

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра інжинірингу технічних систем

**Пояснювальна записка**

до дипломної роботи

рівня вищої освіти «Магістр» на тему:

**Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів**

**доїльного апарату попарної дії**

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

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Стрілець Андрій Миколайович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Дудін Володимир Юрійович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Леперда Володимир Юрійович

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.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Стрільцю Андрію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів доїльного апарату попарної дії

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 при прив'язному утриманні. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання. 2. Теоретичне обґрунтування конструктивно-режимних параметрів доїльного апарата. 3. Лабораторні дослідження роботи експериментального доїльного апарата. 4. Охорона праці. 5. Техніко-

економічна оцінка експериментального доїльного апарата. Загальні висновки. Бібліографічний список

5. Перелік демонстраційного матеріалу

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	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

\_\_\_\_\_

( підпис )

Стрілець А.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

( підпис )

Дудін В.Ю.

(прізвище та ініціали)

№ п/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Номер аркуша	Примітка
			<u>Текстові документи</u>			
1	A4		Пояснювальна записка	77		
			<u>Демонстраційні матеріали</u>			
2	A4		Мета і задачі досліджень.	3	2,3	
3	A4		Теоретичні дослідження	2	4,5	
4	A4		Експериментальні	2	6,7,8	
5	A4		Охорона праці	1	9	
6	A4		Економічна частина	1	10	
7	A4		Висновки	1	11	

46ДР049.000.000РД

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат				
Розробив	Стрілець				Відомість дипломної роботи	літера	аркуш	арку
Перевірів	Дудін						4	77
Т. контр.						MzAI-2-23, ДДАЕУ		
Н. контр.	Івлєв							
Затверд.	Дудін							

Стрілець А.М. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів доїльного апарату попарної дії/Випускна кваліфікаційна робота освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

У вступній частині дипломної роботи обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету та задачі дослідження, а також описано використані методи. Аналіз стану проблеми дозволив визначити напрямки вирішення поставлених завдань. У другому розділі проведено теоретичне моделювання роботи доїльного апарата, оснащеного колектором з керованим блоком вібропульсації. Результати експериментальних досліджень показали, що запропонований апарат має переваги над серійним аналогом. Також було проаналізовано конструкцію з точки зору охорони праці та виконано економічне обґрунтування розробки. Робота завершується висновками та списком використаних джерел.

**Ключові слова:** доїльний апарат, пульсатор, стимулювання, вібрація, молоковіддача, молоколовлювач.

## ЗМІСТ

Вступ	8
1 СТАН ПИТАННЯ	9
1.1 Основи фізіології і технології машинного доїння	9
1.2 Аналіз конструкцій доїльних апаратів	14
1.3 Аналіз теоретичних досліджень	20
1.4 Висновки по розділу	23
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА	24
2.1 Розробка конструктивно-технологічної схеми	24
2.2 Моделювання процесу виведення молока	27
2.3 Визначення технологічних параметрів доїльного апарата	32
2.3.1 Визначення часу роботи стимулятора удосконаленого вібропульсатора	32
2.3.2 Визначення ваги вантажу в системі молоковловлювач-вантаж	34
2.4 Висновки по розділу	38
3 ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА	39
3.1 Програма лабораторних досліджень	39
3.2 Методика проведення лабораторних досліджень	39
3.2.1 Лабораторне обладнання та прилади	39
3.2.2 Методика вимірювання циклічних коливань тиску	42
3.2.3 Методика визначення часу відключення високочастотного блоку вібропульсатора	43

3.3	Результати лабораторних досліджень	45
3.4	Висновки по розділу	52
4	ОХОРОНА ПРАЦІ	53
4.1	Загальні вимоги охорони праці при доїнні корів	53
4.2	Розробка проекту інструкції з охорони праці при роботі з доїльною установкою	54
4.3	Порядок дій у надзвичайних ситуаціях	56
4.4	Висновки до розділу	58
5	ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОЗРОБЛЕНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА	60
5.1	Вихідні дані	60
5.2	Розрахунок показників економічної ефективності	60
5.3	Висновки по розділу	61
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	63
	БІБЛІОГРАФІЯ	65
	Додатки	68

## ВСТУП

Доїльні апарати є невід'ємною складовою сучасного тваринництва, оскільки забезпечують ефективність і якість процесу доїння. Підвищення продуктивності та зменшення впливу на здоров'я тварин вимагає вдосконалення конструкцій та технологій таких апаратів. Серед різноманітних систем доїльних апаратів особливе місце займають пристрої попарної дії, які забезпечують природніший режим доїння, що сприяє збереженню фізіологічного стану вимені корів, підвищенню молоковіддачі та зменшенню ризику розвитку маститу.

Тема даного дослідження зумовлена необхідністю оптимізації конструктивно-технологічних параметрів доїльних апаратів попарної дії з урахуванням сучасних тенденцій розвитку молочного скотарства, зростаючих вимог до якості молока та стандартів благополуччя тварин. У роботі особлива увага приділяється науковому обґрунтуванню параметрів, які забезпечують високі показники продуктивності та ефективності, з урахуванням ергономічності, енергозбереження та надійності обладнання.

Метою дипломної роботи є розробка теоретичних і практичних рекомендацій для вдосконалення конструктивних і технологічних характеристик доїльних апаратів попарної дії, що сприятиме підвищенню ефективності їх використання у молочному виробництві. Результати дослідження мають практичне значення для підприємств агропромислового комплексу та можуть бути використані для впровадження нових інноваційних рішень у сфері машинного доїння.



## 1 СТАН ПИТАННЯ

### 1.1 Основи фізіології і технології машинного доїння

З фізіологічної точки зору молоковиведення є досить складним процесом, так як в ньому задіяні як гормональна, так і нервова система лактуючої тварини. Встановлено, що виведення цистернальних і альвеолярного молока різному.

Для виведення першого досить подолати опір сфінктера дійки, виведення другого можливо тільки збудженням у тварини рефлексу молоковіддачі в результаті роздратування рецепторів вимені від впливу зовнішніх подразників через аналізатори нюху і дотику тварини.

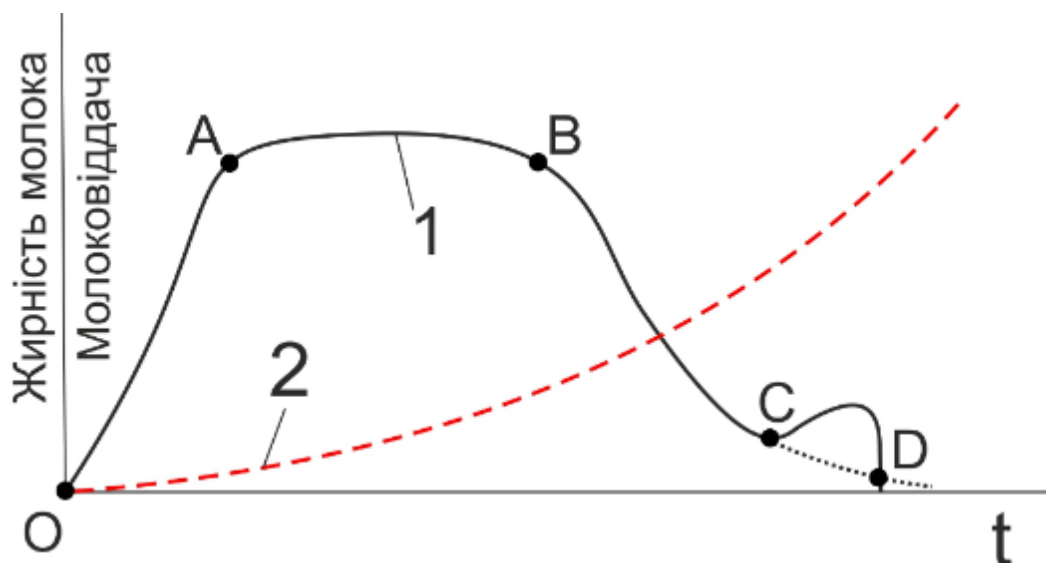


Рисунок 1.1 - Графік інтенсивності молоковіддачі

I – молоковіддача; II – жирність

Відомо, що виведення молока з вимені лактуючої корови здійснюється шляхом висмоктування телям, ручного доїння, катетеризації сосків або машинного доїння технічними засобами. Як і раніше еталоном вилучення

молока з вимені з точки зору фізіологічного впливу та відсутності негативного впливу на дійки залишається природне висмоктування молока телям.

Молоко з вимені виводиться телям в дві фази: в фазі смоктання (вичавлювання) створюється вакуум в ротовій порожнині і всередині дійки, а в міру розслаблення телям рота в наступній фазі тиск вакууму в кінці дійки слабшає, при цьому в першій фазі створюється як позитивний, так і негативний тиск, перший з яких має захисну дію, а другий - забезпечує вилучення молока з вимені і становить 30,6 ... 33,25 кПа.

При цьому, в заключний період кожного циклу в цистерні дійки спостерігається вакуум, рівний приблизно 2,6 кПа, яке біля основи дійки продовжує знижуватися, в результаті чого цистерна знову заповнюється молоком. За одну хвилину цикл повторюється до 100... 120 разів.

Дослідження показують, що молоко з порожнини дійки виводиться телям шляхом вичавлювання язиком з тиском 70-92 кПа. Іншими дослідниками встановлено комбінований вплив теляти на дійку корови низькочастотним змінним вакуумметричним і надлишковим тиском частотою 1,5 ... 2,5 Гц і має стимулюючий молоковіддачу ефект високочастотним вакуумметричним і надлишковим тиском частотою 10 Гц. Однак теля за раз повністю не висмоктує молоко з вимені, що в кінцевому рахунку і визначає кількість і швидкість утворення молока, необхідного для його нормального розвитку.

Наступним способом вилучення молока з вимені корови, здійснюваним також в дві фази (вичавлювання і відпочинку) в співвідношенні 6:1, є ручне доїння. Ручне доїння найбільш ефективно в період роздоювання, так як в цей час найбільш шкідливий вплив вакуумметричного тиску.

У фазі вичавлювання з допомогою рухів пальців рук, молоко видавлюється з дійки вимені. У фазі відпочинку дійки вимені піддаються впливу атмосферного тиску, витяг молока припиняється і цистерни дійок

заповнюються молоком завдяки внутрівименному тиску.

Однак, незважаючи на зазначені переваги, ручне доїння вимагає істотних витрат мускульної енергії людини, що обмежує продуктивність праці доярки і не дозволяє видоїти за зміну більше 10 - 12 корів, знижує якість молока в зв'язку з можливістю потрапляння різних домішок, не дозволяє одночасно видоювати молоко з усіх чвертей вимені, що в кінцевому рахунку призводить до наявності невидоєнного молока і обмеження його продукування.

Катетеризацією дійок можна витягти цистернальне молоко, виробленого молочною залозою корови. Однак регулярний витяг молока катетеризацією дійок сприяє як швидкому запуску корів, так і припинення лактації. Тому, використання цього способу відбору молока, здійснюють для дослідження повноти видоювання, ветеринарно-санітарних заходів та інших спостережень за життєдіяльністю лактуючих тварин.

Останній, найсучасніший спосіб вилучення молока з вимені корови - машинне доїння, яке дозволило значно підвищити продуктивність праці за рахунок можливості обслуговування значно більшої кількості тварин і зниження затрат ручної праці, а також продуктивні характеристики корів за рахунок одночасного виведення молока з усіх чвертей вимені.

Тепер, щоб перейти до технології доїння технічними засобами повернемося до фізіології доїння. Саме через обмеженість в часі процесу евакуації молока з вимені (2 ... 3 хвилини) в зв'язку з дією протягом цього проміжку часу гормону окситоцину і його концентрації в крові основною вимогою до доїльних апаратів є висока пропускаячи здатність.

Якщо в перші дві хвилини дії гормону і появи рефлексу молоковіддачі задіяні всі рухові елементи молочної залози, вже на 3-ій хвилині м'язова активність знижується, а на 4-ій майже припиняється. Якщо тварину не видоїти протягом цього проміжку часу, процес виведення молока з вимені

здійснюється, в основному, за рахунок силових впливів доїльного апарату і масажу.

Крім того, в зв'язку з тим, що різні рефлексогенні зони дійок мають неоднакову активністю рецепторів, важливе значення має розподіл силового впливу по поверхні дійки, так як найбільшою стимулюючою дією на збудження рефлексу молоковіддачі має саме зона основи дійки. А як раз це конструкторами доїльної техніки досі технічно не реалізовано, так як при впливі сучасної дійкової гуми на основу дійки припадає лише 10 ... 20% загальної суми силового навантаження проти 60 ... 70% при ручному доїнні.

Другою найважливішою вимогою, яку пред'являють до сучасної доїльної техніки, є забезпечення безпеки молочної залози в процесі доїння. Саме два чинники призводять до масових захворювань корів на мастит: неповне видоювання корів через низьку пропускну здатність доїльних апаратів або порушень технологічного процесу доїння, і «сухе доїння» в зв'язку з перетримуванням доїльних стаканів на вимені.

Швидке видоювання корови в першу чергу залежить від системи виведення, а саме замикаючого сосок сфінктера, тому важливо належним чином проводити підготовчі операції на вимені з метою визивання повноцінного рефлексу молоковіддачі.

Майже всі дослідники сходяться на думці, що для вилучення молока з вимені більшості молочних корів достатньою величиною вакуумметричного тиску в піддійковому просторі слід вважати 33...40 кПа в зв'язку з тим, що величина тонусу сфінктера дійки становить близько 40 кПа і в процесі доїння тварини зменшується в 3 ... 4 рази. Однак, інтенсивне доїння неможливо при низькому вакуумі і не дозволяє з високою швидкістю видоювати тварина в зв'язку з гальмуванням рефлексу молоковіддачі.

З іншого боку, високий вакуум при роботі доїльного апарату призводить до пошкодження зовнішньої поверхні дійки через утворення

ефекту "хлопка" при стисканні дійки дійковою гумою і до гальмування молоковіддачі ще не видоєної тварини через наповзання доїльних стаканів на дійки і порушення виведення молока.

R. Gudding і D.M.Calton дотримуються думки, що підвищення рівня вакууму від величини 31,75 мм. рт. ст. (42 кПа) сприяє збільшенню випадків захворювання на мастит. Крім того, перепади рівня вакууму призводять до зворотного току молока, тим самим сприяючи переносу мікробів від хворих чвертей вимені до здорових.

Отже, можна зробити наступний висновок: величина вакууму повинна бути не більше необхідної для інтенсивного відводу молока для кожної окремої фази доїння. На думку провідних вчених в області машинного доїння корів, робочий вакууметричний тиск доїльних апаратів в фазі основного доїння повинно знаходитися в межах 46 ... 50 кПа, в фазі додоювання і стимуляції - в межах 33 ... 40 кПа.

Так як, молоковиведення нерозривно пов'язане з рефлекторною діяльністю тварини, основне завдання машинного доїння не тільки повністю і без шкоди для тварини забрати молоко, але і максимально зменшити використання ручної праці, як при роздоюванні новотільних корів, так і доїнні основного стада.

Виходячи з цього, технологія доїння корів з використанням доїльних машин повинна включати в себе: обмивання вимені; обтирання; здоювання перший цівок молока; включення апарату і мікромасаж дійок в початковий період доїння при безпечній величині вакууметричного тиску; процес доїння і контроль за ним; машинне додоювання з мікромасажем дійок; відключення доїльного апарату. Однак при цьому так і залишається не вирішеним питання повного і безпечного видоювання корів при доїнні у відро при їх прив'язному утриманні.

## 1.2 Аналіз конструкцій доїльних апаратів

У сучасному тваринництві конструкції доїльних апаратів повинні відповідати як технічним, так і фізіологічним вимогам, що забезпечують ефективність роботи та збереження здоров'я тварин. У зв'язку з цим доїльні апарати класифікують за різними ознаками, які враховують особливості їх конструкції та функціонування (рис. 1.2):

- за принципом роботи, який визначає механізм створення вакууму та регулювання процесу доїння;
- за способом отримання молока, що може бути безпосередньо з вимені або через проміжні системи;
- за характером вилучення молока, зокрема, безперервний чи порційний відбір;
- за режимом доїння, який поділяється на одночасний, попарний або індивідуальний вплив;
- за характером впливів на дійки вимені, враховуючи ступінь вакуумного навантаження та інтенсивність стимуляції;
- за конструкцією доїльного стакану, який може мати різні типи ущільнювачів і форми для оптимального контакту з вим'ям;
- за конструкцією колектора, що визначає спосіб збору і транспортування молока;
- за конструкцією пульсатора, який забезпечує зміну вакууму та створення потрібного режиму доїння;
- за місцем збору молока, яке може бути організоване безпосередньо у відро, систему трубопроводів або в окрему ємність.

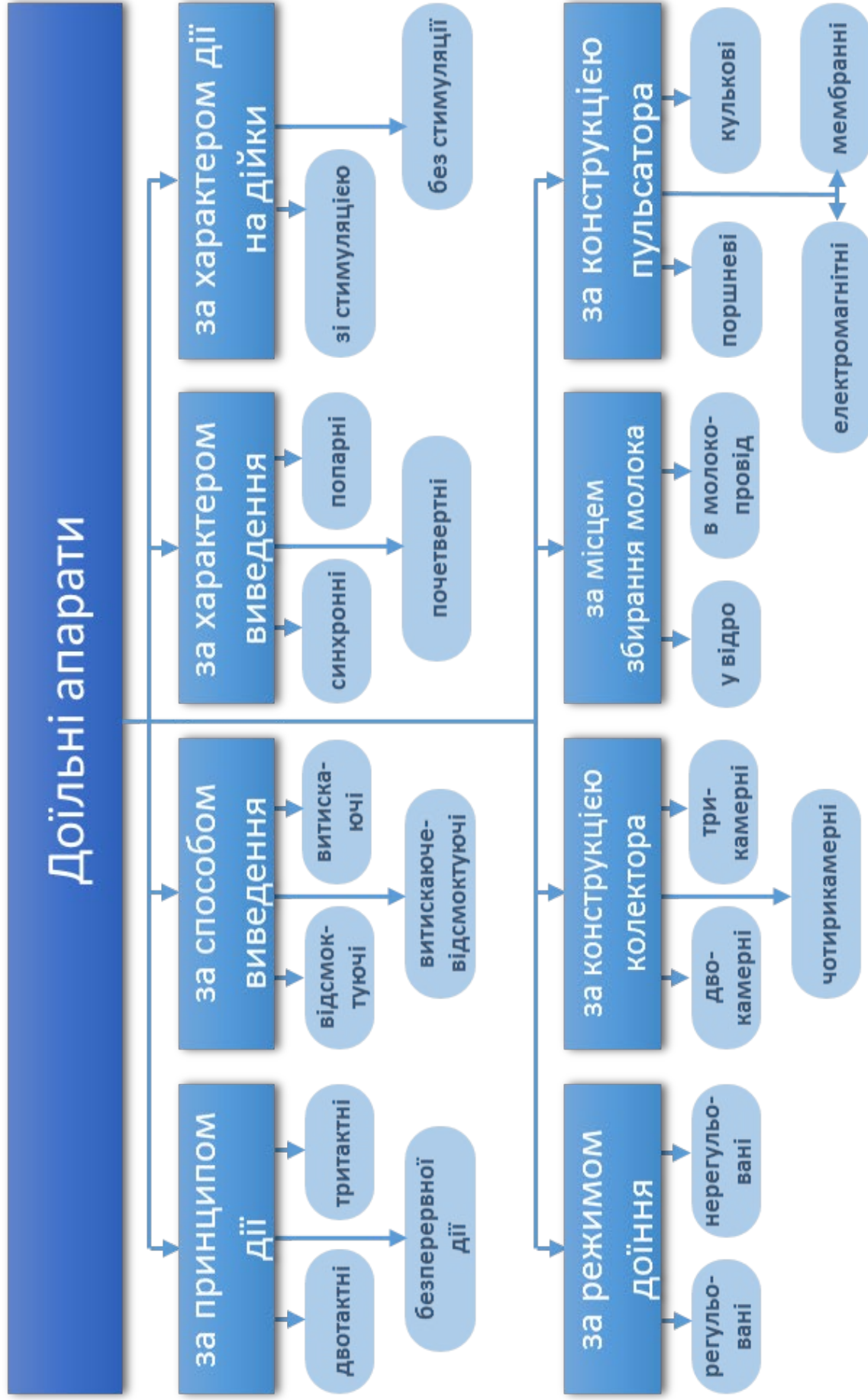


Рисунок 1.2 – Класифікація доїльних апаратів

Колектор у складі доїльного апарату виконує ключову функцію збору молока, яке надходить із піддійкових камер доїльних стаканів, та його подальшого транспортування до молокопроводу. Конструкція колектора забезпечує рівномірний відтік молока, мінімізуючи ризик утворення пінки або повітряних пробок, що впливає на якість молока та стабільність роботи системи.

