

Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра інжинірингу технічних систем

**Пояснювальна записка**  
до дипломної роботи  
освітнього ступеня «Магістр» на тему:  
**Обґрунтування конструкційно-режимних параметрів адаптивного  
пульсатора доїльного апарата**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГАІз-1-22  
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Приймак Олексій Дмитрович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Алієв Ельчин Бахтияр огли

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Луц Павло Михайлович

Дніпро, 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем  
Освітній ступінь: «Магістр»  
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри  
**ІТС**

(назва кафедри)

**доцент**

(вчене звання)

**Дудін В.Ю.**

(підпис)

(прізвище, ініціали)

**«26» грудня 2023 р.**

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Приймаку Олексію Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування конструкційно-режимних параметрів адаптивного пульсатора доїльного апарата

керівник роботи Алієв Ельчин Бахтияр огли, д-р техн. наук, старший дослідник

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«26» грудня 2023 року № 4084

2. Строк подання студентом роботи 12 лютого 2024 року

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі механізації тваринництва, а саме молочно-доїльного обладнання. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Стан і напрями досліджень. 2. Теоретичні дослідження характеристик і параметрів адаптивного пульсатора доїльного апарата 3. Методика експериментальних досліджень вакуумних пульсаторів. 4. Результати експериментальних досліджень вакуумних пульсаторів 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Економічна ефективність використання керованого пульсатора у складі доїльного апарату. Висновки. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень (2 аркуша, А4). 2. Аналіз адаптивних доільних апаратів (2 аркуша, А4). 3. Аналітичні дослідження (1 аркуш, А4). 4. Експериментальні дослідження (3 аркуша, А4). 5. Економічні показники (1 аркуш, А4). 6. Висновки (2 аркуша, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6	Алієв Е. Б., професор	26.12.2023	12.02.2024
Нормоконтроль	Івлєв В. В., доцент	26.12.2023	12.02.2024

7. Дата видачі завдання: 26 грудня 2023 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний	26.12.2023-30.12.2023	виконано
2	Теоретичний	02.01.2024-15.01.2024	виконано
3	Експериментальний	16.01.2024-27.01.2024	виконано
4	Охорона праці	28.01.2024-01.02.2024	виконано
5	Економічний	01.02.2024-06.02.2024	виконано
6	Демонстраційна частина	06.02.2024-12.02.2024	виконано

Студент

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Приймак О. Д.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Алієв Е. Б.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)



Приймак О. Д. Обґрунтування конструкційно-режимних параметрів адаптивного пульсатора доїльного апарата. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». ДДАЕУ, Дніпро, 2023.

У вступі міститься обґрунтування актуальності теми дипломної роботи, відображено її мета та задачі, наведено методи досліджень. Наведено вихідні положення до вдосконалення машинного доїння корів. Проведено аналіз удосконалення машинного доїння корів і пульсаторів доїльних апаратів. У другому розділі наведені теоретичні дослідження характеристик і параметрів адаптивного пульсатора доїльного апарата. Представлено методику експериментальних досліджень вакуумних пульсаторів. Проведено результати досліджень щодо визначення часу включення тактів. Представлені результати експериментальних досліджень вакуумних пульсаторів. Проведено аналіз умов праці при роботі з доїльними установками. Проведена техніко-економічна оцінка розробки. Сформовані висновки і наведено перелік використаної літератури.

**Ключові слова:** молочно-доїльне обладнання, пульсатор, параметри, ефективність, конструкція, фактори досліджень, критерії оцінки, рівняння

## ЗМІСТ

Вступ .....	8
<b>1 СТАН І НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....</b>	<b>9</b>
1.1 Вихідні положення до вдосконалення машинного доїння корів ....	9
1.2 Аналіз удосконалення машинного доїння корів .....	13
1.3 Пульсатори доїльних апаратів .....	17
1.4 Висновки з розділу .....	19
1.5 Мета і завдання досліджень .....	20
<b>2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК І ПАРАМЕТРІВ АДАПТИВНОГО ПУЛЬСАТОРА ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА .....</b>	<b>21</b>
2.1 Обґрунтування елементів та схем керованих доїльних апаратів ....	21
2.2 Обґрунтування елементів та схем керованих доїльних апаратів ....	32
2.3 Висновки з розділу .....	39
<b>3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВАКУУМНИХ ПУЛЬСАТОРІВ .....</b>	<b>40</b>
3.1 Програма експериментальних досліджень .....	40
3.2 Устаткування та прилади для експериментальних досліджень .....	40
3.3 Загальна методика лабораторних досліджень керованого доїльного апарату, що включає керований вакуумний пульсатор .....	44
3.4 Методика експериментальних досліджень керованих вакуумних пульсаторів для стійкових доїльних автоматів .....	45
<b>4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВАКУУМНИХ ПУЛЬСАТОРІВ .....</b>	<b>49</b>
4.1. Результати експериментальних досліджень можливості зміни параметрів пульсатора в процесі його роботи .....	49
4.2 Результати експериментальних досліджень керованого пульсатора з камерою підпору, утвореною додатковою мембраною ....	50

4.3	Результати експериментальних досліджень керованого пульсатора за різних режимів роботи доїльного апарату .....	53
4.4	Результати експериментальних досліджень залежно від робочих параметрів керованого пульсатора від його конструктивних параметрів .....	56
4.5	Висновки з розділу.....	58
5	<b>ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....</b>	<b>59</b>
6	<b>ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КЕРОВАНОГО ПУЛЬСАТОРА У СКЛАДІ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТУ .....</b>	<b>65</b>
	<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>69</b>
	<b>Бібліографія .....</b>	<b>71</b>

## ВСТУП

Удосконалення машинного доїння корів займає одне з основних місць у спільній проблемі механізації галузі виробництва молока. Основна значущість автоматизації доїння полягає не тільки у підвищенні продуктивності праці доярів у 1,5–2 рази, але, головне, у забезпеченні безпеки та повноти видоювання, зростання продуктивності корів та якості молока [1]. Тому у країнах високої культури виробництва молока автоматизації доїння приділяється особлива увага. За останні 20 років у цих країнах на фермах з безприв'язним вмістом корів автоматизацію доїння в стійлових установках здебільшого завершено.

Вітчизняні доїльні апарати використовуються в стадах з річним надоєм до 5–6 тис. кг на голову. Тривісний доїльний апарат застосовують переважно у низькопродуктивних (3–5 тис. кг на рік) не відселекціонованих за розмірами та формою дійок та вим'я стадах. Ці апарати менш продуктивні, мають більш «м'яке», але й більш тривале, порівняно з двовісним, доїння. Двовісні апарати, як вітчизняні, так і зарубіжні, простіші і продуктивніші, але у них «жорсткіший» режим доїння, і тому вони вимагають вищої кваліфікації доярів, підвищеної уваги, відповідальності та контролю за процесом молоковиведенням, своєчасного відключення та зняття їх із дійок вим'я корови.

Отже, недосконалість доїльних апаратів є основною причиною низької продуктивності корів та якості молока. Тільки автоматизація доїння забезпечить подальше зростання продуктивності корів та якості молока, що підтверджується значним досвідом роботи автоматизованих доїльних установок УДА-8 «Тандем» та УДА-16 «Ялинка» в нашій країні [2] та досвідом країн ЄС та США [3].

Можна продовжувати безсистемно винаходити автоматизовані доїльні апарати, але краще спробувати синтезувати їх, спираючись на сучасні досягнення науки і методології, використовуючи відомі технічні засоби, що володіють певною мірою необхідними властивостями і добре зарекомендували себе у виробництві [4].



## 1 СТАН І НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1 Вихідні положення до вдосконалення машинного доїння корів

Дослідженнями встановлено тісну залежність між ступенем розвитку молочної залози корів та їх продуктивністю [2, 3, 5].

Відповідно до теорії молокоутворення [6, 7], у процесі секреції молока молочною залозою здійснюється фільтрація певних складових частин із кровоносної системи та синтез інших компонентів молока в результаті клітинного обміну в альвеолах. При фільтрації поживні речовини крові проходять через клітинну мембрану і накопичуються в клітинах. У міру накопичення молока клітини збільшуються в розмірах і лопаються, виливаючи свій вміст в альвеоли. Альвеоли, заповнюючись, роздмухуються і виділяють молоко в молочні протоки.

Кожна дійка має цистерну ємністю в середньому 40–50 мл, а ємність цистерни вим'я з молочними протоками вище на порядок. Перехід молока з альвеолярного відділу до цистернальних порожнин відбувається під впливом центральної нервової системи [3, 5, 6, 7]. Молоко, накопичене у цистернах, при доїнні легко виводиться через сфінктери дійок. З проток, альвеол та епітеліальних клітин його можна видалити тільки за активної участі нейроендокринної системи тварини, яка за допомогою окситоцину впливає на навколишні альвеоли м'язові клітини зірчастої форми. Клітини скорочуються і видавлюють молоко з альвеол в молочні протоки, якими воно надходить не завжди, а скиданням, що ритмічно повторюється. Найбільш сприятливі умови для секреції та накопичення молока у вим'ї створюються при періодичному та повному його виведенні [8].

Відповідно до теорії молокоутворення для збільшення надою людина використовує здатність ссавців підвищувати продуктивність для максимального задоволення зростаючих потреб дитинчати шляхом збільшення молокоутворення за будь-яку ціну. Таким чином, чим швидше, повніше та комфортніше здійснюється молоковиведення, тим інтенсивніше і продуктивніше лактація [8, 9].

Відомі три способи виведення молока з вим'я корови: ссання телям, ручне та

машинне доїння.

Найдосконалішою є природна система молоковиведення «корова – теля» [4]. Проте, з погляду людини, через швидке насичення теляти продуктивність корови при підсосному вмісті досить низька через малі природні потреби дитинча. На певному етапі розвитку суттєве зростання продуктивності корів забезпечило ручне доїння. Однак практика показала, що ці досягнення не відповідають максимальним можливостям тварини через систематичну неповноту видавання через втому рук доярки в найбільш важкій заключній фазі доїння. Доїльний апарат забезпечує повноту видаювання, але в заключній фазі доїння через перетримки, яких неможливо уникнути, виникає «сухе» доїння, що викликає у корів болючі відчуття, кроводої, маститні захворювання, зниження продуктивності, якості молока та їх передчасний запуск [4].

Тільки автоматизовані доїльні системи із зворотними зв'язками майже позбавлені зазначених вище недоліків і здатні забезпечити максимальний рівень продуктивності корів та високу якість молоковиведення. Це підтверджують провідні вчені та досвід роботи країн високої культури виробництва молока, що широко використовують автоматизацію в доїнні та подвоїли останніми роками продуктивність корів, довівши її до 8–10 тис. кг на рік, що на порядок вище природних потреб теляти та 2–2,5 разів перевищує продуктивність вітчизняного поголів'я [4, 9, 10, 11, 12, 13].

Машинне доїння корів – це унікальний біотехнічний процес, у якому неживий предмет – доїльний апарат, взаємодіючі зі складним живим органом – вим'ям, забезпечує виведення синтезованого в ньому молока [4].

Основу будь-якої сучасної механізованої, автоматизованої та роботизованої доїльної системи складає доїльний апарат, унікальність якого полягає в його безпосередній взаємодії з вим'ям тваринного, а через нього і з його нервовою системою. Тому до доїльних апаратів пред'являються особливі фізіологічні вимоги, хоча вони все ще далеко не досконалі, і жоден з них за якістю взаємодії з вим'ям тваринного не може зрівнятися з смоктальним апаратом теляти [4].

Через невідповідність доїльної апаратури вимогам, що висуваються, її

вдосконалення не припиняється з часу створення перших апаратів. Доїльні апарати вдосконалюються за різними напрямками: забезпечення чистоти видавання, підвищення інтенсивності молоковиведення для скорочення часу доїння до 5–6 хвилин шляхом регулювання в процесі доїння частоти пульсацій, співвідношення тактів і глибини вакууму під дійкою, вдосконалення вакуумної та молочної систем [15].

На жаль, у науці досі немає єдиної думки про оптимальну величину основних параметрів доїльних апаратів. У зв'язку з цим їх значення у різних апаратах істотно відрізняються. Так, наприклад, частота пульсацій може приймати значення від 0,75 до 2,2 Гц, співвідношення тактів від 1:1 до 1:4, глибина вакууму під дійкою від 25 до 70 кПа, а маса підвісної частини доїльного апарату від 2,2 до 5 кг [15–21].

Залежно від індивідуальних особливостей корів частота пульсацій доїльних апаратів може змінюватися в межах 0,7–2,2 Гц. Слід зазначити, що більшість доїльних апаратів працюють із постійної частотою у межах.

Під співвідношенням тактів розуміється відношення тривалості тактів ссання, стиснення та відпочинку у циклі роботи тритактного доїльного апарату, а у двотактних апаратах – тактів ссання та стиснення. Збільшення співвідношення тактів позитивно впливає на швидкість виведення молока. Так, наприклад, зміна співвідношення тактів від 1:1 до 4:1 за частоти пульсацій 0,835 Гц збільшує її на 40–45 %, за частоти 1,33 Гц – на 30–35 %, а за 1,83–2,83 Гц – на 20–25% [4].

Таким чином, зміна співвідношення тактів від 1:1 до 4:1 пропорційна інтенсивності молоковиведення дозволяє збільшити швидкість доїння на 40–51 % і виключити травмування вим'я вакуумом.

Порушення вакуумного режиму в піддійкових камерах доїльних стаканів є основною причиною масових маститних захворювань, характерних для машинного доїння корів [4, 26, 28, 29, 30, 31]. Вивчення та аналіз цих робіт дозволяють укласти, що підвищення вакууму під дійкою з 48 до 65 кПа збільшує швидкість молоковиведення на 40–45 %, тобто дає той самий ефект, що збільшення співвідношення тактів.

Узагальнення висновків проведеного огляду досліджень дозволяє заключити,

що в піддійкових камерах доїльних стаканів величина вакууму в процесі доїння в залежності від інтенсивності та фази молоковиведення повинна змінюватися хоча б ступінчасто [25, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 35].

Ступінчаста зміна величини вакууму в доїльних склянках має місце в апаратах «Duovac» і «Triovac», розроблених шведською фірмою «De-Laval». Апарати «Triovac» працюють на вакуумі трьох рівнів: високий (72 кПа) – для транспортування молока; середній робочий вакуум (45–46 кПа) і низький «щадний» вакуум з діапазоном 23–37 кПа, який встановлюється залежно від інтенсивності молоковиведення. При доїнні корів, що повільно віддають молоко, він дорівнює 37–46 кПа, швидко віддають – 23–45 кПа [33].

Першими в машинному доїнні були створені та використовувалися двотактні доїльні апарати. Основним недоліком двотактних доїльних апаратів є висока небезпека перетримки апарату на вим'я («сухе доїння»), що викликає кроводої та наступні маститні захворювання.

Маститні захворювання є проблемою, що стримує виробництво молока, що знижує його якість, що завдає значної економічної шкоди. При цьому велику проблему є субклінічний (прихований) мастит, який є найпоширенішою формою запалення вим'я. Він не може бути виявлений тільки шляхом одного візуального контролю вим'я або молока, це приховане захворювання, яке, як правило, не розпізнається дояркою. Молоко від хворих корів має високий вміст соматичних - клітин і не придатне для сироробства і дитячого харчування [41], а змішування - молока від здорових і хворих корів в одній ємності призводить до зниження його сортності.

Знизити небезпеку перетримки доїльних склянок на вим'я, що викликає маститні захворювання, можна різними шляхами. Одним з них може бути створення гравітаційних дворівневих доїльних систем, в яких молокозбірник (колектор) розташовується значно нижче доїльного апарату, і величина вакууму під дійкою залежить від інтенсивності молоковиведення і висоти стовпа молока в молочному шлангу [47]. Це технічно найпростіший спосіб регулювання вакууму під дійкою. Однак, практична реалізація цього способу дуже капіталомістка через необхідність

створення дворівневих доїльних залів.

Другим способом є використання систем, аналогічних системі Duovac. Недоліки цих систем зазначені вище.

Третім, основним, напрямом є автоматизація процесу доїння корів. Першим етапом робіт були обґрунтування та розробка фундаменту комплексної автоматизації – системи вакуумних засобів для автоматизації доїння [48–55]. Система була визнана як вакуумна гілка [56–65] промислової пневмоавтоматики, що дозволяє реалізувати на вакуумі (без електроніки) логічно та функціонально повні автоматизовані доїльні системи будь-якої складності, включаючи маніпулятори та роботи, що суттєво спрощує систему управління доїнням шляхом виключення складних електронних блоків управління та блоків клапанів для перетворення видів електричної та пневматичної енергії. Крім того, елементна пневмоавтоматика (вакуумна), шляхом введення найпростіших вакуумних елементів в пульсатори і колектори, дозволяє створити найпростіші автоматизовані доїльні апарати з управління пульсаторами і колекторами, що забезпечують автоматизацію процесу доїння корів навіть у стійлах без істотних змін конструкції існуючих доїльних апаратів [37, 66, 67].

## **1.2 Аналіз удосконалення машинного доїння корів**

За останні сто років технології та технічні засоби доїння пройшли великий шлях розвитку – від ручного доїння до сучасних автоматизованих доїльних установок та роботів (рисунок 1.1). У країнах високої культури виробництва молока в останні два десятиліття автоматизації доїння надається особливе значення, і в даний час вона в основному завершена. За цей час продуктивність корів у цих країнах подвоїлася [4, 13, 17]. При прив'язному вмісті корів перевага надається установкам для доїння в молокопровод, оснащеним автоматами зняття доїльних сстаканів, при безприв'язному – доїльному залу з автоматизованими доїльними установками типів «Паралель», «Ялинка», «Карусель», оснащених маніпуляторами, а з 1998 року почали застосовуватись і доїльні роботи (рисунок 1.1) [1, 12, 90, 91,

92, 93, 94, 95].



1 – «Паралель»; 2 – «Ялинка»; 3 – «Тандем»; 4 – «Карусель»; 5 – доїльний робот SAC; 6 – мобільна доїльна установка; 7 – універсальна (пасовищна) доїльна станція типу УДС-3; 8 – висувна модульна автоматизована доїльна установка типу УДА-У; 9 – дворежимний дво-тритапний доїльний апарат АДД-2/3

Рисунок 1.1 – Сучасні доїльні установки та апарати

Основна значущість автоматизації процесу доїння полягає не тільки в підвищенні продуктивності праці доярів в 1,5–2 рази, але головне, в тому, що забезпечується повнота видоювання та підвищення продуктивності корів, при цьому виключаються перетримки доїльних стаканів на дійках вим'я («сухе доїння-

»), що викликають травмування вакуумом їх внутрішніх тканин, що є основною причиною масових маститних захворювань (до 70 % тварин), зниження надоїв та якості молока [1, 4, 17, 99]. Ці функції у будь-якій автоматизованій системі виконує доїльний апарат. На жаль, для доїння корів у стійлах, у літніх таборах і на пасовищах, універсальні раціонально керовані автоматизовані доїльні апарати дотепер не створені [1].

Проблема автоматизації доїння корів полягає і в тому, що для забезпечення повноти видавання невідселекціонованого за морфологічними і функціональними властивостями і ознаками дійок і вим'я вітчизняного поголів'я машинне додоювання обов'язково [1, 4]. Широко використовувані автомати зняття доїльних склянок цих функцій не виконують [4]. Доїльні маніпулятори через громіздкість не можна використовувати не тільки в стійлах, але і на пасовищних установках з паралельно-прохідними станками [4, 99].

