

ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

рівня вищої освіти «Магістр» на тему:

Модернізація конструкції двотактного доїльного апарата

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

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Філіповський Вадим Анатолійович

Керівник: _____ Дудін Володимир Юрійович

Рецензент: _____ Потеруха Борис Тарасович

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ 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**

Філіповському Вадиму Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Модернізація конструкції двотактного доїльного апарата

керівник роботи: Дудін Володимир Юрійович, к.т.н., доцент

(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 доїння корів. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз стану питання. 2. Теоретичні дослідження робочого процесу двотактного доїльного апарата. 3. Експериментальні дослідження роботи двотактного доїльного апарата. 4. Охорона праці. 5. Економічне обґрунтування удосконаленого обладнання. 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	Дудін В.Ю., 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 _____ Філіповський В.А. .
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Дудін В.Ю. .
(підпис) (прізвище та ініціали)

Філіповський В.А. Модернізація конструкції двотактного доїльного апарата /Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2024

Вступна частина дипломної роботи містить обґрунтування актуальності теми, сформульовані мета та задачі, приведено методи досліджень. Аналіз стану питання дав змогу обґрунтувати напрямки вирішення поставленої мети та задач. В другому розділі проведено теоретичне моделювання робочого процесу розробленої схеми доїльного апарата, оснащеного колектором з діафрагменним насосом. В результаті експериментальних досліджень доведено, що розроблений доїльний апарат має переваги перед серійним. Проведено дослідження розробленої конструкції з точки зору охорони праці. Виконано економічне обґрунтування розробки. Зроблені висновки та складено список використаної літератури.

Ключові слова: доїльна установка, доїльний апарат, колектор, вакууметричний тиск, молоковіддача.

ЗМІСТ

Вступ	8
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ	9
1.1 Огляд технологій машинного доїння корів	9
1.2 Основні задачі вдосконалення конструкцій доїльних апаратів	11
1.3 Огляд існуючих конструкцій колекторів доїльних апаратів	17
1.4 Висновки по розділу	24
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ДВОТАКТНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА	26
2.1 Розробка конструкційної схеми	26
2.2 Обґрунтування конструкційних параметрів колектора	29
2.3 Аналіз сил що діють на мембрану	37
2.4 Висновки по розділу	39
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ДВОТАКТНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА	40
3.1 Мета і задачі експериментальних досліджень	40
3.2 Методика експериментальних досліджень	40
3.3 Результати експериментальних досліджень	45
3.3.1 Дослідження режиму тиску на дійку	45
3.3.2 Дослідження пропускнуої здатності доїльного апарату	48
3.4 Висновки по розділу	52
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	53
4.1 Загальні вимоги охорони праці при роботі в доїльних залах	53
4.2 Розробка проекту інструкції з охорони праці при роботі в доїльних залах	54

4.3	Порядок дій у надзвичайних ситуаціях	57
4.4	Висновки по розділу	58
5	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА	59
5.1	Вихідні дані	59
5.2	Розрахунок показників економічної ефективності	60
5.3	Висновки по розділу	61
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	62
	БІБЛІОГРАФІЯ	64
	ДОДАТКИ	69

ВСТУП

В сучасних умовах сільськогосподарського виробництва створення незалежної сировинної бази в галузі молочного скотарства є першочерговим завданням. Для інтенсивного розвитку галузі молочного скотарства, в рамках Державної програми розвитку АПК України на період до 2020 року, розробка нових типів доїльного обладнання, що відповідають сучасним вимогам науково технічного прогресу, є актуальним завданням. Технологічна і технічна модернізація доїльних установок, а також створення нових типів доїльних апаратів, що мають щадний вплив на біологічні об'єкти (тварин) та молочну продукцію дозволяє визначити напрямки досліджень і удосконалення складної багаторівневої біотехнічної системи.

Розробка нових конструкцій і режимів роботи доїльних апаратів, які дозволяють регулювати робочі параметри в залежності від індивідуальних особливостей тварин, можливо на основі системного підходу, методів математичного моделювання, що забезпечують оптимізацію основних технологічних параметрів доїння тварин, спрямованих на підвищення якості функціонування системи, «Доїльний апарат - тварина», зниження енергоємності процесу, підкреслюють актуальність виконання роботи.

Мета дослідження - обґрунтування основних параметрів двотактного доїльного апарата з незалежним вакуумним режимом.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес машинного доїння корів та доїльний апарат з експериментальним колектором.

Предмет дослідження. Закономірності, які характеризують режим зміни вакуумметричного тиску і режимні характеристики молоковиведення доїльним апаратом.

Методи дослідження. Рішення поставлених завдань проведено з використанням системного та математичного аналізу, математичної статистики, математичного моделювання, програмування із застосуванням засобів мікропроцесорної і комп'ютерної техніки.

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

1.2 Огляд технологій машинного доїння корів

Машинне доїння корів є важливою складовою сучасного молочного виробництва, яке сприяє підвищенню продуктивності, зниженню витрат на ручну працю та поліпшенню якості молока. Основними технологіями машинного доїння є доїльні апарати прямого збирання, доїльні зали типу "ялинка", карусельні доїльні зали, роботи-дояри, а також автоматизовані системи контролю молочного процесу.

Доїльні апарати прямого збирання є базовою технологією, яка передбачає індивідуальне збирання молока від корови через вакуумні насоси. Це економічне рішення для невеликих господарств, проте воно потребує постійного контролю оператором, а також є менш ефективним порівняно з сучасними системами. У великих господарствах використовуються доїльні зали типу "ялинка", де корови розташовуються по діагоналі, що дозволяє одночасно доїти кілька тварин. Ця система має автоматичне відключення апаратів після завершення доїння, що мінімізує втручання оператора та знижує ризик травм вимені.

Карусельні доїльні зали є однією з найбільш продуктивних систем, де корови розташовуються на круговій платформі, що рухається, і оператори приєднують доїльні апарати під час обертання. Це рішення забезпечує високу продуктивність та економію часу, але вимагає значних інвестицій та обслуговування. Роботи-дояри є найсучаснішою технологією, яка повністю автоматизує процес доїння. Роботи можуть ідентифікувати корову, оцінити стан вимені, приєднати апарати та провести санітарну обробку після доїння. Ці системи значно підвищують ефективність та точність доїння, забезпечуючи комфорт для корів і зниження стресу. Автоматизовані системи контролю також дозволяють збирати дані про кожну корову, такі як кількість

виробленого молока, здоров'я вимені, а також інші показники, що допомагають в управлінні стадом та покращують продуктивність.

Таким чином, розвиток технологій машинного доїння спрямований на підвищення продуктивності, зниження витрат і підвищення добробуту тварин. Однак вибір тієї чи іншої технології залежить від розміру ферми, доступних інвестицій і потреб у автоматизації.

Крім того, слід враховувати й інші аспекти, які впливають на вибір технології машинного доїння. По-перше, важливим фактором є якість молока. Сучасні системи, як-от доїльні роботи, здатні забезпечити кращу гігієну доїння завдяки автоматизованій обробці і контролю процесу. Вони мінімізують ризик забруднення молока, оскільки забезпечують чистоту доїльних апаратів та своєчасне обслуговування.

По-друге, зручність для працівників також є важливим аспектом. Автоматизація процесу доїння значно знижує фізичне навантаження на працівників, що позитивно впливає на їхнє здоров'я і продуктивність. У той же час, необхідно забезпечити належне навчання операторів для безпечного і ефективного використання обладнання.

По-третє, економічні фактори відіграють ключову роль у виборі технології. Хоча первісні інвестиції в автоматизовані системи можуть бути значними, згодом вони можуть забезпечити істотну економію за рахунок зменшення витрат на трудозатрати, підвищення продуктивності та покращення якості молока. Важливо також розглянути витрати на обслуговування обладнання і його амортизацію.

Додатково, важливо враховувати зростаючі вимоги до благополуччя тварин. Системи, які забезпечують менший стрес для корів під час доїння, можуть сприяти підвищенню продуктивності та якості молока. Сучасні технології, такі як доїльні роботи, дозволяють коровам доїтись у зручний для них час, що позитивно впливає на їхнє загальне здоров'я та добробут.

Необхідно також згадати про інновації в системах моніторингу та управління, які дозволяють фермерам отримувати дані в реальному часі про

продуктивність тварин і стан доїльного обладнання. Це може включати використання сенсорних технологій для визначення оптимального часу доїння, моніторинг здоров'я тварин і навіть автоматизоване управління годівлею, що в свою чергу призводить до підвищення загальної продуктивності молочного виробництва.

На завершення, технології машинного доїння корів продовжують розвиватися, пропонуючи нові можливості для покращення продуктивності, якості молока і добробуту тварин. Фермери повинні ретельно оцінювати різні технології, враховуючи специфічні умови свого господарства, щоб обрати оптимальне рішення для ефективного ведення молочного бізнесу. Інвестування в нові технології та навчання персоналу є ключем до досягнення успіху в сучасному молочному виробництві.

1.2 Основні задачі вдосконалення конструкцій доїльних апаратів

На сьогодні залишається актуальною проблема підвищення ефективності машинного доїння корів. Даний процес вдосконалюється з кожним роком за рахунок модернізації доїльних апаратів, частіше - їх складових частин. Складність процесу машинного доїння полягає в тому, що ефективність і повнота молоковиведення залежить, з одного боку, від рефлекторної діяльності організму, а з іншого - від технічних характеристик доїльного обладнання. На сьогоднішній день рівень розвитку науки і техніки дозволяє створювати різні адаптивні доїльні апарати, оснащені різними по конструкції датчиками потоку молока, пульсаторами різних конфігурацій, що автоматизують процес доїння і в більш повній мірі відповідають фізіології вимені корів.

Принцип дії існуючих доїльних апаратів досить простий: висмоктування молока з вимені корови (так само, як це робить теля) і стиснення дійки для відновлення нормального кровообігу. На сьогоднішній день відомі доїльні апарати: двотактні, тритактні та безперервного

відсмоктування. В результаті безлічі досліджень більш широкого поширення набули двотактні доїльні апарати. Швидкість видоювання двотактним доїльним апаратом вище в порівнянні з іншими. Переважна кількість фахівців з конструювання доїльних апаратів вважає, що швидке доїння забезпечує найбільш повне видоювання і робить позитивний вплив на стан молочної залози. Але всі доїльні апарати працюють, як правило, в одному і тому ж режимі, незалежно від особливостей корови, швидкості молоковіддачі і фізіологічних станів тварини.

До основних недоліків існуючих доїльних апаратів, насамперед, відносять їх недостатню стимулюючу здатність і нерівномірність розподіл вакуумного та механічного навантаження по частках вимені і, як наслідок, холосте доїння окремих чвертей вимені, що приводить до захворювання корів на мастит. Широко відомий доїльний апарат «Дуовак 300» фірми De-Laval (Швеція), що використовує знижений рівень вакууму 33 кПа при зниженні швидкості молоковіддачі до 200 мл/хв. Таким чином, початкова і кінцева стадії процесу доїння виконуються при зниженому вакуумі, що забезпечує щадний вплив на молочну залозу вакууметричного тиску. Практичне використання цих апаратів показало в цілому високу повноту видоювання, однак окремі тугодійні тварини мають низьку швидкість молоковиведення, що утруднює переключення блоку управління на номінальний рівень вакууму 50 кПа, а це в свою чергу призводить до неповного видоювання тварин. На думку співробітників фірми привчати тварин до даного апарату треба вже з першої лактації, що дозволить досягти гарних результатів. Анисько П. Е., рекомендує застосовувати доїльний апарат з регульованими параметрами в залежності від швидкості молоковиведення, як такий, який найбільш повно відповідає фізіологічним особливостям тварин, а Гордієвських М. А. вважає, що затримка відключення доїльного апарата може викликати захворювання тварин маститом, а вирішити цю проблему доцільно за рахунок зменшення величини вакууму в кінці доїння до безпечної величини. Огородніковим П. І. запропонована класифікація регуляторів вакууму для доїльних апаратів з

метою їх подальшого вдосконалення. У роботах Т.К. Городоцької доведено, що величина тонузу сфінктера дійок корів між доїннями становить близько 40 кПа, зменшуючись при доїнні в 3-4 рази. За даними В.Ф. Королева [10] для доїння більшості тварин може використовуватися вакуум 33...40 кПа, при цьому мінімальний вакуум для тугодійних корів становить 25...33 кПа, а для слабо дійних 5...10 кПа. Для управління вакуумним режимом в залежності від швидкості молоковиведення деякі вчені пропонують використовувати різні датчики потоку молока і пневмомеханічні виконавчі механізми. У конструкціях доїльних установок фірм De-Laval (Швеція), GEA Farm Technologies (Німеччина) та інших застосовуються електронні потокоміри з датчиками електродного або інфрачервоного типу.

Деякі вчені пропонують змінювати частоту пульсацій і співвідношення тактів пульсатора в залежності від інтенсивності молоковиведення. Так С. Я. Горм розробив доїльний апарат із змінним співвідношення тактів на початку і в кінці процесу доїння 30:70, а в основній фазі молоковіддачі - 70:30. Доїльний апарат фірми GEA Farm Technologies забезпечений системою «Стимопульс», яка встановлює частоту пульсацій у фазі початку доїння (300 пульсів/хв), потім 60 пульсів /хв у фазі основного доїння, що дозволяє забезпечити ефективну стимуляцію рефлексу молоковіддачі. В кінці доїння проводиться зупинка пульсатора в такті стиску, при цьому соскова гума стискається, облягаючи дійку і захищаючи його від дії високого вакууму.

Деякі дослідники віддають перевагу регулюванню піддійкового вакууму, так як, за їх думку це забезпечить більш безпечний режим доїння і зменшить величину наповнення доїльних стаканів, що, в свою чергу дозволить знизити або повністю виключити необхідність проведення машинного додоювання тварин. Необхідно зазначити, що у більшості конструкцій сучасних типів доїльних апаратів застосовують пульсатори попарного дії з електричним або гідропневматичним приводом, що забезпечує рівний потік молока і покращує режим його евакуації з доїльного апарата в молокопровід, а також використовують колектори збільшеного об'єму від 250 до 600 мл. Для

порівняння, величина обсягу молокозбірної камери колектора в доїльному апараті АДУ-1 складає всього 86 мл. Ця обставина ускладнює доїння високопродуктивних корів з високою швидкістю молоковіддачі, не забезпечуючи при цьому збереження стабільного вакуумного режиму.

Значною проблемою, на думку А. В. Зеленцова, є нерівномірність розподілу ваги доїльних стаканів між окремими чвертями вимені тварин. Проведені випробування доїльного апарату АДУ-1 і маніпулятора МД-Ф-1 показали наявність значних зусиль на передніх дійках вим'я, які суттєво перевищують аналогічні параметри на задніх дійках вим'я, особливо це відбувається при більшому куті нахилу дна вимені, що призводить, очевидно, до більш швидкого видоювання передніх долей в порівнянні з задніми, оскільки в задніх долях молока накопичується завжди більше, ніж передніх.

Таким чином, напрямок досліджень доїльних апаратів має відбуватися як у напрямі створення керованого вакуумного режиму залежно від швидкості молоковиведення, так і в удосконаленні конструкції підвісної частини, більш повно відповідає фізіологічним особливостям будови вимені окремих тварин, забезпечуючи адекватні фізіології тварин режими доїння.

Досліджуючи вакуумний режим доїльному апараті АДУ-1 С.С. Кірсанов відзначає його невідповідність швидкості молоковіддачі. Так при пікових інтенсивностях молоковиведення 5-6 л/хв вакуум в колекторі знижується до 20 кПа і більше, і, навпаки, при зниженні потоку молока зростає до максимальної величини при «сухому» доїнні, що суперечить фізіології тварин, так як потрібно рівне навпаки: зменшувати вакуум при зниженні інтенсивності молочного потоку і збільшувати при відповідному його збільшенні, щоб мати під дією вакууму 36-40 кПа згідно з міжнародним стандартом ІСО 5707 «Установки доїльні для корів. Конструкція і технічна характеристика».

Пропорційне зниження вакуумметричного тиску під дією забезпечить зниження інтенсивності наповнення доїльних стаканів на дійки вимені і дозволить скоротити тривалість машинного додоювання. Це обставина пов'язана з зменшенням пружності діжок у кінці доїння, які глибше втягуються

в доїльні стакани при більш високому вакуумі, ніж при зниженому його значенні.

Аналізуючи взаємодію доїльних стаканів з дійками вимені корів більшість дослідників відзначають дану проблему в якості основної, від якої залежить ефективність машинного доїння. Стабілізація вакуумного режиму може бути забезпечена модифікацією колектора, що має збільшений об'єм і оптимізацією конструкції відповідного патрубка. Ця проблема дуже актуальна для доїльних апаратів зі збором молока у верхній молокопровід. Різні способи стабілізації вакууму при доїнні розглянуті в роботах, серед них:

- збільшення місткості молокозбірної камери колектора, прохідних перерізів молочного шланга і молокопроводу при постійному впуску повітря;
- роздільні режими транспортування молока і повітря з колектора;
- періодичний впуск повітря в такті стиску в колектор;
- зменшення висоти підйому молока;
- доїння в низько розташовану ємність (бідон) з подальшою подачею в верхній молокопровід.