Важливим елементом колектора є розподільник, який здійснює передачу змінного вакуумметричного тиску. Цей тиск подається від пульсатора, що виконує перетворювальну функцію, до міжстінних камер доїльних стаканів. Завдяки цьому забезпечується ритмічна зміна тиску, що імітує природний процес смоктання. Це сприяє стимуляції молоковіддачі та забезпечує делікатне вилучення молока без травмування діжок вимені.

Така взаємодія конструктивних елементів, як колектор, розподільник і пульсатор, дозволяє доїльному апарату працювати ефективно, забезпечуючи оптимальні умови для доїння та збереження здоров'я тварин.

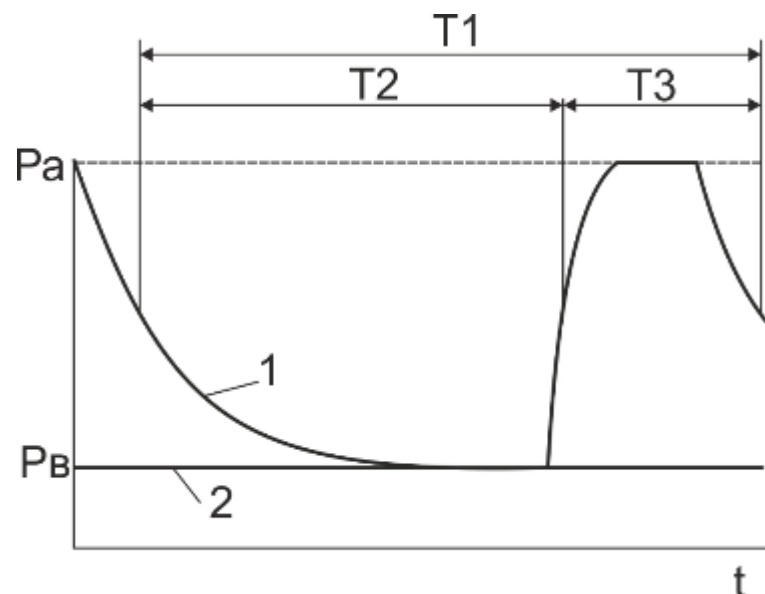


Рисунок 1.3 - Осцилограми циклічних коливань вакууму в міжстінній і піддійковій камерах доїльних стаканів апарату, який працює за двотактним принципом (1, 2 – стан повітря у між стінній та піддійковій камерах. T1 – час циклу; T2 – такт ссання; T3 – такт стиску



Пульсатор є важливим елементом доїльного апарату, оскільки забезпечує подачу пульсуючого вакууму, який дозволяє змінювати такти роботи доїльного стакана – від ссання до стиску і навпаки. Завдяки цій зміні створюються умови для ефективного вилучення молока. Проте постійний вплив вакуумметричного тиску, характерний для двотактних систем, може призводити до низки негативних наслідків, таких як порушення кровообігу в дійках, їх подовження до кінця процесу доїння, а також зсування доїльних стаканів. Це, у свою чергу, спричиняє передчасне переривання молоковиведення, неповне видоювання та підвищує ризик розвитку маститу через перетримку стаканів на дійках після завершення продукування молока.

Вирішенням цих проблем є використання тритактного доїльного апарата, який відрізняється від двотактного модифікованою конструкцією колектора. Такий апарат додає третій такт – відпочинку, коли до дійок підводиться атмосферний тиск. Це сприяє відновленню кровообігу в тканинах вимені та зменшує ризик травмування. Третій такт забезпечує фізіологічно більш природний режим доїння, що позитивно впливає на стан здоров'я тварин, підвищує ефективність видоювання та якість молока (рис. 1.4).

Вдосконалення конструкцій доїльних апаратів залишається актуальним завданням, і численні дослідження спрямовані на підвищення ефективності та фізіологічної безпеки процесу доїння.

Доїльний апарат видавлюючого типу «Доярка» працював за принципом постійного низького вакууму під дійкою з одночасною зміною високого вакууму на надлишковий тиск у такті видавлювання. Ця технологія забезпечувала видоювання за рахунок стискання, проте під час інтенсивного припуску молока пропускна здатність апарату виявлялася недостатньою через напівстиснутий стан дійкової гуми. Це спричиняло неповне видоювання корів, знижуючи продуктивність.

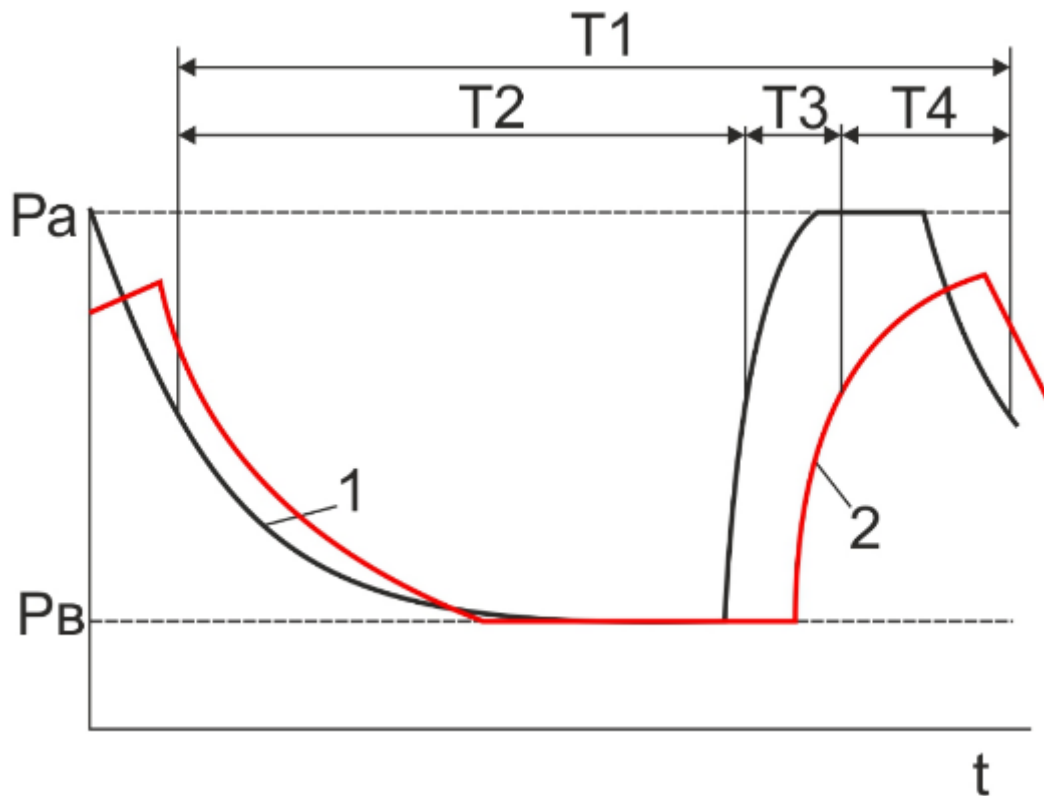


Рисунок 1.4 - Осцилограми циклічних коливань вакууму в міжстінній і піддійковій камерах доїльних стаканів апарату, який працює за тритактним принципом: 1, 2 – стан повітря у між стінній та піддійковій камерах.  $T_1$  – час циклу;  $T_2$  – такт ссання;  $T_3$  – такт стиску;  $T_4$  – такт відпочинку

Стимулюючий доїльний апарат АДУ-1-04 привертає увагу своїм унікальним вібропульсатором, який створює високочастотні (10 Гц) коливання дійкової гуми з амплітудою 1–2 мм. Цей режим роботи імітує природний процес ссання телям і стимулює рефлекс молоковіддачі. Такий підхід дозволяє покращити видоювання корів, підвищуючи його природність і зручність для тварин (рис. 1.5).

Ще однією цікавою розробкою є тритактний доїльний апарат «Волга», обладнаний вібропульсатором. Особливість цієї системи полягає в забезпеченні інтервалів відпочинку, під час яких у піддійкові камери доїльних стаканів впускається повітря. Коливальні рухи дійкової гуми у поєднанні з

контрольованим вакуумом дозволили досягти збільшення надою на 0,2 кг у порівнянні зі стандартними апаратами. Це доводить ефективність тритактного режиму для зменшення травмування вимені та покращення молоковіддачі.

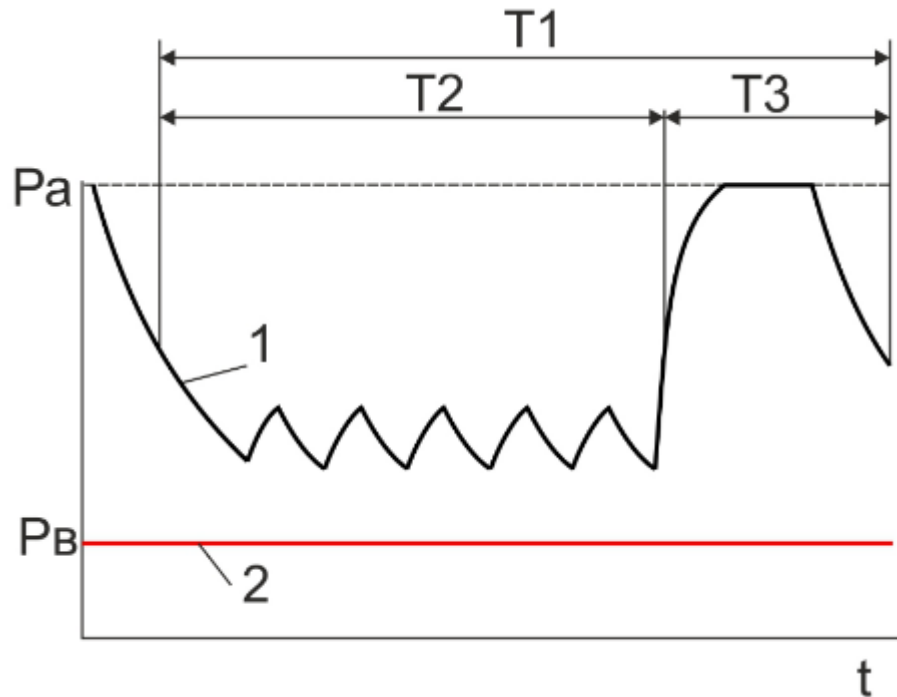


Рисунок 1.5 - Осцилограми циклічних коливань в міжстінній і піддійковій камерах доїльних стаканів апарату АДУ-1-04: 1, 2 – стан повітря у між стінній та піддійковій камерах.  $T_1$  – час циклу;  $T_2$  – такт ссання;  $T_3$  – такт стиску;  $T_4$  – такт відпочинку

Загалом, аналіз наведених розробок демонструє, що вдосконалення доїльних апаратів орієнтоване на інтеграцію новітніх технологій, спрямованих на підвищення ефективності доїння та мінімізацію його негативного впливу на здоров'я тварин.

Стимулюючий доїльний апарат Westfalia «STIMOPULS C» є прикладом інноваційного підходу до процесу доїння, в якому враховані фізіологічні особливості молоковіддачі. Особливістю цього апарату є можливість високочастотної пульсації дійкової гуми з частотою 5 Гц і регульований вплив

вакууму з величиною 20 кПа на початковому етапі доїння. Такий режим роботи дозволяє ефективно стимулювати діжки вимені, що є природним для корови і сприяє кращому рефлексу молоковіддачі.

Окрім серійного доїльного обладнання, на сучасному ринку представлені різні адаптивні апарати, створені для усунення типових недоліків стандартних систем. Конструкції таких апаратів, розроблені різними авторами, спрямовані на підвищення ефективності доїння та забезпечення фізіологічного комфорту тварин.

Дослідники, що працюють у сфері машинного доїння, приділяють особливу увагу відповідності змін вакуумметричного тиску у камерах доїльних стаканів фізіологічним потребам тварин. Це дозволяє мінімізувати негативний вплив процесу доїння на вим'я корів, уникати травмування діжок і сприяти підтриманню їх здоров'я. Таким чином, сучасні розробки спрямовані на досягнення оптимального балансу між технологічними параметрами доїльних апаратів і природними особливостями молоковіддачі, що є важливою умовою комфортного доїння та високої продуктивності.

### 1.3 Аналіз теоретичних досліджень

Модель лактації була отримана одним з перших Гейнсом, яка виглядає наступним чином

$$y_i = k_1 \cdot e^{-k_2 i}, \quad (1.1)$$

де  $y_i$  - добовий надій, усереднений протягом  $i$ -го місяця;

$k_1$  - початковий надій, коли  $i = 0$ ;

$k_2$  - темп приросту надою на місяць.

Пізніше ця модель була приведена до виду

$$y_i = k_1 \cdot i \cdot e^{-k_2 i}, \quad (1.2)$$

Вуд надалі удосконалив модель лактації і представив її в вигляді гамма-функції

$$y_i = k_1 \cdot i^{k_2} \cdot e^{-k_3 i}, \quad (1.3)$$

де  $y_i$  - середньодобовий надій молока, кг/добу в  $i$ -й тиждень лактації;

$k_1$  - масштабний коефіцієнт;

$k_2$  та  $k_3$  - визначають форму кривої лактації ( $k_1, k_2, k_3 > 0$ ).

В якості опції, апроксимуючої криву молоковіддачі, в свою час була запропонована сума експонент (рис. 1.6).

$$f(t) = A_1 e^{-p_1 t} + A_2 e^{-p_2 t}, \quad (1.4)$$

де  $A_1, A_2, p_1, p_2$  - коефіцієнти;

$t$  - час доїння.

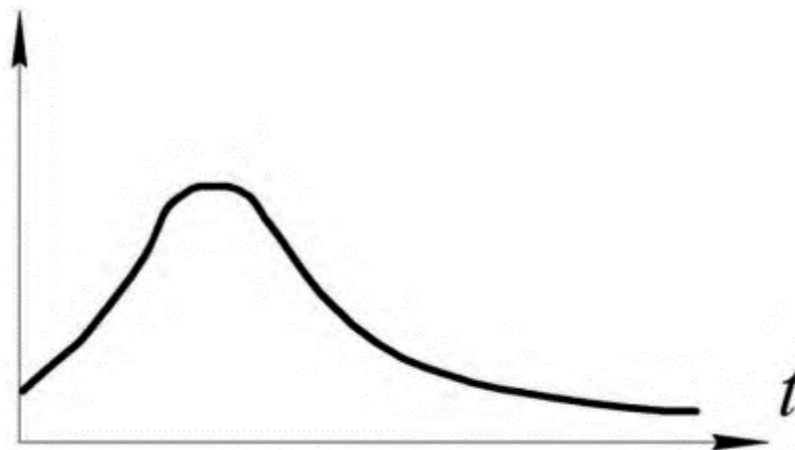


Рисунок 1.6 – Крива молоковіддачі

Також для аналізу кривої молоковіддачі, встановлення її коефіцієнтів і характеристик перехідних процесів була запропонована електрична модель (рис. 1.7)

$$f(t) = \frac{U}{L(x_1 - x_2)} (e^{x_1 t} - e^{x_2 t}), \quad (1.5)$$

де  $t$  - час доїння;

$x_1, x_2$  - коефіцієнти, що визначаються за формулою

$$x_{1,2} = -\frac{r}{2L} \pm \sqrt{\frac{r^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}, \quad (1.6)$$

де  $r$  - активний опір, Ом;

$L$  - індуктивний опір, Ом;

$C$  - ємність конденсатора, мкФ.

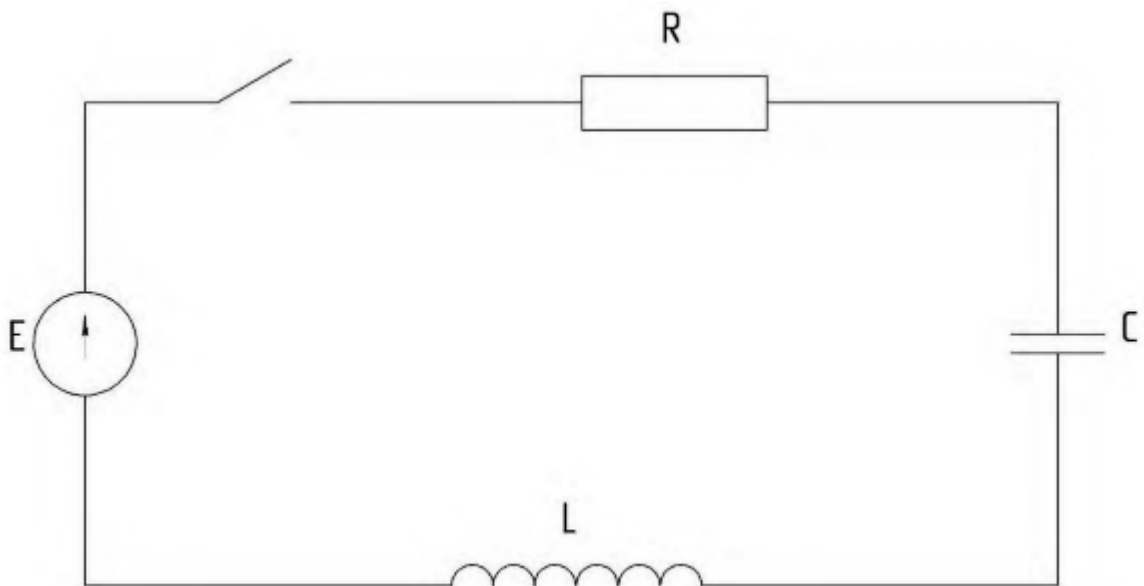


Рисунок 1.7 - Електрична схема приладу для аналізу кривої молоковіддачі

Ульянов В.М. для обґрунтування параметрів дворежимного доїльного апарату отримав залежність часу включення (відключення) стимулюючого пульсатора від параметрів пристрою управління режимом доїння

$$t = \frac{\mu\omega_1\sqrt{2gh}}{2n_1} - \frac{C \cdot S_m}{n_1} + \frac{S_m}{n_1} \sqrt{\left(C - \frac{\mu\omega_1\sqrt{2gh}}{2S_m}\right)^2 + \frac{2n_1h}{S_m}}, \quad (1.7)$$

де  $S_m$  - площа поперечного перерізу вхідного молочного патрубку кришки відра, м<sup>2</sup>;

$\mu$  - коефіцієнт витрати,  $\mu = 0,6 \dots 0,7$ ;

$n_1$  - коефіцієнт пропорційності, м<sup>3</sup>/с<sup>2</sup>;

$h$  - рівень молока в ковші, м;

$\omega_1$  - площа отвору в ковші, м<sup>2</sup>.