Для цих установок потрібно створити переносні автоматизовані доїльні апарати, що забезпечують повноту видоювання, своєчасне відключення та зняття в кінці доїння.

Найбільш прийнятними для цих цілей є спеціально створені останніми роками дворезимні двох-тритактні доїльні апарати,. У цих апаратах переваги двотактного та тритактного принципів дії об'єднані та посилені, а їхні недоліки зведені до мінімуму [1, 99]. Преддоїльний масаж і машинне додоювання проводяться в тритактному режимі, а при інтенсивному молоковиведенні апарат працює як двотактний. Вимкнення та зняття доїльного апарату з вим'я наприкінці доїння виконуються автоматично.

Дворезимний дво-тритактний апарат призначений для автоматизованого доїння корів на всіх типах установок, включаючи пасовищні та стійлові з доїнням у відро і молокопровід (рисунок 1.2) [37, 66, 67, 97].



Рисунок 1.2 – Дворежимний доїльний апарат АДД-2/3

В основному (стійловому) виконанні апарат включає доїльні стакани 1 з колектором 2, пневматичний датчик 3 інтенсивності молочного потоку (пневмодатчик), який встановлюється в кришці 4 доїльного відра 5 і гофру-знімач 6. При доїнні корів на верстатних установках пневмодатчик встановлюється на станку або в траншеї [1, 96].

Початковий та заключний етапи роботи апарату «щадні» – у трьохтактному режимі. Масаж дійок, зміна режимів роботи, машинне додоювання, своєчасне відключення, зняття та виведення доїльних склянок з-під вим'я корови виробляються автоматично залежно від інтенсивності та фази молоковиведення [1, 96].

Одна доярка в стійлах може обслуговувати не менше трьох – чотирьох апаратів. При доїнні корів у молокопровід, укомплектований легкою підвісною лінією типу «Easy Line» – до 6. Пропускна здатність апарату 8–12 корів на годину [96]. Він унеможливує перетримку доїльних склянок на дійках вим'я корови.

Для доїння корів у стійлах корівників і в пологових відділеннях за відсутності підвісної лінії типу «Easy Line» може використовуватися пересувна індивідуальна доїльна установка типу УДІ-5, що є найпростішим ручним візком, на якому змонтовані пневмодатчики, знімники, молочні ємності, що підключаються до



магістрального вакуумпроводу [98].

### 1.3 Пульсатори доїльних апаратів

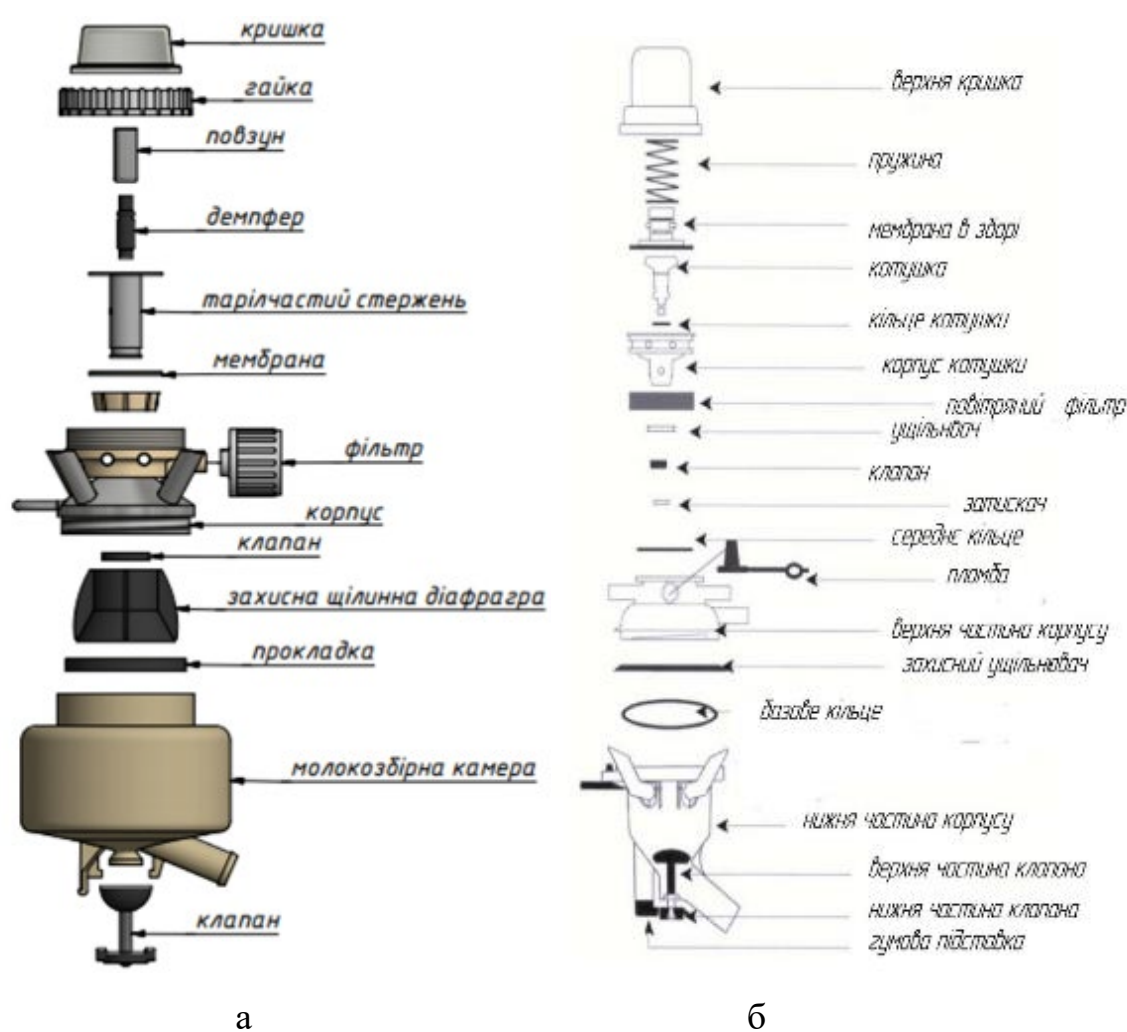
Практично з появи доїльного апарату його невід'ємною складовою є пульсатор [22, 39]. Його основу становить мембранно-клапанний блок, який забезпечує періодичне натікання (такт стиснення) та відсмоктування (такт ссання) атмосферного повітря з міжстінних камер доїльних склянок (рисунок 1.3) [15].

Спочатку в доїльних апаратах застосовувалися пневматичні пульсатори і пульсоколектори мембранного типу, що забезпечували пневматичний привід за рахунок жорсткості гумової мембрани [15, 39] (рисунок 1.3). Такі пульсатори в даний час широко застосовуються у складі доїльних апаратів і діляться на пульсатори з регульованою (СБ-14, ДД 4-1, ДА-Ф-50) і нерегульованої (АДУ-02.100, ПМ-1, NuPuls) частотою пульсацій [112]. Їх головними перевагами є простота конструкції та низька вартість. Їх характерними особливостями є [15, 112]: залежність частоти пульсацій та співвідношення тактів від рівня вакууму; необхідність постійного контролю частоти пульсацій та їх регулювання (для регульованих пульсаторів); необхідність періодичного розбирання для чищення та заміни деталей.

Удосконалення конструкцій пневматичних пульсаторів та їх дослідження в даний час практично припинилося. У доїльних апаратах зарубіжних фірм вони практично не застосовуються, їхнє місце зайняли електропульсатори [113]. У світі нині найбільш поширені електропульсатори [113]. Принцип їх роботи ґрунтується на переміщенні клапанів чи діафрагм під впливом магнітного поля, створюваного електромагнітом (рис. 1.4) [115, 116].

Їх головною особливістю є забезпечення стабільної частоти пульсацій і співвідношення тактів незалежно від умов зовнішнього середовища. При застосуванні датчика потоку молока можлива зміна цих параметрів залежно від інтенсивності молоковиведення. Наявність у складі багатьох моделей електронних блоків керування дозволяє встановлювати значення параметрів пульсатора.

Недоліками даних пульсаторів є необхідність наявності джерела електроживлення (акумулятор або мережа), а також велика складність конструкції. Їхній самостійний ремонт неможливий. Вартість імпортованих електропульсаторів в десятки разів перевищує вартість мембранних пульсаторів і поставлена з вартістю вітчизняних доїльних апаратів. Це робить їх застосування економічно не вигідним для більшості вітчизняних виробників молока, особливо для невеликих господарств. Таким чином, їх головним недоліком є висока вартість самих пульсаторів, запасних частин та сервісного обслуговування.



а – ДА-Ф-50; б – NuPuls

Рисунок 1.3 – Пульсоколектори доїльного апарата

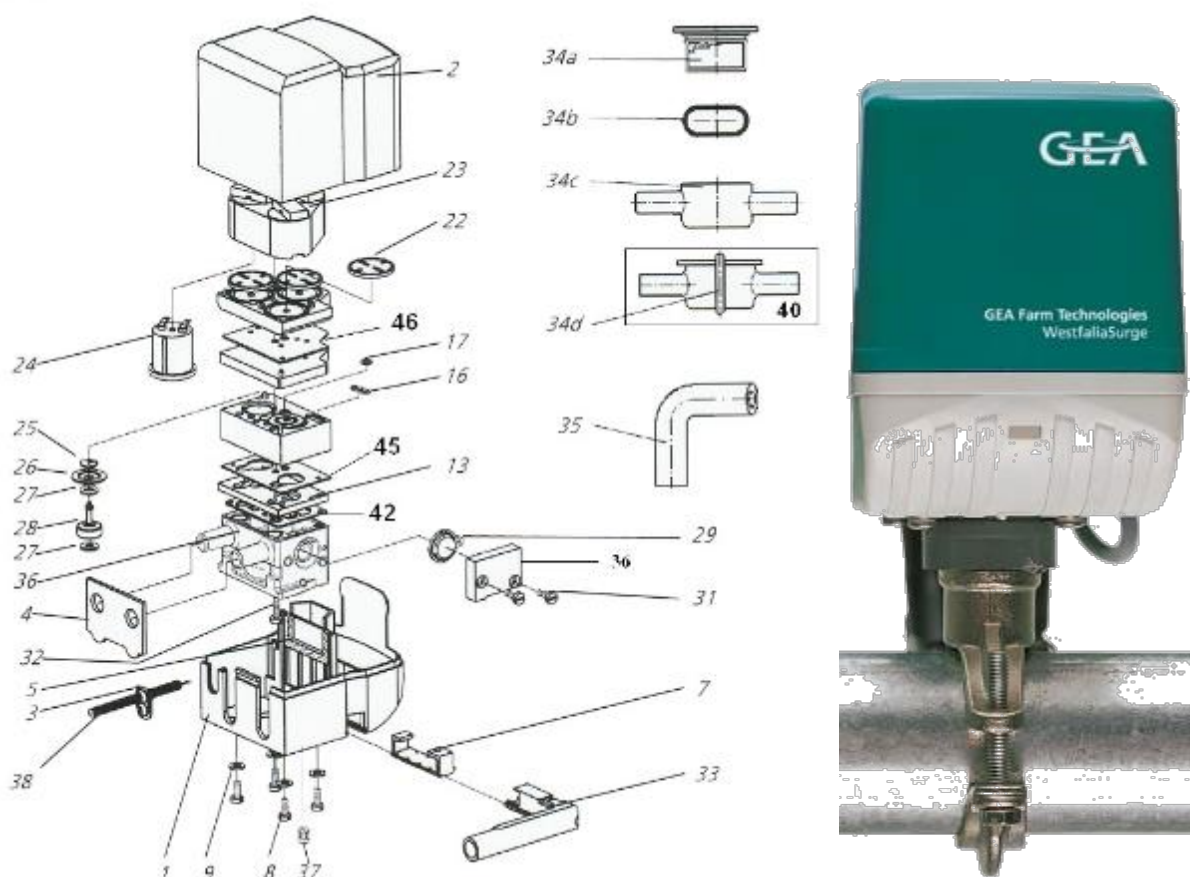


Рисунок 1.4 – Електричний пульсатор Westfalia StimoPuls APEX M-P

#### 1.4 Висновки з розділу

1. На даний момент відсутній єдиний алгоритм роботи, який би забезпечив адекватну реакцію молоковидедення молока на зміни у конструкційно-технологічних параметрах пульсаторів адаптивних доїльних апаратів. Основним параметром залишається інтенсивність молоковіддачі.

2. Під час аналізу технологічних особливостей функціонування доїльного апарата виявлено, що допустимі межі вакуумметричного тиску становлять 42–48 кПа, частота пульсацій від  $30 \text{ хв}^{-1}$  до  $120 \text{ хв}^{-1}$ , а стимулююча частота пульсацій в такті ссання може бути  $180 \text{ хв}^{-1}$ ,  $200 \text{ хв}^{-1}$  і  $300 \text{ хв}^{-1}$ .

3. Проведений аналіз праць з теорії роботи пульсаторів і пульсоколекторів доїльних апаратів вказує на те, що основними параметрами дослідження є втрати

тиску, швидкість молоковіддачі та частота пульсацій, які залежать від конструкційних параметрів та технологічних режимів машинного доїння.

### **1.5 Мета і задачі досліджень**

**Мета досліджень** – підвищення ефективності машинного доїння корів шляхом удосконалення доїльного апарату на основі нових знань про функціональні можливості пульсатора, що дозволяють регулювати параметри залежно від інтенсивності та фази молоковиведення відповідно до фізіологічних вимог.

#### **Задачі досліджень:**

1. Дослідити функціональні можливості та особливості функціонування пульсатора як вакуумного пневматичного елемента з нелінійністю релейного типу.

2. Встановити внутрішні зв'язки, закономірності функціонування пульсатора та можливості керування його основними параметрами: співвідношенням тактів, частотою пульсацій та величиною вакууму під дією у допустимих фізіологічно обґрунтованих межах.

3. Розробити лабораторні зразки і провести експериментальні дослідження адаптивних пульсаторів.

4. Розрахувати техніко-економічну ефективність адаптивних пульсаторів у складі доїльної установки.

## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК І ПАРАМЕТРІВ АДАПТИВНОГО ПУЛЬСАТОРА ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

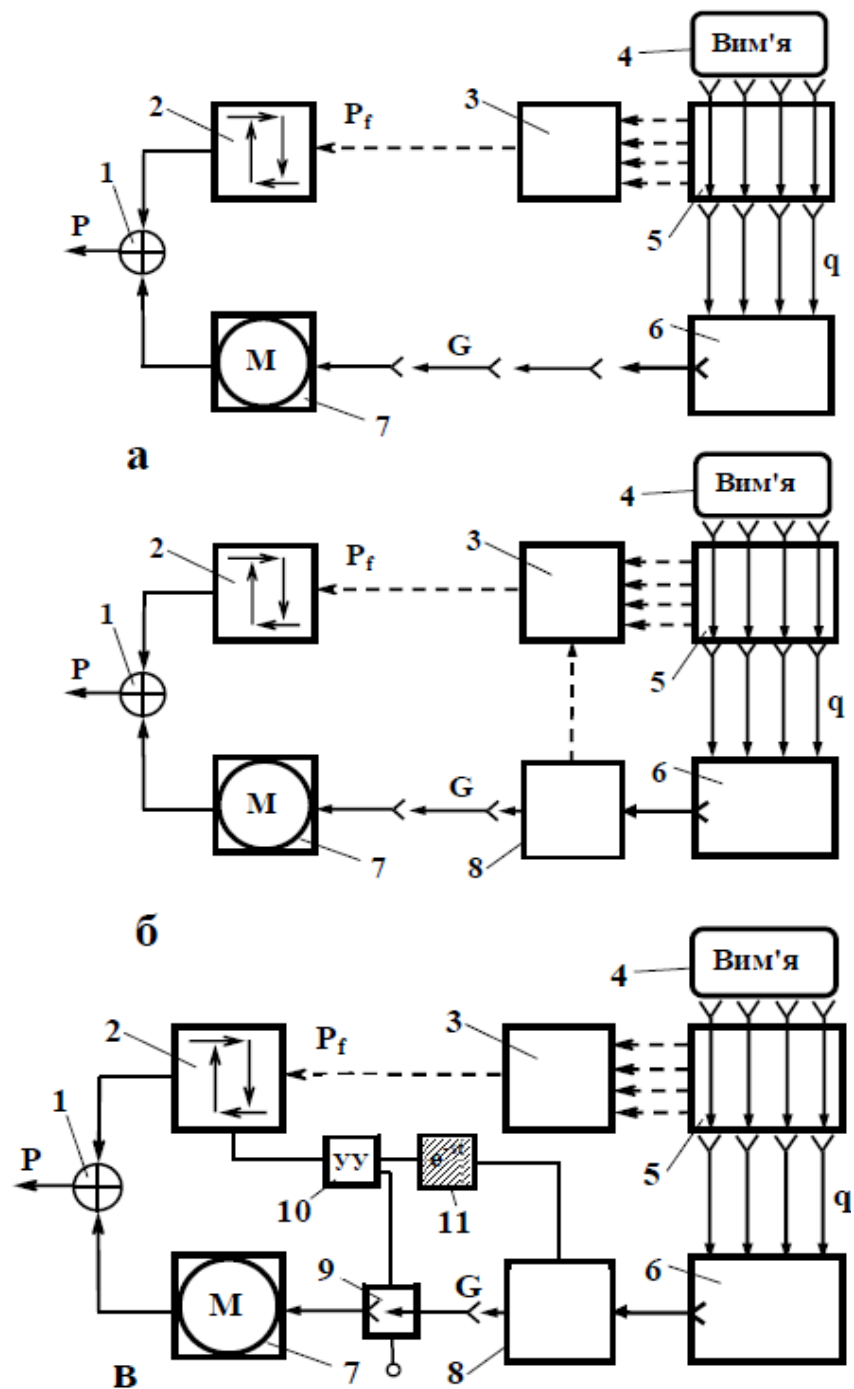
### 2.1 Обґрунтування елементів та схем керованих доїльних апаратів

Для обґрунтованого вибору елементів та схеми раціонально керованого доїльного апарату, перш за все, необхідно розглянути та проаналізувати всі можливі варіанти його роботи. Найпростіше це можна зробити за порівняльного аналізу блок-схем доїльних апаратів (рисунок 2.1).

Тут і далі у вакуумних пневматичних схемах прийняті умовні значення, представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Умовні позначення у вакуумних пневматичних схемах

Умовне позначення	Найменування		Умовне позначення	Найменування
	– вхідний	пневмо- канали		пневмоємності:
	– вихідний			– постійна
	скидання в атмосферу			– регульована
	– вакуум	живлення		потоки:
	– тиск – атмосфера			– рідина (молоко)
	– з м'яким центром	мембрани		пневмоконтакти:
	– з жорстким			– нормально-відкритий
	– нерегульований опір			– регульований опір



а – двотактний доїльний апарат; б – тритактний доїльний апарат; в – дворежимний дво-  
тритактний автоматизований доїльний апарат; 1 – джерело постійного вакууму; 2 –  
пульсатор; 3 – розподільник змінного вакууму; 4 – вим'я; 5 – доїльні стакани; 6 –  
колектор; 7 – молокозбірник ; 8 – мембранно-клапанний механізм колектора; 9 – датчик  
інтенсивності молочного потоку; 10 – керуючий пристрій; 11 – ланка чистого запізнення  
сигналу управління колектором

Рисунок 2.1 – Блок-схеми доїльних апаратів

Блок-схема (рисунок 2.1, а) двотактного доїльного апарату відрізняється граничною простотою. Тритактний доїльний апарат (рисунок 2.1, б) складніший за двотактний, тому що в його колекторі є мембранно-клапанний механізм, що забезпечує в процесі доїння в піддійкових камерах третій такт, так званий такт «відпочинку», в результаті якого під дією майже атмосферний тиск, що виштовхує зі стакана втягнутий у такті ссання діжки, що забезпечує задовільний видоювання корів без машинного додоювання.