В. П. Савран вважає, що використання доїльного апарату з збільшеним об'ємом колектора і зниженим вакуумним режимом 37...42 кПа забезпечується високий разовий удій у корів. Аналогічний вакуум (40 кПа) підтримується на доїльній установці типу «Карусель» фірми GEA Farm Technologies при використанні колекторів об'ємом 250 - 300 мл і молочного шланга діаметром 16 мм. При цьому на доїльних установках вітчизняного виробництва застосовуються молочні шланги діаметром 14 мм. Випробування різних модифікацій доїльних апаратів серії АДУ-1, АДУ-1-03, а також АДУ-1-09 з вібропульсатором у складі доїльних установок АДМ-8А-1-2, проведені на Подільській МІС підтвердили отримані результати, що добре пояснюється режимом транспортування молокоповітряної суміші в пульсуючому режимі, при цьому зниження вакууму у доїльному апараті прямо залежить від висоти підйому молока і щільності транспортуємої молокоповітряної суміші.

Окремі проблеми щодо стабілізації вакууму в колекторі доїльного апарату були розглянуті деякими дослідниками. Так в дослідженнях, проведених Ю. А. Цоєм і В. А. Гуциным зазначається наявність градієнта відносно високих значень швидкостей і прискорень молочного потоку в шлангу, що сприяє зміні дисперсного складу молочного жиру. Серед основних недоліків доїльного апарату АДУ-1 є подача атмосферного повітря в нижній частині колектора доїльного апарату, що приводить до інтенсивного сумішоутворенню молока і повітря, і як наслідок посиленого піноутворення, що негативно позначається на якості одержуваного молока і роботі лічильників молока, а також призводить до значних пульсацій молочного потоку при його транспортуванні по молокопроводу. Тому більш доцільне використання постійного впуску повітря в верхній частині колектора, вільному від молока або зовсім виключити його, використовуючи інший спосіб транспортування. Таким чином, вдосконалення конструкцій колекторів є ключовим завданням при подальшій модернізації доїльних апаратів.

Двотактні доїльні апарати за своєю суттю є класичними системами, де чергуються фази стискання та відпочинку. Основні дослідження в цій галузі зосереджені на вдосконаленні робочих параметрів для поліпшення ефективності доїння. У статтях аналізуються зміни конструкцій, що сприяють зниженню навантаження на вим'я та покращенню відтоку молока.

Одним із найважливіших факторів у двотактних доїльних апаратах є вакуумна система. Ряд досліджень присвячений вивченню впливу різних рівнів вакууму на здоров'я вимені корів та швидкість доїння. Зокрема, сучасні розробки намагаються підтримувати оптимальний вакуум для зменшення ризику маститу та інших захворювань.

В останні роки велика увага приділяється ергономіці доїльних апаратів. Нові дослідження зосереджені на створенні систем, які мінімізують травмування вимені та сприяють зниженню стресу у тварин під час доїння. Це досягається за рахунок використання нових матеріалів для соскової гуми та регулювання частоти стискання.

Важливий аспект сучасних доїльних апаратів – це економічна ефективність. Численні дослідження вказують на те, що двотактні системи доїння залишаються популярними завдяки простоті в обслуговуванні, низьким витратам на технічне забезпечення та тривалому терміну експлуатації, що робить їх вигідними для дрібних та середніх фермерських господарств.

Двотактні доїльні апарати мають значний вплив на якість молока, оскільки вони забезпечують ефективне видалення молока з вимені без залишків. Важливими є дослідження, що порівнюють вплив двотактних та тритактних апаратів на збереження природної жирності та білковості молока, а також запобігання виникненню маститу.

1.3 Огляд існуючих конструкцій колекторів доїльних апаратів

Для початку визначимось з класифікацією доїльних апаратів. Доїльні апарати класифікують за наступними ознаками:

- конструкція доїльних стаканів: одно- та двокамерні
- принцип роботи: відсмоктуючі (двотактні, тритактні) та стискаючої дії;
- принцип впливу на дійки: без стимуляції, зі стимуляцією;
- характер доїння: одночасного, попарного та по четвертного доїння;
- способу збору молока: у доїльне відро, рухому ємність, молокопровід;
- по способу керування: без керування, з управлінням режиму роботи.

На рис 1.1 представлений колектор одного з найвідоміших вітчизняних тритактних доїльних апаратів ДА-3.

Розглянемо колектор доїльного апарату АДУ-1 (рис. 1.2)

Доїльний апарат ДА-3 «Волга» має три такти: ссання, стиск, відпочинок. Завдяки такту відпочинку корова встигає відновити кровообіг в дійці, внаслідок чого у вимені корови відсутня атрофія і захворювання на мастит; більш м'який режим роботи доїльного апарату за рахунок соскової гуми. Недоліки даного колектора:

- колектор можна використовувати при невеликій продуктивності корів (такт відпочинку подовжує загальний цикл роботи доїльного апарату);
- невеликий об'єм молочної камери колектора (для високопродуктивної корови колектор буде «захлинатися»).

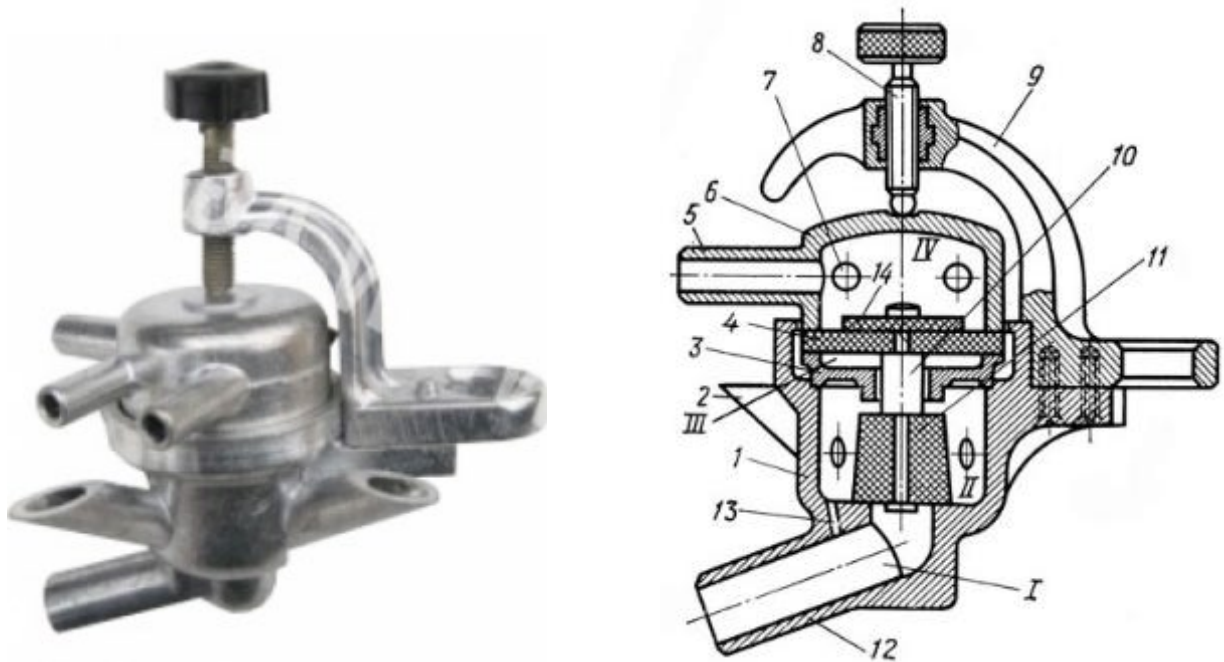


Рисунок 1.1 - Колектор доїльного апарату «Волга»: I - камера постійного вакууму; II - камера змінного вакууму; III - камера постійного атмосферного тиску; IV - камера змінного вакууму; 1 - корпус; 2 і 12 - молочні патрубки; 3 - напрямні клапана; 4 - мембрана; 5 і 7 - повітряні патрубки; 6 – кришка; 8 – гвинт; 9 - кронштейн; 10 - стержень клапана; 11 - клапан; 12 - патрубков для молочного шланга; 13 - отвір для постійного підсосу повітря; 14 - гумова шайба

Переваги колектора доїльного апарату АДУ-1

- об'єм молочної камери колектора збільшений в порівнянні з «Волга» і «Майга», а нижня частина колектора зроблена з прозорого матеріалу;

- конструктивно змінена шайба клапана, яка фіксується в пазах молокозбірної камери колектора для переведення з положення «доїння» в положення «промивання»;

- в колектор введений клапан відключення від вакууму замість затиску молочного шланга і оглядової трубки, ненадійні в експлуатації;

- вхідні патрубки колектора мають великий кут нахилу до горизонтальній осі порівняно з колектором доїльного апарату «Волга», що покращує відтік молока і сприяє більш рівномірному розподілу маси підвісної частини доїльного апарату на дійкаїх вимені корови;

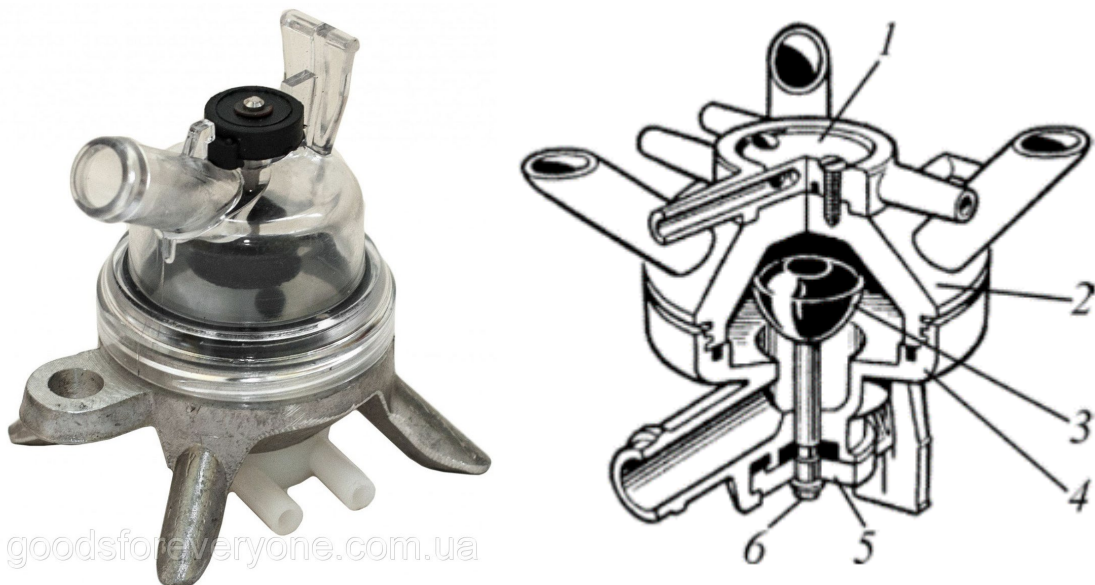


Рисунок 1.2 - Колектор АДУ-1: 1 - розподільник; 2 – верхній корпус; 3 – клапан; 4 – нижній корпус; 5 - шайба; 6 – шплінт

Недоліки колектора доїльного апарату АДУ-1:

- об'єм колектора також недостатній для доїння високопродуктивних корів;

- отвір впуску повітря розташоване в нижній частині, що сприяє засмоктування найбільш забрудненого повітря корівника і інтенсивному змішуванню з молоком, що викликає надмірне піноутворення і дестабілізацію жирової фази в молоці.

Колектор доїльного апарата для низковакуумної доїльної системи (НВС) (рис. 1.3).

Переваги колектора низковакуумної системи (НВС):

- колектор влаштований так, що під час такту ссання в піддійкових камерах доїльних стаканів забезпечується постійний вакуум. У процесі такту стиснення в молочну камеру колектора подається атмосферне повітря, яке забезпечує кращу евакуацію молока з доїльного апарату в молокопровід або відро і відпочинок дійок від травмуючого впливу високого вакууму. Такий режим доїння сприяє більш повному випорожненню вимені і жировиведенню, зростання загальної продуктивності, зменшення захворювання корів на мастит;

- доїльний апарат НВС має робочий вакуумметричний тиск 45 кПа, що зменшує вплив вакууму на дійку тварини.

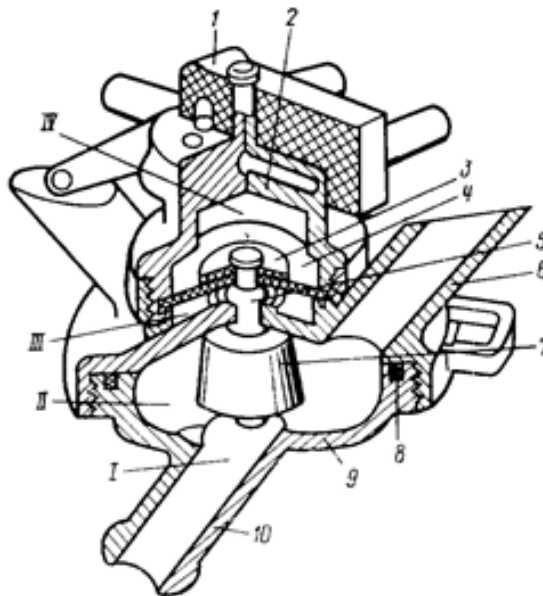
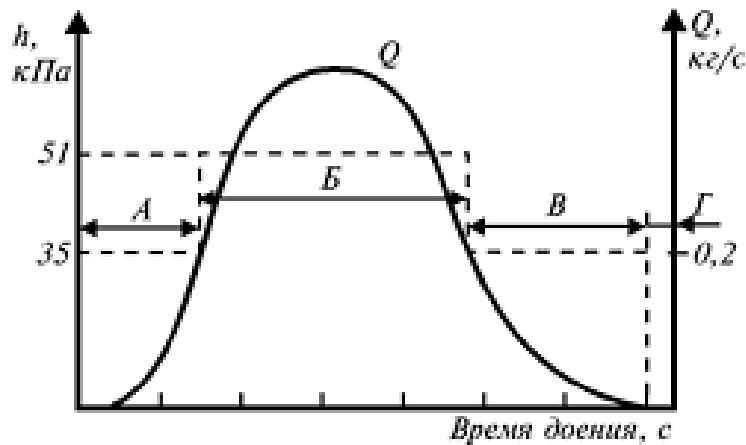


Рисунок 1.3 Колектор низковакуумної системи доїння в зборі: I - камера постійного вакууму; II - камера змінного вакууму; III - камера постійного атмосферного тиску; IV - камера змінного вакууму; 1 – гвинт; 2 – скоба; 3 – розподільник; 4 – верхній корпус; 5 – прокладка; 6 – клапан; 7 – нижній корпус; 8 – шайба; 9 -шплінт

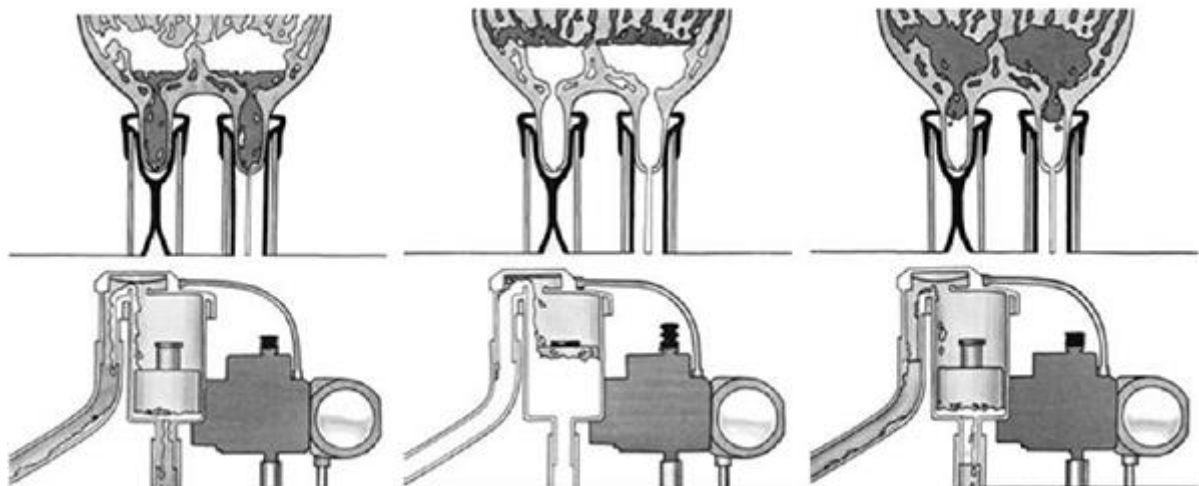


а



б

Рисунок 1.4 - Графік роботи (а) дворежимного доїльного апарату «Дуовак 300» (б)



а

б

в

Рисунок 1.5 - Схема роботи доїльного апарату «Дуовак 300»

Із зарубіжних доїльних апаратів, застосовуваних на тваринницьких фермах, найбільшого поширення отримали апарати попарної дії. Вони мають схожу будову камер всередині колектора. Відмінною особливістю цих колекторів є: форма колектора і великий об'єм молочної камери.

Розроблений фірмою "Alfa-Laval" доїльний апарат "Дуовак 300" дозволяє стимулювати вим'я корови з метою ослаблення стримуючих рефлексів корови (рис. 1.5, а). Ця функція виконується автоматично. Доїльний апарат працює на низькому вакуумі (250 мм рт. ст.) і з повільною пульсацією

(48 пульсацій у хвилину). При цьому відбувається м'який масаж дійок. Коли струмінь молока досягає певної сили (рис. 1.5, б), апарат автоматично переходить до фази доїння. При цьому здійснюється швидке видоювання молока при нормальних вакуумі (380 мм рт. ст.) і частоті пульсацій (60 пульсацій у хвилину).