$C$  - постійна інтегрування.

#### 1.4 Висновки по розділу

При доїнні корів в доїльне відро невеликими групами при їх прив'язному утриманні найбільш доцільно застосовувати стимулюючий доїльний апарат попарної дії, який забезпечить повне і безпечне виведення молока з вимені при виконанні різних технологічних операцій: доїння основного стада, роздоювання новотільних корів в родильному відділенні та ін.

## 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

### 2.1 Розробка конструктивно-технологічної схеми

Вимоги, які встановлюють порядок впливу на молочну залозу корови, лягли в основу розробки конструктивно-технологічної схеми експериментального доїльного апарату. В результаті аналізу встановлено загальний алгоритм роботи доїльного апарату з доїнням у відро (рис. 2.1).

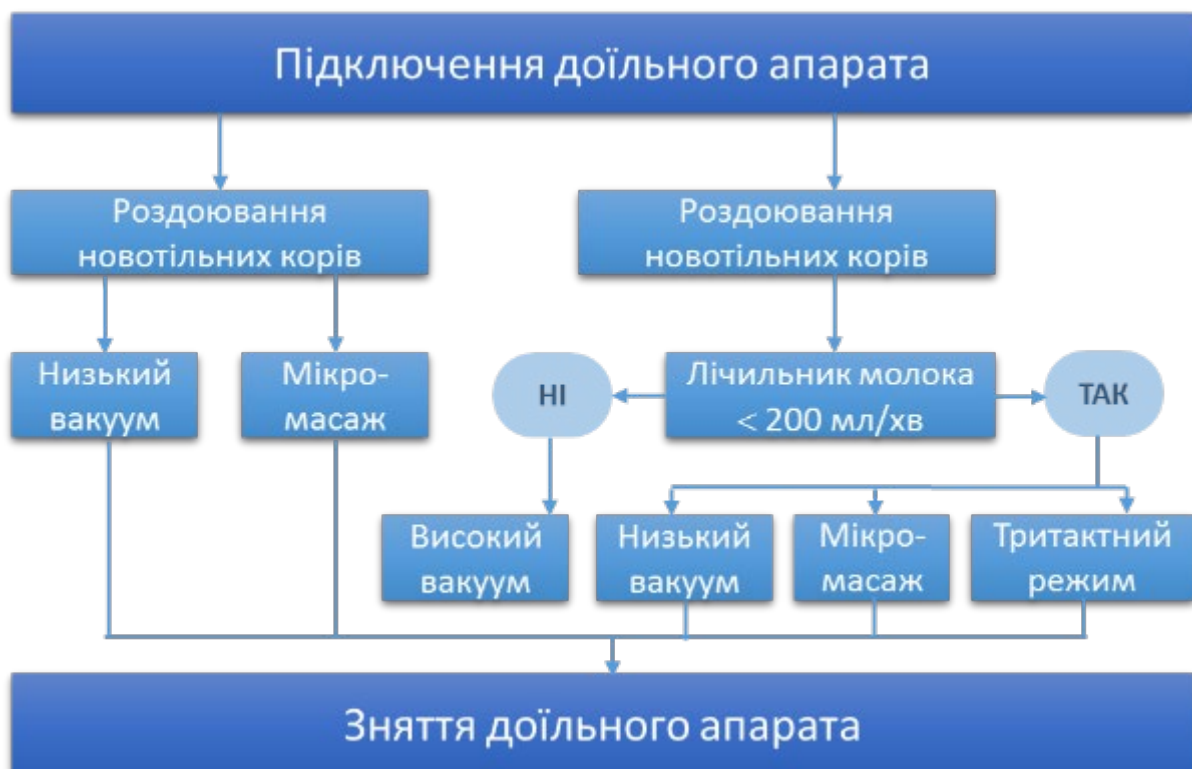


Рисунок 2.1 - Алгоритм роботи експериментального доїльного апарата



Алгоритм роздоювання новотільних корів і доїння основного стада реалізує поетапну зміну режимів роботи доїльного апарата відповідно до фізіологічного стану тварин і інтенсивності молоковіддачі.

На початковому етапі, під час роздоювання новотільних корів, забезпечується постійна стимуляція молоковіддачі або знижений рівень вакууму. Це дозволяє уникнути стресу та травмування вимені, сприяючи плавній адаптації тварин до процесу доїння.

Для основного стада корів, після підключення підвісної частини апарату, молоко проходить через пристрій реєстрації потоку молока. Якщо інтенсивність потоку молока становить менше 200 г/хв., апарат переходить на щадний режим роботи:

1. Застосовується низький вакуум (33–38 кПа).
2. Може активуватися тритактний режим.
3. Реалізується режим стимуляції молоковіддачі через мікромасаж дійок.

Коли інтенсивність молоковіддачі перевищує 200 г/хв., апарат переходить до основного двотактного режиму роботи з вищим рівнем вакууму, що забезпечує максимальну продуктивність. У разі зниження інтенсивності потоку молока нижче 200 мл/хв., апарат повертається до початкового режиму доїння для забезпечення повного видоювання молока.

На основі цього алгоритму розроблено конструктивно-технологічну схему доїльного апарату, яка передбачає виконання таких технологічних операцій:

Стимуляція молоковіддачі на початку та в кінці доїння через мікроколивання стінок дійкової гуми.

Використання низького вакууму для фізіологічно комфортного впливу на дійки вимені.

Для реалізації функції масажу в конструкції доїльного апарату запропоновано модернізований вібропульсатор. Він оснащений високочастотним блоком з додатковим керуючим патрубком, який подає

імпульси змінного тиску (вакуум-атмосфера) у міжстінні камери доїльних стаканів під час такту ссання.

Перемикання режимів роботи високочастотного блоку забезпечується перемикачем, встановленим у верхній частині доїльного відра. На початку доїння, під впливом маси вантажного елемента, молокозловлювач займає верхнє положення. Через це атмосферний тиск передається через розподільний вал і розподільник у камеру змінного тиску блоку управління рівнем вакууму. Така схема дозволяє гнучко адаптувати параметри роботи доїльного апарату відповідно до стану тварини та етапу доїння, забезпечуючи ефективність і безпечність процесу.

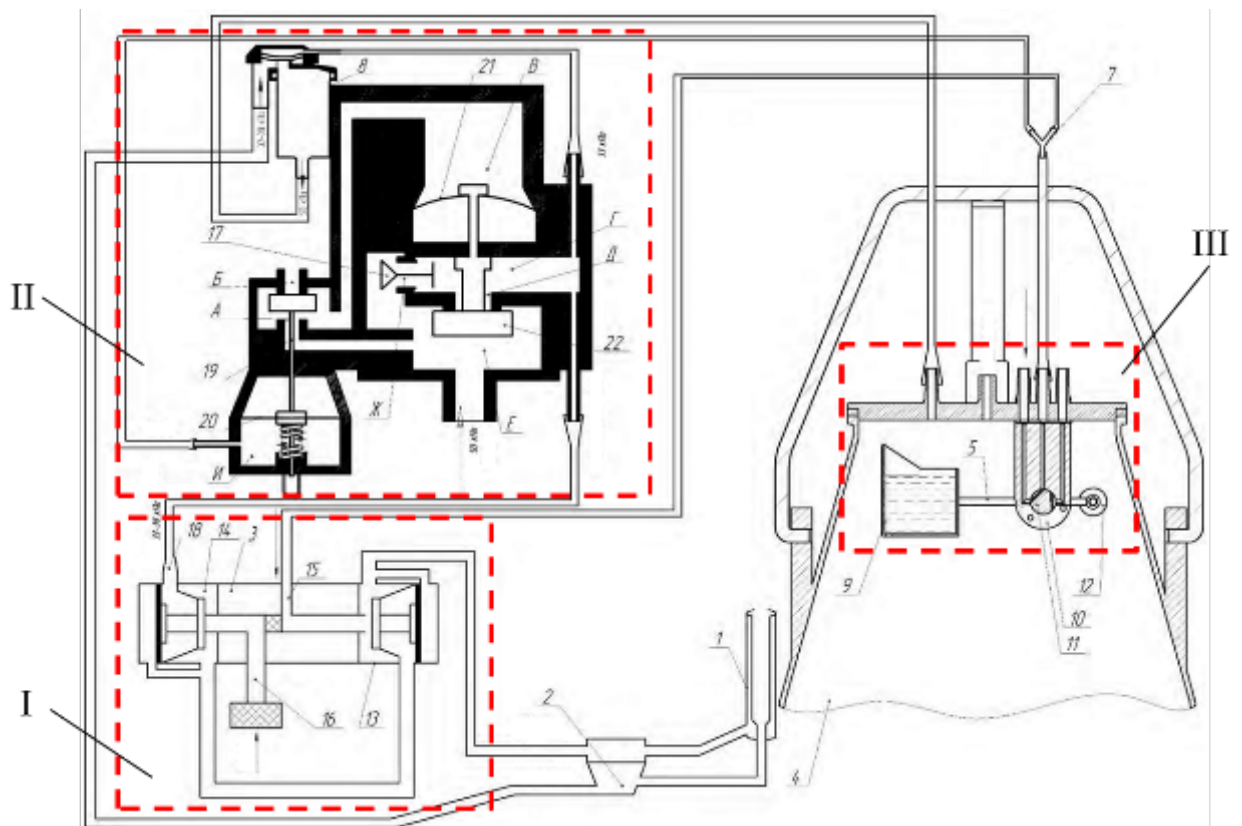


Рисунок 4 - Конструктивно-технологічна схема доїльного апарату: I – удосконалений вібропульсатор; II – блок управління вакуумом; III- блок управління стимуляцією

## 2.2 Моделювання процесу виведення молока

На сьогодні представляє великий практичний інтерес дослідження процесу молоковиведення від впливу категорії факторів, зміна яких викликає певну реакцію тварин в залежності від їх індивідуальних особливостей. Зокрема, моделювання кривої молоковіддачі є вкрай необхідним для розробки і проектування механізму управління режимом доїння, коли необхідно знати момент  $t$  (с) часу на який досягається певна величина інтенсивності молоковиведення  $Q$  (кг/хв) для включення (відключення) стимулюючих режимів (зниженого рівня вакууму, мікромасажу і ін.).

Виходячи з того, що в початковий період доїння швидкість вилучення молока сучасними доїльними апаратами мала, а зі збільшенням збудження рухового центру молочної залози корови поступово зростає, дослідники розглядають процес виведення молока у вигляді окремих стадій:

- фаза А - наростання молоковіддачі;
- фаза Б - інтенсивність молоковиведення на максимальному рівні;
- фаза С - зниження молоковіддачі (рис. 2.3).

Якщо задатися відомою величиною часу доїння (наприклад,  $T = 480$  с), то в початковий період доїння  $[0: T/2]$  інтенсивність молоковиведення досить добре описується функцією

$$Q_1(t) = \frac{\arctg(A(t-B)) + \arctg(AB)}{\frac{\pi}{2} + \arctg(AB)}, t \leq 240, \quad (2.1)$$

де  $A, B$  - постійні коефіцієнти;

$t$  - тривалість доїння, с.

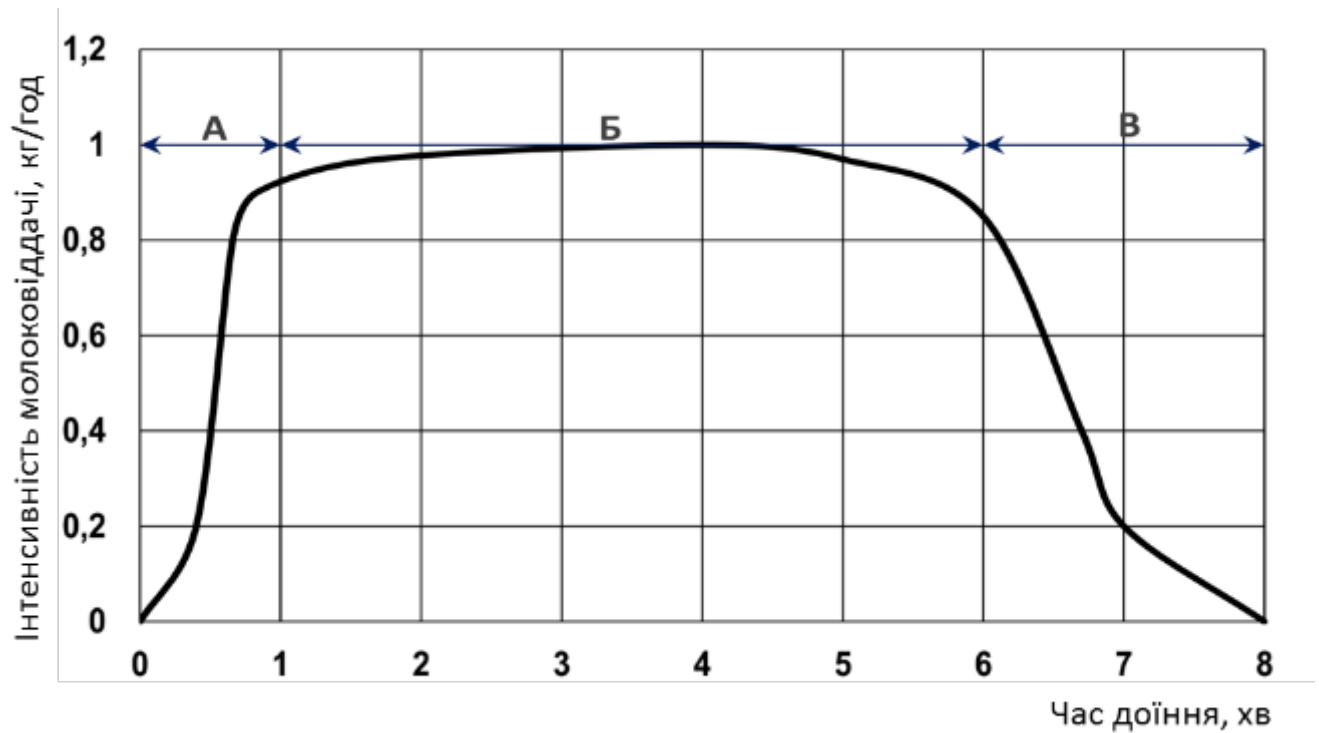


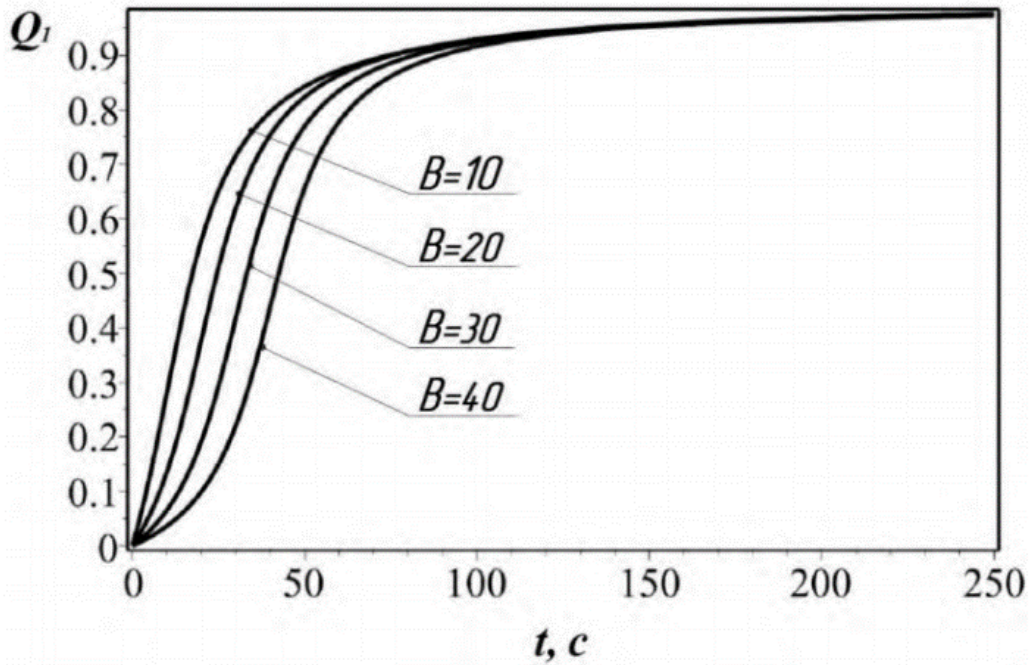
Рисунок 2.3 - Окремі стадії процесу виведення молока з вимені

Функція (2.1) є нормованою, так як безліч її значень належать відріzkу  $[0:1]$ . Параметр  $B$ , що входить у вираз (2.1), визначає інтенсивність наростання молоковиведення, що залежить від індивідуальних якостей тварини. Параметр  $A$ , що входить в (2.1), так само визначає характер кривої швидкості наростання молоковиведення. На рис. 2.4 показані залежності питомої інтенсивності молоковиведення в початковий період доїння при різних значеннях  $A$  і  $B$ .

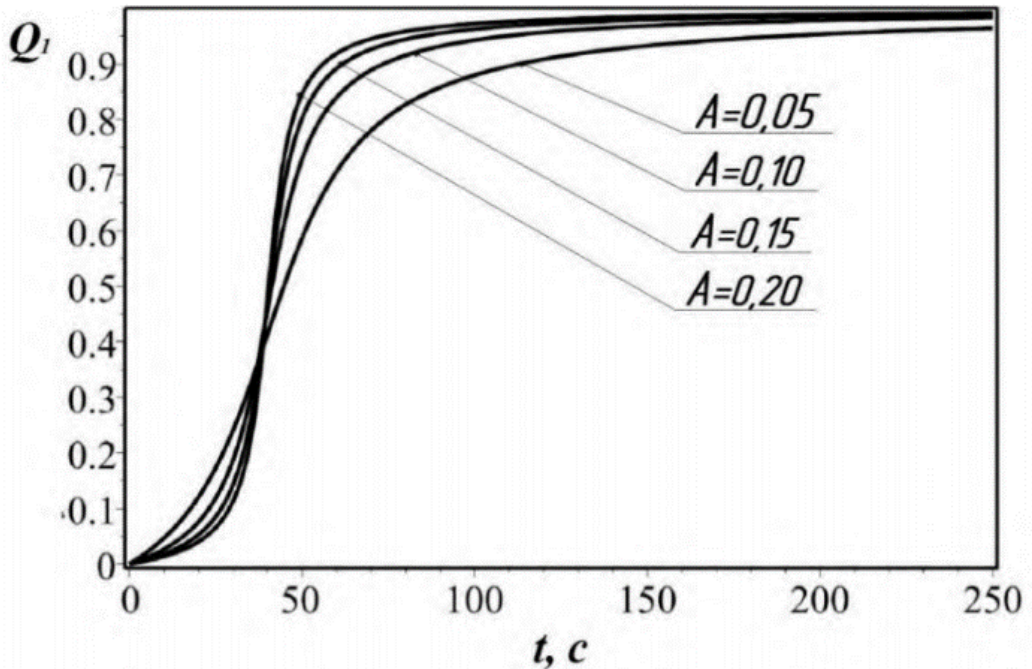
Як видно з рис. 2.4 числові значення коефіцієнтів  $A$  і  $B$  у зазначеному діапазоні різним чином змінюють характер кривої молоковіддачі, що дозволяє адекватно моделювати процес виведення молока з вимені з урахуванням індивідуальних якостей тварини.