Крім того, зовнішнє керування роботою молочного клапана колектора дозволяє доїти корову як у двотактному, так і в тритактному режимах, а також - відключати доїльний апарат наприкінці доїння.

Ця властивість тритактного доїльного апарату послужила основою розробки двох-трьохтактного автоматизованого доїльного апарату (рисунок 2.1, в).

З рисунку 2.1 видно, що «серцем» будь-якого доїльного апарату є пульсатор 2, що забезпечує роботу основних блоків. Крім пульсатора всі доїльні апарати включають розподільник змінного вакууму 3, двокамерні доїльні склянки 5, колектор 6 і молокозбірник 7, джерело постійного вакууму Р лінію змінного вакууму  $P_f$  і молочну лінію G .

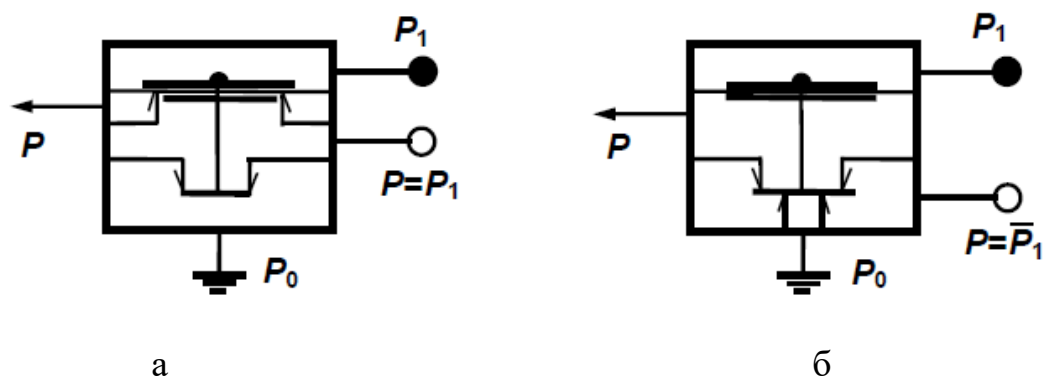
Всі пульсатори і колектори тритактного і двох-трьохтактного апаратів включають мембранно-клапанні механізми, а двох-трьохтактний автоматизований - доїльний апарат, крім того, включає датчик інтенсивності молочного потоку 9, керуючий пристрій (КП) 10 і лінії зв'язку. Найбільш довгі їх ділянки можуть мати ланки чистого запізнення  $e^{-st}$  передачі сигналів 11.

Будь-який пневматичний пульсатор сучасного доїльного апарату може бути реалізований за схемою прямого (рисунок 2.2, а) або інверсного (рисунок 2.2, б) мембранно-клапанних підсилювачів, що реалізують логічні операції ТАК (повторення) і НЕ (заперечення).

За першою схемою реалізовано пульсатор тритактного доїльного апарату ТАК-3М «Волга».

Інверсна схема є більш простою у виготовленні та експлуатації, і тому у виробництві вона краща. За функціональними можливостями обидві вони є

повністю взаємозамінними, якщо мембранно-клапанні блоки виконуються пов'язаними в єдиний вузол, а підводи живлення та атмосфери змінюються місцями. Співвідношення тактів в обох випадках залежить від співвідношення ефективних площ мембран та клапанів. Тому в наших дослідженнях використовується виключно інверсна схема.



а – прямий підсилювач; б – інверсний підсилювач

Рисунок 2.2 – Вакуумні мембранно-клапанні підсилювачі

Використовувані глухі управляючі камери пульсаторів між собою принципової різниці немає, але оскільки у пульсаторах вони працюють із дроселями, як пневмоємності інерційних ланок, можуть мати різні обсяги. У керованих пульсаторах керуючі камери можуть бути проточними.

Дроселі можуть бути постійними (нерегульованими) та змінними (регульованими), гвинтовими та у вигляді капілярів і каналів. Канали можуть нарізатися на конусі та циліндрі (пульсатор апарату АДУ-1) або на площині (наприклад, пульсатор ДД4-1).

Колектор двотактного доїльного апарату гранично простий і повністю відповідає своєму прямому призначенню – збирати молоко з окремих (чотири) доїльних стакани у загальну молочну камеру, що має вихід у молочний шланг для подальшого транспортування молока в молокопровід або молочну ємність. Крім клапана підсмоктування атмосферного повітря, цей колектор керуючих і керованих елементів не містить і тому особливого інтересу для даного дослідження не представляє.

Колектор тритактного доїльного апарату, крім свого прямого на значення,



має мембранно-клапанний вузол – переривник постійного вакууму, керований змінним вакуумом, створюваним пульсатором у розподільній камері. Цей механізм можна використовувати для перемикання роботи апарату на двотактний або тритактний режим і для його відключення залежно від інтенсивності та фази молоковиведення. Для цього необхідно ввести в колектор окрему камеру керування  $V_k$ , пов'язану з виходами пневмодатчика інтенсивності молочного потоку  $P_1$ .

Отже, колектор і пульсатор автоматизованого апарату, що розробляється, - необхідно будувати за більш простою інверсною схемою (рисунок 2.2, б). На рисунку 2.3 (а) представлена елементна схема пульсатора, але в рисунку 2.3 (б) – схема керованого колектора.

Незважаючи на те, що пульсатор і колектор побудовані за однією і тією ж елементною схемою, пульсатор реалізує логічну операцію НЕ (заперечення), а колектор ТАК (повторення) завдяки різним місцям введення в них (під мембрану або під нижній клапан) вакууму живлення  $P$  та атмосферного тиску  $P_0$ .

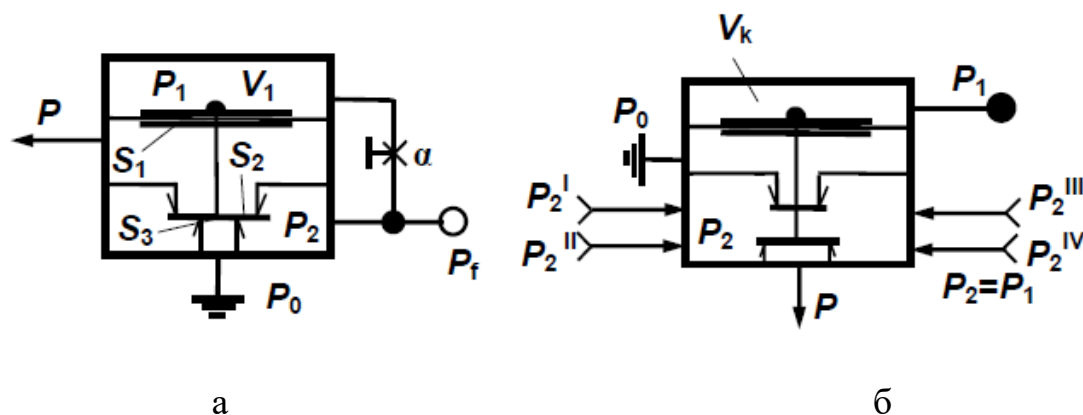
У зв'язку з обмеженістю асортименту вакуумних пневмодатників, що випускаються промисловістю, інтенсивності молочного потоку в цих дослідженнях використовується серійний поплавковий пневмодатник МДФ 02.010 або струминно-сильфонний вакуумний керуючий пристрій (КП).

Важливими елементами управління доїльними апаратами є розумні лінії зв'язку. Вони включають товстостінні гумові шланги постійного та змінного вакууму та полівінілхлоридні (ПВХ) трубки.

Як уже зазначалося, основним блоком будь-якого доїльного апарату є – пульсатор – генератор змінного вакууму, керуюча камера якого може бути основним вузлом управління в автоматизованому апараті. Для синтезу його раціональної керованої структури слід досліджувати динаміку цього вузла.

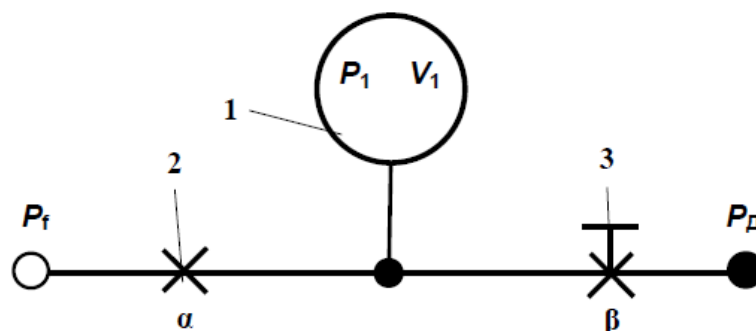
При дослідженні аналогічних пристроїв з пневматичними ємностями та дроселями в промисловій пневмоавтоматиці їх розглядають як дросельний діляк. Пневматична схема заміщення керуючої камери пульсатора, що розглядається, представлена на рисунку 2.4, на якому зворотний клапан позначений як пневматичний дросель  $\beta$  змінної провідності, що змінюється від 0 до  $\infty$ ,  $m^2/c$ ;

пневмоємність керуючої камери як  $V_1, \text{м}^3$ ; в якій діє керуючий сигнал  $P_1, \text{кПа}$ ; постійний дросель пульсатора з провідністю  $\alpha \text{ м}^2/\text{с}$ .



а – пульсатор; б – колектор;  $P_0$  – атмосферний тиск;  $P$  – величина вакууму у системі харчування;  $P_1$  – тиск у керуючій камері;  $P_2$  – Величина вакууму в камерах змінного вакууму;  $P_2^I, P_2^{II}, P_2^{III}, P_2^{IV}$  – величина вакууму в піддійкових камерах доїльних склянок;  $P_f$  – вихід змінного вакууму;  $\alpha$  – провідність дроселя пульсатора;  $V_1$  – обсяг керуючої камери пульсатора;  $S_1$  – ефективна площа мембрани;  $S_2, S_3$  – площі клапанів;  $V_k$  – обсяг керуючої камери колектора

Рисунок 2.3 – Елементні пневматичні схеми пульсатора та колектора автоматизованого доїльного апарату



1 – пневмоємність, 2 – дросель, 3 – зворотний клапан

Рисунок 2.4 – Пневматична схема заміщення керуючої камери пульсатора

Дросельний дільник у камері, що управляє, реалізує операцію

$$P_1 = k_1 P_2 + k_2 P_d,$$

де  $k_1, k_2$  – коефіцієнти посилення:

$$k_1 = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}; \quad k_2 = \frac{\beta}{\alpha + \beta}; \quad k_1 + k_2 = 1. \quad (2.1)$$

Коефіцієнти посилення  $k_1, k_2$  залежать від величини провідності  $\beta$ . При цьому стала часу керуючої камери пульсатора буде

$$T = \frac{V_1}{R \cdot \Theta \cdot (\alpha + \beta)}. \quad (2.2)$$

У цьому випадку передатна функція має вигляд аперіодичного ланки першого порядку

$$W_1(S) = \frac{K}{TS + 1}, \quad (2.3)$$

де  $S$  – оператор диференціювання,

$$W_1(S) = \frac{K}{T_{\max} S + k + 1}, \quad (2.4)$$

$$T = \frac{V}{R \cdot \Theta \cdot \alpha}; \quad K = \frac{\beta}{\alpha}, \quad (2.5)$$

де  $R$  – універсальна газова постійна, Н м/(кг К);  $\Theta$  – абсолютна температура, °  
До.

Провідності пневматичних дроселів (м/с) визначаються експериментально.

Амплітудно-фазова характеристика керуючої камери пульсатора у складі дросельного дільника з передавальною функцією (2.3) буде

$$W(i\omega) = \frac{K}{T_{\max} i\omega + (1 + k)}, \quad (2.6)$$

$$A(\omega) = \frac{K}{\sqrt{(T_{\max} i\omega)^2 + (1 + k)^2}}, \quad (2.7)$$

$$\varphi(\omega) = -\arctg \frac{T_{\max} \omega}{1 + k}. \quad (2.8)$$

При роботі пульсатора, керованого через зворотний клапан (рисунок 2.3, а),

за схемою дросельного дільника (рисунок 2.4), можливі три характерні ситуації:

1.  $\beta = 0$ , зворотний клапан закритий;
2.  $\beta = \infty$ , зворотний клапан відкритий;
3.  $\infty > \beta > 0$  і провідність  $\beta$  може бути порівнянна з провідністю дроселя  $\alpha$ .

Виходячи з цього і, спираючись на отримані вирази та передавальні функції (2.1)–(2.5), проведемо короткий математичний аналіз.

**Ситуація 1.** Коли зворотний клапан закритий ( $\beta = 0$ ), керуюча камера працює в режимі аперіодичного ланки першого порядку, як звичайна глуха керуюча камера пульсатора доїльного апарату,  $k_1 = 1$ ,  $K = k_2 = 0$ , інші умови (2.1), (2.2), (2.3) та (2.5) виконуються.

**Ситуація 2.** Коли зворотний клапан відкритий ( $\beta = \infty$ ),  $P_d = 1$ ,  $k_1 \rightarrow 0$ ,  $k_2 \rightarrow 1$ ,  $T_2 \rightarrow 0$ , керуюча камера втрачає свою аперіодичність, і її передатна функція приймає вираз передатної функції підсилювальної ланки

$$W_1'(S) = K. \quad (2.9)$$

При цьому керуюча камера працює як силова, що вимикає доїльний апарат з роботи.

**Ситуація 3.** Коли зворотний клапан закритий,  $P_d = 0$ ,  $P_2 = 1$ , але внаслідок підсосу повітря через закритий зворотний клапан змінна провідність  $\beta > 0$ . При цьому

$$P_1 = k_1 P_f, \quad k_1 = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}, \quad (2.10)$$

а постійна часу та передатна функція визначаються рівняннями (2.2) та (2.3), відповідно.

Відповідно до рівнянь (2.2), (2.10) величини  $T$ ,  $P_1$  до повністю залежать від величини підсмоктування повітря через зворотний клапан. Частота пульсацій апарату при цьому змінюється, що не бажано, а при  $P_1 < P_{cp}$  апарат відмовляє у роботі.

Досвід роботи доїльного апарату у виробничих умовах показує, що повністю виключити підсмоктування повітря через зворотний клапан неможливо. Тому вхід сигналу керуючого датчика  $P_d$  через зворотний клапан безпосередньо в керуючу

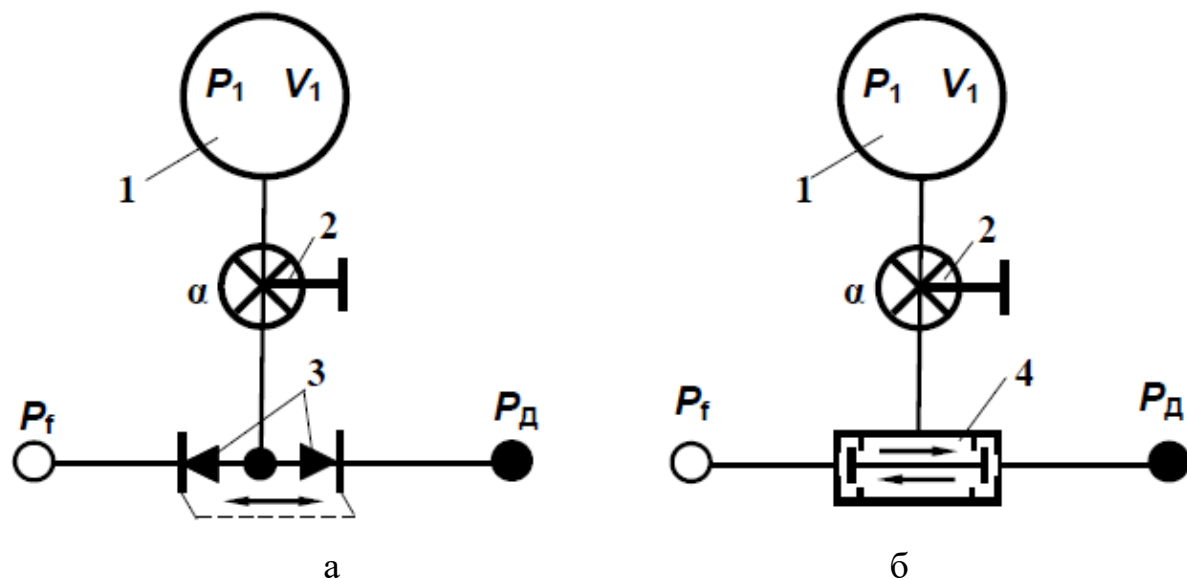
камеру пульсатора необхідно виключити. Він повинен здійснюватися тільки через дросель камери, що управляє пульсатора, при цьому ситуація 3 повинна бути виключена.

Це можна здійснити, якщо обидва сигнали  $P_d$  і  $P_f$  підводити до дроселя через зворотні клапани. Однак при цьому виникає проблема впуску атмосферного повітря в керуючу камеру пульсатора після дії в ньому вакуумного сигналу, під дією якого заслінки клапанів закривають сопла вакуумом зсередини. Можна впускати повітря з атмосфери через додатковий дросель, але це не тільки ускладнює конструкцію та експлуатацію апарата, але й подовжує такт стиснення (відпочинку) дійки і скорочує такт ссання за рахунок збільшення тривалості впуску повітря в камеру керування пульсатора. Це веде до зниження пропускної спроможності доїльного апарату та до збільшення тривалості видавання корови.

Бажаний результат можна отримати у тому випадку, якщо заслінки обох клапанів механічно заблокувати, як показано на рисунку 2.5 (а), або вводити сигнали через логічний елемент АБО (рисунок 2.5, б).

Відповідно до пневматичних схем (рисунок 2.5, а і 2.5, б) заслінки відкривають сопла вакуумним сигналам з того боку, звідки вони надходять. Якщо з обох входів  $P_f$  і  $P_d$  діють однакові сигнали «вакуум» або «атмосфера», то обидві заслінки відкриті, і в камерах, що управляють, встановлюються, відповідно, вакуум або атмосфера, тобто. обидві схеми реалізують ситуації 1 та 2. Навіть у тому випадку, якщо при подачі дискретних сигналів «0» або «1» клапани незначно пропускають повітря, обидві схеми залишаються працездатними, і ситуація 3 не має місця, вона повністю виключається.

Для реалізації логічних операцій у системах управління будь-якої складності до каналів  $P_f$  і  $P_d$  можуть підключатися додаткові входи через логічні елементи АБО, І, НЕ та ін.