Багато досліджень присвячено покращенню конструкції колекторів для доїльних апаратів. Основна увага зосереджується на досягненні рівномірного розподілу вакууму під час доїння, що забезпечує ефективний відтік молока без надмірного навантаження на вим'я. У статтях досліджується ефективність різних конструкційних рішень, таких як розміри і форма колектора, кількість виходів та пропускна здатність.

Новітні дослідження у галузі розробки колекторів акцентують увагу на використанні нових матеріалів, які є легшими та міцнішими. Полімери та нержавіюча сталь широко використовуються для забезпечення міцності, довговічності та простоти в обслуговуванні. Важливим аспектом є дослідження впливу матеріалів на гігієнічні властивості апаратів і на запобігання забрудненню молока.

Важливою характеристикою колектора є його здатність підтримувати стабільний вакуум під час доїння. Дослідження акцентують увагу на взаємодії між колекторами і вакуумними насосами, а також на тому, як різні конструкції впливають на стабільність тиску та якість процесу доїння. Це безпосередньо впливає на швидкість доїння, ефективність молоковіддачі та здоров'я тварин.

У зв'язку з зростанням вимог до автоматизації та ефективності молочного виробництва, новітні розробки колекторів зосереджуються на удосконаленні їх ергономічних властивостей для полегшення монтажу та обслуговування. Це включає в себе зменшення ваги, поліпшення конструкції для легшого очищення та мінімізацію ризику травмування вимені корови.

Дослідження також зосереджуються на впливі колекторів на якість молока, зокрема на збереження його жирності та білкових компонентів. У статтях аналізуються колектори різних виробників і типів щодо того, як вони

впливають на кількість залишкового молока у вимені та рівень стресу у тварин.

Нові конструкційні рішення, що використовуються у сучасних колекторах, орієнтовані на підвищення ефективності доїння та зменшення стресу у тварин. Це включає автоматизацію процесів контролю вакууму та використання електронних сенсорів для моніторингу стану доїння в реальному часі. Такий підхід дозволяє досягти більш плавного та регульованого процесу молоковіддачі, що позитивно впливає як на кількість молока, так і на стан здоров'я вимені. Сучасні дослідження показують, що застосування цих технологій призводить до зниження кількості випадків маститу та покращення загальної продуктивності тварин.

Дослідження останніх років також приділяють увагу питанням енергоефективності колекторів для двотактних доїльних апаратів. Застосування нових конструкцій і технологічних рішень дозволяє зменшити споживання енергії під час доїння. Також підвищується довговічність елементів доїльної системи завдяки покращеній стійкості до зношування та впливу агресивних середовищ, таких як молочні залишки та засоби для дезінфекції. Результати досліджень показують, що модернізація колекторів дозволяє значно знизити експлуатаційні витрати без зменшення продуктивності.

У сучасних наукових роботах особливу увагу приділяють питанням гігієни при експлуатації колекторів для двотактних доїльних апаратів. Дослідники наголошують на необхідності регулярного очищення та дезінфекції елементів доїльної системи для запобігання забрудненню молока та зниженню ризику захворювань тварин. Одним із важливих аспектів є використання нових матеріалів, які легко очищаються та мають антибактеріальні властивості. Це значно скорочує час на технічне обслуговування та підвищує загальний рівень гігієни на молочних фермах.

Подальші дослідження в області удосконалення колекторів для двотактних доїльних апаратів зосереджені на розробці інтегрованих систем моніторингу стану здоров'я тварин, що дозволяють вчасно виявляти порушення у процесі доїння або проблеми зі здоров'ям корів. Крім того, активно досліджуються можливості використання відновлювальних матеріалів для виготовлення колекторів, що відповідало б сучасним тенденціям екологічної стійкості в аграрному секторі. Такі інновації сприятимуть не лише підвищенню ефективності доїння, але й покращенню умов утримання тварин та екологічній безпеці виробництва.

Загалом, колектори двотактних доїльних апаратів продовжують вдосконалюватися з акцентом на підвищення продуктивності, покращення гігієни, зменшення енерговитрат і зниження експлуатаційних витрат. Технологічні інновації та використання сучасних матеріалів значно підвищують ефективність і безпечність доїльного процесу, що робить ці апарати важливим елементом у молочному виробництві.

1.4 Висновки по розділу

Провівши аналіз відповідної літератури можна зробити висновки, що в результаті великої різноманітності представлених конструкцій колекторів і самих доїльних апаратів, дана проблема має велике значення, рішення якої дозволяє зберегти здоров'я тварин і підвищити їх молочну продуктивність.

Слід зазначити, що рішення проблеми модернізації доїльних апаратів впирається у високу варіабельність параметрів біологічних об'єкта (форма, розміри вимені і дійок тварин), що не дозволяє створити універсальний апарат, придатний для доїння будь-яких тварин. Однак поліпшення їх гідравлічних характеристик: стабільність вакуумного режиму, незалежне від швидкості молоковіддачі; оптимальне транспортування молока в молокопровід і інші чинники є ключовими завданнями при створенні нових типів доїльних апаратів з поліпшеною фізіологічною характеристикою.

Виходячи з аналізу відомих конструкцій і наукових робіт провідних вітчизняних і зарубіжних вчених, присвячених вдосконаленню параметрів і режимів роботи доїльних апаратів, нами було вибрано напрямок дослідження і створення експериментального доїльного апарату, який забезпечує стабільний вакуумний режим при доїнні на всьому діапазоні швидкостей молоковіддачі у тварини від 0,5 до 6 л/хв і щадне транспортування молока в молокопровід без впускання повітря в колектор.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ДВОТАКТНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

2.1 Розробка конструкційної схеми

В основі нашого удосконалення лежить зміна способу транспортування молока у верхній молокопровід з використанням мембранного насоса, вбудованого в колектор, який приводиться в дію пульсатором доїльного апарату. При цьому одночасно вирішуються завдання:

1) Стабілізується вакуумметричний тиск в колекторі доїльного апарату за рахунок насосної дії мембрани;

2) При зворотному ході мембрани триває транспортування молока по шлангу в верхній молокопровід, одночасно під дією відбувається такт розвантаження.

Розглянемо ці два процеси докладніше, вважаючи, що у вакуумпроводі буде діяти номінальний вакуум (50 кПа), а в молокопроводі знижений (33 кПа) - вакуум достатній лише для підйому молока. Даний режим доїння розглядається практично вперше в вітчизняній і зарубіжній практиці і має цілий ряд переваг, головна з яких - це відділення режиму транспортування від режиму доїння.

Діафрагмові насоси мають механічний, пневматичний або гідравлічний привід, найбільш широко застосовуються насоси перших двох типів. У конструкціях доїльних машин і в лініях молочних заводів пневматичний (вакуумний) привід таких насосів використовується досить широко. Основними робочими параметрами діафрагмового насоса є – напір, подача, потужність і коефіцієнт корисної дії. В енергетичному балансі виділяють корисну потужність, яку насос передає безпосередньо перекачуваній рідині при її поданні за напірного трубопроводу, коефіцієнт корисної дії визначають відношення корисної потужності до загальної споживаної.

Пропонований доїльний апарат с незалежним доїльним вакуумом (рис. 2.1) складається з доїльних стаканів, пульсатора, колектора, молочних і вакуумних патрубків. Номінальний вакуумметричний тиск підводиться за допомогою магістрального вакуумного шланга, а відведення молока молочному шлангу. На молочних патрубках колектора і відвідному молочному шлангу розміщені зворотні клапана. В колекторі розміщена мембрана, розділяє повітряну і молочну камери, відповідно пов'язані допомогою пульсатора з вакуумпроводом (ВП) і через відвідний молочний шланг з молокопроводом (МП).

Доїльний апарат працює в двотактному режимі: такт ссання і такт стиснення (такт розвантаження - транспортування молока).

При такті ссання номінальний вакуумметричний тиск (50 кПа) від пульсатора поширюється по магістральному вакуумного шланга, розподіляючись по міжстінних камерах доїльних стаканів через дроселі, вирівнюючі тиск між межстінними і піддійковими камерами. В молокопроводі (МП) при цьому забезпечується знижене значення величини вакууму 33 кПа.

За рахунок різниці тисків мембрана в колекторі прогинається вниз, збільшуючи об'єм молочної камери колектора, створюючи в ній необхідний вакуумметричний тиск і закриваючи при цьому зворотний клапан на відвідному молочному шлангу, що запобігає зворотній рух молока. Зворотні клапани на молочних патрубках відкриваються, з'єднуючи молочну камеру колектора з піддійковими камерами доїльних стаканів, в яких буде підтримуватися оптимальний доїльний вакуум (35...40 кПа), незалежний від перепаду тисків між колектором і молокопроводом, що зменшить негативний вплив на дійку тварини і стабілізує процес доїння.

При такті стиснення (розвантаження) мембрана в колекторі перейде в верхнє положення, зменшивши при цьому об'єм молочної камери колектора і створюючи в ній необхідний тиск для транспортування молока в молокопровід, при цьому зворотний клапан на молочному шлангу відкриється, а зворотні клапана на молочних патрубках закриються зберігши достатній вакуум в піддійкових камерах доїльних стаканів 1, виключивши при цьому зворотні потоки молока в доїльні стакани. В цьому випадку вже не потрібно повного змикання стінок дійкової гуми під дійкою, а отже буде відсутнє зворотне виштовхування молока з дійки в цистерну вимені. При цьому доцільно використання вкорочених двокамерних доїльних стаканів (ефективно для корів з низько розташованим вим'ям) або однокамерної їх конструкції, що спрощує комплектацію і одночасно підвищує адаптивність доїльної техніки.

Одночасно з цим з'являється можливість швидкого і ефективного управління роботою доїльного апарата за рахунок зміни ходу мембрани, регулювання частоти пульсацій, співвідношення тактів, дроселювання відкачування повітря з надмембранної порожнини і. т. д. При транспортуванні молока по шлангу виключається необхідність впуску атмосферного повітря, що створює додаткові переваги даної конструкції і виключає ряд вищеназваних недоліків.

2.2 Обґрунтування конструкційних параметрів колектора

В об'ємних насосах рідина перекачується шляхом періодичної зміни об'єму робочої камери, сполученої поперемінно з входом або виходом рідини. В мембранних насосах перекачування рідини здійснюється за рахунок зворотно - поступального руху діафрагми, яка має жорсткий центр, пов'язаний з приводом. При такті всмоктування об'єм робочої камери збільшується, а при такті нагнітання зменшується. За даними ідеальна подача діафрагмового

насоса незначно залежить від тиску рідини, що в свою чергу не залежить від швидкості руху діафрагми.

Подача q мембранного насоса визначається за формулою

$$q = 60\eta_0 Vz, \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.1)$$

де η_0 - об'ємний к.к.д. насоса;

V - об'єм робочої камери насоса, м^3 ;

z - число робочих циклів за годину.

Це рівняння справедливо в основному для насосів з механічним і гідравлічним приводами. У насосах з пневматичним приводом мембрани об'єм робочої камери може істотно змінюватися в залежності від тиску повітря (або вакууму) в пневмовакуумприводі.

Дослідженнями [39] встановлено, що подача діафрагмового насоса з пневматичним приводом визначається за наступної залежності:

$$Q = f(p_1; \Delta p_2; z; \eta_0), \quad (2.2)$$

де p_1 - повний тиск насоса, Па;

Δp_2 - різниця тиску в порожнинах камер пневмопривода, Па.

Показники p_1 і z знижують подачу насоса, а збільшення Δp_2 її збільшує. Об'ємний ккд залежить від форми і параметрів робочої камери насоса, характеру руху рідини в ній, розмірів клапанів і може бути представлений у вигляді функції виду:

$$\eta_0 = f(\kappa_1, \kappa_2, h_y), \quad (2.3)$$

де: κ_1, κ_2 - показники, що характеризують вплив параметрів повітровідокремлювача і наявність фільтра;

h_y - рівень рідини над зливним отвором ємності.

Функція (2.3) не дає повного уявлення про характер зміни ккд насоса, який частіше виражають співвідношенням середнього значення дійсної подачі до аналогічного значенням ідеальної подачі [38].

$$\eta_0 = Q/Q_T = Q/Q + \Delta Q, \quad (2.4)$$

де ΔQ - об'ємні втрати в насосі (протікання).

У насосах одинарної дії за один робочий хід відбувається всмоктування, а за інший (зворотний) - нагнітання. В цілому за кожен подвійний робочий хід транспортується наступне кількість рідини:

$$V = S \Delta h, \quad (2.5)$$

де: S - приведена площа мембрани, m^2 ;

Δh - хід мембрани, м.

В насосі подвійної дії об'єм подається за один подвійний хід рідини при однаковій місткості робочих камер становить:

$$V_{\text{сум}} = (2S - s_{\text{ш}}) \Delta h, \quad (2.6)$$

де $s_{\text{ш}}$ - площа перерізу штока між мембранами m^2 .

Однак при цьому деякі вчені і конструктори відзначають певну варіабельність параметра подачі насоса. За їх даними ступінь нерівномірності подачі для одинарного діафрагмового насоса складає 3,14, а для насоса подвійної дії – 1,57. Для згладжування пульсації потоку рідини зазвичай рекомендують установку на напірному трубопроводі повітряних ковпаків.

У деяких наукових роботах по дослідженню об'ємних насосів відзначається, що приріст кінетичної енергії рідини на вихід незначний і ним можна знехтувати, а тиск насоса визначають по залежності

$$P = P_2 - P_1, \quad (2.7)$$

де: P_2 і P_1 - відповідно тиск на виході і вході в насос.

Напір насоса можна визначити по залежності:

$$H = P/\rho g, \quad (2.8)$$

Ця величина також є питомою енергією тиску.

Корисна потужність насоса зазвичай визначається по залежності:

$$N_n = QH, \quad (2.9)$$

де: Q – витрата насоса, м³;

H – повний напір насоса, м

Споживана механічна потужність на валу електроприводу

$$N = M\omega, \quad (2.10)$$

де M - момент на валу привода насоса;

ω - кутова швидкість вала.

Тоді ккд насоса визначається відношенням корисної потужності до споживаної

$$\eta = N_n/N = QH/M\omega, \quad (2.11)$$

При визначенні подачі діафрагмового насоса – змішувача хід мембранного блоку визначається за залежністю:

$$a = f(D_m, d_{тар}, h, H_{ес}, E, s, G, d, z, k, A), \quad (2.12)$$

де: D_m і $d_{тар}$ - діаметри мембрани і жорсткої тарілки центру;

h - робочий вакуум у пневмоприводі мембрани;

$H_{вс}$ – висота всмоктування рідини;

E та s - модуль пружності матеріалу мембрани і її товщина;

G – модуль зсуву матеріалу мембрани;

d і z - діаметр дроту і число витків пружини насоса;

k - індекс пружини;

A - параметр, що характеризує матеріал мембрани.

В даному випадку хід мембрани визначається параметрами пружини, встановленої в насосі. У молочних насосах діафрагмового типу пружини не застосовуються, а його мембрани мають різні діаметри, у зв'язку з чим залежність (2.12) вимагає свого уточнення. Тому [38] крім подачі насоса пропонується розглядати характеристики пневмопривода мембранного блоку і пропонує залежності для визначення тривалості відкачки та наповнення повітрям камер насоса, що беруть участь у пневмоприводі діафрагми:

для тривалості витікання повітря:

$$t_1 = f(v_0, p_{вак}, \mu_1, g_{max}, \beta, s, v_{нит}, p, p_{атм}, N), \quad (2.13)$$

а для часу наповнення:

$$t_2 = f(v_0, p_{вак}, \mu_2, g_{max}, \beta, f, v_{пит}, p, p_{атм}, K), \quad (2.14)$$

де: v_0 - максимальний об'єм камери пневмопривода;

μ_1, μ_2 – коефіцієнти витрати повітря лінією приводу;

$p_{вак}$ - робочий вакуум, кПа;

g_{max} – функція витрати повітря;

β - коефіцієнт тиску повітря пневмопривода насоса;

s - площа прохідних перерізів каналів для подачі повітря;

$v_{нит}$ - питомий об'єм повітря при атмосферному тиску;

K і N - коефіцієнти інтегральних сум.

Ці залежності дають прийнятний результат при певній закономірності зміни об'єму камери пневмопривода мембран, яке пропорційно відношенню робочого і атмосферного тиску. В дійсності об'єми цих камер можуть бути різні, що накладає певні обмеження на використання запропонованих автором виразів. Розглянемо вплив вакуумметричного і атмосферного тиску на мембрану одинарного діафрагмового насоса в колекторі при різних тактах роботи доїльного апарата з незалежним вакуумом.

При русі мембрани зверху вниз за рахунок розрідження від пульсатора доїльного апарату, тиск в молочній камері колектора буде знижуватися до деякого значення P_k , яке буде залежати від обсягу повітря, що знаходиться в надмембранному просторі (об'єм піддійкових камер, доїльних стаканів, молокосбірної камери колектора, хід і діаметр мембрани).

Вважаючи, з невеликим допущенням, процес розширення повітря ізотермічним можна записати стан газу в колекторі

$$P_{k1}V_{k1} = P_{k2}V_{k2}, \quad (2.15)$$

де $P_{k1}V_{k1}$, $P_{k2}V_{k2}$ - відповідно тиск газу і об'єм повітря в початку процесу і наприкінці процесу (після розширення).