На ділянці кінцевого періоду доїння  $[T/2:T]$ , коли відбувається спад інтенсивності молоковиведення, швидкість може бути описана нормованою функцією

$$Q_2(t) = \frac{1,045(\arctg(0,25A(480-t-4B)) + \arctg(AB))}{\frac{\pi}{2} + \arctg(AB)}, 240 < t \leq 480. \quad (2.2)$$



а



б

Рисунок 2.4 - Питома інтенсивність молоковидедення при різних значеннях  $B$  (а) та  $A$  (б)

Графік залежності питомої інтенсивності молоковидедення на ділянці заключного періоду доїння при  $A = 0,175$ ,  $B = 20$  має вигляд (рис. 2.5).

Складання питомих функцій молоковидедення в початковий і кінцевий періоди доїння представляється функціональною залежністю:

$$Q_3(t) = \begin{cases} \frac{\arctg(A(t-B)) + \arctg(AB)}{\frac{\pi}{2} + \arctg(AB)}, & t \leq 240 \\ \frac{1,045(\arctg(0,25A(480-t-4B)) + \arctg(AB))}{\frac{\pi}{2} + \arctg(AB)}, & 240 < t \leq 480 \end{cases}, \quad (2.3)$$

графік якої представлений на рис. 2.6, б:

Якщо задати максимальну швидкість молоковидедення деякою величиною  $m_{\max} = 1,2$  кг/хв, то вираз (2.3) набуде вигляду

$$Q(t) = m_{\max} \cdot Q_3(t), \quad (2.4)$$

і дасть залежність інтенсивності молоковидедення від часу.

Наприклад, при  $m_{\max} = 1,2$  кг/хв функція  $Q$  прийме вид  $Q = 1,2 \cdot Q_3(t)$

Інтегрування виразу (2.4)

$$\int_0^T \frac{Q(t)}{60} dt, \quad (2.5)$$

являє собою величину надою молока (кг) за період доїння.

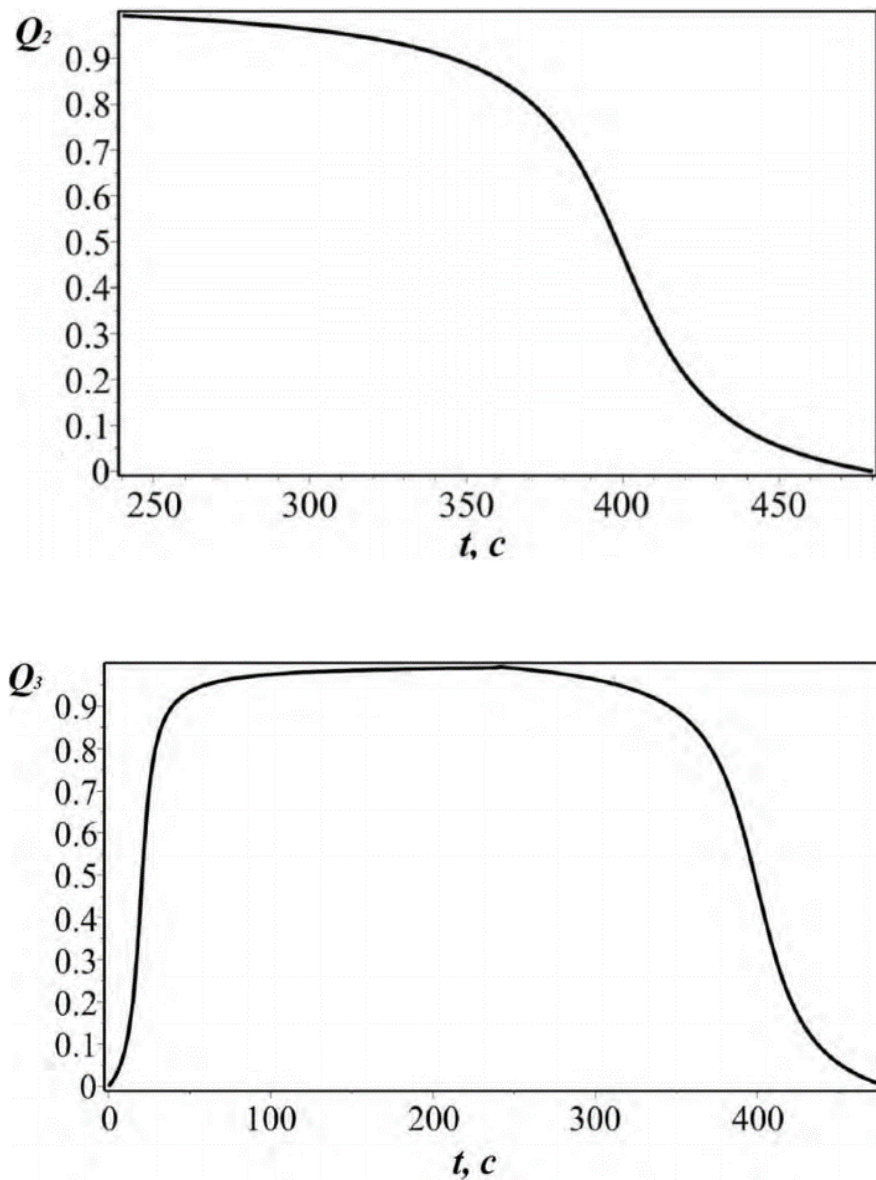


Рисунок 2.6 - Питома інтенсивність молоковидедення в заключний період доїння

Середня інтенсивність молоковидедення (кг/хв) визначається залежністю (2.6)

$$\frac{1}{T} \int_0^T Q(t) / 60 \cdot dt, \quad (2.5)$$

Отримані функціональні залежності дозволяють достовірно описувати процес виведення молока з вимені корови і можуть бути використані при розробці та проектуванні нових технічних засобів машинного доїння.

## 2.3 Визначення технологічних параметрів доїльного апарата

### 2.3.1 Визначення часу роботи стимулятора удосконаленого вібропульсатора

З раніше проведених теоретичних досліджень встановлено, що залежність (2.4) інтенсивності молоковиведення ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) від часу можна представити у вигляді

$$Q(t) = m_{\text{max}} \cdot Q_3(t) / \rho / 60 \quad (2.7)$$

де  $\rho$  - щільність молока,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Розглянемо тепер процес наповнення молоковллювача (рис. 2.7) в початковий період доїння.

За деякий проміжок часу  $\Delta t$  об'єм молока, ( $\text{м}^3$ ) в молоковллювачі збільшиться на величину,

$$S_m h(t + \Delta t) - S_m h(t), \quad (2.8)$$

де  $S_m$  - площа перерізу молоковллювача,  $\text{м}^2$ .

Це відбувається за рахунок поповнення молоковллювача молоком в кількості,  $\text{м}^3$ .

$$\frac{Q(t + \Delta t) + Q(t)}{2} \Delta t. \quad (2.9)$$

За цей же проміжок часу через отвір діаметром  $d$ ,  $\text{м}$  відводиться молоко об'ємом,  $\text{м}^3$



$$Q_{\text{отв}}(t) = \sigma S_0 \sqrt{2g \frac{h(t + \Delta t) + h(t)}{2}} \Delta t, \quad (2.10)$$

де  $\sigma$  - коефіцієнт витрати,  $\sigma=6,0 \dots 7,0$ ;

$S_0$  - площа отвору,  $\text{м}^2$ ;

$g$  - прискорення вільного падіння,  $\text{м}/\text{с}^2$ .

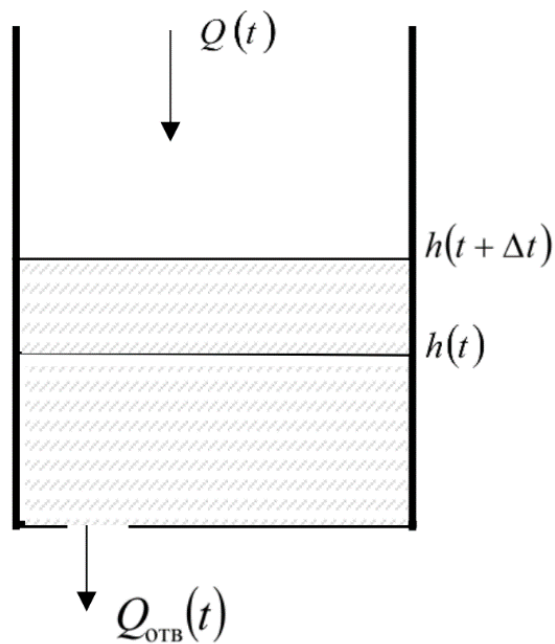


Рисунок 2.7 - До виведення рівняння, що визначає рівень молока в молоколовлювачі

З огляду на вищесказане, отримуємо

$$S_m h(t + \Delta t) - S_m h(t) = \frac{Q(t + \Delta t) + Q(t)}{2} \Delta t - \sigma S_0 \sqrt{2g \frac{h(t + \Delta t) + h(t)}{2}} \Delta t. \quad (2.11)$$

Розділивши останнє рівняння на  $\Delta t$  і перейшовши до межі при  $\Delta t \rightarrow 0$ , отримуємо рівняння, що визначає рівень молока в молоколовлювачі:

$$S_m \frac{dh}{dt} = Q(t) - \sigma S_o \sqrt{2gh}. \quad (2.12)$$

На рис 2.8 представлені результати чисельної реалізації виразу (2.12) за допомогою комп'ютерної програми Maple при  $S_m = 0,0035 \text{ м}^2$ ,  $m_{\text{max}} = 1,3 \text{ кг/хв}$ , діаметрі випускного отвору  $d = 0,006 \text{ м}$ .

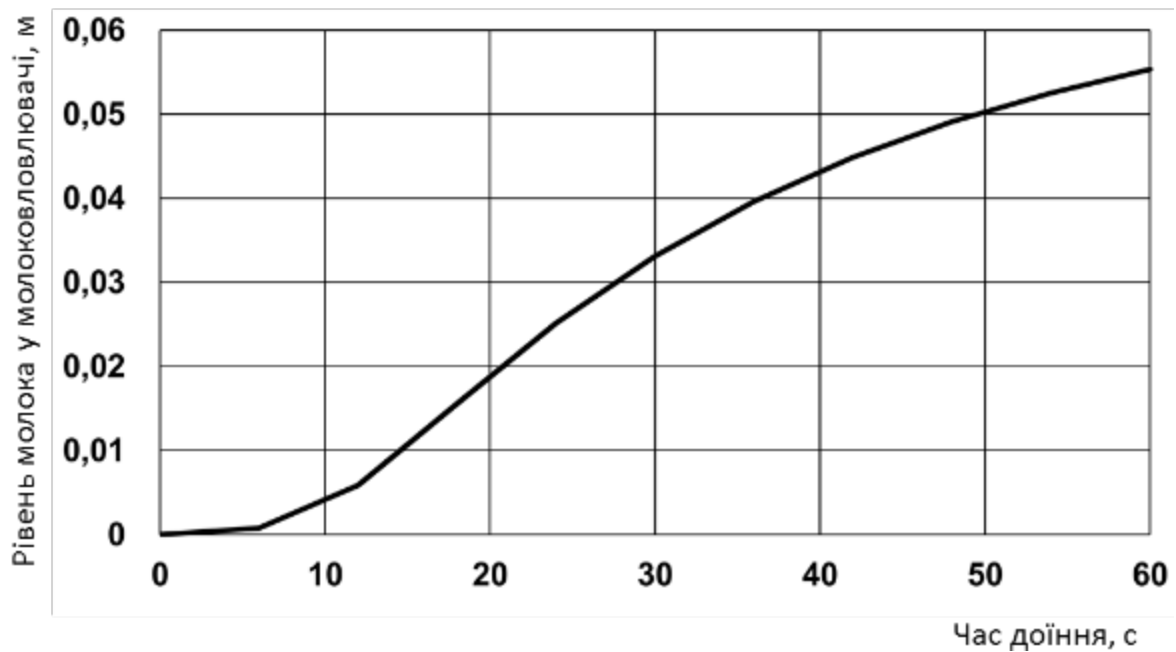


Рисунок 2.8 - Залежність рівня молока в молоковллювачі від часу

З цього графіка можна визначити час  $T$  досягнення максимального рівня молока в молоковллювачі  $h_{\text{max}}$ .

### 2.3.2 Визначення ваги вантажу в системі молоковллювач-вантаж

Перейдемо тепер до питання визначення ваги вантажу в системі молоковллювач-вантаж (рис. 2.9).

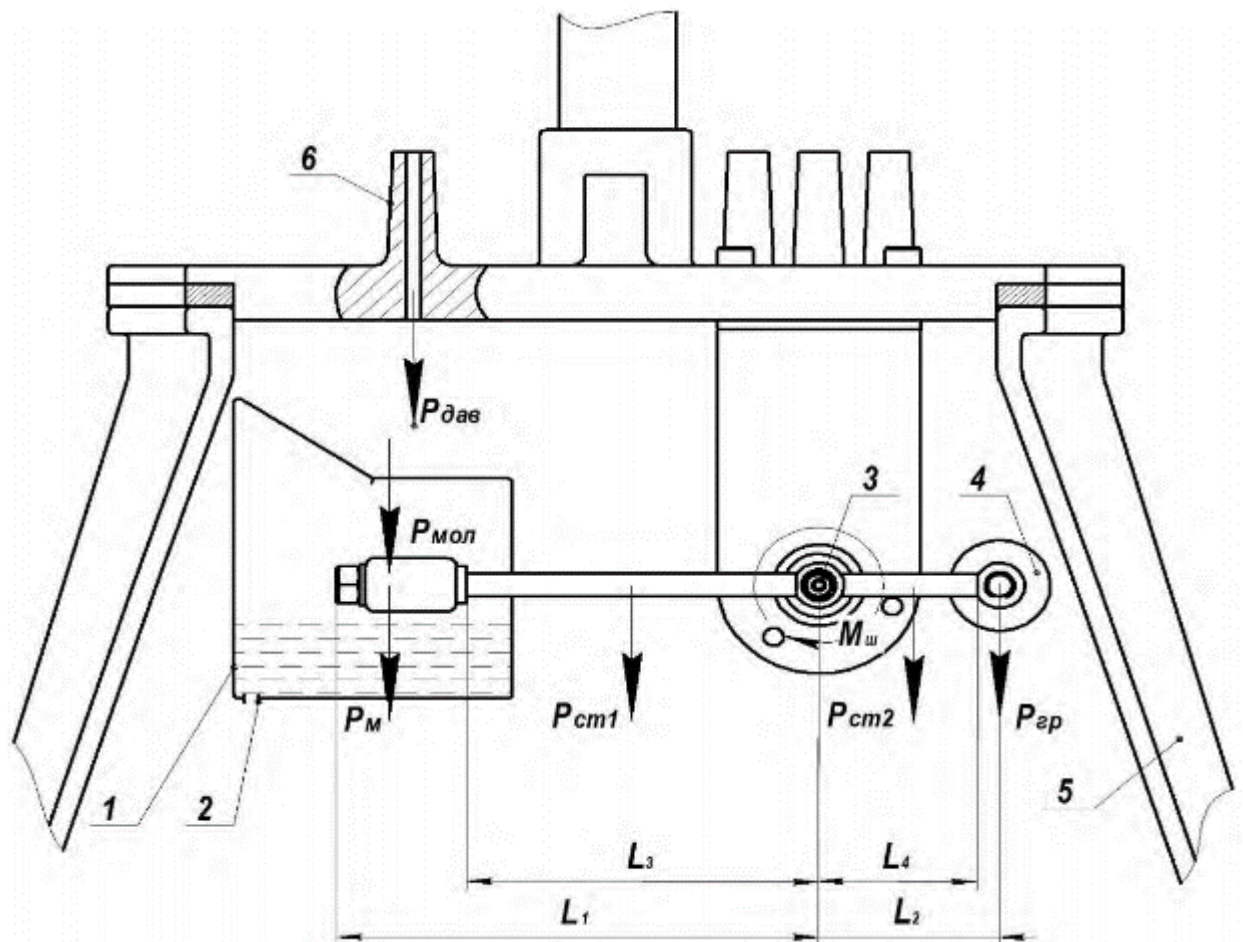


Рисунок 2.9 - Схема до висновку визначення ваги вантажу: 1 - молоковловлювач; 2 - отвір; 3 - шарнір; 4 - вантаж; 5 - молокоприймач; 6 - патрубок

На цю систему з одного боку діють сила  $P_1$ , що має відносно шарніра плече  $L_1$  і визначається за формулою,

$$P_1 = P_M + P_{\text{мол}} + P_{\text{тис}} , \quad (2.13)$$

де  $P_M$  і  $P_{\text{мол}}$  - відповідно вага молоковловлювачі і молока в ньому, Н;

$P_{\text{тис}}$  - сила тиску струменя молока на ківш, Н.

З іншого боку на систему діє сила ваги стрижня  $P_{\text{ст1}}$  (Н), що має плече  $L_3/2$ . З іншого боку на систему діють вага вантажу  $P_B$ , що має плече  $L_2$ , і вага стрижня  $P_{\text{ст2}}$ , що має плече  $L_4/2$ .

Для початку перекидання системи повинно виконуватися нерівність:

$$P_1 L_1 + P_{cr1} L_3 / 2 \geq P_{in} L_2 + P_{cr2} L_4 / 2 + M_{ш}, \quad (2.14)$$

де  $M_{ш}$  - момент опору в шарнірі (Н·м), який визначається за формулою

$$M_{ш} = Pfd, \quad (2.15)$$

де  $f$  - коефіцієнт тертя в шарнірі;

$d$  - діаметр валу, м;

$P$  - загальна вага системи, Н, яка визначається за формулою.

$$P = P_M + P_{мол} + P_{тис} + P_{cm1} + P_{cm2} + P_v, \quad (2.16)$$

Розглянемо сили складові  $P_1$ .

Вага молоколовлювачі  $P_M$  постійна, вага молока в молоколовлювачі визначається за формулою

$$P_M = S_k \rho h_{max}. \quad (2.17)$$

Сила тиску струменя молока на молоколовлювачі  $P_{тис}$ , Н, визначається по формулі

$$P_{тис} = \rho S_{стр} v^2, \quad (2.18)$$

де  $S_{стр}$  - площа каналу, м<sup>2</sup>;

$v$  - швидкість струменя молока, м/с.

Тоді отримуємо

$$P_{\text{misc}} = \frac{\rho Q^2 (T)}{S_{\text{сmp}}}. \quad (2.19)$$

З нерівності (2.14) випливає, що вага вантажу повинна задовольняти нерівності:

$$P_g \leq \frac{P_1 L_1 + P_{\text{сн1}} L_3 / 2 + P_{\text{сн2}} L_4 / 2 M_{\text{ш}}}{L_2}. \quad (2.20)$$

Вираз (2.20) дозволяє визначити геометричні параметри пристрою управління режимом доїння.