а – з механічно заблокованими заслінками зворотних клапанів; б – з логічним-вакуумним пневмоелементом АБО; 1 – пневмоємність; 2 – регульований дросель; 3 – механічно заблоковані зворотні клапани; 4 – вакуумний логічний пневмоелемент АБО

Рисунок 2.5 – Пневматичні схеми подачі сигналів до керуючих камер пульсаторів

Отже, керуюча камера пульсатора, що включає пневмоємність  $V_1$  і дросель  $\alpha$  являє собою аперіодичну ланку першого порядку, що перетворює вхідний дискретний сигнал в аналоговий, що змінюється за величиною в часі. Ці зміни передаються чутливому елементу – мембрані, що є ще й підсилювальною ланкою, що включає жорсткий центр, що перетворює тиск у зусилля, що діє на клапан, що переміщається разом із заслінкою між двома соплами: вакуум і атмосфера. Крім того, мембрана виконує функції елемента порівняння, що постійно порівнює тиск, що змінюється всередині камери, з величиною постійного вакууму системи живлення  $P_{пт}$ , що діє під мембраною. При виникненні на мембрані перепаду тиску, що відповідає величині спрацьовування  $P_{сп}$  або відпускання клапана  $P_{отп}$ , клапан перемикається стрибком з одного положення в інше. В результаті на виході пульсатора і на вході  $P_f$  в камеру, що управляє, сигнал змінюється на протилежний і в камері, що управляє, формуються нові команди.

Керуюча камера пульсатора з дроселем, як аперіодична ланка першого порядку, описується диференціальним рівнянням

$$T \frac{dP}{dt} + P = P_1, \quad (2.11)$$

де  $P$  і  $P_1$  – величини вакууму на вході та виході ланки, кПа;

Постійна часу, с:

$$T_1 = \frac{V_1}{R\Theta\alpha} \quad (2.12)$$

Передатна функція керуючої камери пульсатора, як аперіодичної ланки першого порядку, має вигляд (2.3), де  $k = \alpha/\alpha = 1$  – коефіцієнт посилення глухої камери [13].

Вихідна перехідна характеристика цієї камери є експонентом [13]

$$h(t) = k_1(1 - e^{-\frac{t}{T}}) \cdot 1(t), \quad (2.13)$$

де  $t$  – поточний час, с.

Амплітудно-фазова характеристика

$$W(i\omega) = \frac{K_1}{T_1 i\omega + 1}. \quad (2.14)$$

Звідки амплітудно-частотна характеристика

$$A(\omega) = \frac{K_1}{\sqrt{(T_1 i\omega)^2 + 1}}, \quad (2.15)$$

а фазочастотна

$$\varphi(\omega) = -\arctg T_1 \omega. \quad (2.16)$$

Постійну часу  $T_1$  можна визначити за формулою (2.12), складність полягає в тому, що для цього провідність  $\alpha$  потрібно визначити експериментально. Тому простіше буде визначити постійну часу  $T_1$  з амплітудно-фазової характеристики (2.14) при  $K_1 = 1$  або знаючи поточний час  $t_\alpha$  заповнення та випорожнення заданої ємності через дросель  $\alpha$  при заданій величині перепаду вакууму  $\Delta P$ , з достатнім ступенем точності постійний час не можна визначити з виразу

$$T_1 = \frac{t_\alpha}{3}, \text{ с,} \quad (2.17)$$

а потім вже за формулою (2.12) визначити провідність дроселя  $\alpha$ .

Дослідженнями пульсатора (рисунок 2.3, а), як робочого органу, була встановлена релейна сутність його роботи з гістерезисної петлі з характерними для реле точками

спрацьовування

$$P_{cp} = P \left( 1 - \frac{S_3}{S_1} \right), \quad (2.18)$$

та відпускання

$$P_{omn} = P \left( 1 - \frac{S_2}{S_1} \right) \quad (2.19)$$

де  $P$  – величина вакууму в системі живлення, кПа;  $S_1$  – ефективна площа мембрани,  $\text{м}^2$ ;  $S_2$ ,  $S_3$  – площі клапанів по колам великого (верхнього) і малого (нижнього) сопел, відповідно,  $\text{м}^2$ .

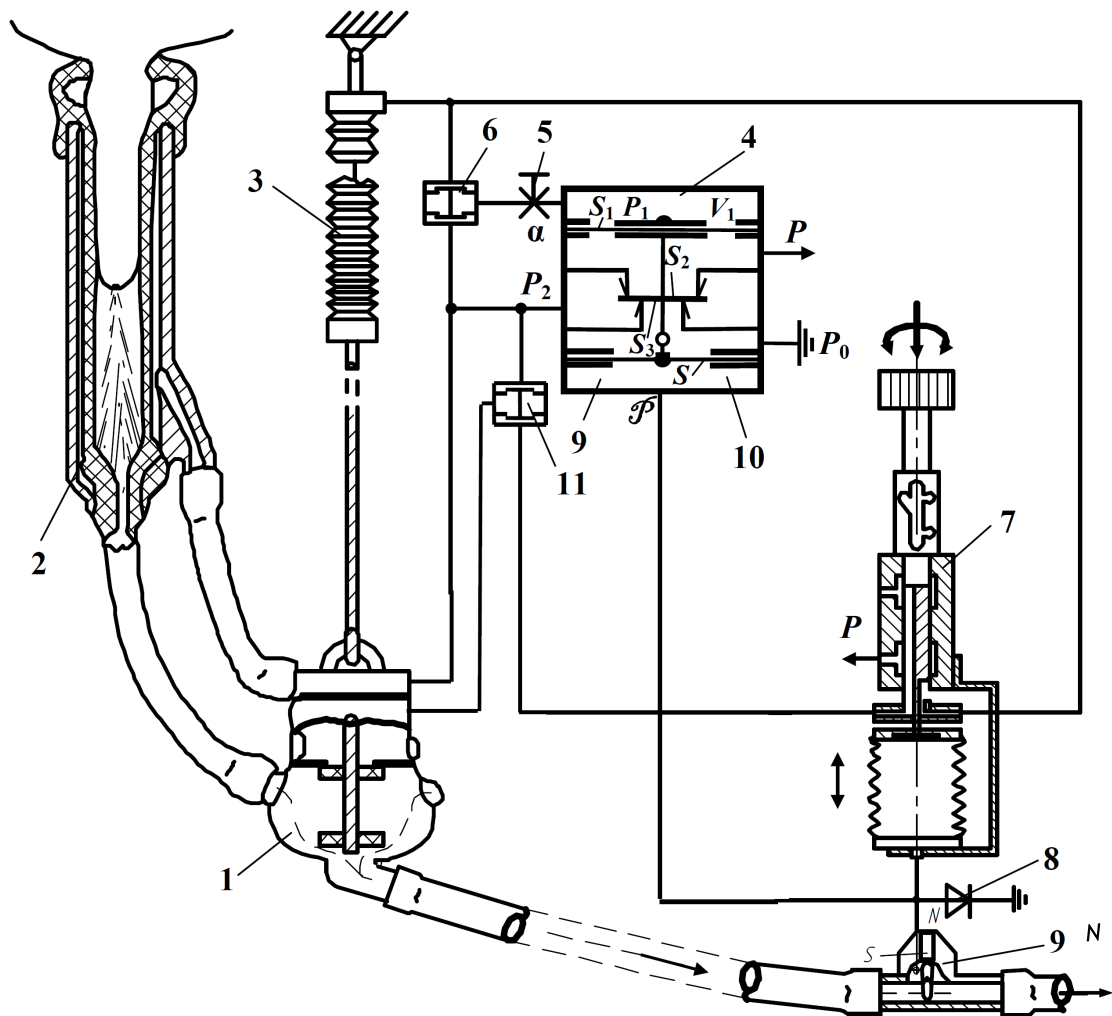
Маючи вихідні дані і гістерезисну характеристику пульсатора, можна продовжити його дослідження, але вже не як виконавчого органу, а як керуючого ланки, що формує команди на основі реалізації наступних елементарних логічних операцій І, АБО, НЕ, ТАК алгебри логіки для синтезу автоматизованої системи будь-якої складності: від стійлового доїльного апарату до робота.

## 2.2 Обґрунтування елементів та схем керованих доїльних апаратів

Керований доїльний апарат може працювати в чотирьох режимах (рисунок 2.6):

– у звичайному двотактному режимі за відсутності датчика та керуючого пристрою з ручним включенням і вимкненням;





$P$  – величина вакууму в аналоговий керуючої камері підпору;  $P_0$  – атмосферний тиск;  $P$  – величина вакууму у системі харчування;  $P_1$  – тиск в керуючій камері пульсатора;  $P_2$  – тиск у камері змінного вакууму;  $\alpha$  – провідність дроселя пульсатора;  $V_1$  – обсяг керуючої камери пульсатора;  $S$  – ефективна площа мембрани керуючої камери підпору;  $S_1$  – ефективна площа мембрани пульсатора;  $S_2, S_3$  – площі клапанів; 1 – колектор; 2 – доїльний склянка; 3 – пневмознімач; 4 – пульсатор; 5 – пневмодросель; 6, 11 – логічні елементи АБО; 7 – сифонне управляючий пристрій; 8 – зворотний клапан; 9 – магнітоструминний датчик вакуумних сигналів; 10 – керуюча камера підпору

Рисунок 2.6 – Пневматична схема доїльного апарату із параметрами, що змінюються в залежності від інтенсивності і фази молоковиведення

– за наявності аналогового сигналу датчика в керуючій камері підпора і при фіксованому нижньому включеному положенні керуючого пристрою апарат працює в режимі з параметрами, що плавно змінюються, залежно від інтенсивності молочного потоку;

– при включеному керуючому пристрої та при відсутності аналогового сигналу датчика апарат працює в двох-трьохтактному режимі зі змінним стрибком середньої діючої величиною вакууму під дією, в кінці доїння відключається автоматично;

– при включеному керуючому пристрою та за наявності аналогового сигналу в камері підпора апарат працює в комбінованому режимі з плавно змінюються параметрами залежно від інтенсивності та фази молоковиведення з виключенням на двотактний режим при бурхливій молоковіддачі та автоматичним відключенням в кінці доїння.

Виходячи з цього і були проведені теоретичні дослідження та обґрунтовані характеристики і параметри пульсатора.

Маючи вихідні дані та гістерезисну характеристику пульсатора, можливо досліджувати його не як виконавчий орган, а як керуюча ланка, формує команди на основі реалізації сигналів, що надходять, для синтезу автоматизованою системи будь-якої складності: від стійлового доїльного автомата до робота.

Дослідження проведено з використанням елементів теорії систем автоматичного регулювання, а саме – графоаналітичних методів дослідження динамічних систем за безрозмірними узагальненими параметрами у відносних одиницях

На рисунку 2.7 показаний графік, на якому представлені перехідні характеристики керуючої камери пульсатора та різні положення на них його гістерезисної петлі. При цьому на осі абсцис відкладається час у частках постійної часу керуючої камери пульсатора  $T$ , а осі ординат – рівень вакууму в частках рівня вакууму живлення в системі, який приймається за одиницю ( $P_{\text{пит}} = 1$ ).

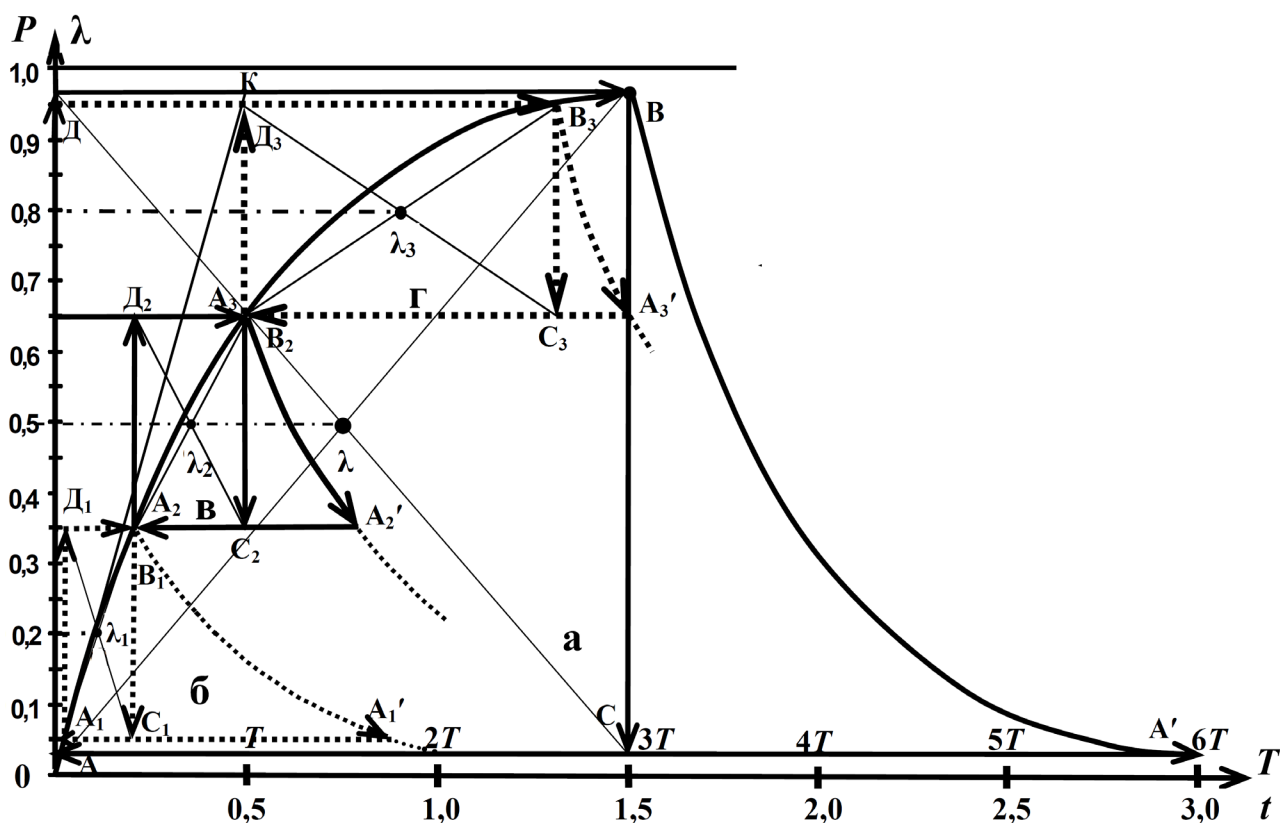


Рисунок 2.7 – Різні положення на перехідній характеристиці керуючої камери гістерезисних характеристик (а, б, в, г) керованого пульсатора

Перехідні характеристики керуючої камери пульсатора представляють собою висхідні та низхідні експоненти і будуються на графіку з відомим формулам:

висхідна

$$P_{всх}(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{T}}) \cdot 1(t), \quad (2.20)$$

низхідна

$$P_{нсх}(t) = K \cdot e^{-\frac{t}{T}} \cdot 1(t), \quad (2.21)$$

де  $K = 1$  – коефіцієнт посилення, для глухих керуючих камер пульсатора.

При цьому ми вважаємо, що вхідний вплив  $[1(t)]$  постійно до виходу роботи ланки на встановлений режим ( $t = 3T$ ). Перехідний процес формування експоненти вважаємо практично завершеним через проміжок часу  $t_{п} = 3T$ , коли по ординаті вона досягає значення  $0,97P$ , надалі до одиниці ( $P = 1$ ) експонента наближається асимптотично, тобто. в нескінченності, практично по горизонталі, на якій

зафіксувати в часі завершення будь-якого події, наприклад, спрацювання  $P_{cp}$ , стає вже неможливим. Через допустимі коливання вакууму в живильній системі доїльного апарату ( $\pm 5\%$ ) що встановилося значення вакууму приймаємо рівним  $0,95 P$ .

Постійна часу  $T$  визначається за формулою (2.12). Як уже відзначалась, складність такого визначення полягає в тому, що для цього мають бути відомі ємність  $V_1$  і провідність дроселя  $\alpha$  керуючої камери пульсатора, які зазвичай бувають невідомі на етапі його проектування і, особливо, при розробці зоотехнічних та вихідних вимог до створюваного доїльного апарату. У цьому випадку з достатнім ступенем точності постійну часу  $T$  можна визначити за дотичною до експоненти керуючої камери пульсатора.

На висхідній перехідній характеристиці побудовані релейні (гістерезисні) характеристики пульсатора, репрезентують собою прямокутники АДВС з центром  $\lambda$  і розташованими на висхідній експоненті характерними точками початку процесу А, спрацювання В, а також точкою відпускання А, розташованою на низхідній експоненті.

Якщо з крапки спрацювання У опустити вертикаль, ділить підекспоненційний простір координатної площини на ділянки, їх проекції на вісь абсцис утворюють горизонтальні відрізки:  $t_1$  – час ссання та  $t_2$  – час стиснення дійки, сума яких дорівнює часу циклу  $T_{ц} = t_1 + t_2$ . Відрізок  $T_{ц}$  є нижньою стороною гістерезисної петлі пульсатора. У міру опускання відрізка  $T_{ц}$  за експонентом петля «зростає», частка  $t_1$  у циклі зменшується, а частка  $t_2$  збільшується.

Основним параметром пульсатора є фаза ссання  $\lambda = t_1 / T_{ц}$  чим вона більша, тим триваліший такт ссання, тим вище пропускна здатність апарата, а в тритактному режимі – тим вище середня діюча величина вакууму під дієюкою  $P_c = \lambda P$ . Крім того, зміна фази ссання викликає зміну частоти пульсацій та співвідношення тактів. Тому дослідження доїльних апаратів найбільше цікавить саме цей параметр: від чого він залежить і чи можна в процесі доїння керувати зміною фази ссання? Відповідь на це питання можна отримати лише на основі нових знань про роботу пульсатора з камерою змінного підпору як вакуумного

релейного пристрої.

Виходячи з цього, основна увага була звернена на найбільш характерні точки гістерезисних петель – їх центри  $\lambda$  та відповідні їм значення по осі ординат (рисунок 2.6). Центрам гістерезисних петель на осі ординат завжди відповідає певне значення величини харчування у відносних одиницях (о.о.), що являє собою середню діючу величину вакууму в керуючій камері пульсатора  $P_\lambda$  в центрі системи координат – 0,5, вище – 0,8. Якщо це закономірність, звідси можна зробити попередній висновок, що параметр  $\lambda$  у відносних одиницях (у масштабі  $P$ ) можна винести на вісь ординат і при розрахунках цю величину параметра пульсатора приймати за основу.