Оскільки на початку процесу в доїльному апараті діє атмосферний тиск, то $P_{k1} = P_a$, а в кінці процесу повинен бути вакуумметричний тиск доїння, рівний $P_g \approx 33-36$ кПа, таким чином вираз (2.15) записується так:

$$P_a V_{k1} = P_{ост.к} V_{k2}, \quad (2.16)$$

З огляду на, що вакуумметричний тиск доїння становить $(0,35...0,4) P_a$ тоді тиск в колекторі буде представляти:

$$P_{ост.к} = P_a - 0,4P_a \approx 0,6P_a.$$

З урахуванням останнього записуємо:

$$P_a V_{\kappa 1} = 0,6 P_a V_{\kappa 2}, \quad (2.17)$$

звідки

$$V_{\kappa 2} = P_a V_{\kappa 1} / 0,6 P_a = V_{\kappa 1} / 0,6,$$

або

$$V_{\kappa 2} / V_{\kappa 1} = 1/0,6 \approx 1,65. \quad (2.18)$$

Останній вираз являє собою коефіцієнт трансформації об'єму повітря в колекторі при ізотермічному розширенні, тобто за рахунок насосної дії мембрани коефіцієнт розширення становить 1,65. Вважаючи, з невеликим допущенням, об'єм підключених ємностей до колектора постійним запишемо:

$$V_{\kappa 1} = \Sigma V_{\delta c} + V_{m.k.}, \quad (2.19)$$

де, $\Sigma V_{\delta c}$ - сумарний об'єм піддійкових камер 4-х доільних стаканів, м³.

$$V_{\kappa 1} = 4V_{\delta c} + V_{m.k.}. \quad (2.20)$$

З огляду на, що обсяг розширеного повітря в колекторі в кінці такту ссання:

$$V_{\kappa 2} = V_{\kappa 1} + V_m, \quad (2.21)$$

де, V_m – об'єм повітря в надмембранній порожнині (мембрана в нижньому положенні).

Так, як

$$V_m = (\pi d_{m.e}^2 / 4) h_m, \quad (2.22)$$

де: $d_{m.e}$ - еквівалентний діаметр мембрани

h_m - хід мембрани.

Підставляючи вираз (2.22) в (2.17) і враховуючи вираз (2.5) запишемо

$$V_{к2} = 4V_{ДС} + V_{МК} + (\pi d_{m.e}^2 / 4) h_m. \quad (2.23)$$

Підставляючи останній вираз в (2.6) після деяких перетворень отримаємо

$$[(\pi d_{m.e}^2 / 4) h_m] / 4V_{ДС} + V_{МК} = 0,66 = E, \quad (2.24)$$

де E - 0,66 коефіцієнт розширення (стиснення) повітря в колекторі внаслідок насосної дії мембрани, коефіцієнт « E » показує співвідношення об'єму повітря в надмембранній порожнині внаслідок його розширення об'єму підключених доїльних стаканів і молокозбірної камери.

З урахуванням доїнни молока, що надходить при доїнни і потенційного піноутворення «корисний» об'єм молокозбірної камери колектора зменшується на величину порції молока, яке складе:

$$V_{мол} = \int_0^{t_c} J_m dt = J_{мсп} t_c K_n, \quad (2.25)$$

де: $J_{мсп}$ - середня швидкість молоковіддачі, m^3/c ;

t_c - тривалість такту ссання, c ;

K_n - коефіцієнт піноутворення ($K_n = 1,2-1,3$).

З урахуванням останнього виразу (2.24) перепишеться наступним чином:

$$E = (\pi d_{м.э}^2 h_M / 4) / (4V_{дс} + V_{МК} - J_{м.ср} t_c K_{п}) \quad (2.26)$$

Звідки можна висловити об'єм молочної камери колектора:

$$V_{М.К} = (\pi d_{м.э}^2 h_M / 4) / E + J_{м.ср} t_c K_{п} - 4V_{дс} \quad (2.27)$$

З огляду на вираз (2.10) для $J_{м.ср}$ отримаємо:

$$V_{М.К} = (\pi d_{м.э}^2 h_M / 4) / E + [60\rho(T_r t^2 / T^3)] t_c K_{п} - 4V_{дс} \quad (2.28)$$

2.3 Аналіз сил що діють на мембрану

При відкачуванні повітря з підмембранної порожнини мембрана прогинається вниз, відбувається такт розширення і молоковиведення, при цьому на мембрану діє сила

$$\bar{P}_M = \bar{F}_M h K_M + \bar{F}_{упр.м.}, \quad (2.29)$$

де F_M - площа мембрани m^2 ;

h - величина розрідження в молокозбірній камері колектора, $h = f(t_c)$,
кПа;

K_M - коефіцієнт використання площі мембрани;

$F_{упр}$ - сила пружності мембрани;

Сила пружності мембрани визначається відповідно до формули.

$$F_{упр.м} = 4Eh_M^3 a / Ad_m^2, \quad (2.30)$$

де: E - модуль поздовжньої пружності мембрани;

h_m - товщина мембрани, м;

a - хід мембрани $a = f(t_c)$, м;

A - коефіцієнт визначається по залежності:

$$A = 3(1-\mu^2)((0.5/\alpha^2 + 0,5\alpha^2 - 1 - \ln 2\alpha)/2\pi(\alpha-1)), \quad (2.31)$$

де μ - коефіцієнт Пуассона (0,5-0,7)

Максимальна сила, діє в момент перемикання клапанів, коли розрідження стає максимальним (h_{\max}), а також виникає сила інерції мембрани.

$$P_m = F_m h_{\max} K_m + F_{пр.м} + F_{ін.}, \quad (2.32)$$

де $F_{ін.}$ - сила інерції, обумовлена зміною напрямку ходу мембрани

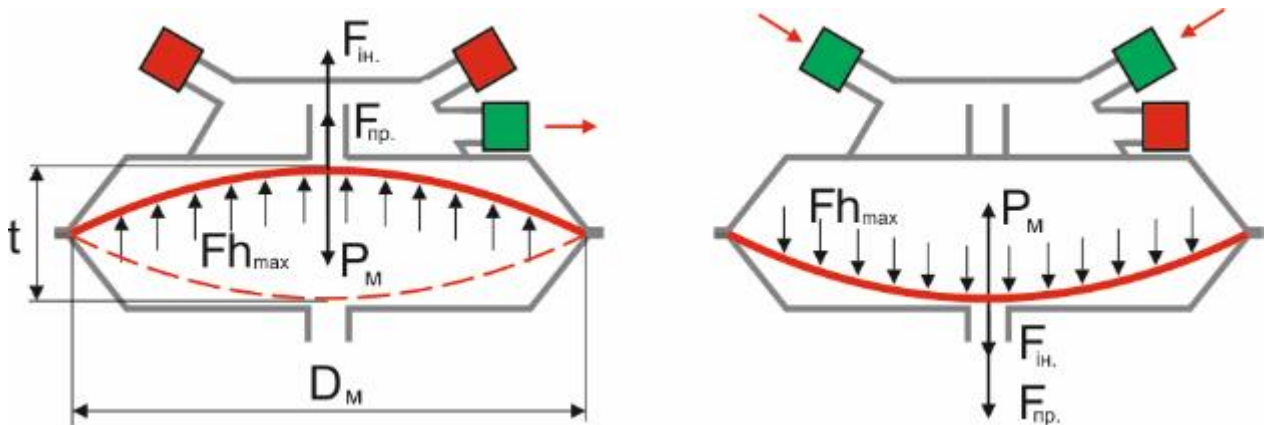


Рисунок 2.2 – Схема сил, що діють на мембрану

$$F_{ін.} = M_m \frac{dV_m}{dt}, \quad (2.33)$$

M_m - маса мембрани

$$M_m = \frac{\pi D_m^2 \cdot h_m \cdot \rho}{4}, \quad (2.34)$$

dV_M/dt - прискорення мембрани, m/c^2 .

2.4 Висновки по розділу

1. Аналіз існуючих типів доїльних апаратів дозволяє відзначити, що вони не зазнали значних принципівих змін з моменту створення двокамерного доїльного стакана і застосування пульсуючого вакууму.

2. Для фізіологічно безпечного і адекватного машинного доїння запропонований новий доїльний апарат з експериментальним колектором, який містить вбудовану діафрагму для регулювання вакууму доїльного апарату, при цьому доїльний апарат працює за рахунок двох рівнів вакууму: 50 кПа - в вакуумпроводі, він же використовується для приводу мембранного насоса і 33 кПа - низький вакуум, який використовується для підйому молока в верхній молокопровід. При цьому впуск атмосферного повітря в колектор відсутній.

3. Розроблено моделі та аналітичні рівняння, що описують процеси молоковиведення, створення вакууму і транспортування молока в верхній молокопровід за рахунок насосної дії вбудованого в колектор діафрагменного насоса, обґрунтовані параметри молокозбірної камери колектора, діафрагми і циклограми тактів впуску і відкачування повітря.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ДВОТАКТНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

3.1 Мета і задачі експериментальних досліджень

Експериментальний доїльний апарат с незалежним піддйковим вакуумом відрізняється від серійних доїльних апаратів багатокамерною конструкцією колектора з вбудованим діафрагмовим насосом, приводиться від пульсатора і встановленими на вхідних та зворотному молочних патрубках зворотних клапанів.

Задачі лабораторних досліджень полягали в перевірці працездатності експериментального доїльного апаратау з новим колектором і порівнянні його показників з серійними доїльними апаратами.

Програма досліджень включає:

- розробку методики проведення лабораторних досліджень;
- розробку стенда для проведення лабораторних досліджень;
- визначення пропускної здатності доїльного апарата при різній величині вакууму в молокопроводі і вакуумпроводі в залежності від інтенсивності молоковиведення;
- запис осцилограм машинного доїння з визначенням вакуумного навантаження на дійки;
- порівняльна оцінка експериментального доїльного апарату з серійним доїльним апаратом.

3.2 Методика експериментальних досліджень

На першому етапі було проведено дослідження зміни впливу експериментального доїльного апарату на дійку корови. Досліди проводилися при трьох значеннях вакуумних режимів (40 кПа, 50 кПа) вакуумпровода і молокопроводу (16, 25кПа). Досліди проводилися з триразовою повторністю.

Тривалість випробувань експериментального доїльного апарату з незалежним вакуумом на кожному режимі дорівнювала 5-7 хв., час фіксували за допомогою секундоміра. Осцилограми зміни тиску в камерах доїльного стакана знімали за допомогою датчиків тиску, запис даних з яких здійснювали за допомогою аналогово-цифрового перетворювача NI-6008 та ПЕОМ, на якому було встановлено програмне забезпечення Power Graph.

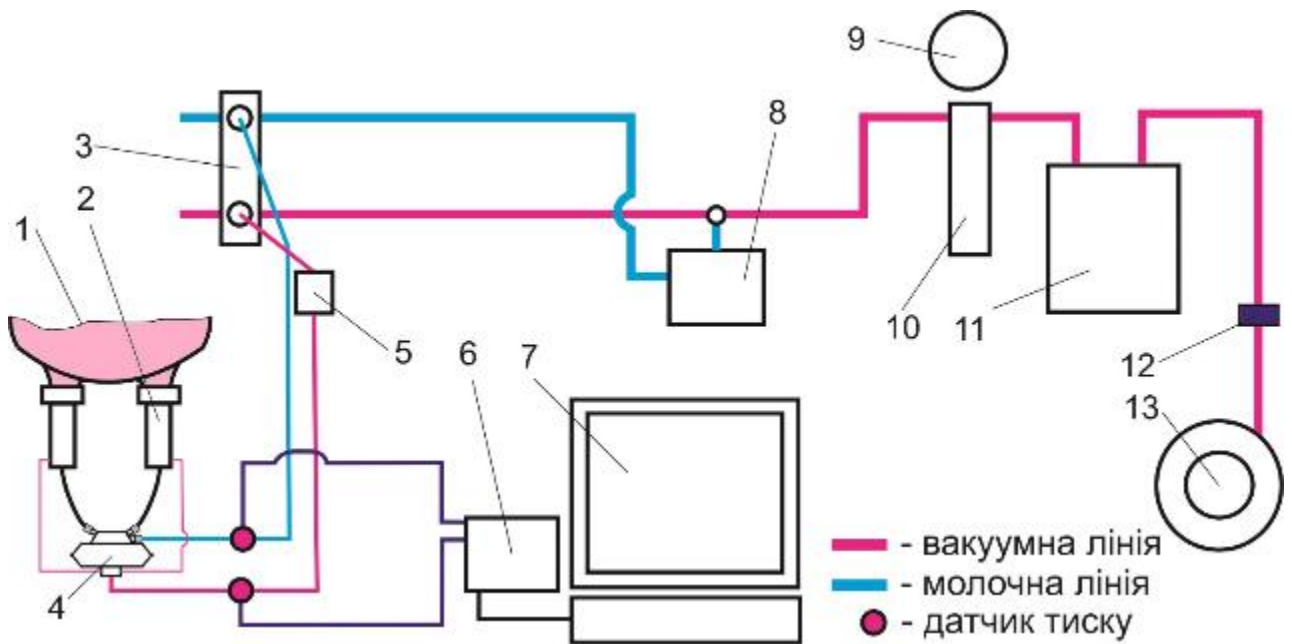


Рисунок 3.1 - Конструкційна схема експериментального стану: 1 – макет вимені; 2 – стакан ДА; 3 – вакуум-молочний кран; 4 – колектор ДА; 5 – пульсатор ДА; 6 – АЦП NI-6008; 7 – ПЕОМ; 8 – молокозбірник; 9 – вакуумметр; 10 – вакуумрегулятор; 11 – вакуумбалон; 12 – зворотній клапан; 13 – вакуумнасос

Будь-якому експериментальному дослідженню, спрямованому на пошук оптимальних умов протікання технологічного процесу, передує його математичний аналіз, планування експерименту, які визначають вибір числа і меж проведення дослідів, необхідних і достатніх для вирішення поставленого завдання з необхідною точністю. Результатом математичного вивчення об'єкта є визначення рівняння регресії, залежно від критерію оптимізації

(вихідного параметра), величини керуючих факторів, які варіюються при проведенні дослідів.

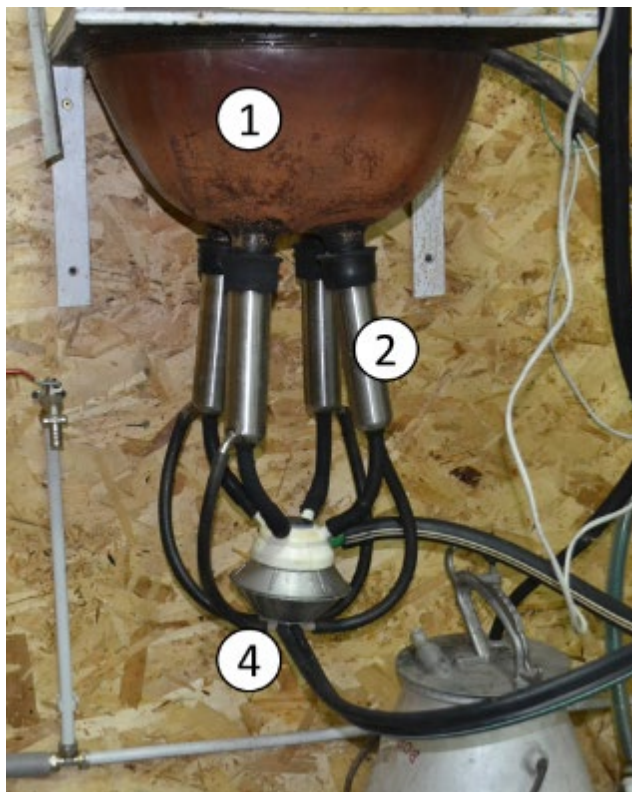
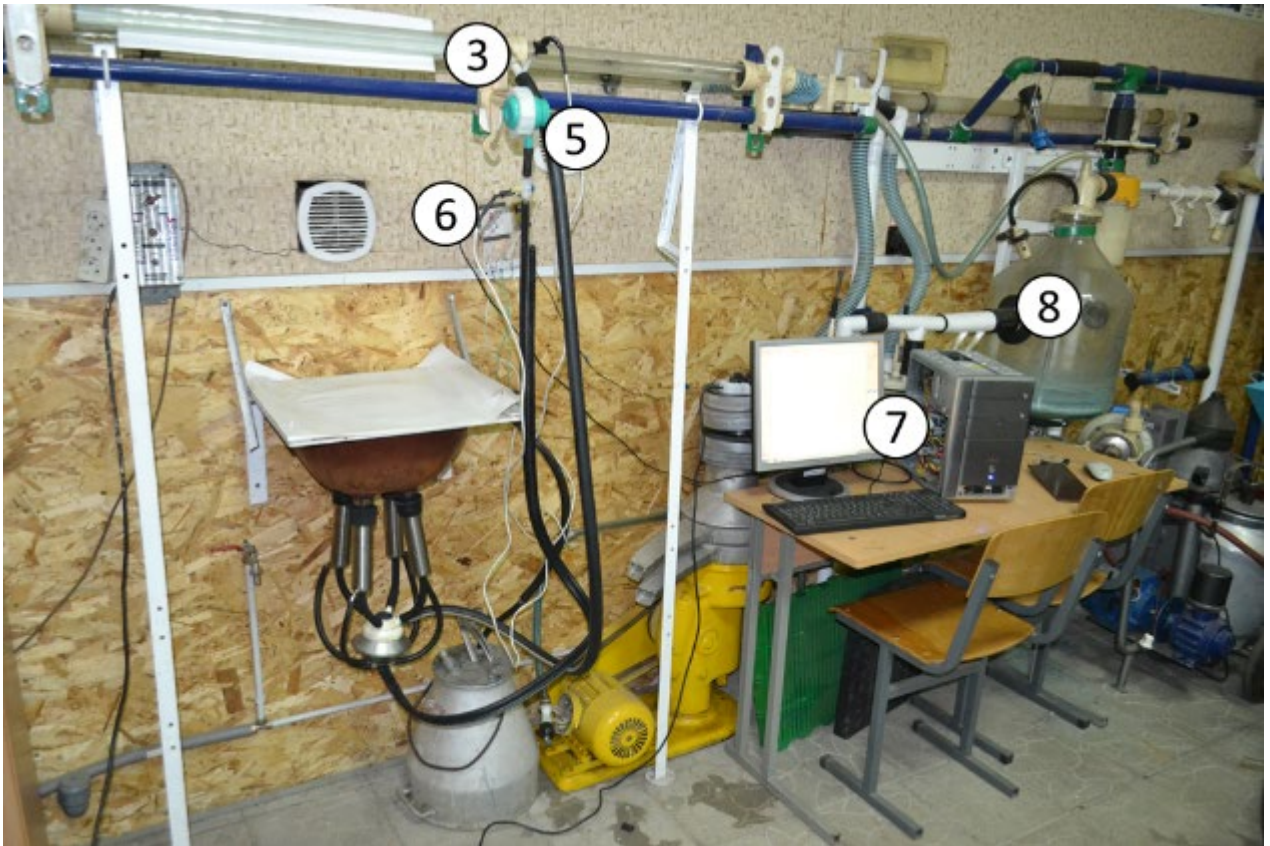


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд експериментального стану: 1 – макет вимені; 2 – стакан доїльного апарата; 3 – вакуум-молочний кран; 4 – колектор доїльного апарата; 5 – пульсатор доїльного апарата; 6 – АЦП NI-6008; 7 – ПЕОМ; 8 – молокозбірник

Метою другого етапу дослідження була побудова математичної моделі технологічного циклу експериментального доїльного апарату з незалежним вакуумом і проведення порівняльного аналізу його роботи і роботи серійного доїльного апарату АДУ-1 в стандартній комплектації. У кібернетичної моделі доїльного апарату (рис. 3.3) вхідними керуючими (основними) параметрами є X_1 (h) - висота підйому молока, X_2 (P) - тиск вакууму в молокопроводі (кПа), контрольованими, незмінними $W_1 = g$, $W_2 = d$, $W_3 = V$.