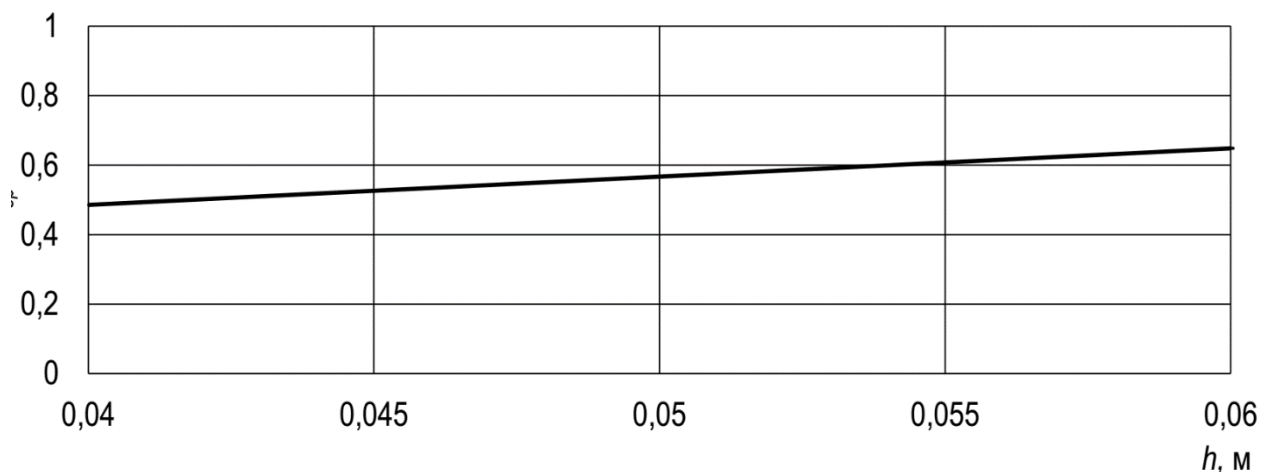


Рисунок 2.10 - Залежність маси вантажного елемента від рівня рідини у молоковловлювачі

На рис 2.10 представлені результати чисельної реалізації вирази (2.20) за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excell при масі молоковловлювача  $m_{\text{мол}} = 0,046$  кг, її обсязі  $V_{\text{мол}} = 0,000253$  м<sup>3</sup>,  $L_1 = 0,072$  м,  $L_2 = 0,031$  м,  $L_3 = 0,035$  м,  $L_4 = 0,094$  м, масі коромисла молоковловлювача  $m_{\text{сг1}} = 0,016$  кг, масі коромисла вантажного елемента  $m_{\text{сг2}} = 0,00795$  кг,  $m_{\text{в}} = 0,08$  кг, отриманих шляхом моделювання в Компас 3D.

## 2.4 Висновки по розділу

1. Теоретично отримано аналітичні залежності, що дозволяють моделювати криву молоковіддачі і встановити: 1) момент  $t$  (с) часу на який досягається певна величина інтенсивності молоковиведення (2.4); 2) величину надою молока (кг) за період доїння (2.5); середню інтенсивність молоковиведення (кг/хв) за період доїння (2.6). Так, встановлено, що при  $A = 0,175$ ;  $B = 30$ ;  $T = 480$  с;  $m_{\max} = 1,3$  кг/хв час доїння протягом якого інтенсивність молоковиведення наростає до  $Q = 0,3$  кг/хв становить  $t = 24$  с, середня інтенсивність молоковиведення за період доїння -  $Q_{\text{ср}} = 0,9$  кг/хв, величина надою молока - 9,1 кг.

2. Теоретичними дослідженнями встановлено, що час роботи високочастотного блоку вібропульсатора (2.12) залежить як від конструктивних параметрів блоку управління режимом доїння (площі перерізу  $S_m$  і рівня молока  $h$  в молоковлочувачі, діаметра  $d_{\text{ж}}$  отвори жиклера), так і від фізіологічних особливостей тварини (характеру наростання швидкості молоковиведення, визначених параметрами  $A$  і  $B$ ). При  $A = 0,175$ ;  $B = 30$ ;  $S_m = 0,0035$  м<sup>2</sup>,  $m_{\max} = 1,3$  кг/хв, діаметрі випускного отвору  $d = 0,006$  м рівень молока  $h = 0,05$  м досягається за час  $t = 50$  с.

3. Теоретично доведено, що рівень рідини в молоковлочувачі, при якому відбувається її перекидання, залежить від геометричних параметрів пристрою, що вимикає (2.20) блок управління режимом доїння (маси, об'єму, площі перерізу, довжини і маси коромисла молоковлочувача, маси, довжини і маси коромисла вантажного елемента). Так, при масі вантажного елемента  $m_v$ , рівній 0,485; 0,566; 0,648 кг відбувається перекидання молоковлочувача при рівні рідини в ній  $h$ , відповідно рівним 0,04; 0,05; 0,06 м.

## **3 ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА**

### **3.1 Програма лабораторних досліджень**

Пропонована конструкція доїльного апарату повинна відповідати фізіологічним параметрам лактуючої тварини і забезпечувати повне і безпечно виведення молока з вимені. З метою перевірки теоретичних положень і працездатності конструкції експериментального доїльного апарату, а також визначення та уточнення його параметрів і режимів роботи була намічена наступна програма експериментальних досліджень:

- вимірювання і аналіз циклічних коливань тиску в камерах доїльних стаканів, викликаних вібропульсатором з керованим високочастотним блоком;
- визначення часу відключення високочастотного блоку модернізованого вібропульсатора і виявлення конструктивно-режимних параметрів блоку управління режимом доїння.

Для проведення лабораторних досліджень за вказаною програмою необхідно розробити методику їх проведення.

### **3.2 Методика проведення лабораторних досліджень**

#### **3.2.1 Лабораторне обладнання та прилади**

Схема і загальний вигляд лабораторної установки для вимірювання і аналізу циклічних коливань тиску в камерах доїльних стаканів, викликаних вібропульсатором з керованим високочастотним блоком, представлені відповідно на рис. 3.1 і 3.2.

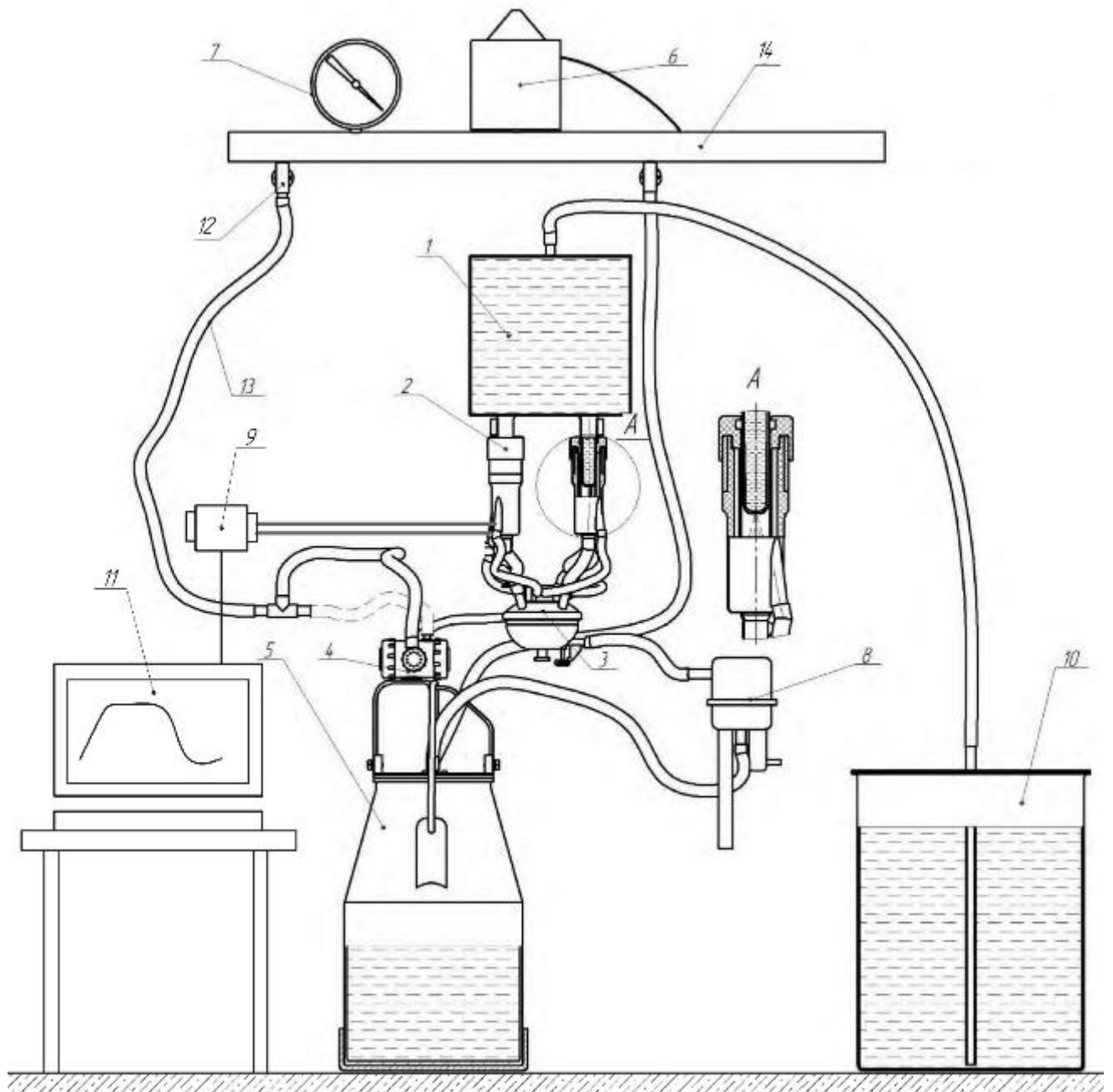


Рисунок 3.1 - Схема лабораторної установки: 1 – штучне вим'я; 2 – доїльні стакани; 3 - колектор; 4 - вібропульсатор; 5 - доїльне відро; 6 - регулятор вакууму; 7 - вакуумметр; 8 – блок керування вакуумом; 9 - АЦП NI USB 6008; 10 – ємність з водою; 11 – ПЕОМ; 12 - вакуумний кран; 13 – вакуумний шланг; 14 – вакуумпровід





Рисунок 3.2 – Загальний вигляд лабораторної установки

### 3.2.2 Методика вимірювання циклічних коливань тиску

У зв'язку з тим, що відомий серійний вібропульсатор АДУ.02.200 випробовувався з одночасно працюючими низькочастотним і високочастотним блоками в режимі постійної стимуляції молоковіддачі при вакуумметричному тиску в вакуумпроводі 50 кПа, а в запропонованій конструкції апарату передбачається його використання в низьковакуумному стимулюючому режимі з включеним високочастотним блоком і в основному пульсуючому режимі з відключеним високочастотним блоком, проводилися експериментальні дослідження циклічних коливань в камерах доїльних стаканів і виявлення режимних параметрів модернізованого пульсатора.

Випробування пульсаторів проводять відповідно до вимог стандарту по доїльних установок ISO 6690. Для цього випробовуваний доїльний апарат, що включає доїльні стакани, колектор з розподільником одночасної пульсації, вібропульсатор з керованим високочастотним блоком і молокоприймач підключали до вакуумпроводу. У піддійкову і міжстінну камери доїльного стакана за допомогою трійника під'єднали датчики тиску, з'єднані з АЦП для вимірювання пульсацій, при цьому всі доїльні стакани експериментального апарату закривали заглушками. Випробування проводили при вакуумметричному і надлишковому тисках 48 кПа і відключеному високочастотному блоці модернізованого вібропульсатора (рис. 3.1) і вакуумметричного тиску 38 кПа і включеному високочастотному блоці вібропульсатора.

Рівень вакуумметричного тиску встановлювали за допомогою регулятора вакууму і контролювали вакуумметром.

Відповідно до ISO 5707 цикл пульсації охоплює такі фази: А - фаза відкачування; В - фаза вакууму; С - фаза продувки; D - фаза тиску. Програмне забезпечення «Power Graph», за допомогою якого записували показники датчиків, проводить вимірювання циклічних коливань вакууму в камерах доїльних стаканів з інтервалом часу 2 мс і дискретністю вихідного

параметра 0,1 кПа. При цьому похибка вимірів не перевищує 0,6 кПа. На екран монітора ПЕОМ виводяться осцилограми коливань вакууму. Крім того, програма «Power Graph» проводить обробку отриманої інформації і передає збережені на комп'ютер в форматі Microsoft Excell наступні дані:

- максимальний і мінімальний вакуумметричний тиск в камерах доїльних стаканів, кПа;
- частоту пульсацій вакууму,  $\text{хв}^{-1}$ ;
- співвідношення фаз ссання і стиснення;
- тривалість фаз, мс;
- тривалість робочого циклу, мс.

Далі проводився аналіз отриманої інформації і встановлювалися режимні параметри модернізованого вібропульсатора з керуванням високочастотним блоком.

### **3.2.3 Методика визначення часу відключення високочастотного блоку вібропульсатора**

Для математичного моделювання залежності часу роботи високочастотного блоку пульсатора від параметрів блоку управління режимом доїння використовували теорію планування експерименту. Для цього в якості критерію оптимізації було взято час роботи високочастотного блоку пульсатора. Досліди проводилися з триразовою повторністю, порядок проведення дослідів визначався рандомізацією.

У таблиці 3.1 представлений план БоксаБенкіна для трьох факторів. Рівні варіювання факторів, які використані при проведенні досліджень, обрані на підставі проведеного огляду і теоретичних досліджень (табл. 3.2).

Таблиця 3.1 - Матриця планування експерименту

№ досліду	$X_1$	$X_2$	$X_3$
1	+	+	0
2	-	-	0
3	+	-	0
4	-	+	0
5	+	0	+
6	-	0	-
7	+	0	-
8	-	0	+
9	0	+	+
10	0	-	-
11	0	+	-
12	0	-	+
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

Таблиця 3.2 - Рівні варіювання для трьох факторів

Найменування фактора	позначення	варіювання	Рівні варіювання		
			-1	0	+1
1. Діаметр жиклера $d$ , м	$X_1$	0,1	0,005	0,006	0,007
2. Інтенсивність виведення рідини $Q$ , л/хв	$X_2$	0,25	0,50	0,75	1
3. Маса вантажного	$X_3$	0,03	0,53	0,56	0,59

### 3.3 Результати лабораторних досліджень

Попередні випробування модернізованого вібропульсатора підтвердили його ефективність та стабільність роботи у різних режимах при вакуумметричному тиску в інтервалі 33–40 кПа. У режимі з увімкненим високочастотним блоком вібропульсатор забезпечує мікроколивання дійкової гуми у напівстиснутому стані, створюючи ефективний масаж дійок у такті ссання. Водночас, у пульсуючому режимі з вимкненим високочастотним блоком апарат також демонструє стабільну роботу, забезпечуючи основну функцію доїння.

Однак під час переходу між режимами та при зміні вакуумметричного тиску відзначалося незначне варіювання частоти пульсацій і співвідношення тактів. Для більш точного визначення цих параметрів було проведено серію вимірювань циклічних коливань тиску у міжстінних і піддійкових камерах доїльних стаканів. Вимірювання здійснювали відповідно до методики, описаної в розділі 3.2.2.

Для досліджень було виготовлено експериментальний зразок вібропульсатора з можливістю відключення високочастотного блоку та розроблено спеціальний стенд. Аналіз отриманих осцилограм (рис. 3.4–3.5) дозволив оцінити динаміку коливань у камерах апарату в різних режимах:

- основний режим: вакуумметричний тиск 48 кПа, високочастотний блок вимкнений;
- стимулюючий режим: вакуумметричний тиск 38 кПа, високочастотний блок увімкнений.

У таблиці 3.3 наведено дані щодо максимальних і мінімальних значень вакууму в камерах, частоти пульсацій, співвідношення тактів, тривалості фаз, а також повного циклу роботи.

Аналіз осцилограм (рис. 3.4) показав, що під час переходу до такту стиснення спостерігається значне наростання перепаду тиску між міжстінною та піддійковою камерами. Водночас, за відсутності потоку рідини величина

вакууму під дією залишається стабільною, що свідчить про високу чутливість і адаптивність системи до змін у процесі доїння.

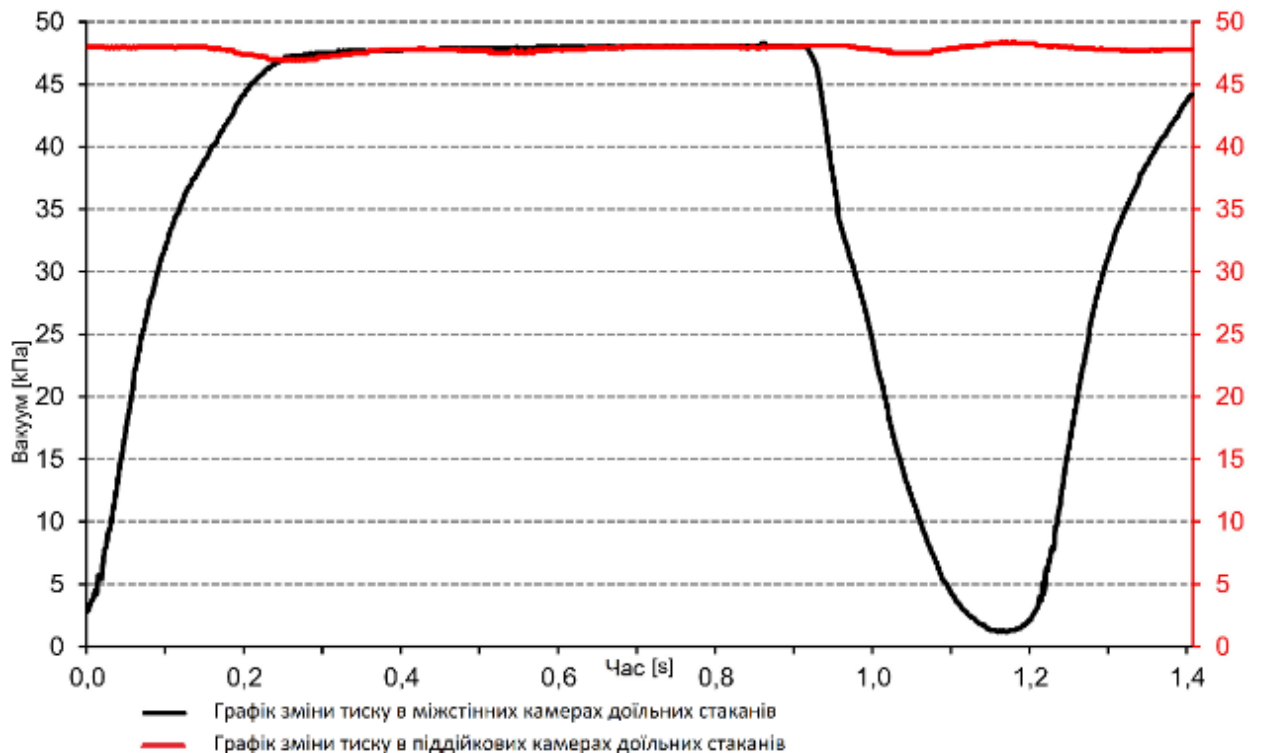


Рисунок 3.4 - Осцилограми циклічних коливань в міжстінній і піддійковій камерах доїльних стаканів досліджуваного доїльного апарату при вакуумметричному тиску 48 кПа і відключеному високочастотному блоці вібропульсатора

Аналіз даних таблиці 3.3 свідчить, що зміна вакуумметричного тиску та стану високочастотного блоку вібропульсатора безпосередньо впливають на режимні параметри роботи апарату.

Зокрема, при вакуумметричному тиску  $P = 48$  кПа та відключеному високочастотному блоці:

- частота пульсацій  $n$  становить 0,84 Гц ( $50,3 \text{ хв}^{-1}$ ).
- співвідношення фаз ссання та стиснення – 75/25 (%).
- тривалість робочого циклу  $t_{\text{ц}}$  дорівнює 1,215 с.