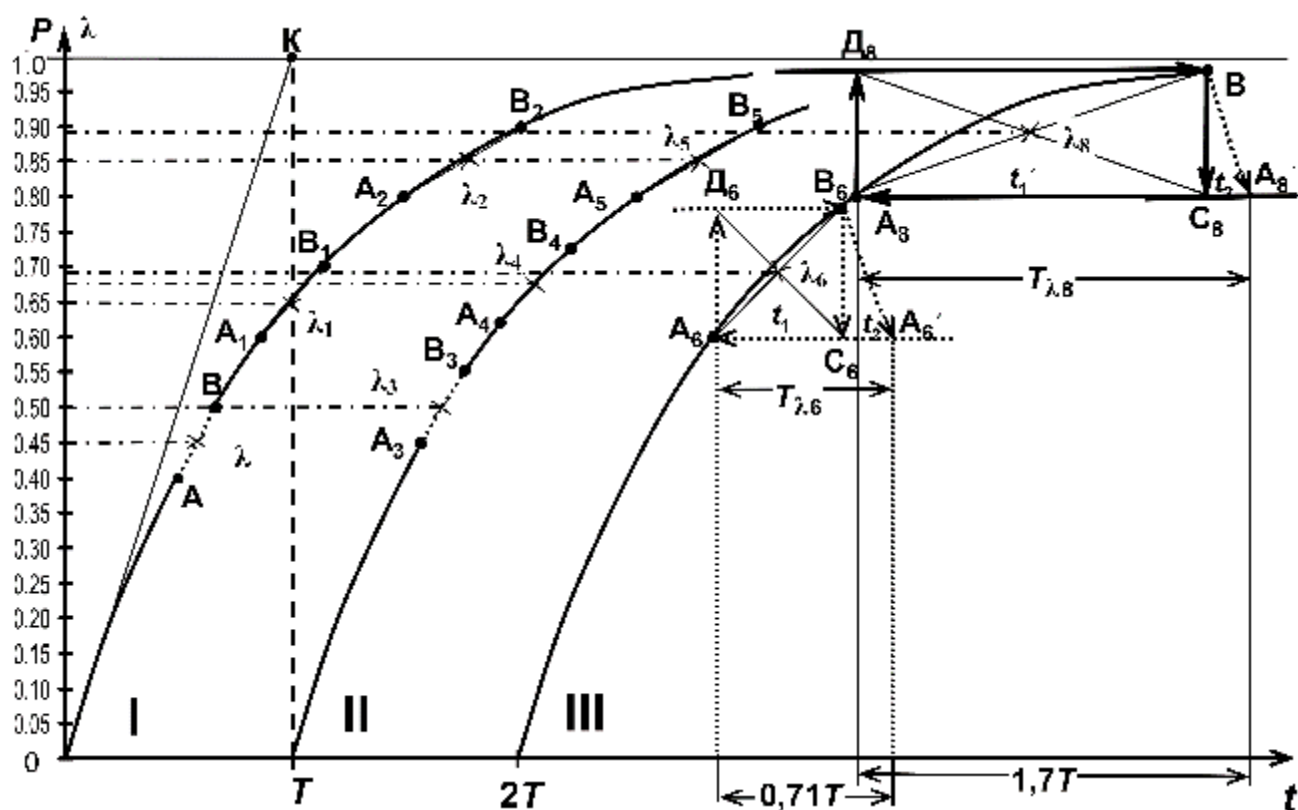


Рисунок 2.8 – Графічне визначення параметрів пульсаторів за заданими значеннями положення хорд-діагоналей гістерезисних петель на експонентах I, II і III

На основі отриманих теоретичних залежностей розроблено методику інженерного розрахунку, що дозволяє визначати параметри керованих вакуумних

пульсаторів доїльних автоматів.

Перевагою пульсатора з блоком двох мембран, виконаного по рисунку 2.6 (б), є компактність і завершеність як пневматичного прибору, його недоліком – деяка складність експлуатації, що виникає при розбиранні і складанні.

Результати розрахунків представлені на рисунку 2.8 у координатном полі. На експонентах I, II і III представлені результати графоаналітично аналізу параметрів пульсаторів, виконаних по схемам малюнків 2.6 (а) і (б), в трьох варіантах при трьох значення аналогового керуючого сигналу  $P$  (0,0; 0,5 та 1,0) у відносних одиницях (при  $P = 50$  кПа).

На експоненті I (рисунок 2.8) основні носії станів інформації гістерезисної петлі пульсатора, виконаного за схемою рисунка 2.6 (а), хорди-діагоналі  $A-B$ ,  $A_1-B_1$ ,  $A_2-B_2$  з центрами  $\lambda$ ,  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$  відповідно, мають: співвідношення тактів від 0,8:1 до 5,7:1; величину вакууму під дією (при  $P = 50$  кПа) від  $P_{\lambda} = 22,5$  кПа до  $P_{\lambda_2} = 42,5$  кПа.

На експоненті II (пульсатор по схемою малюнку 2.6, б) хорди-діагоналі  $A_3-B_3$ ,  $A_4-B_4$ ,  $A_5-B_5$  з центрами  $\lambda_3$ ,  $\lambda_4$  та  $\lambda_5$  мають: співвідношення тактів  $v$  від 1:1 до 5,7:1; вакуум під дією (при  $P = 50$  кПа) від  $P_{\lambda_3} = 25$  кПа до  $P_{\lambda_5} = 42,5$  кПа.

На експоненті III (пульсатор по схемою малюнку 2.6, б) хорди-діагоналі  $A_6-B_6$  та  $A_8-B_8$  з центрами  $\lambda_6$  та  $\lambda_8$  мають: співвідношення тактів від 2,1:1 до 8,1:1; вакуум під дією (при  $P = 50$  кПа) від  $P_{\lambda_6} = 34,5$  кПа до  $P_{\lambda_8} = 44,5$  кПа.

Для порівняння зміни частоти пульсацій на хордах-діагоналях  $A_6-B_6$  та  $A_8-B_8$  з центрами  $\lambda_6$  та  $\lambda_8$ , відповідно, відновлюємо гістерезисні петлі з тактами ссання  $t_1$ , стиснення  $t_2$  і визначаємо відповідні тривалості часу циклів ( $T_{\lambda_6}$  і  $T_{\lambda_8}$ ) пульсатора. У відповідно з формулою (2.22) зміна частоти пульсацій буде 2,4, що відповідає побажанням фізіологів і по цьому параметра.

Експонента III пояснює також, чому гістерезисна петля пульсатора з центром  $\lambda_6$  (на рисунку 2.8 виділена точковим пунктиром) у верхньому положенні ні з центром  $\lambda_8$  «лягає», а фаза ссання  $\lambda$  ніколи не може бути рівною 1,0. Пояснюється це «несжимаемостью» гістерезисної петлі по вертикалі та суттєвим зміною напрямки хорди-діагоналі  $A_8-B_8$  в верхній частині експоненти від вертикального до горизонтального.

## 2.3 Висновки з розділу

1. На основі проведених досліджень встановлено, що будь-який вакуумний пульсатор доїльного апарату, що є автоматичним пристроєм та працює за алгоритмом самоналаштування на оптимальні параметри гістерезисної петлі, можна використовувати в процесі доїння корів для управління співвідношенням тактів, і глибиною вакууму під діюками у фізіологічно обґрунтованих межах залежно від інтенсивності та фази молоковиведення.

2. Використовуваний графоаналітичний метод дозволив встановити, що робочими параметрами пульсатора можна керувати, змінюючи положення центру гістерезисної петлі в координатному полі змінним підпором, створюваним у процесі доїння аналоговим сигналом датчика інтенсивності молоковиведення в додатковій камері пульсатора.

3. Залежно від конструктивних особливостей вакуумні керовані пульсатори в процесі доїння корів за сигналами датчиків теоретично можуть змінювати співвідношення тактів від 0,8:1 до 8:1; частоту пульсацій у 2,4 рази та величину вакууму під діюкою від 22,5 до 42,5 кПа при Р живлення 50 кПа (від 45 до 85 %), а при бурхливій молоковіддачі, що перевищує 800 г/хв – стрибком до максимального значення величини вакууму в системі живлення, яка може становити 70 кПа і вище. При зниженні інтенсивності молоковиведення до 300 г/хв після додавання в тритактному режимі апарат автоматично відключається і виводиться з-під вим'я корови.

## **3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВАКУУМНИХ ПУЛЬСАТОРІВ**

### **3.1. Програма експериментальних досліджень**

У процесі експериментальних досліджень було необхідно перевірити отримані теоретичні висновки та уточнити межі їх застосування, отримати значення вхідних до них показників, обґрунтувати основні параметри та характеристики вакуумних пульсаторів для стійлових доїльних автоматів.

Програма експериментальних досліджень передбачала:

1. Перевірку можливість зміни параметрів вакуумного пульсатора в процесі його роботи шляхом зовнішнього впливу на його мембрано-клапанний блок залежно від інтенсивності та фази молоковиведення.

2. Визначення основних параметрів керованих вакуумних пульсаторів: частоти пульсацій, фази ссання і співвідношення тактів, тривалості тактів ссання і стиснення і часу робочого циклу, величин вакууму спрацьовування  $P_{cp}$  і відпускання  $P_{відп}$  та їх залежності від рівня аналогового керуючого сигналу, що відповідає інтенсивності та фазі молоковиведення.

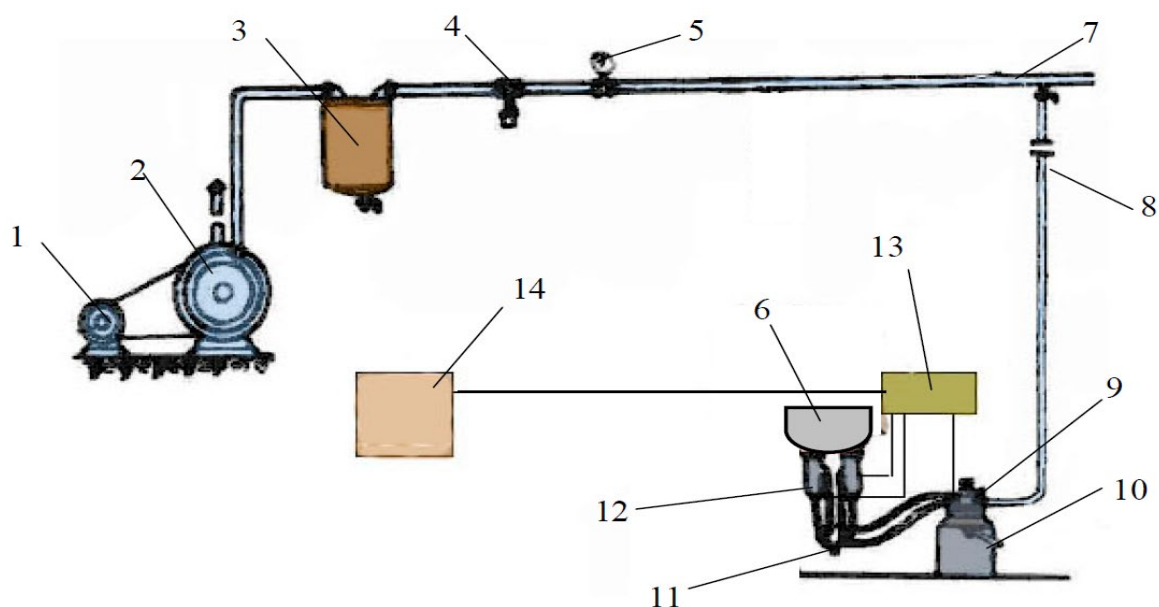
3. Експериментальна перевірка одержаних теоретичних залежностей для розрахунку характеристик та параметрів керованих вакуумних пульсаторів.

### **3.2 Устаткування та прилади для експериментальних досліджень**

Експериментальні дослідження керованих пульсаторів проводилися на лабораторній доїльній установці, що дозволяє імітувати умови машинного доїння корів (рисунок 3.1). Лабораторна установка була обладнана вакуумним насосом, вакуум-балоном, вакуум-регулятором, вакуумметрами та доїльними апаратами.

Для кращої імітації умов доїння застосовувався стенд, що включав штучне вим'я із дійками, виготовлене з пластмаси (рисунок 3.2).





1 – електродвигун; 2 – вакуум-насос; 3 – вакуум-балон; 4 – вакуум-регулятор;  
 5 – вакуумметр; 6 – штучне вим'я; 7 – вакуумпровід; 8 – шланг постійного вакууму; 9 - керований пульсатор; 10 - відро доїльне ; 11 – колектор; 12 – доїльні склянки; 13 – блок датчиків; 14 – вимірювальний комплекс

Рисунок 3.1 – Загальна схема лабораторної доїльної установки

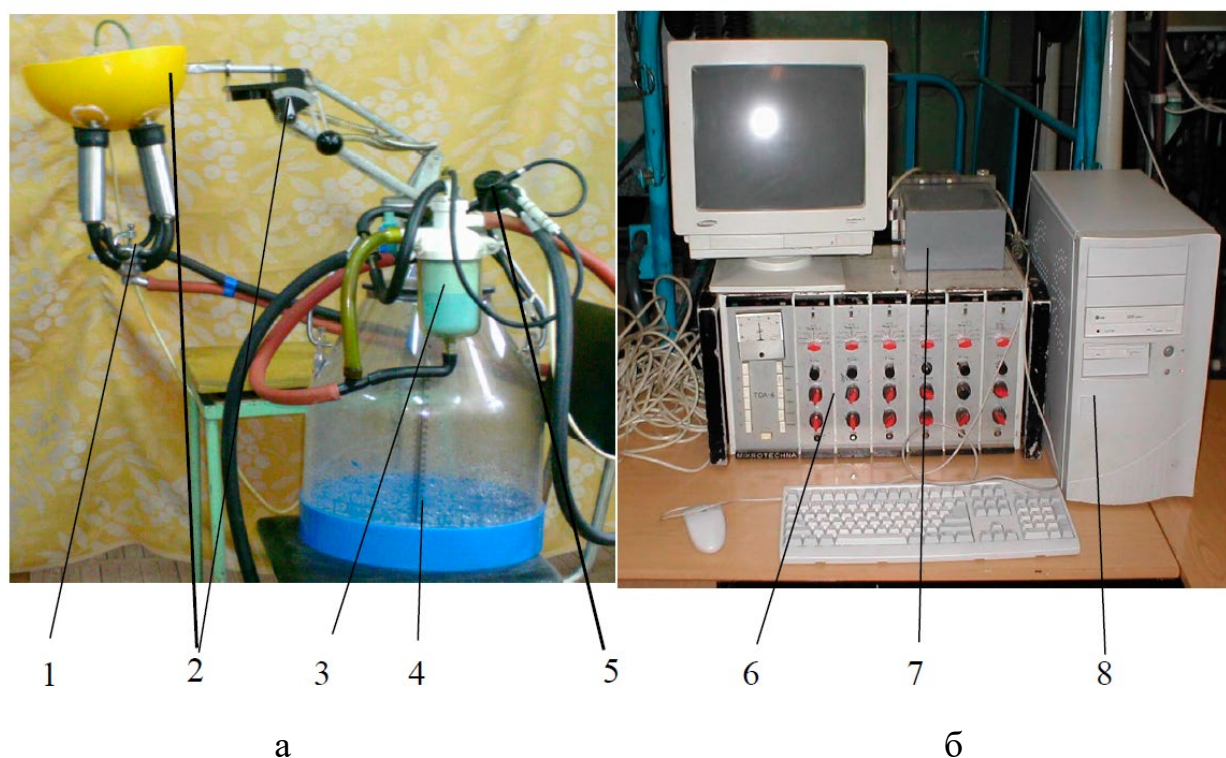


1 – штучне вим'я; 2 – дійки вим'я; 3 – шланг для подачі рідини , що імітує молоко;  
 4 – основа; 5 – вертикальна стійка; 6 – горизонтальна стійка

Рисунок 3.2 – Стенд зі штучним вим'я

Форма та розміри вим'я та його дійки відповідали природним. У процесі дослідів на дійки вим'я вдягалися доїльні склянки. У дійках були канали, по яких подавалася робоча рідина, що імітувала молоко, що надійшла через розподільник з ємності, забезпеченої краном і рідинним лічильником, що дозволяло регулювати її витрату, імітуючи тим самим інтенсивність молоковиведення.

Загальний вигляд лабораторної установки представлено рисунку 3.3.

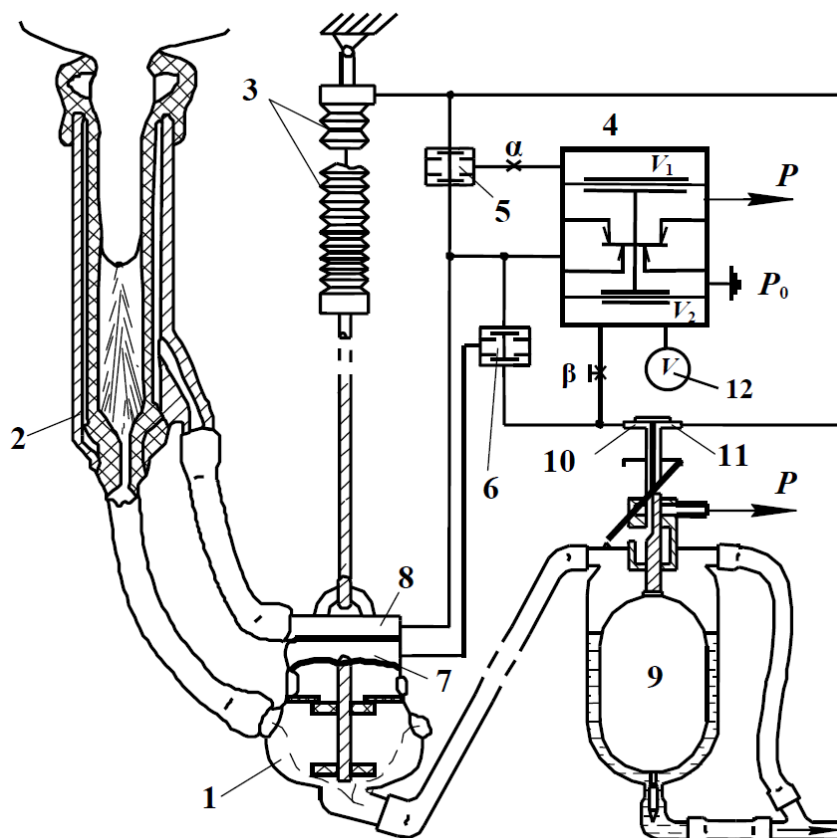


1 – підвісна частина доїльного апарату; 2 – стенд зі штучним вим'ям; 3 – датчик інтенсивності молочного потоку; 4 – доїльне відро; 5 - керований пульсатор; 6 – підсилювач ТДА-6; 7 – плата аналого-цифрового перетворення; 8 – персональний комп'ютер; а – стенд для імітації процесу доїння; б – вимірювальна апаратура

Рисунок 3.3 – Загальний вигляд лабораторної установки

Як засіб доїння використовувався розроблений дворезимний дво-тритактний автоматизований доїльний апарат АДД-2/3 (рисунок 3.3, а). Апарат включає доїльні склянки, керований колектор, створений на базі колектора тритактного доїльного апарату, пульсатор керований, логічні елементи АБО (диз'юнкція). У керованому

апараті додавання здійснюється періодичним впуском повітря в піддійкової камери доїльних склянок шляхом автоматичного переведення апарату з двотактного на тритактний режим роботи. Управління доїльним апаратом здійснює пневмодатчик інтенсивності молочного потоку типу МДФ 02.010 маніпулятора МД-Ф-1, що має штуцери подачі вакуумних сигналів на механічне додоювання і вимкнення апарата. В іншому варіанті апарат включає сифонний керуючий пристрій з магнітоструйним датчиком вакуумних сигналів, що видає аналоговий сигнал, відповідний інтенсивності молоковиведення, який надходить в камеру підпору керованого пульсатора.



- 1 – колектор; 2 – доїльна склянка; 3 – пневознімач; 4 – керований пульсатор;  
 5, 6 – логічні елементи «АБО»; 7 – керуюча камера колектора ; 8 – розподільна  
 камера колектора; 9 – пневмодатчик; 10, 11 – штуцери пневмодатчика;  
 12 –пневмоємність;  $\beta$  – регульований опір

Рисунок 3.4 – Схема керованого доїльного апарату, що включає керований пульсатор (лабораторна установка)

Для експериментальних досліджень зміни параметрів керованого пульсатора в процесі його роботи в залежності від інтенсивності та фази молоковиведення застосовувалася лабораторна установка, що включала керований доїльний апарат з керованим пульсатором з камерою підпору, утвореною додатковою мембраною, і пневмодатчик інтенсивності молочного потоку. Трансформація датчика дискретного сигналу, що видається зі штуцера, в аналоговий здійснювалася шляхом його проходження через регульований опір  $\beta$  (пневматичний дросель змінної провідності) і з'єднання камери змінного підпору пульсатора з пневмоємністю з метою згладжування сигналу. Схема лабораторної установки керованого доїльного апарату, що застосовувався у складі, представлена на рисунку 3.4.