Рисунок 3.3 – Модель доїльного апарата

Незмінні параметри в процесі дослідження: W_1 - прискорення вільного падіння, W_2 - внутрішній діаметр мембрани всередині колектора, W_3 – об'єм молочної камери колектора, неконтрольований параметр Z - щільність (жирність) молока. В якості вихідного параметра (функції мети) Y розглядалася виведена масова порція молока за один цикл роботи доїльного апарату.

Для побудови математичної моделі залежності пропускної здатності випробуваного колектора від конструкційно-технологічних параметрів, використовувалася теорія планування експерименту. У якості функції, що апроксимує експериментальні дані з дослідження впливу перерахованих вище факторів на критерії оптимізації може бути поліном другого порядку наступного виду:

$$y = a_o + \sum_{k=1}^k a_i x_i + \sum_{k=1}^k a_{ij} x_i x_j + \sum_{k=1}^k a_{ii} x_i^2, \quad (3.1)$$

де a_o , a_i , a_{ij} , a_{ii} – коефіцієнти регресії;

x_i , x_j – незалежні змінні фактори.

Для одержання математичної моделі був використаний трирівневий план Бокса-Бенкіна. Досліди при реалізації плану проводилися з трикратною повторністю. Результати експериментів наведено в таблиці 1 додатка А. Матриця плану та рівні варіювання факторів наведено в таблиці 3.1.

Для використання рівняння (3.1) у якості розрахункової формули та інтерпретації результатів досліджень необхідно його перетворити до іменованих величин. Подальшу обробку робимо на ПК у комп'ютерній програмі «Статистика 5.0».

Дисперсію адекватності визначимо зі співвідношення [47]:

$$S_{ad}^2 = \frac{S_3^2 \cdot f_p - S_6^2 \cdot f_6}{f_{ad}}, \quad (3.2)$$

де S_{ad}^2 – дисперсія адекватності;

S_3^2 – залишкова дисперсія;

S_6^2 – дисперсія відтворюваності;

f_3, f_6, f_{ad} – число ступенів свободи відповідно для залишкової дисперсії, дисперсії відтворюваності та дисперсії адекватності.

Залишкову дисперсію визначимо по наступній формулі:

$$S_3^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2}{N - l}, \quad f_3 = N - l, \quad (3.3)$$

де l – число коефіцієнтів рівняння регресії (3.1);

Таблиця 3.1 – Матриця плану та рівні варіювання факторів

Рівень та інтервал варіювання факторів	Фактори		Критерії
	Вакуум p , кПа	Висота підйому молока, м	Пропускна здатність Q , кг/с
	X1	X2	Y2
Верхній рівень (+1)	54	1,2	-
Основний рівень (0)	47	0,6	-
Нижній рівень (-1)	40	0	-
Інтервал варіювання	7	0,6	-

Дисперсію відтворюваності визначимо по нульових точках плану експерименту по наступній формулі

$$S_{\epsilon}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} (y_{0i} - \bar{y}_0)^2}{N_0 - l}, \quad (3.4)$$

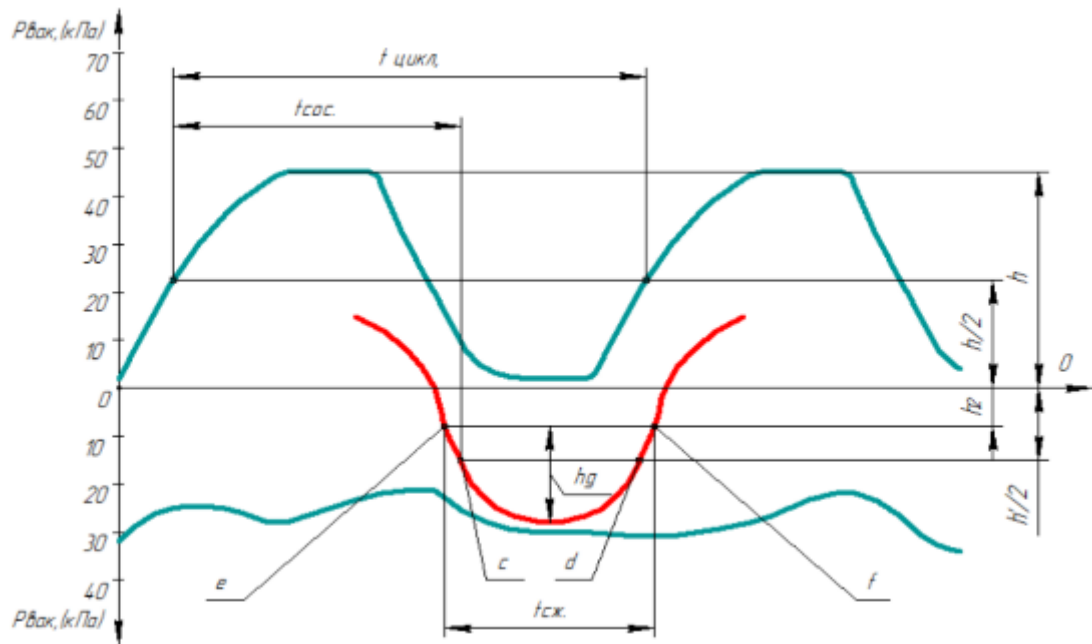
де N_0 – число нульових точок;

y_{0i} – значення відгуку в нульових точках.

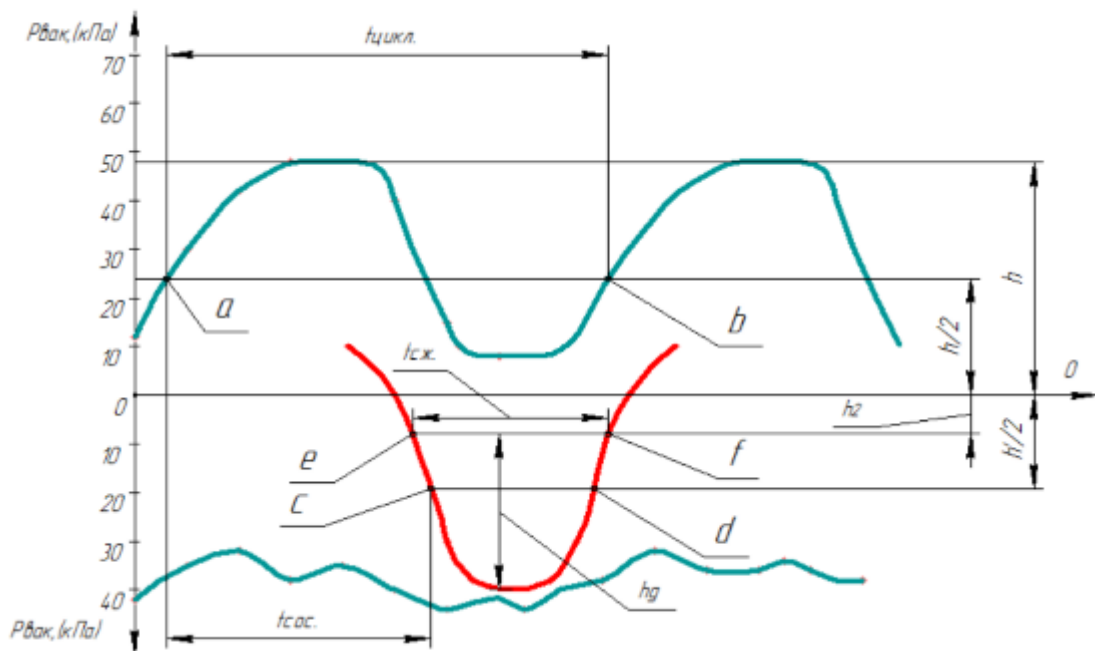
3.3 Результати експериментальних досліджень

3.3.1 Дослідження режиму тиску на дійку

Осцилограми дослідження режиму тиску на дійку для стандартного та експериментального доїльного апаратів приведено на рис. 3.4 та 3.5.

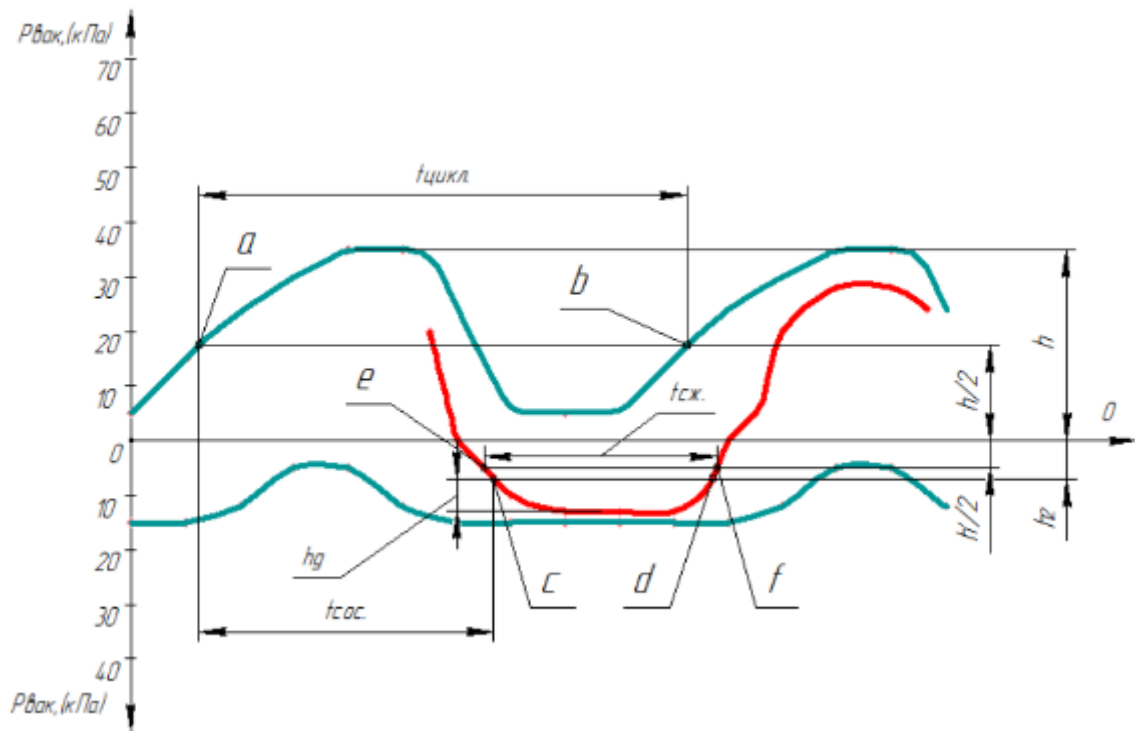


а

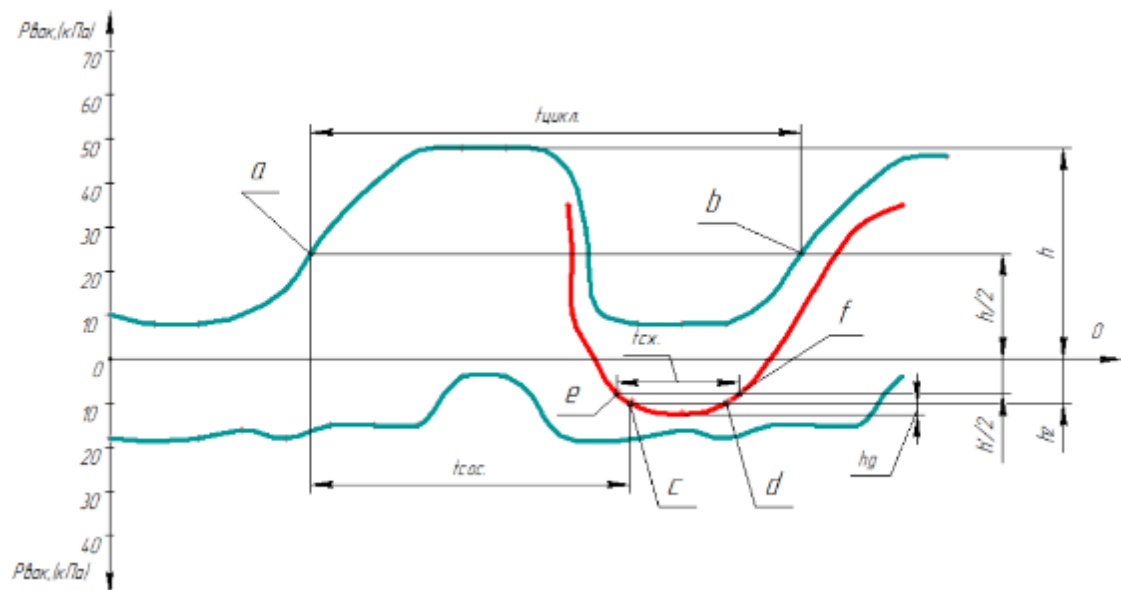


б

Рисунок 3.4 – Осцилограма доїльного апарату УДА-1 в стандартній комплектації при різних вакуумних режимах: а – 40 кПа; б – 50 кПа



а



б

Рисунок 3.5 – Осцилограма експериментального доїльного апарату при різних вакуумних режимах: а – 40 кПа; б – 50 кПа

Розшифровка осцилограм приведена в табл. 3.2. Як видно з даних табл. 3.2. величина хвилинної вакуумної навантаження (F_M) на тканини дійки і вакуумне навантаження ($F_{\text{пл}}$) за період повного доїння знаходяться в межах відповідних нормам міжнародного стандарту ISO 5707-87 ($F_M = 700 \dots 1200$

$\text{H}\cdot\text{c}$; $F_{\text{пд}} = 3600 \dots 6000 \text{ H}\cdot\text{c}$), а максимальне розтягуюче зусилля (F_{Pmax}), що діє на дійку не відповідає стандарту ($F_{\text{Pmax}} = 17 \text{ H}$). При цьому експериментальний доїльний апарат має більш шадну дію на дійку, що й передбачалося в процесі теоретичних досліджень.

Таблиця 3.2 – Результати порівняльних лабораторних випробувань серійного доїльного апарату АДУ-1 в стандартній комплектації та експериментального доїльного апарату

Показник	Доїльний апарат АДУ-1		Експериментальний доїльний апарат	
	40 кПа	50 кПа	40 кПа	50 кПа
Максимальний тиск доїльної гуми на дійку P_{max} , кПа	4,18	4,84	3,58	4,21
Хвилинне вакуумне навантаження на тканини дійки F_{M} , $\text{H}\cdot\text{c}$	352,9	481,6	283,4	418,8
Повне вакуумне навантаження за період машинного доїння $F_{\text{пд}}$, $\text{H}\cdot\text{c}$	1662,1	2401,2	1445,3	2088,0
Максимальне розтягуюче зусилля, яке діє на дійку F_{Pmax} , Н	2,1	3,14	1,8	2,73

3.3.2 Дослідження пропускної здатності доїльного апарату

Матриця і результати двофакторного експерименту представлено в таблиці 3.3. Результати визначені, як середні при трикратній повторності.

