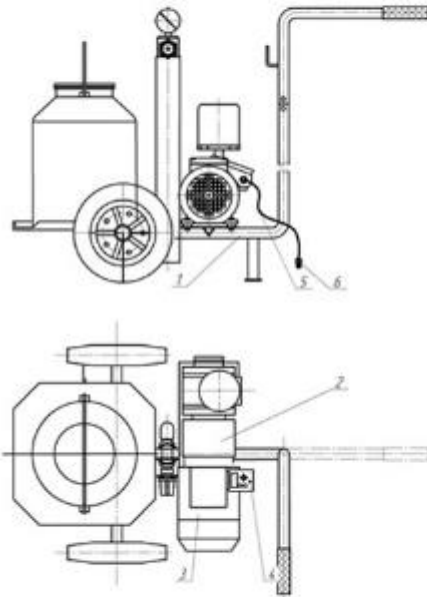
Рисунок 8 - Поверхня відгуку, що характеризує кількість залишкового молока  $Q_{0,м}$  залежно від діаметра вихідного отвору  $d_{вих.отв} (X_2)$  і маси поплавця  $m (X_3)$  при діаметрі поплавця  $d_n = 70,44$  мм

Проведений аналіз отриманих залежностей дозволив виявити оптимальні співвідношення конструкційно-режимних параметрів удосконаленого дойльного апарата, при яких  $Q=0,162$  л

діаметр поплавця  $d_n = 70,44$  мм;  
діаметр вихідного отвору  $d_{вих.отв} = 12,19$  мм;  
маса поплавця  $m = 190$  г

8

## ОХОРОНА ПРАЦІ



№	Найменування вузла машини	Контрольний показник, нормативні вимоги безпеки	Метод оцінки працездатності обладнання	Періодичність
1	Рама	Надійність зварної конструкції	Випробування	□
2	Привід насоса	Найменість записаних кожухів. Натяг приводних пасів (15...20 мм)	Зовнішній огляд	□ ○
3	Електродвигун	Відсутність пилу та бруду. Надійність зрізень. Найменість та справність заземлення. Ступінь нагріву. Надійність контактів з'єднання	Зовнішній огляд Випробування Огляд, випробування	□ ○ △
4	Частотний перетворювач	Відсутність пилу та бруду. Відсутність вологості. Справність заземлення	Зовнішній огляд Випробування	□ ○ △
5	Електрокабель	Відсутність пилу, бруду, металічних пошкоджень. Надійність зрізень. Найменість та справність заземлення. Ступінь нагріву. Надійність контактів з'єднання.	Зовнішній огляд Випробування	□ ○
6	Витка під'єднання до електромережі	Найменість та справність заземлення. Ступінь нагріву. Надійність контактів з'єднання.	Зовнішній огляд Випробування	□ ○ △

9

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Показник	Базовий	Удосконалений
Вид роботи, що виконується	Доїння корів	Доїння корів
Річний обсяг роботи, т	56,425	57,340
Балансова вартість, грн.	5990	6780
Питомі експлуатаційні витрати, грн.	804,9	727
Приведені витрати, грн.	820,8	744,7
Річні експлуатаційні витрати-всього, грн.	45420	41689,9
у тому числі:		
- заробітна плата з нарахуванням, грн.	43673	39784
- амортизаційні відрахування, грн.	898,5	1017
- відрахування на ПР і ТО технічного засобу, грн.	299,5	339
- вартість спожитих на протязі року енергоресурсів, грн.	549	549
Річний економічний ефект, грн.	-	3612,5
Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років	-	0,22

10

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз доїльних апаратів і розроблена їх класифікація дозволили виявити перспективний напрямок у створенні адаптивного доїльного апарата, а саме установка на них додаткового пристрою по регулюванню вакууметричного тиску в піддійковій камері доїльних стаканів залежно від інтенсивності молоковіддачі.

2. Розроблено і обґрунтовано конструкційно-технологічну схему адаптивного доїльного апарату зі збором молока в доїльне відро, який додатково включає в свій склад регулятор вакуума, що дозволяє забезпечити режим доїння відповідно до інтенсивності молоковіддачі корови.

3. Теоретичні дослідження удосконаленого доїльного апарату дозволили отримати аналітичні залежності для визначення висоти підйому поплавця, витрати молока через вихідний отвір, часу підняття поплавця, діаметра вихідного отвору регулятора вакууму: 12-16 мм, маси поплавця регулятора вакууму: 150-250 г.

4. Експериментально визначені оптимальні конструкційно-режимні параметри адаптивного доїльного апарату: діаметр поплавця  $d_p = 70,44$  мм; маса поплавця  $m = 190$  г; діаметр вихідного отвору  $d_{\text{вих. отв.}} = 12,19$  мм.

5. Для забезпечення належних умов охорони праці, на основі існуючих вимог, нами було розраховано параметри запроєктованого контуру заземлення та спрогнозовано наслідки вибуху газоповітряної суміші при витіканні газу з газопроводу та заходи запобігання вибуху.

6. Річний економічний ефект від впровадження удосконаленого доїльного апарату на прикладі приватної ферми на 10 корів, в порівнянні з аналогічним серійним доїльним апаратом АДУ-1, становить 3612,5 грн.; термін окупності- 0,22 роки.