При вакуумметричному тиску  $P = 38$  кПа та включеному високочастотному блоці:

- частота пульсацій  $n$  збільшується до  $1,15$  Гц ( $70,3$   $xv^{-1}$ ).
- співвідношення фаз змінюється до  $70/30$  (%).
- тривалість робочого циклу  $t_{ц}$  скорочується до  $0,829$  с.

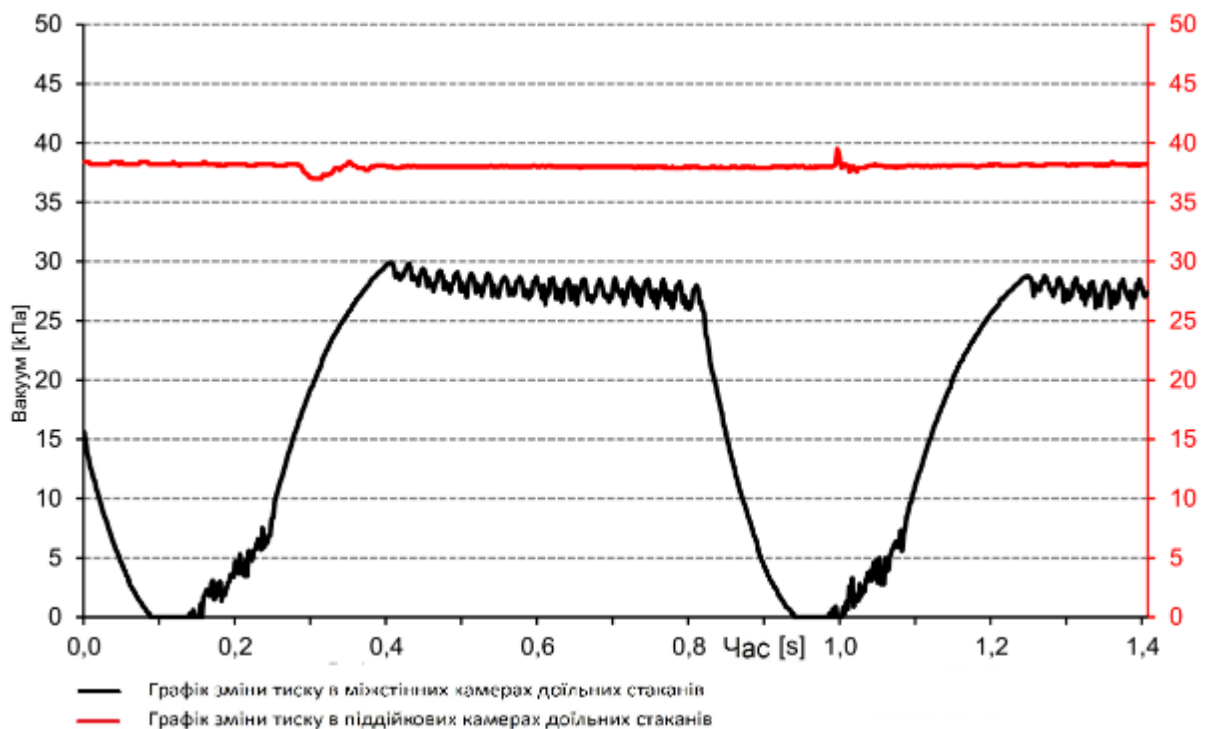


Рисунок 3.5 - Осцилограми циклічних коливань в міжстінній і піддійковій камерах доїльних стаканів досліджуваного доїльного апарату при вакуумметричному тиску 38 кПа і включеному високочастотному блоці вібропульсатора.

Ці зміни вказують на те, що увімкнення високочастотного блоку вібропульсатора та зниження вакуумметричного тиску сприяють прискоренню циклу роботи апарату та більш рівномірному розподілу фаз. Такі параметри відповідають фізіологічним потребам тварини на етапах стимуляції молоковіддачі та завершення доїння.

Таблиця 3.3 - Параметри циклічних коливань в камерах доїльних стаканів експериментального доїльного апарату

Показник		Режим роботи			
		Основний		Стимуляція	
		МК	ПК	МК	ПК
Величина вакууму, кПа	max	48,1	48,2	29,9	38,4
	min	0,9	46,1	0,0	37,7
Частота пульсацій, Гц		0,84 (50,3)		1,15 (70,3)	
Співвідношення фаз, %	ссання	75		70	
	стиск	25		30	
Фази, %	A	14,6		14,4	
	B	60,6		55,7	
	C	14,7		10,9	
	D	9,1		19,1	
Тривалість фаз, мс	A	190		119	
	B	736		462	
	C	179		90	
	D	110		158	
Тривалість робочого циклу, мс		1215		829	

Для подальшої оптимізації роботи модернізованого вібропульсатора було проведено дослідження, спрямоване на визначення часу відключення високочастотного блоку відповідно до методики, викладеної в розділі 3.2.3. Результати цього експерименту дозволили встановити раціональні часові параметри для автоматичного переходу між режимами, забезпечуючи адаптивність апарату до різних етапів доїння.

Для визначення часу відключення високочастотного блоку вібропульсатора використовували лабораторну установку, що включає «Штучне вим'я», тарований кран, експериментальний доїльний апарат, регулятор вакууму, вакуумметр, вакуумний кран, секундомір і резервуар.



Доїльний апарат з керованою стимуляцією повинен забезпечувати стимуляцію рефлексу молоковіддачі протягом 20...30 с на початку доїння, потім здійснювати швидке виведення молока і при падінні інтенсивності молоковиведення до 0,5 кг/хв проводити машинне додоювання.

Рівні варіювання факторів, обрані на підставі проведеного огляду і теоретичних досліджень, наведені в таблиці 3.2 і склали при пропускній спроможності 0,5; 0,75 і 1,0 кг/хв, в якій імовірно має відбуватися відключення високочастотного блоку вібропульсатора, для діаметрів отворів в жиклерах молоколовлювача - 0,005, 0,006 і 0,007 м, для маси вантажного елемента - 0,52; 0,56 і 0,60 кг.

Робоча матриця планування Боксу-Бенкіна (виду  $3^3$ ) і результати дослідів по визначенню часу роботи високочастотного блоку вібропульсатора представлені в додатку А. Для апроксимації експериментальних даних використовувалася комп'ютерна програма «Статистика 12».

В результаті апроксимації результатів вимірювань отримано рівняння регресії для визначення часу роботи високочастотного блоку вібропульсатора, яке в кодованому вигляді має вигляд:

$$y = 32,0 + 7,875 x_1 - 9,75x_2 + 4,37 x_3 - 2,75 x_1 x_2 + 1,5 x_1 x_3 - 0,75 x_2 x_3 + 0,75 x_1^2 + 1,5 x_2^2 + 1,75 x_3^2. \quad (3.1)$$

У розкодованому вигляді рівняння регресії набуває вигляду:

$$t_c = 555,80 - 15986,74 d_{жк} + 35,0 Q - 1903,96 m_в - 11000 d_{жк} Q + 41234,1 d_{жк} m_в - 78,43 Q m_в + 750000 d_{жк}^2 + 24,0 Q^2 + 1643,0 m_в^2. \quad (3.2)$$

де  $d_{жк}$  - діаметр жиклера, м;

$Q$  - інтенсивність виведення рідини, л/хв;

$m_в$  - маса вантажного елемента, кг.

Отримане рівняння регресії дозволяє визначити час роботи високочастотного блоку доїльного апарата в межах вищевказаних рівнів варіювання факторів експерименту.

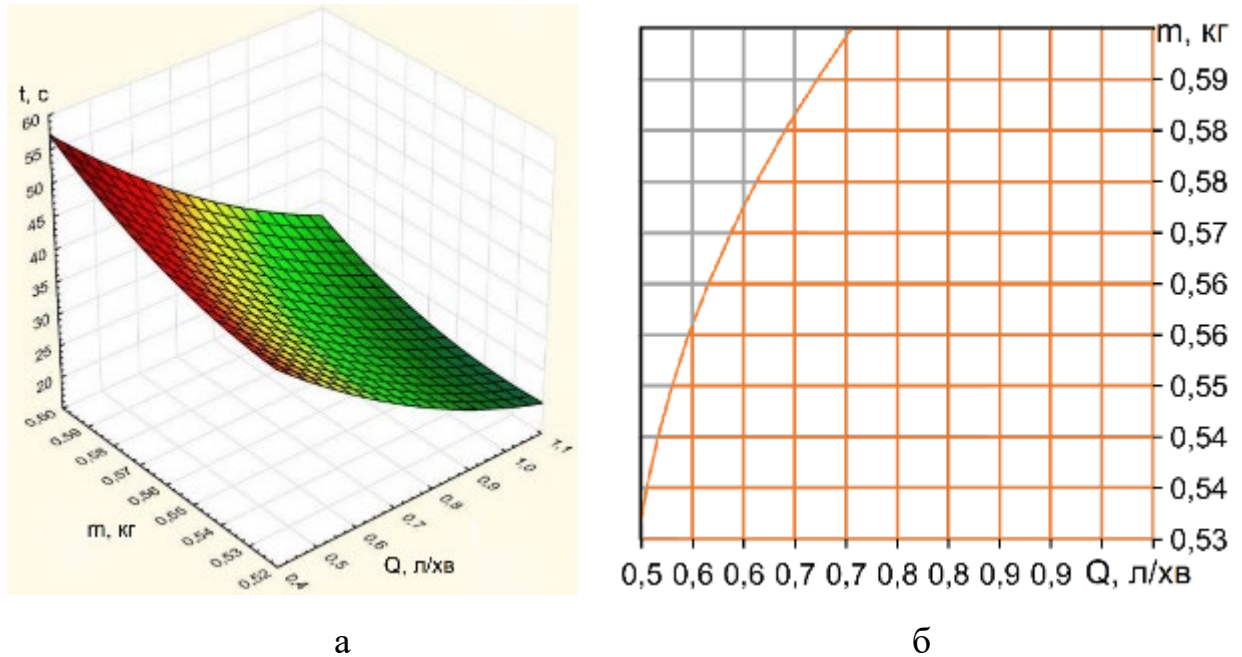


Рисунок 3.6 - Поверхня відгуку (а) і її перетин (б), що характеризують час роботи високочастотного блоку в залежності від інтенсивності виведення рідини і маси вантажного елемента при  $d = 0,006$  м

Доведена значимість дев'яти коефіцієнтів рівняння регресії. Обґрунтовано однорідність коефіцієнтів рівняння регресії за критерієм Кохрена. Аналіз збіжності рівняння регресії і дослідних даних за критерієм Фішера показує, що гіпотеза про адекватність моделі приймається (дисперсія відтворюваності  $S^2 = 3,377$ ; дисперсія адекватності  $\sigma_{ад}^2 = 4,35$ ; число ступенів свободи ( $\gamma_1 = 6$  і  $\gamma_2 = 30$ );  $1,287 = 4,35/3,377 \leq 2,42$ ).

Фіксація на нульовому рівні одного з факторів експерименту і варіювання інших двох факторів дозволяє отримати поверхні відгуку та їх перетини по даному рівнянню регресії.

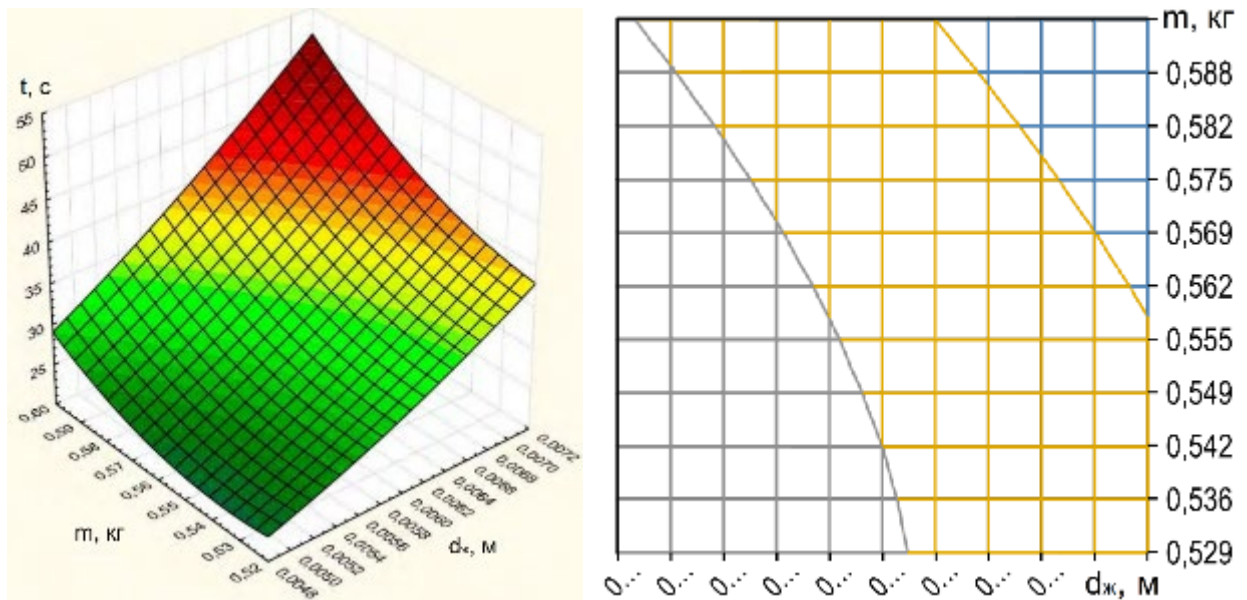


Рисунок 3.7 - Поверхня відгуку (а) і її перетин (б), що характеризують час роботи високочастотного блоку в залежності від діаметра жиклера і маси вантажного елемента при  $Q = 0,75$  л/хв.

В результаті аналізу результатів досліджень встановлено, що при пропускній здатності апарату в інтервалі від 0,5 до 1,0 кг/хв і діаметрах жиклера молоковлочувача 5, 6 і 7 мм високочастотний блок вібропульсатора буде працювати відповідно 18...32; 20...33 і 23...39 с при масі вантажного елемента  $m_b = 0,52$  кг.

У зв'язку з тим, ручні операції перед доїнням, необхідні для порушення рефлексу молоковіддачі, виконують в середньому 30...35 с, високочастотний блок вібропульсатора повинен здійснювати подачу в міжстінні камери доїльних стаканів в такті ссання імпульсів змінного тиску частотою 10 Гц протягом 25 ... 30 з на початку доїння.

Зазначений час роботи високочастотного блоку вібропульсатора забезпечується при інтенсивності виведення рідини 0,5 кг/хв і діаметрі жиклера молоковлочувача 5 мм. В результаті встановлені наступні раціональні конструктивно-технологічні параметри блоку управління режимом доїння, які дозволяють, варіюючи масу вантажного

елемента в межах 0,52 ... 0,56 кг, витримувати необхідний час на стимуляцію рефлексу молоковіддачі для різних по молочній продуктивності порід корів.

### **3.4 Висновки по розділу**

В результаті досліджень встановлено раціональні конструктивно-технологічні параметри блоку управління режимом доїння, які дозволяють, варіюючи масу вантажного елемента в межах 0,52 ... 0,56 кг при діаметрі отвору жиклера молокозловлювача 5 мм, витримувати необхідний час роботи високочастотного блоку пульсатора в межах 18...32 с для різних по молочній продуктивності порід корів.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ**

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

Загальні вимоги охорони праці при доїнні корів, відповідно до українського законодавства, спрямовані на забезпечення безпеки працівників та створення належних умов праці. Робоче місце для доїння повинно бути обладнане відповідно до норм освітлення та вентиляції, що забезпечують комфортні умови роботи. Поверхні повинні бути рівними, нековзкими та легкими в очищенні, щоб запобігати травмам через падіння або інші небезпечні ситуації. Забезпечується відповідна організація робочого простору з урахуванням ергономічних вимог для мінімізації навантажень на працівників, що працюють з доїльними апаратами та коровами.

Працівники мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту, такими як спеціальний захисний одяг (халати, рукавички, захисні чоботи), що відповідає санітарним і безпековим нормам. Перед початком роботи обов'язковим є проходження інструктажу з охорони праці та навчання безпечним методам роботи. Доїльне обладнання повинно регулярно перевірятися та обслуговуватися для запобігання поломкам, які можуть спричинити травми або інші небезпечні ситуації. Важливо дотримуватися санітарних норм як у приміщенні для доїння, так і щодо догляду за тваринами, щоб уникнути інфекцій або захворювань як серед тварин, так і серед працівників.

Додатково, працівникам забороняється контактувати з тваринами без попередньої оцінки їх стану, щоб уникнути небезпечних ситуацій, особливо з агресивними або хворими коровами. Забезпечується наявність засобів для надання першої медичної допомоги та чітких інструкцій щодо дій у разі аварійних ситуацій.

Також важливо забезпечити регулярний контроль за станом здоров'я працівників, які займаються доїнням корів, шляхом періодичних медичних оглядів відповідно до вимог законодавства України. Це допоможе вчасно виявити професійні захворювання, пов'язані з тривалою роботою в умовах підвищеної вологості, контактом із тваринами та роботою з технічним

обладнанням. Крім того, працівники повинні знати правила надання першої допомоги у випадку травм або екстрених ситуацій.

Доїльне обладнання повинно бути сертифікованим і відповідати стандартам безпеки, а також регулярно піддаватися технічному огляду та профілактичному обслуговуванню. У разі виявлення несправностей апарату або обладнання, їх негайно повинні вивести з експлуатації до усунення всіх недоліків. Усі роботи, пов'язані з технічним обслуговуванням або ремонтом доїльних апаратів, повинні виконуватися лише кваліфікованими спеціалістами з дотриманням правил техніки безпеки.

Окрему увагу слід приділяти забезпеченню гігієни у приміщеннях для доїння, включаючи регулярне очищення обладнання та приміщень, а також дотримання температурних і санітарних норм. Всі працівники мають бути проінформовані про вимоги особистої гігієни, особливо щодо обробки рук після роботи з тваринами або доїльним обладнанням, щоб уникнути розповсюдження інфекцій.

Дотримання цих загальних вимог сприяє підвищенню рівня безпеки на робочому місці, зниженню ризику професійних захворювань і травмвань серед працівників тваринницьких ферм, а також підвищенню ефективності виробничого процесу.

## **4.2 Розробка проекту інструкції з охорони праці**

### **при роботі з доїльною установкою**

#### **1. Загальні положення**

1.1. Інструкція з охорони праці при роботі з доїльною установкою на фермі великої рогатої худоби (ВРХ) з прив'язним утриманням визначає вимоги безпеки для забезпечення охорони праці робітників. 1.2. Виконання робіт із доїння дозволяється тільки після проходження відповідного інструктажу та навчання з техніки безпеки. 1.3. Робітники повинні бути забезпечені

спеціальним одягом (захисний халат, чоботи, рукавички) та іншими засобами індивідуального захисту. 1.4. Виконання робіт заборонено в разі наявності несправного обладнання або несправних засобів захисту. 1.5. Особи, які не досягли 18-річного віку, або ті, що не пройшли медичний огляд, не допускаються до виконання робіт із доїльною установкою.

## 2. Вимоги перед початком роботи

2.1. Перед початком роботи переконайтесь у справності доїльної установки. Огляньте всі частини апарату: молочні шланги, доїльні стакани, колектор, пульсатор, електричні з'єднання та запобіжники. 2.2. Забороняється використовувати обладнання, що має видимі ушкодження або несправності. 2.3. Перевірте справність системи вентиляції та освітлення в приміщенні, де буде проводитись доїння. 2.4. Переконайтесь, що місце проведення робіт є чистим і не має сторонніх предметів або рідини на підлозі, що може призвести до падіння або травм. 2.5. Проведіть оцінку стану тварин перед доїнням: виявлення ознак хвороби або агресивної поведінки у корів. Тварини повинні бути зафіксовані належним чином. 2.6. Працівник має бути в повній екіпіровці: спеціальний одяг, водонепроникне взуття, рукавички.