Отримане рівняння регресії для серійного апарату АДУ-1 в разі ортогонального планування другого порядку має вигляд:

$$Y = 3,144 - 0,65X_1 + 0,1X_2 + 0,487X_1X_2 - 0,162X_1^2 + 0,006X_2^2. \quad (3.5)$$

Нелінійна (квадратична) математична модель для експериментального доїльного апарату істотно відрізняється від відповідної для серійного зразка:

$$Y = 2,991 - 1,18X_1 + 0,471X_2 - 0,24 X_1X_2 - 0,368X_1^2 + 0,522X_2^2. \quad (3.6)$$

Таблиця 3.3 – Середні значення вихідного параметра в точках факторного простору для АДУ-1 в стандартній та експериментальній комплектації

№ досліджу	Матриця планування		Робоча матриця			
	X ₁	X ₂	h, м	P, кПа	Q _с , кг/хв	Q _е , кг/хв
1	+1	+1	1,2	54	3,35	2,02
2	-1	+1	0,0	54	3,47	5,08
3	+1	-1	1,2	40	1,66	1,66
4	-1	-1	0	40	3,75	3,74
5	-1	0	0	47	3,88	3,88
6	+1	0	1,2	47	1,91	1,90
7	0	-1	0,6	40	2,79	2,78
8	0	+1	0,6	54	3,35	3,89
9	0	0	0,6	40	3,21	2,88

На основі аналізу нелінійного (квадратичного) рівняння двуфакторної регресії встановлено, що вплив керуючих факторів на вихідний параметр обох доїльних апаратів ідентичний: збільшення висоти підйому молока в молокопроводі призводить до зниження виведеної маси молока за цикл роботи, а зростання тиску вакууму в молокопроводі призводить до підвищення вихідного параметра. Однак, ступінь впливу різна: перший фактор (X₁) надає найбільш сильний вплив на роботу експериментального апарату (коефіцієнти регресії b₁ = -1,18, b₁₁ = -0,368) в порівнянні з серійним (b₁ = -0,695, b₁₁ = -0,162),

тоді як вплив другого керуючого фактора для обох апаратів цілком можна порівняти: $b_2 = + 0,487$, $b_{22} = 0,0096$ для АДУ-1 і $b_2 = + 0,471$, $b_{22} = 0,522$ для експериментального доїльного апарату.

Побудова поверхонь відгуку Y за отриманими функціональним залежностям (3.5) і (3.6) проводили за допомогою програми «Статистика 5.0». Двовірна матриця значень X_1 і X_2 задавалася з кроком 0,2 в області від -1 до +1. Поверхні представлені на рис. 3.6 і рис. 3.7.

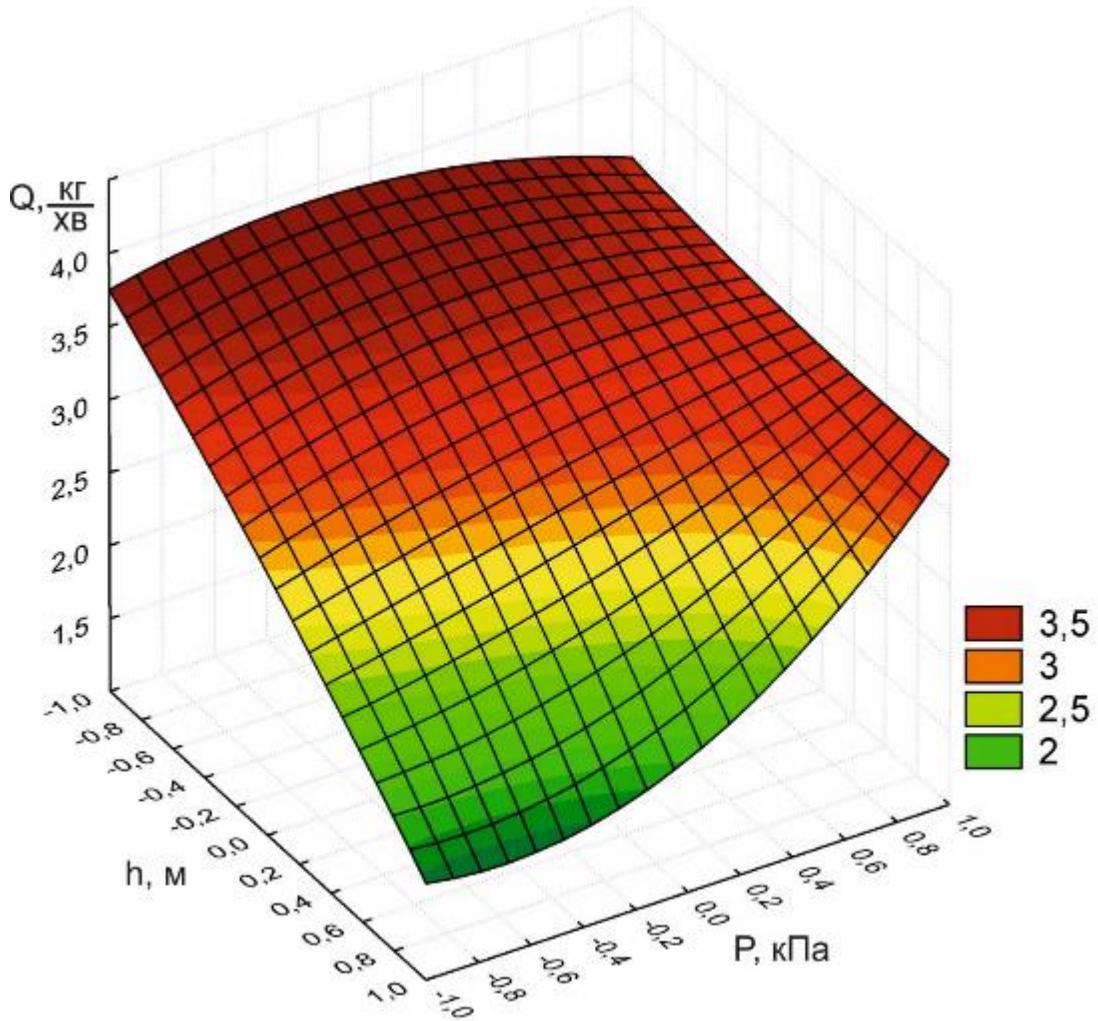


Рисунок 3.6 - Поверхня відгуку доїльного апарату АДУ-1

Значення параметрів X_1 і X_2 з кроком 0,2 відкладені в горизонтальній площині. Величина вихідного параметра Y відкладена по вертикальній осі. Окремі області, виділені різними кольорами, відповідають різним інтервалам значень вихідного параметра Y .

Відзначимо, що для серійного доїльного апарату (рис. 3.6) максимальне значення відгуку в виділеній області параметрів X_1 і X_2 досягається при $X_1 = -1$ і $X_2 = -1$ і становить 3,83. Тоді як для експериментального доїльного апарату з незалежним вакуумом (рис.3.7) в тій же виділеній області керуючих параметрів максимальне значення досягається при $X_1 = -1$ і $X_2 = +1$ і становить 5,05. Поверхня відгуку в разі АДУ-1 плоско-опукла з характерним насиченням в області високих тисків вакууму в молокопроводі.

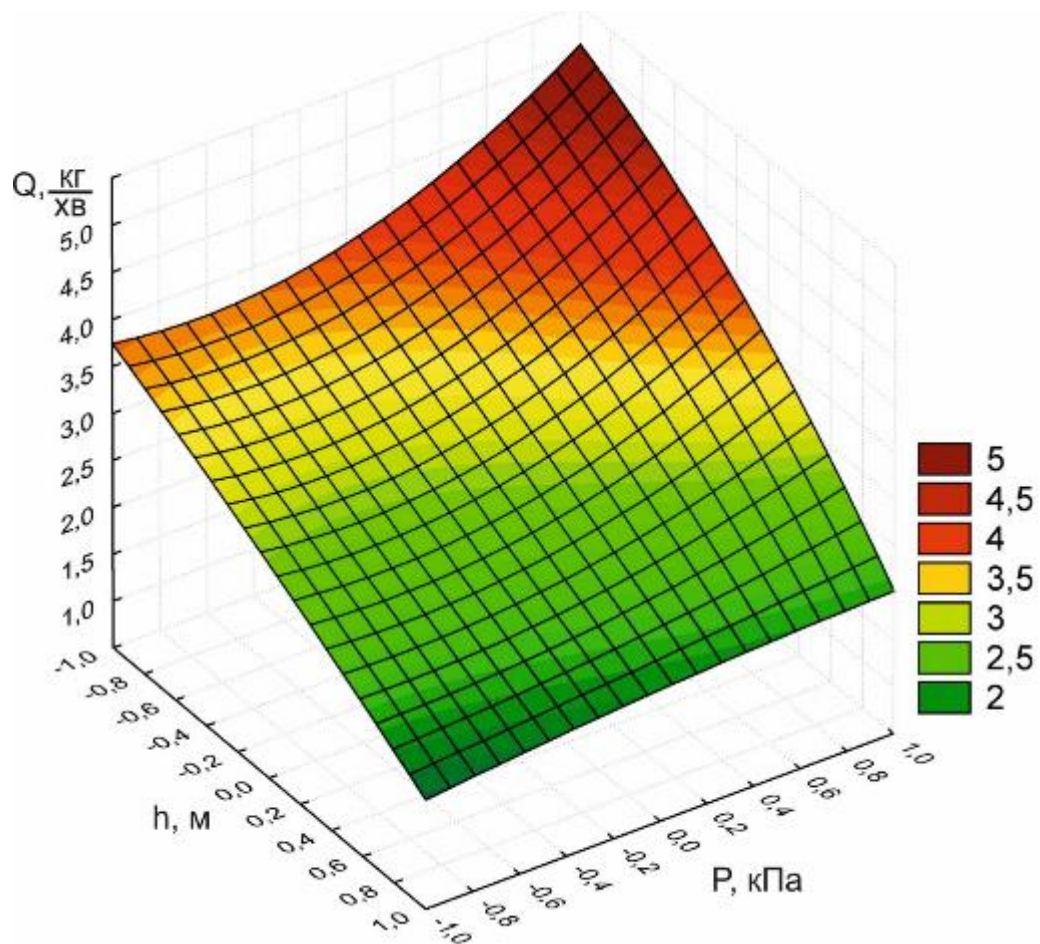


Рисунок 3.7 - Поверхня відгуку експериментального доїльного апарату

Тоді як, для поверхні вихідного параметра для експериментального доїльного апарату спостерігається значне зменшення величини Y при збільшенні висоти молокопроводу і зниження тиску в ньому.

Таким чином, навіть первинний аналіз графічних поверхонь свідчить про додаткові резерви експериментального доїльного апарату з незалежним

вакуумом при збільшенні тиску в молокопроводі, що виходить за межу виділення.

3.4 Висновки по розділу

1. Результати проведених лабораторних порівняльних випробувань серійного доїльного апарату АДУ-1 в стандартній комплектації і експериментального доїльного показали, що серійний доїльний апарат має меншу пропускну здатність в порівнянні з експериментальним доїльним.

2. Отримані параметри розшифровки осцилограм показали, що експериментальний доїльний апарат з незалежним вакуумом забезпечує щадний вплив на дійки тварини, сприяє зменшенню відтоку молока назад в цистерну вимені, що призводить до збільшення інтенсивності молоковіддачі у корів.

3. В результаті проведення лабораторних випробувань визначені показники вакуумного режиму в експериментальному доїльному апараті, які істотно краще, ніж у серійного АДУ-1, так при вакуумі 50 кПа максимальний тиск дійкової гуми на дійку знизився з 3,63 в серійному АДУ-1 до 3,16 кПа в експериментальному апараті; вакуумне навантаження на тканини вимені за весь період доїння також зменшилася з 2034 до 1768 Н.с., а максимальне розтяжне зусилля на дійку зменшилася з 28,9 Н до 17,9 Н, що свідчить про кращу відповідність фізіології тварини.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні вимоги охорони праці при роботі в доїльних залах

Охорона праці при роботі в доїльних залах є важливою складовою забезпечення безпечних умов праці та збереження здоров'я працівників. В Україні та Європі існують нормативно-правові акти, які регулюють вимоги до охорони праці в цій галузі.

Основним документом в Україні, що регулює охорону праці, є Закон України "Про охорону праці", який зобов'язує роботодавців забезпечувати безпечні умови праці, проводити навчання працівників з охорони праці, та надавати їм необхідні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). Крім того, Державні стандарти України (ДСТУ) містять конкретні вимоги до технічного оснащення та безпеки праці в агропромислових комплексах, включаючи доїльні зали.

Важливими є також Правила охорони праці в сільському господарстві, затверджені Міністерством соціальної політики, які визначають вимоги до роботи з тваринами, безпеки при використанні обладнання, а також забезпечення належних умов для відпочинку та гігієни працівників.

В Європейському Союзі охорона праці регулюється кількома важливими директивами. Основною є Директива 89/391/ЄЕС, що встановлює загальні принципи забезпечення безпеки та здоров'я на робочих місцях. Ця директива зобов'язує роботодавців оцінювати ризики, впроваджувати заходи для їх мінімізації та забезпечувати працівників необхідними інструкціями.

Директива 2006/42/ЄС про безпеку машин встановлює вимоги до обладнання, яке використовується у доїльних залах. Машини повинні бути оснащені захисними пристроями та мати інструкції для безпечної експлуатації.

Директива 98/24/ЄС регулює захист працівників від шкідливих хімічних речовин, що можуть бути присутніми в засобах для чищення або обробки

тварин у доїльних залах. Важливе значення має також забезпечення працівників засобами захисту для уникнення контакту з біологічними агентами та хімічними речовинами.

Організація робочого місця: У доїльних залах необхідно забезпечити належну вентиляцію, освітлення та зручний доступ до всього обладнання. Робочі зони повинні бути чистими, а поверхні не слизькими. Усе обладнання для доїння повинно регулярно перевірятися на технічну справність. Важливо, щоб всі механізми мали захисні огорожі, які запобігають доступу до небезпечних зон під час роботи.

Працівники повинні проходити інструктаж з охорони праці та навчання щодо безпечного поводження з тваринами та обладнанням. Особливу увагу необхідно приділяти поведінці з тваринами, оскільки це підвищує ризик травм. Працівникам слід надавати спеціальний одяг, взуття з антиковзким покриттям, рукавиці та інші засоби індивідуального захисту для захисту від механічних, хімічних і біологічних ризиків.

Необхідно забезпечити можливість регулярного миття рук, дезінфекції та доступу до чистої питної води. Працівники повинні мати змогу переодягатися в окремих приміщеннях з гардеробами. Важливо забезпечити наявність засобів пожежогасіння в доїльних залах, а також навчити персонал правилам поведінки під час пожежі.

Дотримання цих вимог забезпечує безпеку на робочому місці, зменшує ризик травм і професійних захворювань, а також сприяє підвищенню ефективності праці в доїльних залах.

4.2 Розробка проекту інструкції з охорони праці при роботі в доїльних залах

1. Загальні положення

1.1. Ця інструкція встановлює основні вимоги з охорони праці для працівників доїльних залів, включаючи обслуговуючий персонал та операторів доїльних установок.

1.2. Інструкція розроблена відповідно до Закону України «Про охорону праці», Державних стандартів, а також міжнародних та європейських директив, що стосуються безпеки праці.

1.3. До роботи допускаються особи, які пройшли медичний огляд, мають відповідну кваліфікацію та пройшли навчання з охорони праці, включаючи первинний та повторний інструктажі.

1.4. Працівники зобов'язані дотримуватись вимог цієї інструкції, використовувати засоби індивідуального захисту та знати порядок дій у разі виникнення аварійних ситуацій.

1.5. Забороняється виконувати роботи у разі несправностей обладнання або в умовах, що загрожують безпеці життя і здоров'я.

2. Вимоги до засобів індивідуального захисту (ЗІЗ)

2.1. Під час роботи в доїльних залах працівники повинні використовувати наступні засоби індивідуального захисту: спеціальний одяг (комбінезони, халати, фартухи); гумові або шкіряні рукавиці для захисту рук; захисне взуття з антиковзкою підошвою; респіратори або маски для захисту органів дихання при використанні дезінфекційних засобів; захисні окуляри для роботи з хімічними речовинами; захисні навушники при підвищеному рівні шуму.

3. Вимоги до безпечної експлуатації обладнання

3.1. Перед початком роботи необхідно перевірити технічний стан доїльних установок, переконатися в справності всіх елементів та захисних огорож.

3.2. Забороняється експлуатація несправного обладнання або у разі відсутності захисних огорожень.

3.3. Під час роботи з доїльним обладнанням необхідно дотримуватися безпечної дистанції від рухомих частин.

3.4. Очищення, ремонт або технічне обслуговування обладнання здійснюється тільки після його повного зупинення та відключення від електромережі.

3.5. Забезпечте належну вентиляцію в приміщенні для уникнення накопичення шкідливих газів та забезпечення нормальних умов праці.

4. Вимоги до безпеки під час роботи

4.1. Працівники повинні дотримуватися правил поведінки з тваринами, уникати різких рухів і не провокувати стрес у тварин.

4.2. Забороняється працювати без використання засобів індивідуального захисту або залишати працююче обладнання без нагляду.

4.3. У разі виявлення витoku молока або забруднення доїльних апаратів слід негайно припинити роботу, очистити обладнання та продезінфікувати його.

4.4. Всі дезінфекційні засоби повинні використовуватися згідно з інструкціями виробника, із застосуванням відповідних засобів захисту.