Реєстрація тисків у досліджуваних точках вузлів доїльного апарату здійснювалася тензометричною апаратурою, що включала індуктивні тензодатчики, що нормує підсилювач ТДА-6, плату аналого-цифрового перетворення LA-70, тензометричні ланки та кабелі (рисунок 3.3, б).

Тривалість тактів робочого циклу пульсатора доїльного апарату визначалася шляхом візуалізації осцилограм зміни тисків на моніторі комп'ютера в програмі-реєстраторі, що додається до плати аналого-цифрового перетворення АЦП LA -70, і періодичного запису одержуваних значень у табличний файл.

### **3.3 Загальна методика лабораторних досліджень керованого доїльного апарату, що включає керований вакуумний пульсатор**

У цій роботі досліджувалися процеси в камерах основних вузлів доїльного апарату. Вимірювання тривалості та характеру процесів проводилося за осцилограмами змінних тисків (рівнем вакууму).

Для запису змінних тисків, які у досліджуваних вузлах доїльного апарату, застосовувався електротензометричний метод. Запис значень тисків у камерах доїльних склянок, пульсатора та колектора доїльного апарату проводився за допомогою тензометричних ланок. Осцилограми зміни тиску знімалися одночасно

у всіх камерах апарату в процесі його роботи.

Тензоланки встановлювалися в керуючій камері пульсатора, в камері змінного вакууму пульсатора, в керуючій та розподільній камерах колектора, в піддійковій та міжстінній камерах доїльної склянки.

У кожному досвіді за результатами запису вимірювалися тривалість і співвідношення тактів, частота пульсацій, тривалість перехідних процесів в камерах вузлів доїльного керованого апарату, в тому числі керованого пульсатора. Співвідношення тактів визначалося відношенням часу такту ссання  $t_1$  до часу такту стиснення  $t_2$ . За допомогою контрольно-вимірювального комплексу в ході досвіду отримано осцилограми та графіки зміни тиску (вакууму) у вузлах керованого доїльного апарату, за якими можна судити про величину тиску в певний момент часу та про тривалість перехідних процесів (рисунок 3.5).

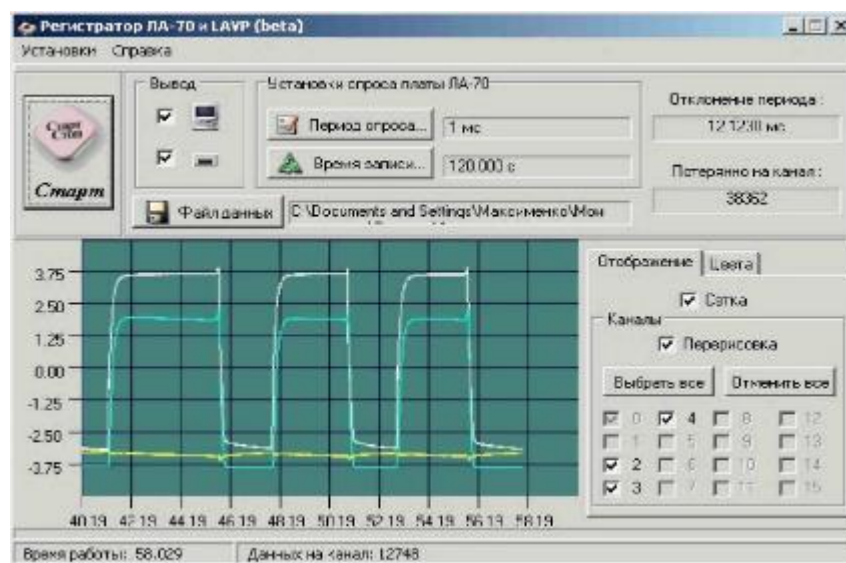


Рисунок 3.5 – Осцилограми зміни тиску в процесі роботи керованого доїльного апарату

### 3.4 Методика експериментальних досліджень керованих вакуумних пульсаторів для стійкових доїльних автоматів

Основною метою проведених дослідів була експериментальна перевірка можливості плавної зміни параметрів пульсатора (частота пульсацій,

співвідношення тактів, загальний час циклу, величина вакууму спрацьовування та відпускання), а також рівня вакууму в піддійкових камерах доїльних склянок у тритактному режимі шляхом впливу аналогового керуючого сигналу, що змінюється в залежності від інтенсивності та фази молоковиведення.

Для всієї серії дослідів був прийнятий стандартний рівень вакууму в системі живлення лабораторної доїльної установки, що дорівнює 50 кПа.

Як об'єкт досліджень було обрано доопрацьований серійний вакуумний пульсатор АДУ.02.000-03 доїльного апарату АДУ-1.

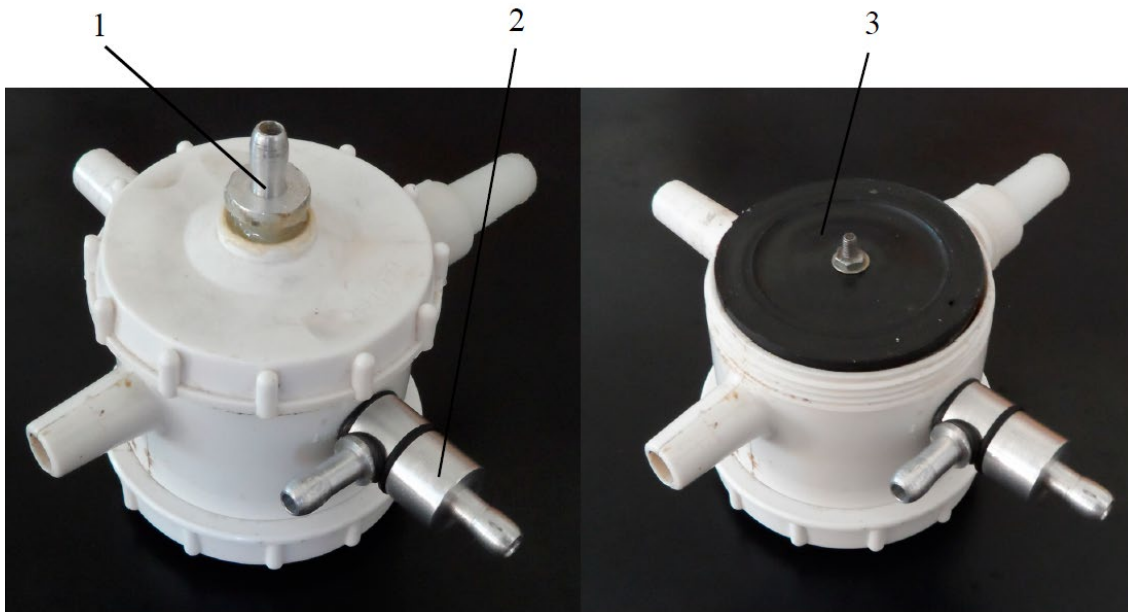
Для запису значень тисків у камері, що управляє, і камері змінного вакууму пульсатора використовувалися тензодатчики. Для цього була модифікована керуюча камера, верхня частина якої була замінена на гнучку пластину, до якої був прикріплений тензодатчик, що фіксував ступінь її прогину під дією зміни рівня вакууму. Для вимірювання рівня вакууму в камері змінного вакууму пульсатора на його гайці була нерухомо закріплена опора, в якій була встановлена гнучка пластина, з'єднана дротом, що проходить через отвори в гайці та кришці, з клапаном. Переміщення клапана в процесі роботи викликали прогинання гнучкої пластини, який фіксувався встановленим на ній тензодатчиком, що дозволяло вимірювати рівень вакууму в камері змінного вакууму.

У процесі роботи пульсатора записувалися осцилограми зміни тисків в камері змінного вакууму і в камері, що управляє, за якими визначалися його параметри - співвідношення і тривалість тактів в робочому циклі, частота пульсацій, величина вакууму спрацьовування  $P_{cp}$  і відпустки  $P_{відп}$ .

Для імітації зміни інтенсивності молоковиведення і впливу відповідного сигналу на мембрано-клапанний блок використовувались вантажі різної маси, які підвішувалися до дроту, закріпленої в клапані пульсатора.

Для проведення досліджень на основі серійного пульсатора апарату АДУ-1 був виготовлений експериментальний зразок пульсатора керованого з додатковою мембраною, що утворює зовнішню камеру підпору (рисунок 3.6).





1 – штуцер для введення аналогового керуючого сигналу; 2 – логічний елемент - АБО; 3 – додаткова мембрана, що утворює камеру підпору а – пульсатор у зборі;  
б – пульсатор зі знятою гайкою

Рисунок 3.6 – Керований пульсатор на основі пульсатора АДУ.02.000-03 з додатковою мембраною та керуванням через логічний елемент АБО

Керований пульсатор з додатковою мембраною досліджувався в роботі при постійному рівні вакууму живлення та змінному рівні вакууму підпору (від  $P = 0$  до  $P = P_{\text{пит}}$ ), який служив аналоговим керуючим сигналом, який подавався в керуючу камеру підпору через штуцер.

У корпус керованого пульсатора було вбудовано логічний елемент АБО, через який подавався сигнал на його відключення.

У ході роботи керованого пульсатора проводилася запис зміни рівня вакууму в керуючій камері і камері змінного вакууму, згідно з методикою описаною вище. Також проводився запис його значень на ході пульсатора.

У ході досліджень перевірялася загальна працездатність і керованість даного пульсатора, а саме відповідність зміни частоти пульсацій і співвідношення тактів рівню аналогового керуючого сигналу, що подається (інтенсивності молоковиведення)

У ході експериментальних досліджень гістерезисних характеристик

керованих пульсаторів змінювалися ефективні площі мембран та клапанів експериментальних зразків модернізованих пульсаторів АДУ.02.000-03 з додатковою мембраною і визначалися відповідні зміни їх параметрів (величин вакууму спрацьовування  $P_{cp}$  і відпускання  $P_{опп}$ , співвідношення тактів  $\nu$ , фази ссання  $\lambda$  і частоти пульсацій  $f$ ) та їх відповідність отриманим теоретичним залежностям. На основі отриманих досвідчених даних проводилася побудова в координатному полі  $P-t$  гістерезисних петель керованих пульсаторів та порівняння їх із побудованими на основі теоретичних залежностей.



## 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВАКУУМНИХ ПУЛЬСАТОРІВ

### 4.1 Результати експериментальних досліджень можливості зміни параметрів пульсатора в процесі його роботи

Для дослідження можливості зміни параметрів пульсатора в процесі його роботи використана методика, що полягає в механічному впливі на мембрано-клапанний блок пульсатора, пропорційному інтенсивності молоковиведення. Для імітації зміни інтенсивності молоковиведення та відповідного впливу на мембрано-клапанний блок пульсатора використовувалися вантажі різної маси. Вплив здійснювався шляхом закріплення вантажів різної маси на мембрано-клапанному блоці серійного пульсатора апарату АДУ-1, що має постійні параметри при звичайному режимі роботи. Схема досвіду представлена на рисунку 4.1.

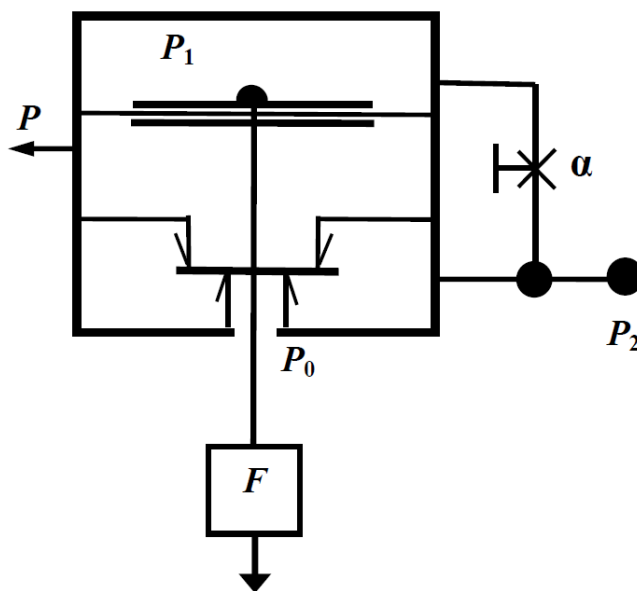


Рисунок 4.1 – Схема досвіду щодо зміни параметрів пульсатора у процесі його роботи шляхом зовнішнього механічного впливу

На рисунку 4.2 представлені результати дослідження механічного впливу на процес роботи пульсатора. Результати експериментальних досліджень доводять

можливість зміни параметрів пульсатора в процесі його роботи шляхом механічного впливу на його мембрано-клапанний блок. Встановлено, що при збільшенні маси вантажу, закріпленого на мембранному клапанному блоці, відбувається зміна співвідношення тактів за рахунок збільшення тривалості такту смоктання  $t_1$  в межах від 0,8:1 до 6:1, і зменшення частоти пульсацій  $f$  від 1,7 до 0,1 Гц.

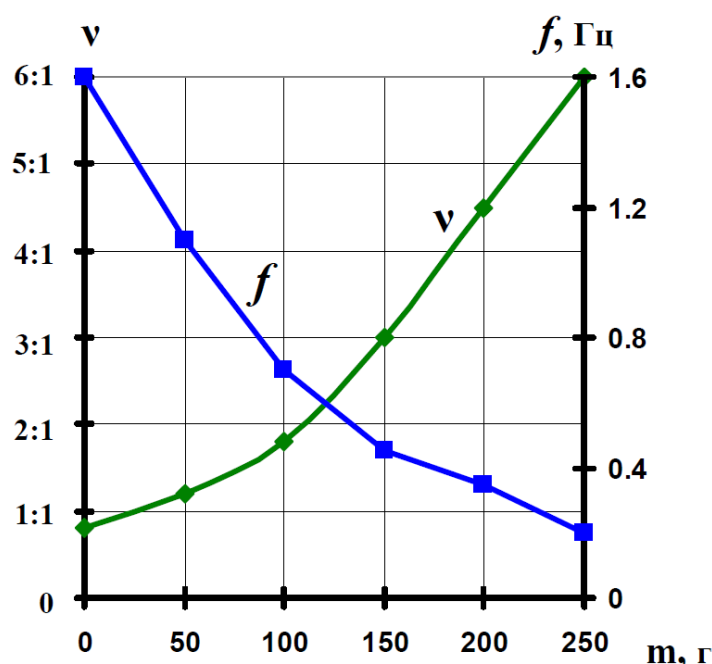


Рисунок 4.2 – Зміна параметрів пульсатора при механічному впливі на мембрано-клапанний блок

Отримані експериментальні дані підтверджують можливість зміни параметрів пульсатора в процесі його роботи в необхідному діапазоні.

#### 4.2. Результати експериментальних досліджень керованого пульсатора з камерою підпору, утвореною додатковою мембраною

На рисунках 4.3 і 4.4 представлені теоретичні та експериментальні залежності зміни параметрів керованого пульсатора з камерою підпора, утвореною додатковою мембраною (співвідношення тактів  $v$ , фази ссання  $\lambda$  і частоти пульсацій  $f$ ), в

залежності від величини аналогового управління сигналу  $P$  подається в камеру підпору змінного вакууму, при  $P_{\text{пт}} = 50$  кПа.

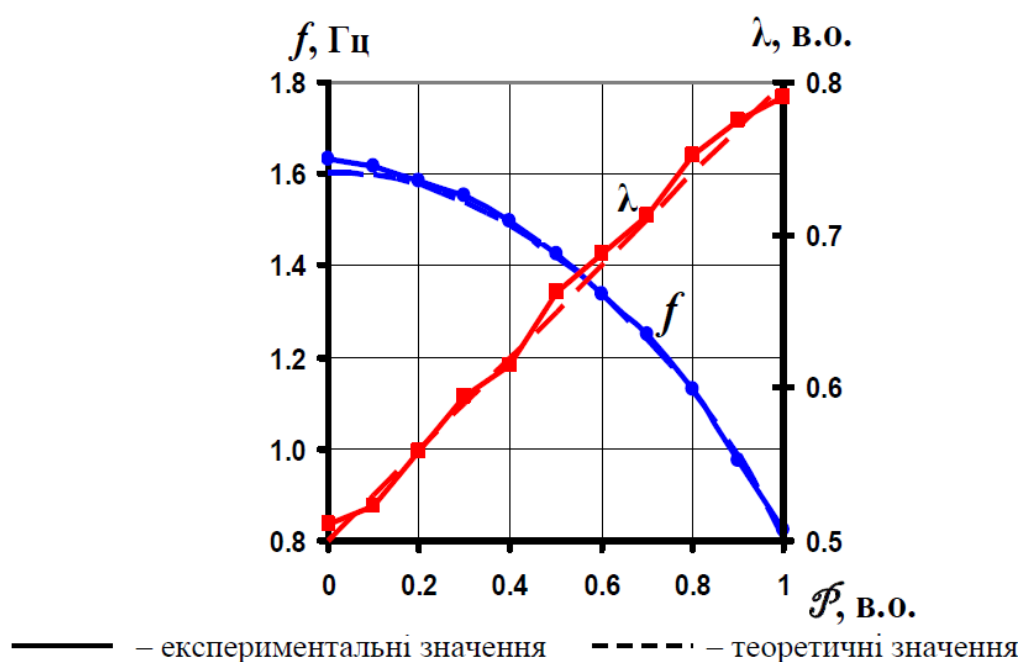


Рисунок 4.3 – Залежність фази ссання та частоти пульсацій від величини аналогового сигналу керуючого

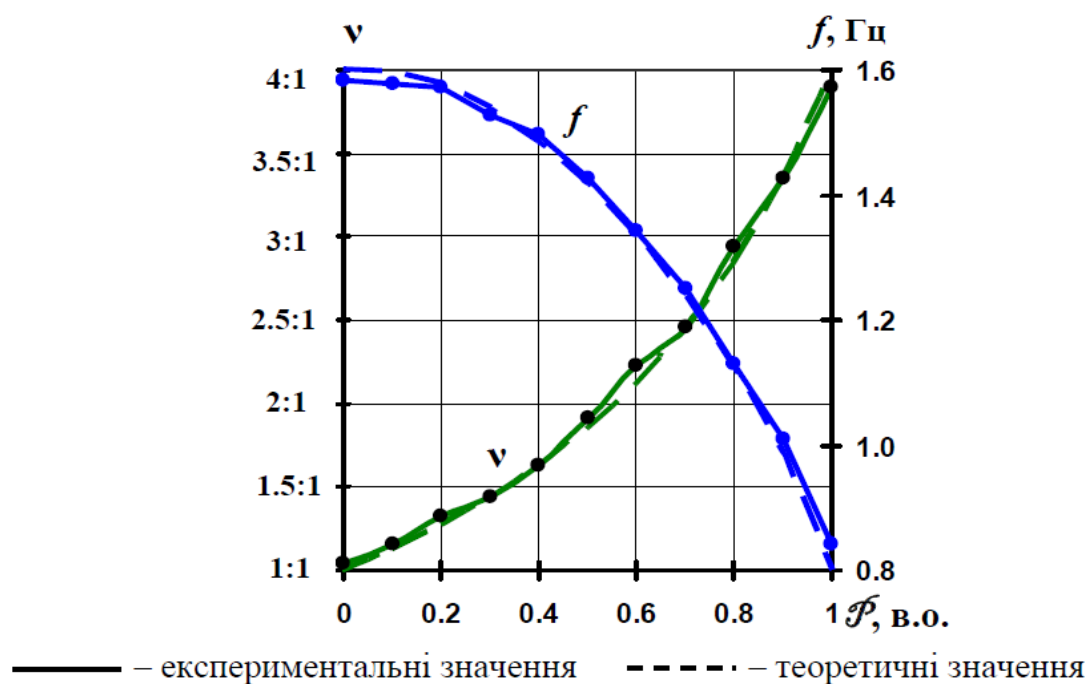


Рисунок 4.4 – Залежність співвідношення тактів та частоти пульсацій від величини аналогового керуючого сигналу

При цьому в конструкції керованого пульсатора використовувалося співвідношення ефективних площ мембран і клапанів  $S_1 = 2,86 S_3$ ,  $S_2 = 1,86 S_3$ ,  $S_3 = 1$ ,  $S = 0,8 S_3$ .