## 3. Вимоги під час роботи

3.1. Підключення доїльного апарату до тварини здійснюється тільки після її заспокоєння та правильного фіксування. 3.2. Під час роботи забороняється стояти безпосередньо за твариною, щоб уникнути ударів задніми кінцівками. 3.3. У разі несправності обладнання або відсутності належного тиску в системі, негайно вимкніть установку та повідомте відповідальну особу. 3.4. При доїнні корови необхідно контролювати стан молока, щоб вчасно виявити зміни, які можуть свідчити про захворювання. 3.5. Відразу після завершення доїння доїльну установку необхідно відключити від живлення, промити всі частини та провести санітарну обробку. 3.6. Заборонено проводити очищення або технічне обслуговування обладнання без попереднього вимкнення його від електромережі.

## 4. Вимоги після закінчення роботи

4.1. Після завершення доїння, промийте та продезінфікуйте доїльну установку відповідно до санітарних норм. 4.2. Перевірте стан обладнання після роботи: у разі виявлення несправностей або ознак зносу, повідомте керівництву для подальшого технічного обслуговування. 4.3. Приберіть робоче місце, видаліть залишки корму, рідини та сміття. 4.4. Зніміть захисний одяг та проведіть особисту гігієну.

#### 5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

5.1. У разі аварійного вимкнення електроенергії необхідно негайно зупинити роботу з доїльною установкою, від'єднати апарат від тварини, переконатися в безпеці системи. 5.2. У разі ураження електричним струмом або іншої небезпечної ситуації необхідно негайно викликати медичну допомогу та повідомити керівництво. 5.3. Якщо відбувся полом доїльного апарату під час роботи, його необхідно вимкнути, видалити з робочої зони та повідомити про проблему відповідальну особу.

#### 6. Відповідальність

6.1. Працівники, які порушують вимоги цієї інструкції, несуть відповідальність відповідно до законодавства України. 6.2. Керівництво ферми несе відповідальність за забезпечення належних умов праці та виконання вимог охорони праці.

Інструкція діє з моменту її затвердження та має бути переглянута при змінах у технологічному процесі або введенні нового обладнання.

### **4.3 Порядок дій у надзвичайних ситуаціях**

Негайне виявлення та оцінка ситуації:

Якщо помічено ознаки пожежі (дим, полум'я, запах горіння), потрібно негайно повідомити про це керівництво ферми та викликати пожежно-рятувальні служби за номером 101.



Необхідно повідомити максимально точну інформацію: локацію пожежі, її масштаби, наявність людей або тварин в небезпеці.

Активізація систем оповіщення:

Увімкнути внутрішню систему оповіщення для інформування всіх працівників про пожежу.

Організувати евакуацію людей із приміщень за заздалегідь відомими планами евакуації.

При можливості повідомити інших людей на території ферми про небезпеку особисто.

Евакуація тварин:

За можливості негайно розпочати евакуацію тварин із загрозованих зон до безпечного місця.

Використовувати спеціальні маршрути, передбачені для евакуації тварин, забезпечуючи мінімальну паніку та травми для тварин.

Забезпечити контроль за процесом евакуації, щоб уникнути тисняви або агресивної поведінки тварин.

Якщо евакуація неможлива через загрозу для життя людей, пріоритетом є порятунок працівників.

Гасіння пожежі засобами первинного пожежогасіння:

Якщо масштаби пожежі незначні і є можливість діяти без ризику для життя, використовувати наявні засоби первинного пожежогасіння (вогнегасники, пожежні крани).

Забезпечити контроль за електропостачанням — при необхідності вимкнути електроенергію для запобігання ураженню струмом або поширенню пожежі.

Дії в умовах загрози життю:

Якщо пожежа набула великих масштабів і становить загрозу життю, необхідно негайно залишити небезпечну зону, дотримуючись правил особистої безпеки (переміщуватись низько до підлоги через дим, захищати органи дихання тканиною).

Не використовувати ліфти (якщо є) і завжди слідувати евакуаційними шляхами, що вказані в плані евакуації.

Організація першої допомоги:

За необхідності надати першу допомогу постраждалим від пожежі або ураженим димом.

Викликати швидку допомогу для постраждалих за номером 103.

Підтримання зв'язку з аварійними службами:

Після прибуття пожежної служби на місце, надати їм необхідну інформацію про кількість евакуйованих осіб і тварин, а також про можливі джерела загоряння.

Підтримувати контакт з аварійними службами та слідувати їхнім інструкціям.

Оцінка збитків та подальші дії:

Після локалізації або ліквідації пожежі провести інвентаризацію збитків.

Перевірити стан тварин і надати їм необхідну допомогу.

Вжити заходів для якнайшвидшого відновлення роботи ферми та забезпечити працівників необхідними засобами для відновлення нормальної роботи.

Дотримання цього порядку дій допоможе зменшити наслідки пожежі, зберегти життя та здоров'я людей і тварин, а також знизити матеріальні збитки.

#### **4.4 Висновки по розділу**

У розділі розглянуто ключові аспекти забезпечення охорони праці при експлуатації доїльних установок на фермах з прив'язним утриманням великої рогатої худоби. Здійснений аналіз дозволив визначити основні ризики, пов'язані з роботою обладнання та безпосередньою взаємодією з тваринами. Запропоновані заходи спрямовані на мінімізацію цих ризиків і створення безпечних умов праці для операторів та персоналу.

Зокрема, основна увага приділяється забезпеченню належного технічного стану доїльного обладнання, використанню засобів індивідуального захисту, а також організації належного санітарно-гігієнічного режиму. Важливим фактором є регулярне навчання працівників правилам техніки безпеки та надання першої допомоги у випадках травматизму.

Дотримання розроблених рекомендацій та вимог з охорони праці дозволить не лише підвищити безпеку працівників, але й сприятиме підвищенню ефективності виробничого процесу.

## **5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОЗРОБЛЕНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА**

### **5.1 Вихідні дані**

У цьому розділі проведено порівняння лінійної доїльної установки АД-100Б, оснащеної стандартними доїльними апаратами (ДА), з удосконаленими апаратами, розробленими в рамках дипломної роботи. Основні переваги запропонованої розробки полягають у скороченні часу доїння однієї корови, що зменшує загальний час роботи установки, а також у більш ефективному видоюванні тварин. Це сприяє збільшенню обсягу виробленого молока. Вихідні дані до розрахунків приведено в додатку Б.

### **5.2 Розрахунок показників економічної ефективності**

Порівняння доїльних установок, зокрема базової та удосконаленої, буде проведено за питомими експлуатаційними витратами. До складу цих витрат входять різноманітні компоненти, такі як витрати на заробітну плату працівників, витрати на енергоресурси, амортизаційні відрахування, а також витрати на ремонт і технічне обслуговування обладнання.

Для виконання розрахунків цих показників будемо використовувати методики та рекомендації, зазначені в джерелах [3, 23]. Це дозволить отримати об'єктивні дані, що відображають економічну ефективність роботи кожної з установок. Крім того, в процесі аналізу будемо враховувати різні аспекти, такі як тривалість експлуатації установок, частота технічного обслуговування, а також рівень їх продуктивності. Завдяки цьому, ми зможемо сформулювати комплексну картину, яка допоможе виявити переваги удосконаленої установки в умовах реальної експлуатації.

Таблиця 5.2 - Економічна ефективність доїльного апарата

Вихідні дані	Варіанти		удосконалений у % до базового
	базовий	удосконалений	
1	2	3	4
Поголів'я, гол.	100	100	100
Загальне річне виробництво молока, т	633,6	677,4	106,9
Тривалість доїння на одну корову, хв.	6,2	5,8	93,5
Кількість операторів, чол.	4	4	100,0
Тривалість доїння всіх корів, год.	2,58	2,41	93,4
Кількість доїнь	2	2	100,0
Потужність, кВт	4,0	4,0	100,0
Балансова вартість, грн.	128500	135700	105,6
Питомі експлуатаційні витрати, грн./т	369,58	327,99	88,7
в т.ч.: електроенергія	20,36	17,79	87,4
ТО та ремонт	24,33	24,03	98,8
амортизація	20,28	20,03	98,8
заробітна платня	304,61	266,14	87,4
Економія експлуатаційних витрат, грн.	-	28156,43	-
Строк окупності капітальних вкладень, років	-	0,26	-

### 5.3 Висновки по розділу

Аналізуючи економічні показники обох варіантів, представлених у таблиці 5.2, можна відзначити, що впровадження удосконаленого доїльного апарату в складі установки АД-100М демонструє значні переваги в

експлуатаційних витратах у порівнянні зі стандартним обладнанням. Основна причина цих переваг полягає у зменшенні трудових витрат. Так, строк окупності нової технології складе всього 0,26 року, а річна економія експлуатаційних витрат досягне вражаючих 28156,43 грн. Це свідчить про високий потенціал удосконаленої установки для підвищення економічної ефективності виробництва молока.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. При доїнні корів в доїльне відро невеликими групами при їх прив'язному утриманні найбільш доцільно застосовувати стимулюючий доїльний апарат попарної дії, який забезпечить повне і безпечне виведення молока з вимені при виконанні різних технологічних операцій: доїння основного стада, роздоювання новотільних корів в родильному відділенні та ін

2. Теоретично отримано аналітичні залежності, що дозволяють моделювати криву молоковіддачі і встановити: 1) момент  $t$  (с) часу на який досягається певна величина інтенсивності молоковиведення ; 2) величину надою молока (кг) за період доїння; середню інтенсивність молоковиведення (кг/хв) за період доїння. Так, встановлено, що при  $A=0,175$ ;  $B=30$ ;  $T=480$  с;  $m_{\max}=1,3$  кг/хв час доїння протягом якого інтенсивність молоковиведення наростає до  $Q=0,3$  кг/хв становить  $t=24$  с, середня інтенсивність молоковиведення за період доїння -  $Q_{\text{ср}}=0,9$  кг/хв, величина надою молока - 9,1 кг.

3. В результаті лабораторних досліджень встановлено раціональні конструктивно-технологічні параметри блоку управління режимом доїння, які дозволяють, варіюючи масу вантажного елемента в межах 0,52 ... 0,56 кг при діаметрі отвору жиклера молоковлочувача 5 мм, витримувати необхідний час роботи високочастотного блоку пульсатора в межах 18...32 с для різних по молочній продуктивності порід корів.

4. У розділі розглянуто ключові аспекти забезпечення охорони праці при експлуатації доїльних установок на фермах з прив'язним утриманням великої рогатої худоби. Здійснений аналіз дозволив визначити основні ризики, пов'язані з роботою обладнання та безпосередньою взаємодією з тваринами. Запропоновані заходи спрямовані на мінімізацію цих ризиків і створення безпечних умов праці для операторів та персоналу.

5. Аналізуючи економічні показники обох варіантів, можна відзначити, що впровадження удосконаленого доїльного апарату в складі установки АД-100М демонструє значні переваги в експлуатаційних витратах у порівнянні зі стандартним обладнанням. Основна причина цих переваг полягає у зменшенні трудових витрат. Так, строк окупності нової технології складе всього 0,26 року, а річна економія експлуатаційних витрат досягне вражаючих 28156,43 грн. Це свідчить про високий потенціал удосконаленої установки для підвищення економічної ефективності виробництва молока.



## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Національний проект “Відроджене скотарство” / Міністерство аграрної політики та продовольства України, Національна академія аграрних наук України // [Текст, таблиці, додатки]. – К.: ДІА, 2014 – 44 с.
2. Офіційний сайт Державної служби статистики України. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua).
3. Романюха І.О., Дудін В.Ю. Курсове і дипломне проектування тваринницьких підприємств: навч. посібн. [для студ. вищ. навч. закл.] / І.О. Романюха, В.Ю. Дудін; за ред. І. Романюхи. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2014. – 418 с.
4. Hanus O., Vegricht J., Frelich J., Macek A. Analysis of raw cow milk quality according to free fatty acid contents in the Czech Republic. *Czech Journal Animal Science*. 2008. Vol. 53. P. 17 – 26.
5. Graeme A. The Role of the Milking Machine in Mastitis Control. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2012. Vol. 28, iss. 2, pp. 307 – 320. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0749072012000217?via%3Dihub> (дата звернення: 17. 10 2016).
6. Hovinen M., Pyörälä S. Invited review: udder health of dairy cows in automatic milking. *Journal of Dairy Science*. 2011. Vol. 94. P. 547 – 562. URL: [https://www.researchgate.net/publication/49776339\\_Invited\\_review\\_Udder\\_health\\_of\\_dairy\\_cows\\_in\\_automatic\\_milking](https://www.researchgate.net/publication/49776339_Invited_review_Udder_health_of_dairy_cows_in_automatic_milking) (дата звернення: 17. 03 2017).
7. Rasmussen M. D., Wiking L., Bjerring M., Larsen H. Influence of Air Intake on the Concentration of Free Fatty Acids and Vacuum Fluctuations During Automatic Milking. *Journal of Dairy Science*. 2006. Vol. 89. P. 4596–4605. URL: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(06\)72509-7/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(06)72509-7/fulltext) (дата звернення: 17. 11 2016).
8. Bohumira Jastova. Quality of raw milk from a farm with automatic milking system in the Czech Republic. *Acta Veterinaria Brno*. 2011. Vol. 80. P. 207–

214. URL: [https://actavet.vfu.cz/media/pdf/avb\\_2011080020207.pdf](https://actavet.vfu.cz/media/pdf/avb_2011080020207.pdf) (дата звернення: 17. 08 2018).

9. Сочка Л. Вимя - не машина. Пропозиція. 2000. № 6. С. 70 – 72.

10. Звойленко Д. В., Луценко М. М. Дослідження процесу молоковіддачі у корів на різних доїльних установках. Науково-технічний бюлетень/ Інститут тваринництва НААН. Харків, 2011. № 104. С. 70 – 74. URL: <http://animal.kharkov.ua/archiv/ntb/NTB%20104.pdf> (дата звернення: 17. 12 2018).

11. Дмитрів І. В., Красниця Б. С. Аналіз методів та засобів оцінки параметрів сучасних систем доїння. Агроінженерні дослідження. Вісник Львівського національного аграрного університету Львів. 2017. № 21. С. 134 – 140.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. Закон України «Про охорону праці»

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

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

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

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

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

## ДОДАТКИ

## Робоча матриця планування і результати дослідів

№	Фактори експеримента			Критерій
	Діаметр жиклера $d$ , м	Інтенсивність виведення рідини $Q$ , л/хв	Маса вантажного елемента $m_6$ , кг	Час роботи блока стимуляції $t$ , с
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y$
1	0,007	1	0,562	30
2	0,005	0,5	0,562	33
3	0,007	0,5	0,562	54
4	0,005	1	0,562	20
5	0,007	0,75	0,595	49
6	0,005	0,75	0,523	23
7	0,007	0,75	0,523	36
8	0,005	0,75	0,595	30
9	0,006	1	0,595	28
10	0,006	0,5	0,523	41
11	0,006	1	0,523	22
12	0,006	0,5	0,595	50
13	0,006	0,75	0,562	32
14	0,006	0,75	0,562	33
15	0,006	0,75	0,562	31

## Вихідні дані до розрахунку техніко економічних показників

Вихідні дані	Варіанти	
	АД-100Б стандартний ДА	АД-100Б + удосконалений ДА
Кількість корів на фермі, гол.	100	100
Середній разовий надій на корову, кг	10,56	11,29
Загальне річне виробництво молока, т	633,6	677,4
Тривалість машинного доїння на одну корову, хв.	6,2	5,8
Кількість операторів, чел.	4	4
Тривалість разового доїння всіх корів, год.	2,58	2,41
Кількість доїнь на добу	2	2
Потужність приводу, кВт	4,0	4,0
Балансова вартість установки, грн.	128500	135700

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

## Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів доїльного апарату попарної дії

демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГАІ-2-23  
Стрілець Андрій Миколайович

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

Дніпро 2024

### Мета і задачі досліджень

**Мета досліджень:** обґрунтування параметрів і режимів роботи удосконаленого доїльного апарату попарної дії. Відповідно до мети поставлено наступні задачі досліджень:

1. Провести аналіз виконаних розробок в даній предметній області.
2. Розробити схему удосконалення доїльного апарату та провести її теоретичні дослідження.
3. Розробити методику експериментальних досліджень і оптимізації параметрів удосконаленого доїльного апарату та провести його лабораторні випробування.
4. Провести оцінку удосконаленого доїльного апарату з точки зору охорони праці.
5. Провести техніко-економічну оцінку удосконаленого доїльного апарату.

**Об'єкт досліджень** - робочий процес доїльного апарату попарної дії.

**Предмет досліджень** - закономірності зміни показників роботи доїльного апарату попарної дії від його конструктивно-технологічних параметрів.