4.5. При роботі з тваринами забороняється використовувати різкі дії або інструменти, які можуть травмувати тварин або працівників.

5. Пожежна безпека

5.1. У доїльних залах повинні бути наявні первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники, пісок, лопати).

5.2. Паливно-мастильні матеріали, що використовуються для технічного обслуговування обладнання, зберігаються в спеціально відведених місцях відповідно до вимог пожежної безпеки.

5.3. У разі виникнення пожежі необхідно негайно повідомити відповідні служби, зупинити роботу обладнання, відключити його від електромережі та використати засоби пожежогасіння.

6. Заключні положення

6.1. Після завершення роботи необхідно вимкнути обладнання, очистити його від залишків молока, провести дезінфекцію, а також перевірити технічний стан.

6.2. Робоча зона повинна бути очищена від сміття та дезінфекційних засобів.

6.3. У разі травмування або виникнення надзвичайних ситуацій, працівник повинен негайно повідомити керівника робіт та звернутися за медичною допомогою.

6.4. Всі працівники повинні регулярно проходити навчання та інструктажі з охорони праці та безпеки, згідно з вимогами українського законодавства.

4.3 Порядок дій у надзвичайних ситуаціях

Порядок дій під час артобстрілу

Слухайте сигнал тривоги: Якщо чуєте оповіщення або сигнал тривоги, негайно оцініть ситуацію і дійте відповідно.

Шукайте укриття: Негайно переміщайтесь у найближче укриття:

Бомбосховище або підвал; Приміщення з міцними стінами без вікон; Природні укриття, як-от ями або канави.

Уникайте небезпечних зон: Не залишайтеся біля вікон, фасадів чи інших небезпечних конструкцій.

Укриття в приміщенні: Закрийте вікна та двері; Розташуйтеся біля внутрішніх стін або в коридорі.

Залишайтеся у безпечному місці: Під час обстрілу зберігайте спокій, уникайте паніки та чекайте офіційних повідомлень про завершення небезпеки.

Перевірте стан: Після обстрілу перевірте себе та оточуючих на наявність травм, надайте першу допомогу, якщо необхідно.

Обережний вихід з укриття: Після завершення обстрілу, виходьте обережно, перевіряючи місцевість на уламки, пошкодження або інші небезпеки.

Повідомлення про допомогу: Якщо є постраждалі або значні руйнування, повідомте про це відповідні служби.

Дотримання інформаційної безпеки: Не поширюйте інформацію про місцезнаходження або обстріли у соціальних мережах для збереження безпеки.

Будьте готові до повторних обстрілів: Після обстрілу залишайтеся пильними, перевірте свою готовність до можливих наступних атак.

4.4 Висновки по розділу

Забезпечення охорони праці при роботі в доїльних залах є ключовим аспектом захисту працівників від травм і професійних захворювань. Українська та європейська нормативна база встановлюють конкретні вимоги до умов праці, безпечного використання обладнання, засобів індивідуального захисту та робочого середовища. Виконання цих вимог підвищує безпеку праці, мінімізує ризики і забезпечує ефективну діяльність у доїльних залах. Важливо дотримуватись стандартів охорони праці, регулярно проводити навчання та інструктажі працівників, а також бути готовими до надзвичайних ситуацій.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

5.1 Вихідні дані

Економічна ефективність визначалася порівнянням експериментального доїльного апарата з серійним АДУ-1, виробництва ВАТ «Брацлав», при умові використання на малій приватній фермі на 12 корів.

Основні показники економічної ефективності для оптимізованого доїльного апарата розраховувалися на підставі даних експериментальних досліджень, а для існуючого варіанта - взяті з технічної характеристики АДУ-1. Вихідні дані для розрахунку зводимо в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані до розрахунку техніко-економічних показників

Показник	Варіанти	
	базовий (АДУ-1)	проектний (оптимізований апарат)
1	2	3
Кількість корів на фермі, гол.	12	12
Середній річний надій на 1 корову, т	6,2	6,2
Середній разовий надій на 1 корову (при 2-х кратному доїнні), кг	10,16	10,16
Річний об'єм робіт, т.	74,4	74,4
Загальна тривалість доїння корови, хв.	5	4,25
Тривалість підготовчо-заклучних операцій, хв.	5,5	5,5
Пропускна здатність доїльного апарата, л/хв.	2,04	2,52
Продуктивність доїльного апарата, гол/год.	5,71	6,15

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
Продуктивність доїльного апарата, т/год.	0,058	0,063
Потужність приводу, кВт	0,75	0,75
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1
Балансова вартість, грн.	3245	3245
Вкладення в переобладнання, грн.	-	1250

5.2 Розрахунок показників економічної ефективності

Порівняння базового та удосконаленого доїльних апаратів здійснюється за питомими експлуатаційними витратами, які складаються з кількох ключових компонентів. До них належать витрати на заробітну плату працівників, енергоресурси, амортизаційні відрахування, а також витрати на ремонт і технічне обслуговування обладнання. Для розрахунку цих показників ми використовуватимемо методики та рекомендації, наведені в [36].

Таблиця 5.2 - Показники економічної ефективності
удосконаленого доїльного апарата

Показники	Варіанти		Проектован ий у % до базового
	базовий (АДУ-1)	проектний апарат	
1	2	3	4
Річний об'єм робіт, т.	74,4	74,4	100
Продуктивність доїльного апарата, т/год.	0,058	0,063	108,6

Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4
Потужність приводу, кВт	0,75	0,75	100
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1	100
Балансова вартість, грн.	3245	3245	100
Вкладення в переобладнання, грн.	-	1250	-
Питомі річні експлуатаційні витрати, грн./т	557,72	515,09	92,4
в т. ч.: заробітна платня	528,59	486,65	92,07
витрати на електроенергію	24,57	22,62	92,06
амортизаційні відрахування	1,90	2,42	116,84
витрати на ТО та ремонт	2,66	3,40	116,92
Економія експлуатаційних витрат, грн.	-	3171,67	-
Строк окупності додаткових капітальних вкладень, років	-	0,4	-

5.3 Висновки по розділу

Економічна оцінка проектного доїльного апарата показала, що він має переваги над базовим за експлуатаційними витратами, що обумовлено вищою продуктивністю. Як наслідок, економія експлуатаційних витрат склала 3171,67 грн, а строк окупності додаткових капітальних вкладень становить 0,4 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Виходячи з аналізу відомих конструкцій і наукових робіт провідних вітчизняних і зарубіжних вчених, присвячених вдосконаленню параметрів і режимів роботи доїльних апаратів, нами було вибрано напрямок дослідження і створення експериментального доїльного апарату, який забезпечує стабільний вакуумний режим при доїнні на всьому діапазоні швидкостей молоковіддачі у тварини від 0,5 до 6 л/хв і щадне транспортування молока в молокопровід без впускання повітря в колектор.

2. Розроблено моделі та аналітичні рівняння, що описують процеси молоковиведення, створення вакууму і транспортування молока в верхній молокопровід за рахунок насосної дії вбудованого в колектор діафрагменного насоса, обґрунтовані параметри молокозбірної камери колектора, діафрагми і циклограми тактів впуску і відкачування повітря. При цьому розроблена конструкція дає змогу забезпечувати щадний вакуумний режим в піддійковій камері – 33 кПа.

3. В результаті лабораторних випробувань визначені показники вакуумного режиму в експериментальному доїльному апараті, які істотно краще, ніж у серійного АДУ-1, так при вакуумі 50 кПа максимальний тиск дійкової гуми на сосок знизилося з 3,63 в серійному АДУ-1 до 3,16 кПа в експериментальному апараті; вакуумне навантаження на тканини вимені за весь період доїння також зменшилася з 2034 до 1768 Н.с., а максимальне розтяжне зусилля на дійку зменшилася з 28,9 Н до 17,9 Н, що свідчить про кращу відповідність фізіології тварини. При цьому застосування діафрагменного насоса в складі колектора експериментального доїльного апарату забезпечує підвищення його пропускної здатності.

4. Забезпечення охорони праці при роботі в доїльних залах є ключовим аспектом захисту працівників від травм і професійних захворювань.

Українська та європейська нормативна база встановлюють конкретні вимоги до умов праці, безпечного використання обладнання, засобів індивідуального захисту та робочого середовища. Виконання цих вимог підвищує безпеку праці, мінімізує ризики і забезпечує ефективну діяльність у доїльних залах. Важливо дотримуватись стандартів охорони праці, регулярно проводити навчання та інструктажі працівників, а також бути готовими до надзвичайних ситуацій.

5. Економічна оцінка проектного доїльного апарата показала, що він має переваги над базовим за експлуатаційними витратами, що обумовлено вищою продуктивністю. Як наслідок, економія експлуатаційних витрат склала 3171,67 грн, а строк окупності додаткових капітальних вкладень становить 0,4 року.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Національний проект “Відроджене скотарство” / Міністерство аграрної політики та продовольства України, Національна академія аграрних наук України // [Текст, таблиці, додатки]. – К.: ДІА, 2018 – 44 с.
2. Офіційний сайт Державної служби статистики України. [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua.
3. Статистичний збірник «Сільське господарство України» за 2014 рік / за ред. О. М. Прокопенко. – К.: Державна служба статистики України, 2015. – 379 с.
4. Павличенко М. Г. Ринок молока в Україні та перспективи для різних категорій господарств / М. Г. Павличенко // Молочна промисловість. – 201 – № 5. – С. 18–20.
5. Бондаренко В. М. Розвиток ефективного виробництва молока та його промислової переробки в Україні / В. М. Бондаренко // Економіка АПК. – 2008. – № 5. – С. 61–64.
6. Машина для тваринництва та птахівництва. Серія Сільськогосподарська техніка – XXI: посібник / За ред. В. І. Кравчука, Ю. Ф. Мельніка. – Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – 2009. – 207 с.
7. Луценко М. М. Перспективні технології виробництва молока: монографія: Монографія / М. М. Луценко, В. В. Іванишин, В. І. Смоляр – К. : Видавничий центр «Академія», 2005. – 192 с. – ISBN 966-580-209-7.
8. Смоляр В. І. Презентація техніки для скотарства на виставці «Euro Tier 2008» / В. І. Смоляр, М. М. Луценко // Мясное Дело. – 2009. – № – С. 34-36; № 2. – С. 19-25
9. Алієв Ельчин Бахтияр огли. Підвищення ефективності експлуатації вакуумної системи молочно-доїльного обладнання: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Алієв Ельчин Бахтияр огли. – Запоріжжя, 2012. – 177 с.

10. Алієв Ельчин Бахтияр огли. Підвищення ефективності експлуатації вакуумної системи молочно-доїльного обладнання: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Алієв Ельчин Бахтияр огли. – Запоріжжя, 2012. – 177 с.
11. Автореф. канд. тех. наук / А.П. Гуков. – Зеленоград, 2002. – 19 с.
12. ISO 3918. Milking machine installations – Vocabulary. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 42 p.
13. ISO 5707. Milking machine installations – Construction and performance. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 52 p.
14. Алієв Е.Б. Теоретичне дослідження впливу технічних параметрів доїльної установки на швидкість молоковіддачі / Е.Б. Алієв // Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій у тваринництві: Вісник харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – Харків, 2011. – Вип. 108. – С. 92-98.
15. 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. 57-65.
16. Сиротюк В.М. Обґрунтування параметрів ресурсоощадного доїльного апарата з однокамерними доїльними стаканами / В.М. Сиротюк, С.В. Сиротюк, М.І. Магац // Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження.- 2008.-№12.- С534-538.
17. Аналіз розвитку молоко вакуумних систем доїльних установок / А. Фененко, В. Дмитрів // Теорія і практика розвитку АПК: Матеріали Міжнар. наук.-практ. форуму, 19-20 вер. 2006р. – Львів, 2005.- С. 80-90.
18. Сайт фірми DeLaval [Електронний ресурс]/ Каталог продукції
Режим доступу: <http://www.delaval.ru/>, вільний. - Загл. з екрана. - Яз. рос.

19. Іванов А.О. Теорія автоматичного керування: Підручник. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. – 2003. – 250 с.
20. Никифоров В.Л., Гриньова С.О., Печуріна В.О. Технічні аспекти доїльних апаратів. // Науковий вісник аграрних наук, 2022.
21. Smith, A., & Brown, P. Advances in Two-Phase Milking Machines: A Technical Review. // Journal of Dairy Science, 2020.
22. Kowalski, J., & Nowak, M. Vacuum Optimization in Milking Systems: Reducing the Risk of Mastitis. // Animal Health Research Reviews, 2021.
23. Brown, K., & Taylor, J. Ergonomics and Animal Welfare in Modern Milking Systems. // Applied Animal Behaviour Science, 2019.
24. Ivanov, I. Cost Efficiency and Productivity of Two-Phase Milking Machines in Dairy Farms. // Agricultural Economics and Management, 2023.
25. Van der Linde, C., & Joubert, D. Milk Quality and Health Impacts of Two-Phase Milking Technology. // Journal of Dairy Research, 2022.
26. Дудін В.Ю. Техніко-економічне обґрунтування застосування ротаційного пластинчатого вакуумного насоса у складі індивідуальної доїльної установки / В.Ю. Дудін, С.І. Павленко // Механізація та електрифікація сільського господарства – Глеваха, 2013. – Вип. 91. Т.1 – С. 564-569.
27. Дудін В.Ю. Результати випробувань індивідуальної доїльної установки ДУ-10 з ротаційним пластинчатим вакуумним насосом / В.Ю. Дудін, Е.Б. Алієв // Технічні системи і технології тваринництва: Вісник харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – Харків, 2013. – Вип. 132. – С. 453-458.
28. Алієв Е. Б. Оцінка фактичного рівня безвідмовності вузлів вакуумної системи молочно-доїльного обладнання / Е. Б. Алієв // Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій у тваринництві: Вісник харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – Харків, 2012. – Вип. 120. – С. 326-330.

29. 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.

30. 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.

31. 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.

32. Petrenko, O.O. Модернізація двотактних доїльних апаратів з метою підвищення ефективності. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства, 2021.

33. Schmitz, M., & Lammers, A. The Future of Milking Technologies: Trends and Innovations. // International Journal of Dairy Technology, 2021.

34. Іванченко О.В., Ткаченко І.М. Колектори доїльних апаратів: нові конструкційні рішення. // Вісник технічних наук, 2021.

35. Nowak, M., & Kwiatkowski, T. Vacuum Stability in Two-Phase Milking Machines: The Role of Collectors. // Journal of Dairy Science, 2022.

36. Petrenko, P.O., & Solovyov, V. Modern Materials for Milking Machine Collectors: Durability and Hygiene. // Agricultural Engineering Research, 2020.

37. Johnson, A., & White, D. Ergonomic Design of Milking Machine Collectors and Its Impact on Milking Efficiency. // International Journal of Dairy Technology, 2019.

38. Muller, R., & Stevens, P. Milk Quality and Milking Machine Collectors: Reducing Residual Milk. // *Journal of Dairy Research*, 2021.
39. Пономаренко В.М. Оптимізація вакуумної системи в сучасних колекторах двотактних доїльних апаратів. // *Сільськогосподарська техніка*, 2022.
40. Brown, S., & Taylor, J. Efficiency Improvements in Milking Systems Through Advanced Collector Designs. // *Journal of Agricultural Mechanics*, 2020.
41. Shmidt, A., & Kowalski, J. Collector Design and Animal Welfare in Milking Machines. // *Animal Health Science*, 2019.
42. Shevchenko, V.A. Конструкційні удосконалення колекторів для зменшення травматизму вимені у корів. // *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства*, 2020.
43. Bartosz, W., & Kowal, K. Energy Efficiency and Cost Reduction in Milking Machine Collectors. // *Agricultural Technology Journal*, 2021.
44. Ivanov, D., & Petrov, A. Hygiene Aspects of Collectors in Two-Phase Milking Machines: Advances in Cleaning Methods. // *Journal of Agricultural Health*, 2022.

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Модернізація конструкції двотактного доїльного апарата

демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

Виконав: студент 2 курсу, групи МгАІ-1-23
Філіповський Вадим Анатолійович

Керівник: к.т.н., доцент
Дудін Володимир Юрійович

Дніпро 2024

Мета і задачі досліджень

Мета дослідження - обґрунтування основних параметрів двотактного доїльного апарата з незалежним вакуумним режимом. У відповідності до поставленої мети було визначено основні *задачі*, що необхідно вирішити:

1. Провести аналіз виконаних розробок в даній предметній області.
2. Провести теоретичні дослідження процесів молоковидедення і транспортування молока з вимені корів в молокопровід з використанням вбудованого в колектор діафрагмового насоса.
3. Розробити методику експериментальних досліджень і оптимізації параметрів розробленого доїльного апарата та провести його лабораторні випробування.
4. Провести оцінку удосконаленої розробленого доїльного апарата з точки зору охорони праці.
5. Провести техніко-економічну оцінку розробленого доїльного апарата

Об'єкт дослідження. Технологічний процес машинного доїння корів та доїльний апарат з експериментальним колектором.

Предмет дослідження. Закономірності, які характеризують режим зміни вакуумметричного тиску і режимні характеристики молоковидедення доїльним апаратом.