Встановлено, що за відсутності керуючого сигналу (вакууму підпору)  $P = 0$  значення параметрів відповідають значенням для звичайного не керованого пульсатора  $v = v_{\min}$   $f = f_{\max}$ .

При збільшенні значення сигналу керування  $P$  відбувається зниження частоти пульсацій  $f$  і одночасне збільшення співвідношення тактів за рахунок збільшення тривалості такту смоктання  $t_1$ . При досягненні максимального значення керуючого сигналу  $P = 1 = P_{\text{шт}}$  частота пульсацій підтримується на мінімальному  $f = f_{\min}$ , а співвідношення тактів і фаза смоктання на максимальному рівні  $v = v_{\max}$ ,  $\lambda = \lambda_{\max}$ , при якому тривалість такту ссання максимальна. При зниженні рівня керуючого сигналу, відповідного молоковіддачі, відбувається зворотний процес. При цьому кожному значенню сигналу, що управляє, відповідає своє значення частоти пульсацій і співвідношення тактів (фази ссання). Таким чином у процесі роботи пульсатора даної конструкції співвідношення тактів змінюється від 1:1 до 4:1, фаза ссання від 0,5 до 0,8, частота пульсацій від 1,6 до 0,8 Гц.

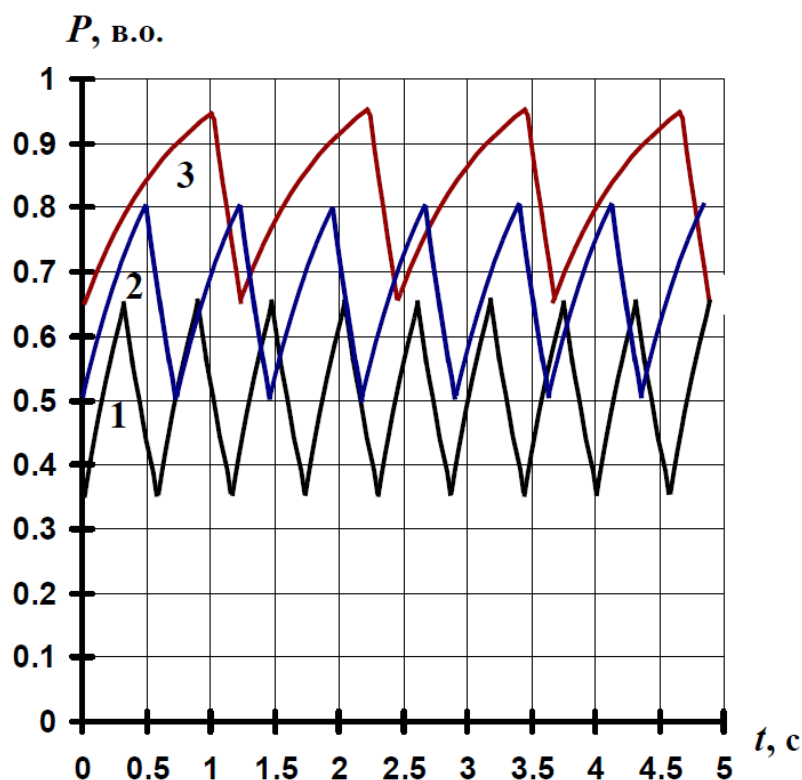
У ході експериментальних досліджень встановлено, що величина фази ссання прямо пропорційна величині аналогового керуючого сигналу, а залежності частоти пульсацій і співвідношення тактів від цього сигналу є параболою.

Встановлено, що величини вакууму спрацьовування та відпускання, середня діюча величина вакууму в камері керування пульсатора змінюються прямо пропорційно величині аналогового управляючого сигналу. При цьому перепад вакууму в камері, що управляє, завжди залишається постійною величиною  $\Delta P = P_{\text{ср}} - P_{\text{отп}} = \text{const}$ . Значення середньої діючої величини вакууму в камері, що управляє, в о. збігаються зі значеннями величини фази ссання, тобто. практично підтверджується теоретична залежність  $\lambda = P_{\lambda} = (P_{\text{ср}} + P_{\text{отп}})/2$ . Аналогічна залежність існує і для середньої діючої величини вакууму в піддійкових камерах доїльних склянок у тритактному режимі. Також встановлено, що при роботі доїльного апарату в тритактному режимі при зміні сигналу керуючого від  $P = 0$  до  $P = P_{\text{шт}}$

середня діюча величина вакууму в піддійкових камерах доїльних склянок плавно змінюється від 0,5 до 0,8 в.о. (від 25 до 40 кПа при  $P_{\text{пит}} = 50$  кПа).

### 4.3 Результати експериментальних досліджень керованого пульсатора за різних режимів роботи доїльного апарату

На рисунку 4.5 представлені графіки зміни в часі рівня вакууму в керуючій камері керованого пульсатора при різних значеннях аналогового керуючого сигналу, що наочно демонструють зміну співвідношення тактів і частоти пульсацій, тривалості робочого циклу, величин вакууму спрацьовування та відпускання під його дією.



1 – при  $P = 0$ ,  $\nu = 1:1$ ; 2 – при  $P = 0,5$ ,  $\nu = 1,9:1$ ; 3 – при  $P = 1$ ,  $\nu = 4:1$

Рисунок 4.5 – Графіки зміни рівня вакууму в камері керування пульсатора при різних значеннях аналогового управляючого сигналу

Наведені графіки практично підтверджують керований режим роботи пульсатора, що змінює робочі параметри залежно від рівня керуючого сигналу.

Зміна робочих параметрів керованого пульсатора за різних рівнів управителя сигналу  $P$  (рисунок 4.5) відбувається в відповідно з математичною моделлю. При цьому при  $P = 0$  параметри приймають значення, що відповідають параметрам некерованого пульсатора, а при  $P = 1$  співвідношення тактів і фаза ссання максимальні.

На рисунку 4.6 наочно показаний процес зміни параметрів пульсатора, що керується при стрибкоподібній зміні рівня аналогового керуючого сигналу на конкретному прикладі зміни з  $P = 0,3$  до  $P = 0,8$  в.о.

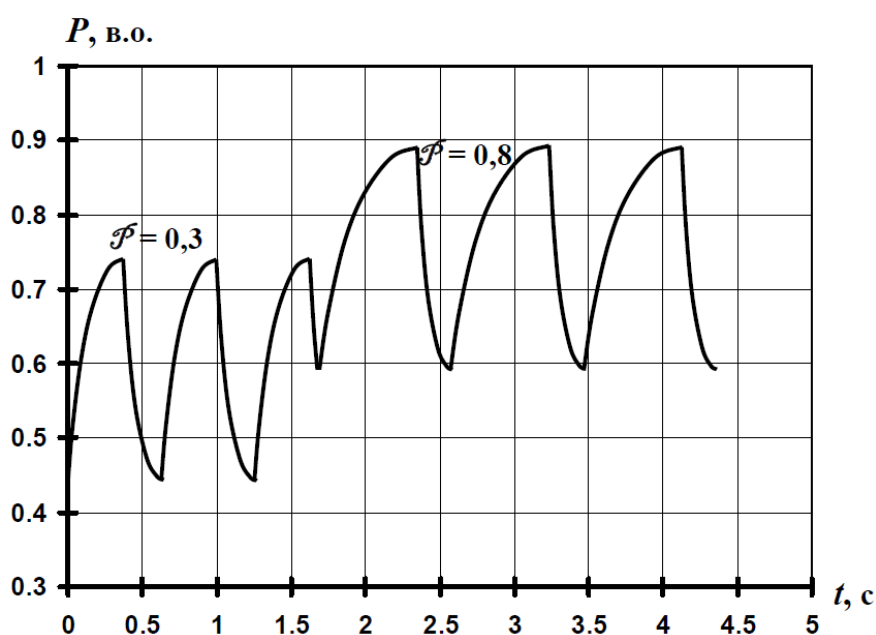
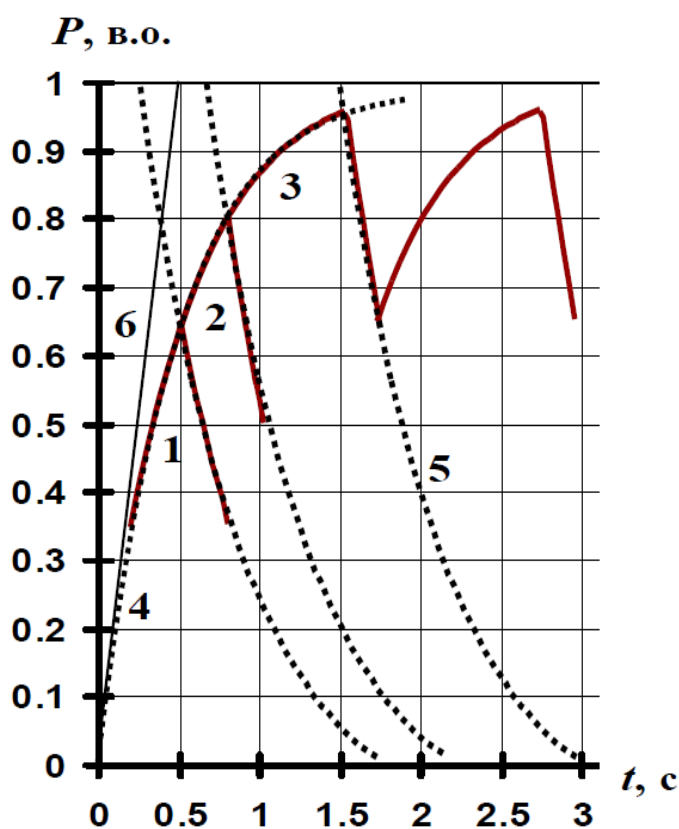


Рисунок 4.6 – Зміна співвідношення тактів керованого пульсатора при стрибкоподібній зміні аналогового сигналу керуючого

В результаті, у повній відповідності з математичною моделлю пульсатора, співвідношення тактів  $\nu$  змінюється з 1,4:1 до 2,85:1, фаза ссання  $\lambda$  з 0,59 до 0,74 в.о., час робочого циклу  $T_{ц}$  з 0,65 с до 0,9 с, рівень вакууму спрацьовування  $P_{ср}$  з 0,74 в.о. (37 кПа) до 0,89 в.о. (44,5 кПа), рівень вакууму відпускання  $P_{відп}$  з 0,44 в.о. (22 кПа) до 0,59 в.о. (29,5 кПа). У цьому робочий перепад вакууму  $\Delta P = 0,3$  в.о. = 15 кПа = const .

На рисунку 4.7 представлені отримані експериментальним шляхом графіки зміни рівня вакууму в керуючій камері пульсатора при різних значеннях рівня

аналогового керуючого сигналу, суміщені з отриманими теоретичним шляхом перехідними характеристиками даної камери, що являють собою висхідні та низхідні експоненти.



1 – зміна рівня вакууму в камері, що управляє, при  $P = 0$ ; 2 – зміна рівня вакууму в камері, що управляє, при  $P = 0,5$ ; 3 – зміна рівня вакууму в камері, що управляє, при  $P = 1$ ; 4 – висхідна перехідна характеристика керуючої камери; 5 – низхідна перехідна характеристика керуючої камери; 6 – дотична до висхідної перехідної характеристики керуючої камери

Рисунок 4.7 – Різні положення графіків зміни рівня вакууму в камері, що управляє, на перехідних характеристиках керованого пульсатора

Отримані графіки підтверджують теоретичні положення про те, що криві зміни рівня вакууму в камері, що управляє, являють собою ділянки її перехідних характеристик. Отримані графіки підтверджують правильність висунутої наукової гіпотези, що передбачає, робочий процес пульсатора здійснюється не довільно, а по гістерезисній петлі як за алгоритмом, що включає кінцевий набір правил зі строго

визначеними оптимальними параметрами, якими можна керувати за сигналами - датчика інтенсивності молоковиведення.

#### 4.4. Результати експериментальних досліджень залежно від робочих параметрів керованого пульсатора від його конструктивних параметрів

У ході теоретичних досліджень були отримані математичні моделі керованих пульсаторів, з яких випливає, що межі зміни їх робочих параметрів залежать від співвідношення ефективних площ елементів мембрано-клапанних блоків. Проведено експериментальну перевірку, в ході якої в керований пульсатор з камерою підпору, утвореною додатковою мембраною, встановлювалися елементи мембрано-клапанного блоку з різною ефективною площею. Усього було перевірено 4 варіанти співвідношень площ елементів керованого пульсатора (таблиця 4.1). При цьому за одиницю було прийнято площу атмосферного клапана, а величини площ елементів мембрано-клапанного блоку вимірювалися у відносних одиницях.

Таблиця 4.1 – Варіанти співвідношення площ елементів мембрано-клапанного блоку керованого пульсатора

варіант	S	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
I	0,86	2,86	1,86	1
II	0,8	2,6	1,6	1
III	0,83	3	1,7	1
IV	0,85	2,5	1,82	1

Межі зміни конструктивних параметрів пульсатора були обмежені габаритами серійного пульсатора апарату АДУ-1, на базі якого був виготовлений пульсатор.

У ході експериментальних досліджень визначалися значення фази ссання  $\lambda$  і частоти пульсацій  $f$  при зміні рівня аналогового сигналу  $P$  від 0 до 1 в.о. (рисунок 4.8).



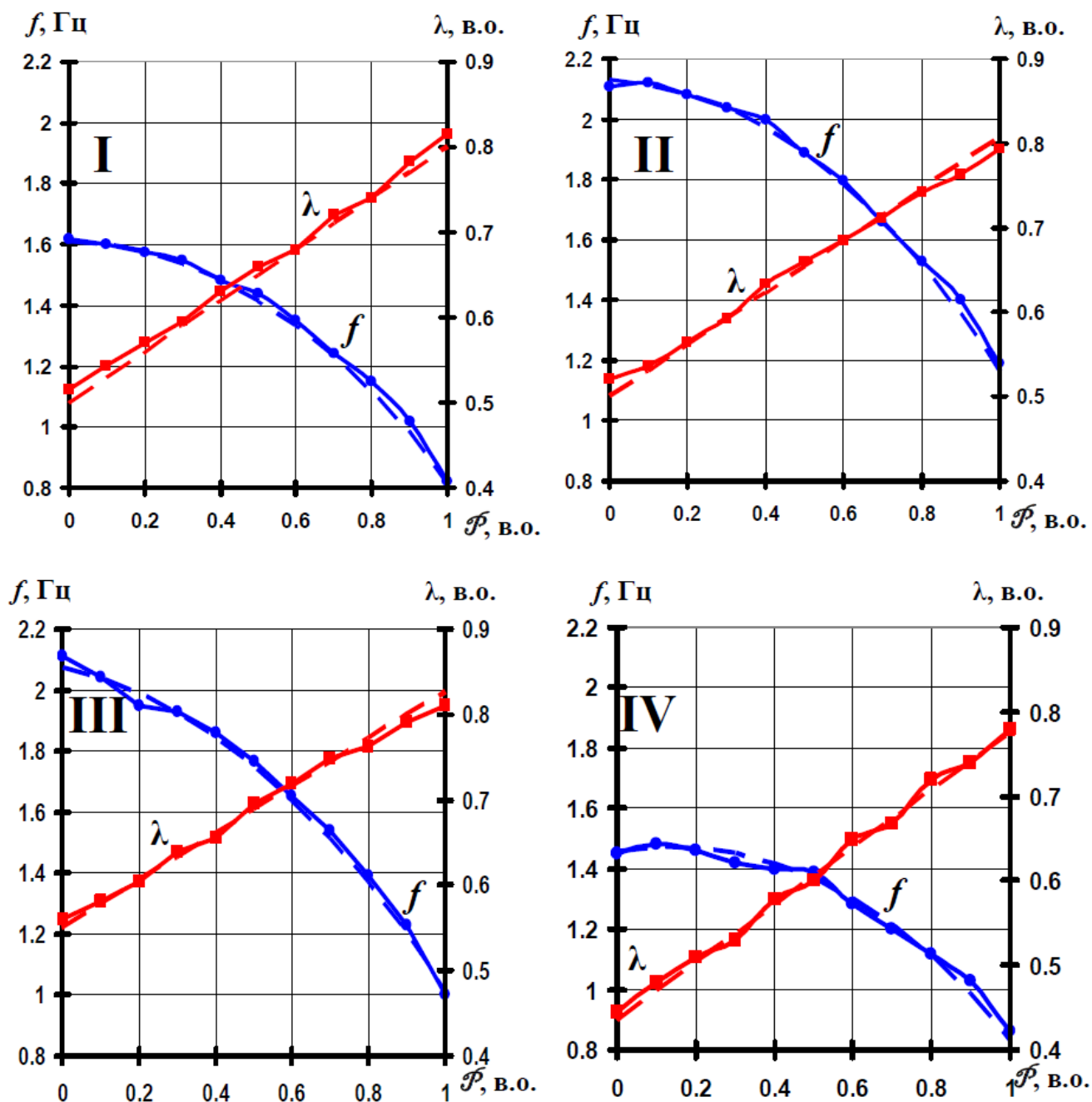


Рисунок 4.9 – Залежність робочих параметрів керованого пульсатора від співвідношення площ елементів мембрано-клапанного блоку

Отримані у всіх варіантах експериментальні значення робочих параметрів з достатньою точністю збігаються з теоретичними значеннями, обчисленими згідно з математичною моделлю керованого пульсатора (2.44). Це підтверджує правильність даної моделі і можливість проводити розрахунок і вибір конструктивних параметрів пульсаторів стійлових доільних автоматів, що

змінюють робочі параметри в залежності від інтенсивності та фази молоковиведення в заданих фізіологічно обґрунтованих межах.

#### 4.5 Висновки з розділу

1. Отримані експериментальні дані підтверджують можливість зміни параметрів пульсатора в процесі його роботи в необхідному діапазоні шляхом зовнішнього впливу на його мембрано-клапанний блок.

2. Отримані експериментальні залежності підтверджують правильність висунутої гіпотези, що передбачає, що робочий процес пульсатора здійснюється не довільно, а по гістерезисній петлі як за алгоритмом, що включає кінцевий набір правил зі строго певними оптимальними параметрами, якими можна керувати за сигналами датчика інтенсивності молоковиведення.