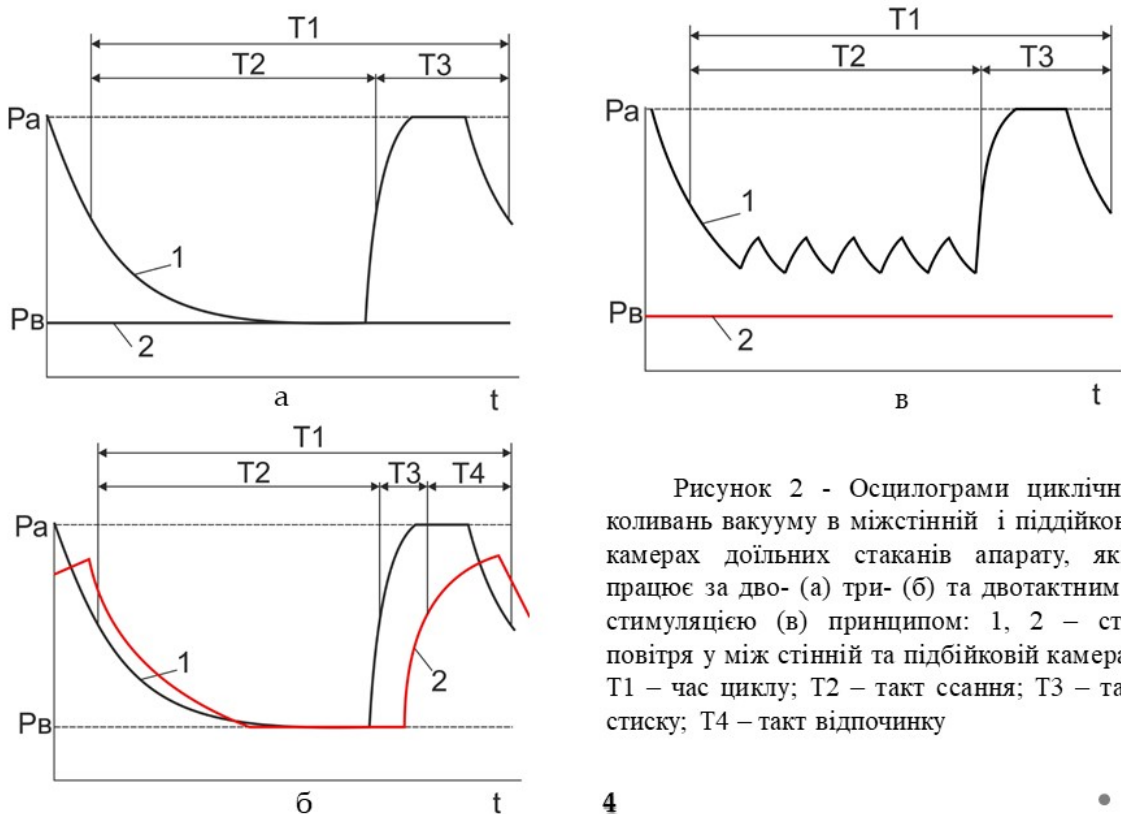
## Аналіз стану питання



Рисунок 1 – Класифікація доїльних апаратів

3

## Аналіз стану питання



4





Рисунок 3 - Алгоритм роботи експериментального доїльного апарата

5

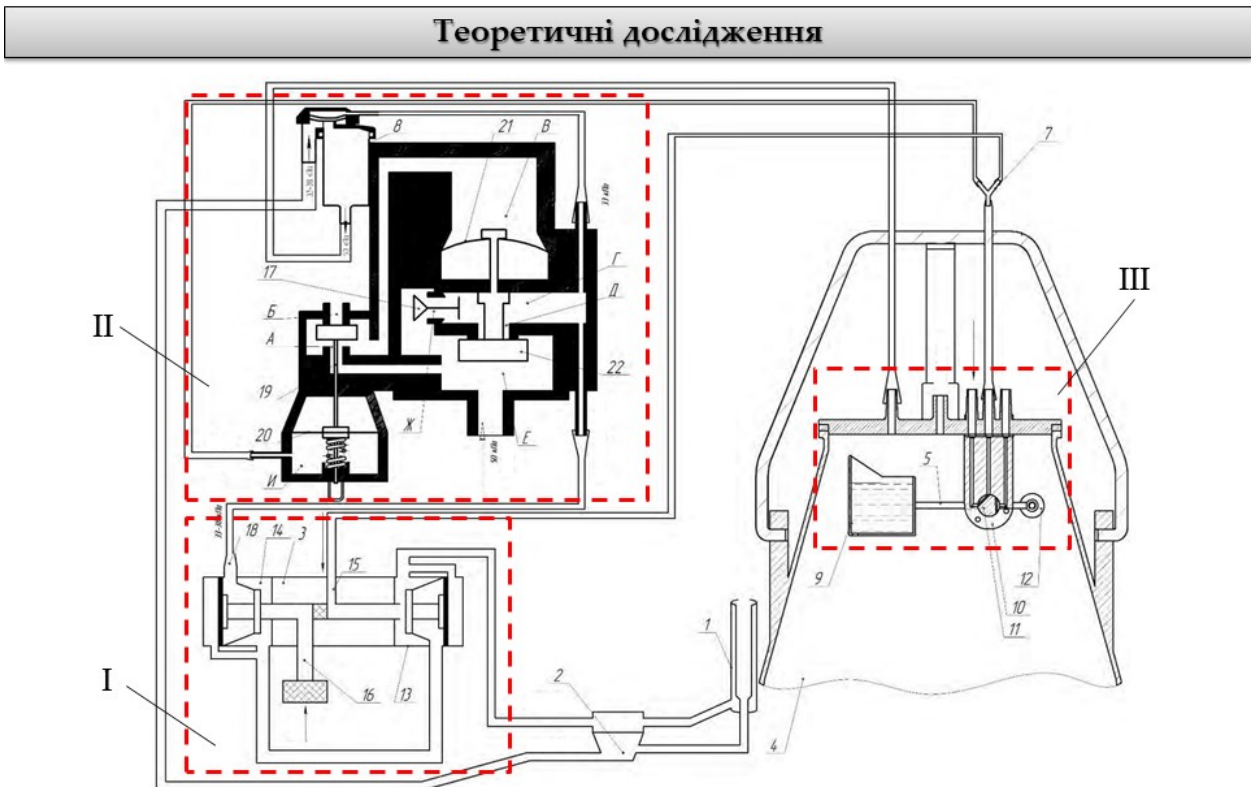
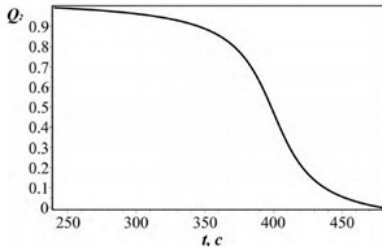
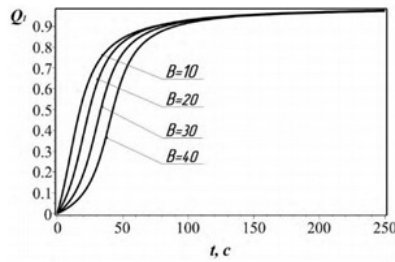
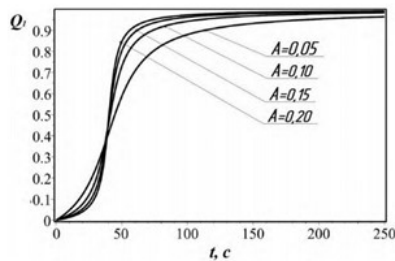


Рисунок 4 - Конструктивно-технологічна схема доїльного апарату: I – удосконалений вібропульсатор; II – блок управління вакуумом; III- блок управління стимуляцією

6

## Теоретичні дослідження



$$Q_1(t) = \frac{\arctg(A(t-B)) + \arctg(AB)}{\frac{\pi}{2} + \arctg(AB)}, t \leq 240$$

$$Q_2(t) = \frac{1,045(\arctg(0,25A(480-t-4B)) + \arctg(AB))}{\frac{\pi}{2} + \arctg(AB)}, 240 < t \leq 480.$$

де  $A, B$  - постійні коефіцієнти;  $t$  - тривалість доїння, с.

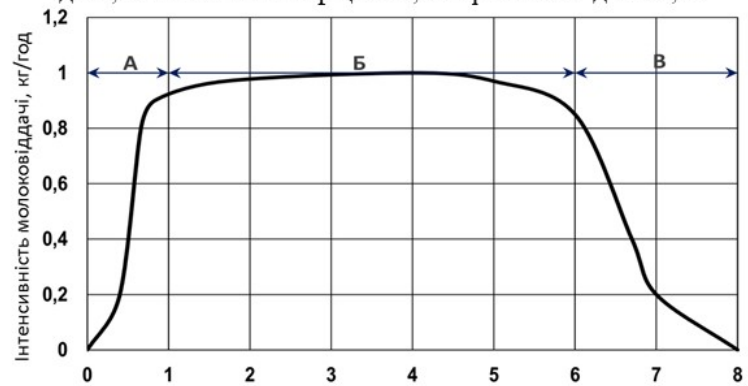


Рисунок 5 - Окремі стадії процесу доїння

- фаза А - наростання молоковіддачі;
- фаза Б - інтенсивність молоковіддачі на максимальному рівні;
- фаза С - зниження молоковіддачі.

7

## Лабораторні дослідження доїльного апарата

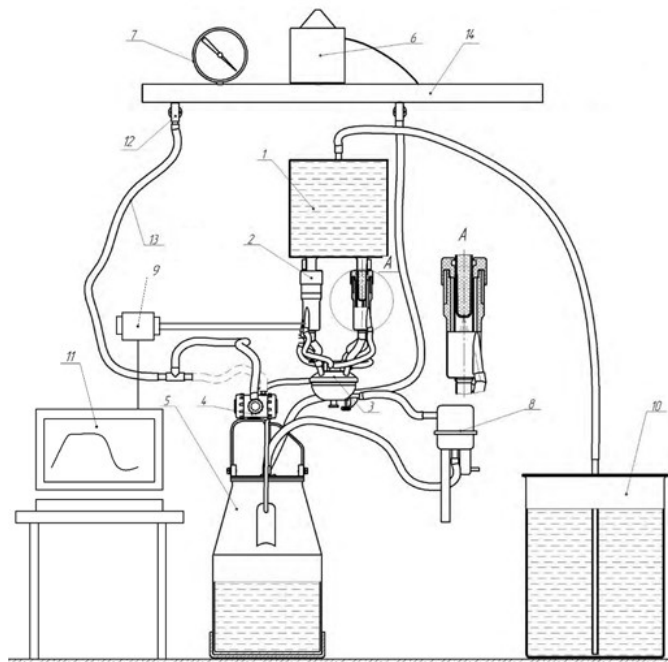
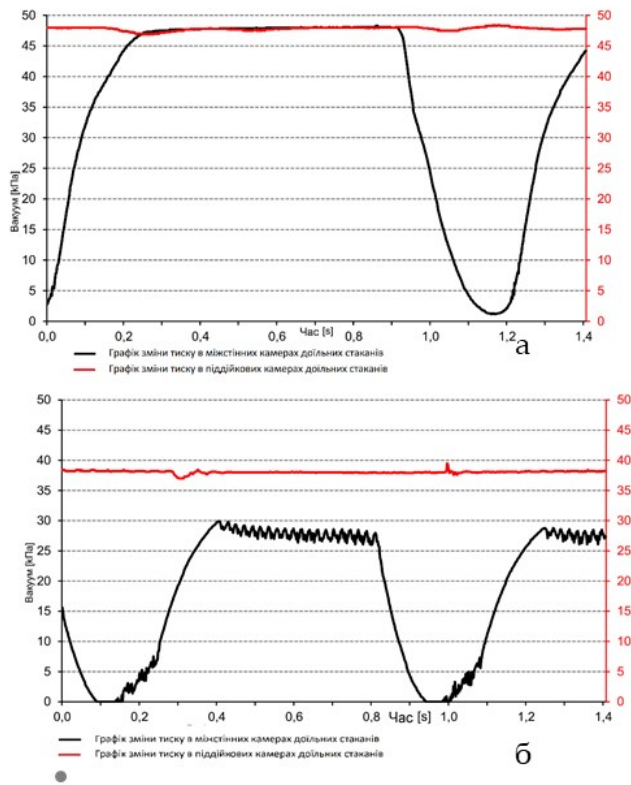


Рисунок 6 - Схема лабораторної установки: 1 - штучне вим'я; 2 - доїльні стакани; 3 - колектор; 4 - вібропульсатор; 5 - доїльне відро; 6 - регулятор вакууму; 7 - вакуумметр; 8 - блок керування вакуумом; 9 - АЦП NI USB 6008; 10 - ємність з водою; 11 - ПЕОМ; 12 - вакуумний кран; 13 - вакуумний шланг; 14 - вакуумпровід

8

## Лабораторні дослідження доїльного апарата



Таблиця 2 - Параметри циклічних коливань в камерах доїльних стаканів експериментального доїльного апарату

Показник		Режим роботи			
		Основний		Стимуляція	
Величина вакууму, кПа	max	48,1	48,2	29,9	38,4
	min	0,9	46,1	0,0	37,7
Частота пульсацій, Гц		0,84 (50,3)		1,15 (70,3)	
Співвідношення фаз, %	ссання	75		70	
	стиск	25		30	
Фази, %	A	14,6		14,4	
	B	60,6		55,7	
	C	14,7		10,9	
	D	9,1		19,1	
Тривалість фаз, мс	A	190		119	
	B	736		462	
	C	179		90	
	D	110		158	
Тривалість робочого циклу, мс		1215		829	

Рисунок 7 - Осцилограми циклічних коливань в міжстінній і підійковій камерах доїльних стаканів досліджуваного доїльного апарату при вакууметричному тиску 48 кПа і відключеному (а) та включеному (б) високочастотному блоці вібропульсатора

## Лабораторні дослідження доїльного апарата

Рівняння регресії для визначення часу роботи високочастотного блоку вібропульсатора

$$t_c = 555,80 - 15986,74 d_{ж} + 35,0 Q - 1903,96 m_e - 11000 d_{ж} Q + 41234,1 d_{ж} m_e - 78,43 Q m_e + 750000 d_{ж}^2 + 24,0 Q^2 + 1643,0 m_e^2$$

де  $d_{ж}$  - діаметр жиклера, м;  $Q$  - інтенсивність виведення рідини, л/хв;  $m_e$  - маса вантажного елемента, кг.

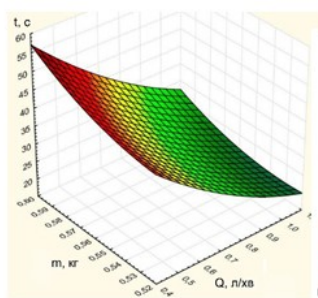


Рисунок 8 - Поверхня відгуку і її перетин, що характеризують час роботи високочастотного блоку в залежності від інтенсивності виведення рідини і маси вантажного елемента при  $d = 0,006$  м

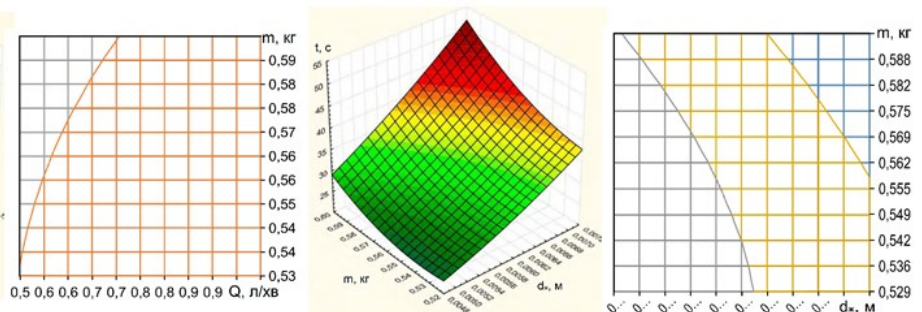


Рисунок 9 - Поверхня відгуку і її перетин, що характеризують час роботи високочастотного блоку в залежності від діаметра жиклера і маси вантажного елемента при  $Q = 0,75$  л/хв.



## Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

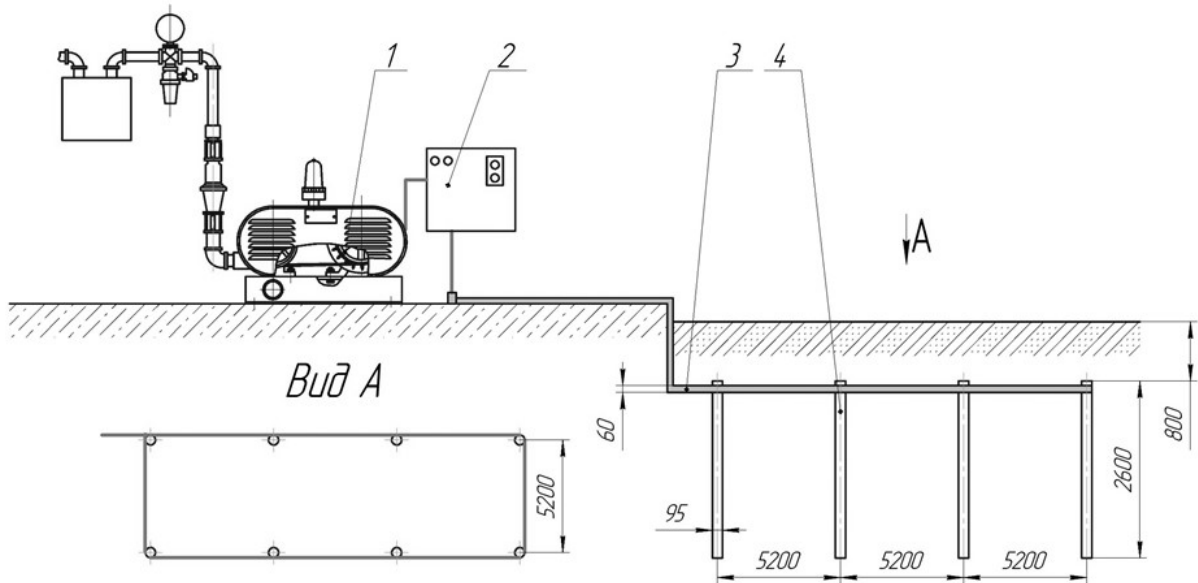


Рисунок 10 – Схема контурного захисного заземлення приводу доїльної установки: 1 – електродвигун приводу доїльної установки; 2 – блок керування; 3 - горизонтальна смуга; 4 – вертикальний заземлювач

## Показники економічної ефективності експериментального ДА

Вихідні дані	Варіанти		Удосконален. у % до базового
	АД-100Б + стандартний ДА	АД-100Б + удосконалений ДА	
Кількість корів на фермі, гол.	100	100	100
Загальне річне виробництво молока, т	633,6	677,4	106,9
Тривалість машинного доїння на одну корову, хв.	6,2	5,8	93,5
Кількість операторів, чол.	4	4	100,0
Тривалість разового доїння всіх корів, год.	2,58	2,41	93,4
Кількість доїнь на добу	2	2	100,0
Потужність приводу, кВт	4,0	4,0	100,0
Балансова вартість установки, грн.	128500	135700	105,6
Питомі річні експлуатаційні витрати, грн./т	369,58	327,99	88,7
в т.ч.: витрати на електроенергію	20,36	17,79	87,4
витрати на ТО та ремонт	24,33	24,03	98,8
амортизаційні відрахування	20,28	20,03	98,8
заробітна платня	304,61	266,14	87,4
Економія експлуатаційних витрат, грн.	-	28156,43	-
Строк окупності капітальних вкладень, років	-	0,26	-

## Загальні висновки

1. При доїнні корів в доїльне відро невеликими групами при їх прив'язному утриманні найбільш доцільно застосовувати стимулюючий доїльний апарат попарної дії, який забезпечить повне і безпечне виведення молока з вимені при виконанні різних технологічних операцій: доїння основного стада, роздоювання новотільних корів в родильному відділенні та ін
2. Теоретично отримано аналітичні залежності, що дозволяють моделювати криву молоковіддачі і встановити: 1) момент  $t$  (с) часу на який досягається певна величина інтенсивності молоковидення ; 2) величину надою молока (кг) за період доїння; середню інтенсивність молоковидення (кг/хв) за період доїння. Так, встановлено, що при  $A=0,175$ ;  $B=30$ ;  $T=480$  с;  $m_{max}=1,3$  кг/хв час доїння протягом якого інтенсивність молоковидення наростає до  $Q=0,3$  кг/хв становить  $t=24$  с, середня інтенсивність молоковидення за період доїння -  $Q_{cp}=0,9$  кг/хв, величина надою молока - 9,1 кг.
3. В результаті лабораторних випробувань доведено, що зміна вакуумметричного тиску і включення (виключення) високочастотного блоку вібропульсатора призводять до зміни режимних параметрів експериментального апарата. Так, при вакуумметричному тиску  $P=48$  кПа і відключеному високочастотному блоці вібропульсатора частота пульсацій  $n$  становить 0,84 Гц ( $50,3$  хв<sup>-1</sup>), співвідношення фаз (%) сання і стиснення - 75/25, тривалість робочого циклу  $t_{ц}$  - 1,215 с. При вакуумметричному тиску  $P=38$  кПа і включеному високочастотному блоці вібропульсатора частота пульсацій  $n$  становить 1,15 Гц ( $70,3$  хв<sup>-1</sup>), співвідношення фаз (%) сання і стиснення - 70/30, тривалість робочого циклу  $t_{ц}$  - 0,829 с.
4. Використовуючи актуальну нормативну документацію та згідно вимог охорони праці нами проведено обстеження стану охорони праці в лабораторії, де проводився експеримент, проведено розрахунок захисного заземлення електроприводу доїльної установки.
5. Застосування удосконаленого доїльного апарату у складі доїльної установки АД-100М у порівнянні зі стандартним обладнанням має переваги за експлуатаційними витратами в основному за рахунок зменшення витрат праці. Строк окупності при впровадженні складе 0,26 роки, а річна економія експлуатаційних витрат становить 28156,43грн.