Аналіз стану питання

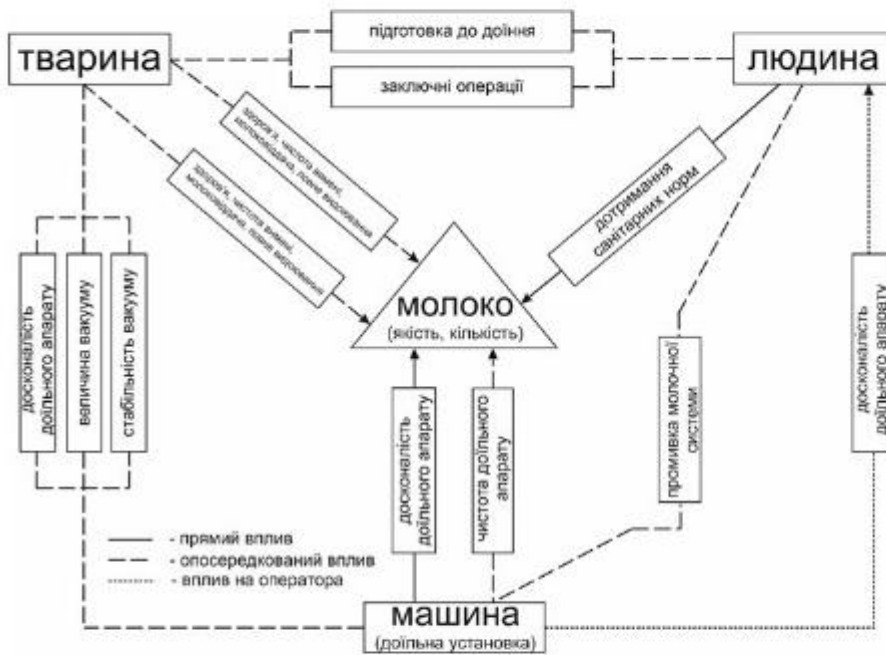


Рисунок 1 – Формування ефективності процесу доїння



Рисунок 2 – Динаміка продуктивності корів в Україні

3

Теоретичні дослідження

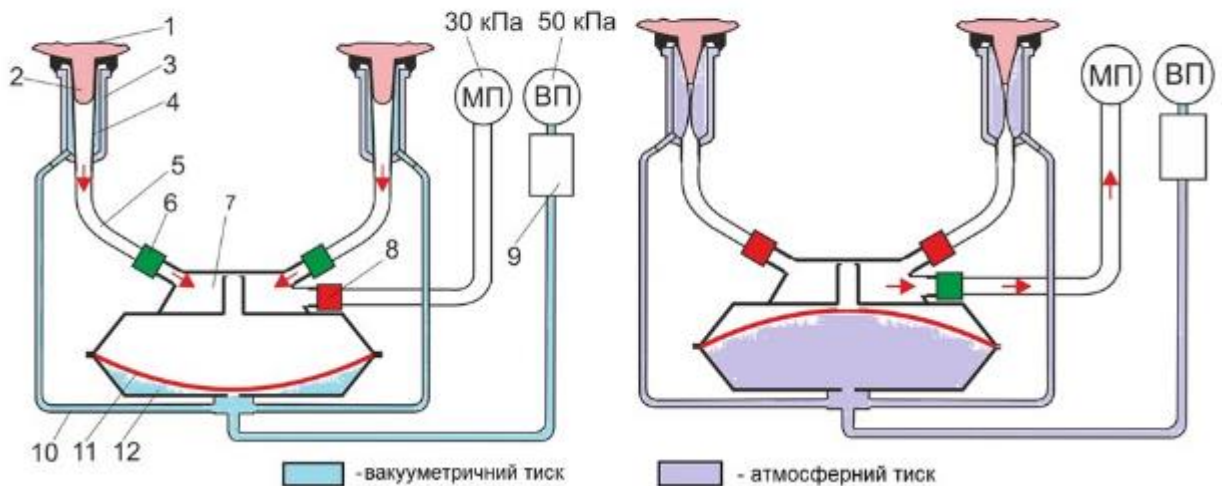


Рисунок 3 – Пропонована конструкція доїльного апарату : 1 – вимя; 2 – дійка; 3 – доїльний стакан; 4 – доїльна гума; 5 – молочний шланг; 6 – зворотний клапан молочного шлангу; 7 – молочна камера колектора; 8 – зворотний клапан збірного молочного шлангу; 9 – пульсатор; 10 – повітряний шланг; 11 – мембрана; 12 – повітряна камера колектора

4

Теоретичні дослідження

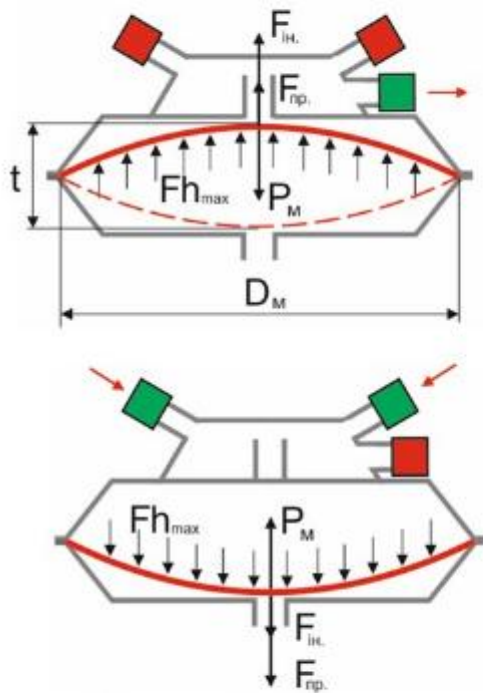


Рисунок 4 – Схема сил, що діють на мембрану

Максимальна сила діє в момент перемикання клапанів, коли розрідження стає максимальним (h_{\max}), а також виникає сила інерції мембрани.

$$P_M = F_M h_{\max} K_M + F_{гр,М} + F_{ин}$$

де F_M - площа мембрани m^2 ;
 h - величина розрідження в молокозбірній камері колектора, $h = f(t_c)$, кПа;
 K_M - коефіцієнт використання площі мембрани;
 $F_{гр}$ - сила пружності мембрани;
 $F_{ин}$ - сила інерції, обумовлена зміною напрямку ходу мембрани.

$$F_{гр,М} = 4Eh_M^3 a / Ad_M^2$$

де E - модуль поздовжньої пружності мембрани;
 h_M - товщина мембрани, м;
 a - хід мембрани $a = f(t_c)$, м;

$$F_{ин} = M_M \frac{dV_M}{dt}$$

M_M - маса мембрани

5

Лабораторні дослідження доїльного апарата

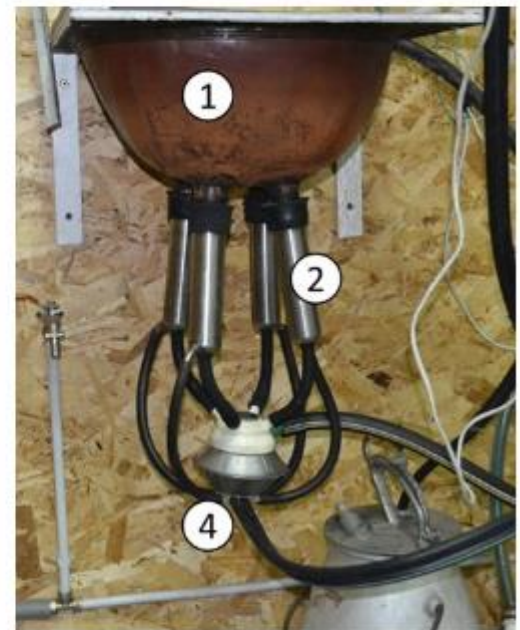
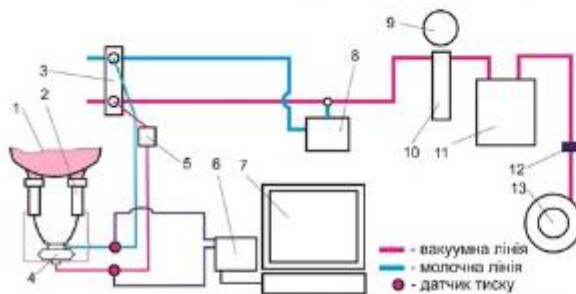


Рисунок 5 - Експериментальний стенд: 1 – макет вимені; 2 – стакан ДА; 3 – вакуум-молочний кран; 4 – колектор ДА; 5 – пульсатор ДА; 6 – АЦП NI-6008; 7 – ПЕОМ; 8 – молокозбірник; 9 – вакуумметр; 10 – вакуумрегулятор; 11 – вакуумбалон; 12 – зворотній клапан; 13 – вакуумнасос

6

Лабораторні дослідження доїльного апарата

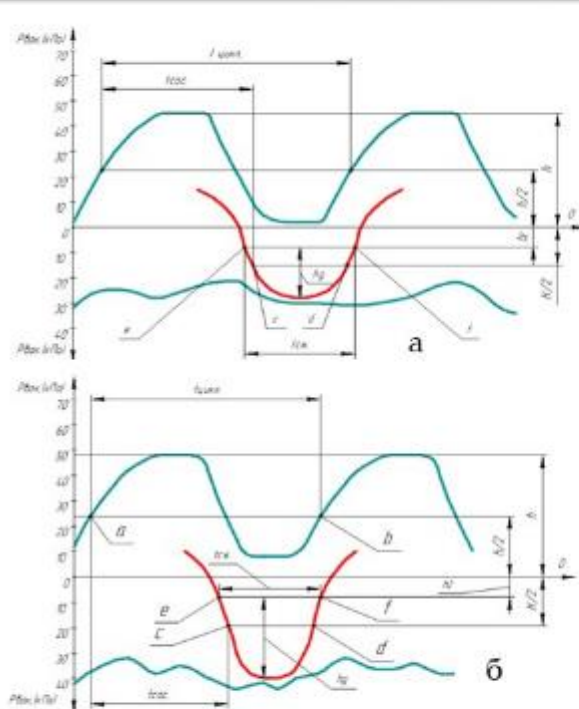


Рисунок 6 – Осцилограма доїльного апарату АДУ-1 в стандартній комплектації при різних вакуумних режимах: а – 40 кПа; б – 50 кПа

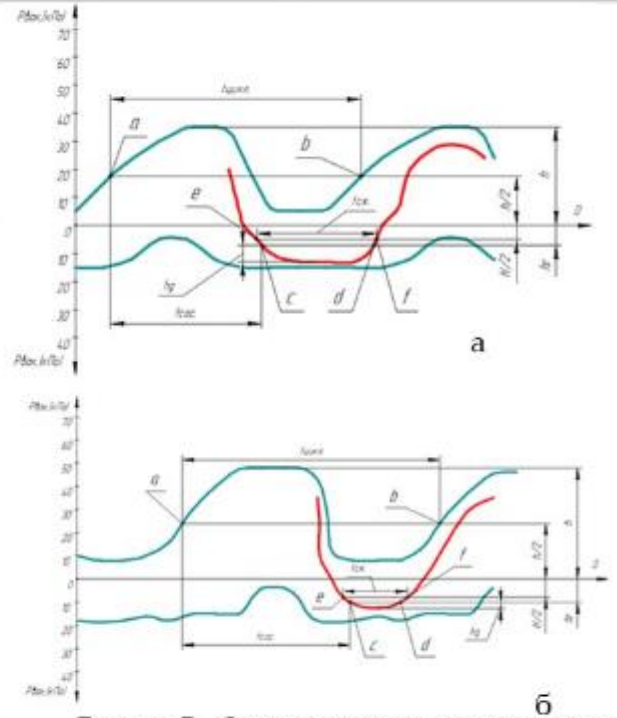


Рисунок 7 – Осцилограма експериментального доїльного апарату при різних вакуумних режимах: а – 40 кПа; б – 50 кПа

7

Лабораторні дослідження доїльного апарата

Таблиця 1 – Результати порівняльних лабораторних випробувань

Показник	Доїльний апарат АДУ-1		Експериментальний доїльний апарат	
	40 кПа	50 кПа	40 кПа	50 кПа
Максимальний тиск доїльної гуми на дійку P_{max} , кПа	4,18	4,84	3,58	4,21
Хвилине вакуумне навантаження на тканини дійки F_{M} , Н·с	352,9	481,6	283,4	418,8
Повне вакуумне навантаження за час машинного доїння F_{D} , Н·с	1662,1	2401,2	1445,3	2088,0
Максимальне розтягуюче зусилля, яке діє на дійку $F_{P_{max}}$, Н	2,1	3,14	1,8	2,73

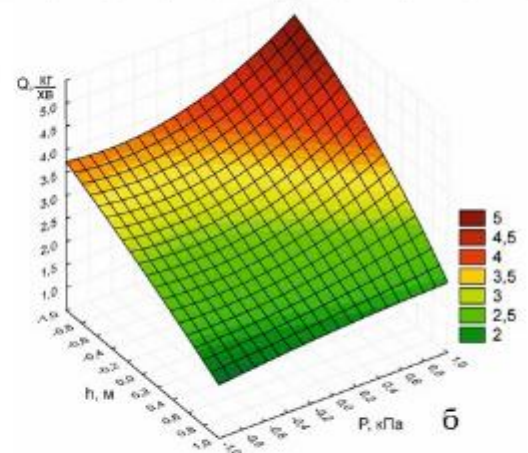
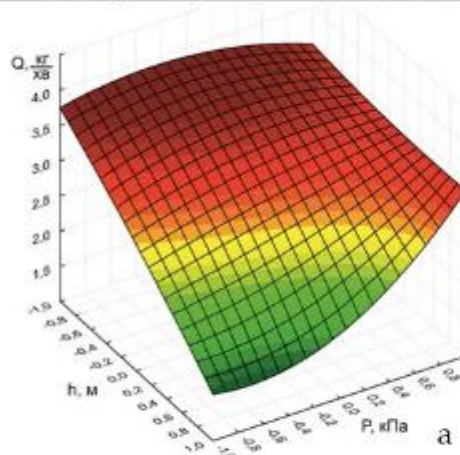


Рисунок 8 - Залежність пропускної здатності доїльного апарату: а - АДУ-1; б - експериментального

8

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях



Рисунок 9 – Загальний вигляд приміщення лабораторії: Ш – шафа; С – стіл; Ст – стілець; У – умивальник; ДУ – лабораторний стенд доїльної установки

Рисунку 10 – Схема розміщення світильників у приміщенні

9

Економічна ефективність експериментального доїльного апарата

Показники	Варіанти		Проектований у % до базового
	базовий (АДУ-1)	проектний (оптимізований апарат)	
1	2	3	4
Річний об'єм робіт, т.	74,4	74,4	100
Продуктивність доїльного апарата, т/год.	0,058	0,063	108,6
Потужність приводу, кВт	0,75	0,75	100
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1	100
Балансова вартість, грн.	3245	3245	100
Вкладення в переобладнання, грн.	-	1250	-
Питомі річні експлуатаційні витрати, грн./т	557,72	515,09	92,4
в т. ч.: заробітна платня	528,59	486,65	92,07
витрати на електроенергію	24,57	22,62	92,06
амортизаційні відрахування	1,90	2,42	116,84
витрати на ТО та ремонт	2,66	3,40	116,92
Економія експлуатаційних витрат, грн.	-	3171,67	-
Строк окупності додаткових капітальних вкладень, років	-	0,4	-

10

Загальні висновки

1. Виходячи з аналізу відомих конструкцій і наукових робіт провідних вітчизняних і зарубіжних вчених, присвячених вдосконаленню параметрів і режимів роботи доїльних апаратів, нами було вибрано напрямок дослідження і створення експериментального доїльного апарату, який забезпечує стабільний вакуумний режим при доїнні на всьому діапазоні швидкостей молоковіддачі у тварини від 0,5 до 6 л/хв і щадне транспортування молока в молокопровід без впускання повітря в колектор.

2. Розроблено моделі та аналітичні рівняння, що описують процеси молоковиведення, створення вакууму і транспортування молока в верхній молокопровід за рахунок насосної дії вбудованого в колектор діафрагменного насоса, обґрунтовані параметри молокозбірної камери колектора, діафрагми і циклограми тактів впуску і відкачування повітря. При цьому розроблена конструкція дає змогу забезпечувати щадний вакуумний режим в піддійковій камері – 33 кПа.

3. В результаті лабораторних випробувань визначені показники вакуумного режиму в експериментальному доїльному апараті, які істотно краще, ніж у серійного АДУ-1, так при вакуумі 50 кПа максимальний тиск дійкової гуми на сосок знизилося з 3,63 в серійному АДУ-1 до 3,16 кПа в експериментальному апараті; вакуумне навантаження на тканини вимені за весь період доїння також зменшилася з 2034 до 1768 Н.с., а максимальне розтяжне зусилля на дійку зменшилася з 28,9 Н до 17,9 Н, що свідчить про кращу відповідність фізіології тварини. При цьому застосування діафрагменного насоса в складі колектора експериментального доїльного апарату забезпечує підвищення його пропускної здатності.

4. Базуючись на нормативній документації та згідно вимог охорони праці нами проведено обстеження стану охорони праці в лабораторії, де проводився експеримент, проведено розрахунок штучного освітлення. Для забезпечення належного стану безпеки при доїнні корів розроблено проект інструкції з охорони праці для оператора та наведено порядок дій у випадку виникнення надзвичайної ситуації.

5. Економічна оцінка проектного доїльного апарату показала, що в порівнянні з базовим він має переваги за експлуатаційними витратами за рахунок вищої продуктивності. При цьому економія експлуатаційних ви-траг склала 3171,67 грн., а строк окупності додаткових капітальних вкладень - 0,39 року.