3. У ході експериментальних досліджень встановлено, що в залежності від величини керуючого сигналу керовані пульсатори змінюють параметри в заданих фізіологічно обґрунтованих межах: співвідношення тактів від 1:1 до 4:1; фаза ссання від 0,5 до 0,8; частота пульсацій від 1,6 до 0,8 Гц та величина вакууму під дією плавного від 25 до 40 кПа при величині вакууму живлення 50 кПа і вище стрибком до  $P$  живлення. Це підтверджує можливість створення вакуумних пульсаторів для керованих доїльних апаратів із змінними в процесі доїння залежно від інтенсивності та фази молоковиведення параметрами.

4. Розроблена методика дозволяє проводити розрахунок і вибір конструктивних параметрів керованих пульсаторів для стійлових доїльних автоматів, що змінюють робочі параметри в залежності від інтенсивності та фази молоковиведення в заданих фізіологічно обґрунтованих межах: фаза ссання від 0,5 до 0,8; співвідношення тактів від 1:1 до 4:1; частота пульсацій від 1,6 до 0,8 Гц і величина вакууму під дією плавного від 25 до 40 кПа при величині вакууму живлення 50 кПа і вище стрибком до  $P$  живлення.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Сучасна технологія виробництва молока пов'язана з використанням високопродуктивної та енергоефективної техніки. До технічного обладнання для отримання молока відносять доїльні установки з усіма технічними системами: енергетичне, охолоджувальне, молокопереробне (сепаратори, гомогенізатори і ін.), а також санітарно-технічне дезінфікуюче обладнання. Підвищення продуктивності праці пов'язане не лише з високою енергоефективністю та механізацією виробництва, але також залежить від умов праці.

У сільському господарстві професія доярки традиційно є жіночою, 90 % майстрів машинного доїння – жінки. Умови праці на молочних фермах не лише не враховували специфіку застосування жіночої праці, але і не відповідали вимогам санітарних норм. На старих фермах із їхньою застарілою технологією доїння для обслуговування 600 голів потрібно було 4–5 доярок. На модернізованих молочних фермах з цією задачею легко справляється 2 оператори машинного доїння. Там ведеться комп'ютерний контроль доїння, селекційний облік, годівля тварин механізована, починаючи від завантаження і закінчуючи роздаванням кормів, а також механізована система видалення навозу. Іншими словами, ручна праця зведена до мінімуму. Однак сучасні умови вимагають певних професійних навичок та передбачають високий рівень підготовки фахівців з тваринництва.

Рівень механізації доїння корів наразі є одним із найвищих серед усіх трудомістких процесів у галузі тваринництва та перевищує 90 %. Промисловість випускає ряд доїльних установок, які дозволяють механізувати операції доїння при виробництві молока. І, незважаючи на це, праця доярок пов'язана з великою кількістю небезпечних та шкідливих виробничих факторів: високий рівень важкості та напруженості праці; наявність аміаку в парах, яка перевищує максимально допустиму концентрацію; вплив біологічного фактора та інше. Усе це визначає високі показники травматизму та захворюваності.

Аналіз травматизму при виробництві молока за технологічними процесами показує, що найбільший відсоток займають: догляд за тваринами – 23,6 %, роздача

кормів – 18,3 %, доїння – 11,3 %.

На старих фермах багато робочих місць не відповідають ергономічним вимогам сучасної організації праці і обладнані застарілим обладнанням. Відсоток зносу основних фондів на деяких підприємствах становить 40–85 %, а амортизаційний знос частини обладнання іноді досягає 100 % і часто йде по другому колу.

Найтрудомісткішим процесом у молочному тваринництві є доїння. Залежно від способу доїння та використовуваних засобів механізації, на це витрачається 40–80 % загального робочого часу. Протягом зміни доярка виконує до 600 нахилів тіла. Під впливом регіонального фізичного навантаження вона перебуває 24 % робочого часу. У результаті дуже не вигідних умов праці в кінці робочого періоду формуються реакції, характерні для функціонального патологічного стану організму у практично здорових людей, погіршуються виробничі показники.

Санітарно-гігієнічні умови на виробництві (в приміщеннях для тварин та на відкритому повітрі) мають велике значення температура, вологість та швидкість руху повітря, а також газовий склад і механічні домішки у повітрі. Умови труда операторів за показниками мікроклімату далекі від оптимальних. Особливо в холодний період року за рахунок зниження температури повітря збільшується відносна вологість, а також, для ряду професій, збільшується тиск. Суттєві коливання температури та значна залежність її від погодних умов при відсутності систем опалення в приміщеннях корівників варіюють в широких межах. Високі значення відносної вологості стабілізуються утворенням конденсату при зниженій температурі повітря. У теплий період року мікроклімат у більшості випадків відповідає гігієнічним вимогам, проте за показниками відносної вологості в корівниках з прив'язним утриманням тварин він залишається не вигідним.

У сучасному сільському господарстві біологічне і технологічне навантаження на тваринницькі приміщення зростає в міру збільшення щільності поголів'я худоби та механізації й автоматизації технологічних процесів. Біологічне навантаження залежить не тільки від кількості поголів'я на одиницю площі корівника, а й від інтенсивності фізіологічних процесів та обміну речовин

продуктивної худоби. Ці особливості промислового тваринництва висувають особливі вимоги до формування мікроклімату в корівнику. Проблему створення оптимального мікроклімату в промисловому тваринництві можна вирішити тільки шляхом реалізації низки заходів. Це: раціоналізація планувальних рішень приміщень, удосконалення систем гноєвидалення, поліпшення теплоізоляційних властивостей огорожувальних конструкцій, використання ефективних систем вентиляції та опалення, систем освітлення, кондиціонування, очищення та іонізації повітря.

Якість повітря в корівниках постійно забруднена газоподібними домішками, що утворюються внаслідок життєдіяльності худоби, а також продуктами розкладання екскрементів і залишків корму. До них належать аміак і сірководень, часто з підвищеним вмістом вуглекислого газу.

Одним із найважливіших недоліків тваринницького середовища є неприємний специфічний запах, зумовлений присутністю в повітрі десятків газоподібних і летких сполук (меркаптани, аміни, кетони, альдегіди, дисульфідиди, спирти, індоли, скутоли, сірководень тощо). Хімічні компоненти, що визначають запах, присутні в низьких концентраціях, але мають високу стійкість і легко вбираються в одяг, шкіру та волосся людини. Запах зберігається протягом тривалого часу і після роботи залишається на робітничих фермах і тваринницьких комплексах, завдаючи соціальної та психологічної шкоди працівникам, роблячи їхню роботу менш привабливою, особливо для молоді, і будучи причиною зміни роботи. Під час підвищення концентрації газоподібних хімічних сполук, що спричиняють запах, у працівників виникає подразнення слизових оболонок, спазми дихальних шляхів, підвищене слиновиділення, нудота та головні болі.

На думку багатьох експертів, промислове виробництво молока вважається запиленою галуззю. Вплив пилу на працівників відбувається регулярно і пов'язаний із виконанням технічних робіт, таких як годування, миття худоби та прибирання приміщень. Найбільша концентрація пилу спостерігається під час внесення комбікормів і мікродобавок, а також під час прибирання худоби. У разі порушення вимог гігієни праці пил, потрапляючи в дихальні шляхи людини, може спричинити

хронічні захворювання дихальних шляхів, такі як риніт, фарингіт, бронхіт і пневмоконіоз. Пил містить кормові антибіотики (наприклад, тетрациклін, біоміцин) для стимулювання росту тварин і антибіотики (наприклад, пеніцилін) для профілактики та лікування різних захворювань тварин.

Рівень запиленості на окремих робочих місцях працівників тваринництва визначається технологією виробництва. Найвищий рівень пилу спостерігається в зоні подрібнення та змішування кормів у секторі виробництва кормів, під час обробки кормів у секторі зберігання кормів, під час роздачі сухих кормів та під час прибирання. Без використання відповідного пилопригнічувального обладнання концентрація пилу під час виконання цих операцій може значно перевищувати гранично допустимі рівні. Пил збільшується під час ветеринарної та виробничої обробки тварин і птиці, а також у періоди активності тварин. Використання вологих або рідких кормів і волого-металургійних методів видалення гною може сприяти зниженню запиленості повітря в корівниках.

Мікрофлора в корівниках складається здебільшого з гнільних і умовно-патогенних мікроорганізмів: стафілококів і золотистого стафілокока, гемолітичних стрептококів, сальмонел, протей і бацил *Enterobacteriaceae*, а також плісняви. Основними джерелами мікробного забруднення повітря є корми, худоба та гній.

На сучасних тваринницьких комплексах вентиляція та оптимальний температурний режим усувають можливість утворення туману взимку, що, отже, полегшує роботу дояркам, полегшує дихання коровам. Тварини розташовані в більш комфортних умовах: вони знаходяться на глибокому напільникові, на вільному утриманні – не закриті в тісному приміщенні, мають вільний доступ до вигульних майданчиків і вільно переміщуються всередині приміщень.

Достатнє освітлення робочих місць та поверхонь має важливе значення для умов праці працівників тваринництва. У всіх основних виробничих цехах тваринницьких приміщень є природне та штучне освітлення. Освітленість робочих поверхонь на старих фермах залишається недостатньою, при цьому в корівниках з прив'язним утриманням в холодний період року освітленість на рівні віям корови може становити лише 3–5 люксів.

Труд працівниць галузі тваринництва протікає на фоні зниженої функціональної активності фізіологічних систем організму, яка є проявом хронічної втоми. У всіх працівниць галузі виявлена напруженість регуляторних механізмів системи кровообігу, яка найвиразніше виражена в професіях з великим обсягом ручних робіт. Зросла роль напруженості праці на роботах з конвеєрною технологією виробництва молока (доїння в доїльних залах), що виявляється в негативних тенденціях динаміки показників системи кровообігу та аналізаторних функцій. Несбалансоване вплив на функціональний стан організму жінок – животноводів чергування роботи, яке проявляється у розвитку процесів втоми. Характер змін кістково-м'язового апарату у працівниць більшості професій свідчить про збережений ризик розвитку профпатології в кінцівках, обумовлений їх хронічним функціональним напруженням. Загалом зміни функціонального стану організму працівниць галузі в процесі праці свідчать про недостатню адекватність робочого навантаження функціональним можливостям організму, що, в кінцевому підсумку, може сприяти зниженню загальної стійкості та небажано відбиватися на стані здоров'я працівниць, підвищуючи ризик розвитку неспецифічної патології.

Крім того, конструкції доїльних установок не захищають операторів від можливих ударів тваринами. Оператор знаходиться в достатньо близькому контакті з твариною, і безпека в багатому відношенні залежить від характеру тварини, її фізіологічного стану та особистої реакції оператора. Також важливо те, що на поточних доїльних установках тварини не знають «свого оператора», а оператор не знає характеру тварин, їх фізіологічного стану. Все це створює передумови для завдання тваринами травм оператору.

Шум відіграє дедалі більшу роль у промисловому тваринництві як фактор виробничого середовища. Джерелами шуму є різні механізми, що використовуються під час приготування кормів, доїльні апарати, конвеєри, мобільні транспортні засоби, що використовуються для розкидання кормів і прибирання гною, гідравлічне обладнання та самі тварини. Наприклад, високочастотний шум із максимальною інтенсивністю звукової енергії на частотах 2000-4000 Гц виникає під час гранулювання корму в кормосховищі та перевищує

гранично допустимий рівень шуму на 10-12 дБ. За недостатньої звукоізоляції двигунів доїльних апаратів і вакуумних насосів рівень шуму становить 85-87 дБА. Високочастотний шум 87-90 дБА і більше створюють бульдозери, які використовуються для переміщення тракторних годівниць і прибирання гною.

Ці роботи виконуються регулярно, і шум не є постійним. Шум, вироблений самими тваринами, також значно варіюється. Наприклад, він не перевищує 45 дБА в періоди спокою тварин і досягає 85-98 дБА під час годівлі, порушення режиму, вакцинації та інших хвилювань, що виникають під час ветеринарних робіт. Тривалість шуму від тварин зазвичай не перевищує однієї години за зміну. Важливо зазначити, що шум від тварин більш неприємний за психологічним та емоційним впливом, ніж шум від техніки.

Отже, можна зробити висновок, що на організм працівників молочних ферм впливає комплекс негативних факторів, а санітарно-гігієнічні умови праці працівників приміщень для тварин не завжди відповідають вимогам безпеки, ергономіки та нормованим параметрам за мікрокліматом, запиленістю, освітленістю та рівнем шуму.

В результаті аналізу охорони праці та безпеки під час виконання технологічної операції утримання корів встановлено, що створення сприятливих умов праці та підвищення її продуктивності набувають виняткового значення завдяки механізації виробничих процесів на фермах (приготування та розподіл кормів, автоматичне напоювання, машинне доїння, пневматичне чищення, електрична стрижка, прибирання та вивезення навозу). Умови праці в тваринницьких комплексах та великих фермах на промисловій основі наближаються до умов роботи на промислових підприємствах, де дотримання правил техніки безпеки та особистої гігієни має велике значення.



## 6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КЕРОВАНОВОГО ПУЛЬСАТОРА У СКЛАДІ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТУ

Розрахунок економічної ефективності проведено за загальноприйнятою методикою, згідно з якою при визначенні економічної ефективності доїльного апарату, що включає керований пульсатор, його економічні показники порівнювали з аналогічними показниками базового апарату, за який прийнятий апарат АДУ-1, що випускається серійно. При цьому розраховувався сукупний річний економічний ефект від зниження експлуатаційних витрат і приросту прибутку.

Базовий варіант – доїння корів у переносні відра неавтоматизованими доїльними апаратами АДУ-1 на установці ДАС-2В з ручним перенесенням апаратів при цілорічному утриманні у стійлах корівника. Поголів'я 100 голів.

Пропонований варіант – доїння автоматизованим керованим доїльним апаратом, що включає керований пульсатор, доїльні відра з використанням пересувного доїльного модуля при цілорічному утриманні корів у стійлах на переобладнаній установці ДАС-2В. Поголів'я 100 голів.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності застосування керованого доїльного апарату, що включає пульсатор, що керується, при доїнні корів у стійлах наведені в таблиці 6.1.

Капітальні вкладення включають витрати на придбання обладнання та його монтаж

$$K = B K_M n \quad (5.3)$$

де  $B$  – балансова вартість обладнання, грн.;  $K_M$  – коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж обладнання ( $K_M = 1,2$ );  $n$  – кількість одиниць обладнання, шт.

Заробітна плата обслуговуючого персоналу

$$Z_{пл} = N_p S_{год} \Phi n_c \quad (5.4)$$

де  $N_p$  – кількість обслуговуючого персоналу, чол.;  $S_{год}$  – годинна тарифна ставка, грн./год;  $\Phi$  – річний фонд робочого часу, год;  $n_c$  – коефіцієнт, що враховує відрахування на єдиний соціальний податок ( $n_c = 1,38$ ).

Експлуатаційні витрати

$$I_e = Z_{пл} + Z_{то} + Z_e + Z_A \quad (5.5)$$

де  $Z_{то}$  – витрати на технічне обслуговування та ремонт, грн.;  $Z_e$  – витрати на електроенергію, грн.;  $Z_A$  – витрати на амортизаційні відрахування, грн.

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт визначаються за формулою

$$Z_{то} = B \alpha_{то} / 100 \quad (5.6)$$

де  $\alpha_{то}$  – річна норма відрахувань на технічне обслуговування та поточний ремонт ( $\alpha_{то} = 14\%$ ).

Таблиця 5.3 – Вихідні показники розрахунку економічної ефективності застосування керованого доїльного апарату, що включає керований пульсатор, у порівнянні з апаратом АДУ-1 на установці ДАС-2В

№ п/п	Показники	Позначення	варіант	
			базовий	пропонований
1	Вартість обладнання, тис. грн.	Б	172,3	186,2
2	Годинна тарифна ставка, грн.	$S_{год}$	90,0	90,0
3	Норматив відрахувань єдиний соціальний податок, %	$V_z$	38,0	38,0
4	Річний фонд робочого часу, год	Ф	5840,0	2920,0
5	Кількість обслуговуючого персоналу, люд.	$N_p$	4,0	2,0
6	Норматив амортизації відрахувань, %	а	14,3	14,3
7	Норматив річних відрахувань на ТО та Р, %	$\alpha$	14,0	14,0
8	Встановлена потужність обладнання, кВт	$P_y$	7,5	7,5
9	Вартість 1 кВт-год електроенергії, грн.	$Ц_e$	5,4	5,4
10	Ціна реалізації, грн./кг	$Ц_p$	13,8	13,8
11	Річний обсяг виробленої продукції, т	А	500,0	525,0

Витрати електроенергію визначаються за формулою

$$Z_e = P_y \Phi Ц_e, \quad (5.7)$$

де  $P_y$  – встановлена потужність установки, кВт;  $C_e$  - ціна 1 кВт-год електроенергії, грн. Витрати на амортизаційні відрахування

$$Z_A = B \alpha_A / 100 \quad (5.8)$$

де  $\alpha_A$  – річна норма відрахувань на амортизацію ( $\alpha_A = 14,3 \%$ ).

Ступінь зниження експлуатаційних витрат знаходимо з виразу

$$C_{ек} = (I_e(\delta) - I_e(пр)) / I_e(\delta) \quad (5.9)$$

Трудомісткість доїння в даному випадку розраховується виходячи з фонду робочого часу, віднесеного до обсягу виробленої продукції.

Річний економічний ефект визначався за формулою як приріст при :

$$E_{пр} = (П_{пр}/A_{пр} - П_{б}/A_{б}) / A_{пр} \quad (5.10)$$

де  $П_{пр}$ ,  $П_{б}$  – річний прибуток за пропонованим та базовим варіантами, грн.;  $A_{пр}$ ,  $A_{б}$  – річний обсяг виробленої продукції за пропонованим і базовим варіантами, т.

Річний економічний ефект за рахунок впливу комплексу факторів визначається за формулою

$$E = ((C_{пр} A_{пр} - Z_{пр})/A_{пр} - (C_{б} A_{б} - Z_{б})/A_{б}) / A_{пр} \quad (5.11)$$

де  $C_{пр}$ ,  $C_{б}$  – ціна реалізації продукції за пропонованим і базовим варіантом, грн.;  $Z_{пр}$ ,  $Z_{б}$  – собівартість продукції за пропонованим та базовим варіантами, грн.

Термін окупності додаткових капітальних вкладень визначається з виразу

$$t = (B_{пр} - B_{б})/E \quad (5.12)$$

Результати розрахунку економічної ефективності керованого доїльного апарату, що включає керований пульсатор, наведено в таблиці 5.2.

Наведені результати розрахунку показують, що значний економічний ефект досягається при використанні керованого доїльного апарату з керованим пульсатором при прив'язному утриманні тварин. Його застосування забезпечує зниження трудомісткості та експлуатаційних витрат.

Як видно з таблиці 5.2, доїння корів у стійлах керованим доїльним апаратом, що включає пульсатор керований, забезпечує досягнення економічного ефекту за наведеними витратами.

Таблиця 5.4 – Основні показники економічної ефективності впровадження керованого доїльного апарату, що включає керований пульсатор, у порівнянні з апаратом АДУ-1 на установці ДАС-2В

№ п/п	Показники	Позначення	варіант	
			базовий	пропонований
1	Капітальні вкладення, тис. грн.	К	206,9	223,1
2	Заробітна плата персоналу, тис. грн.	З <sub>пл</sub>	558,5	279,2
3	Витрати на ТО та Р, тис. грн.	З <sub>то</sub>	24,2	26,1
4	Витрати на електроенергію, тис. грн.	З <sub>е</sub>	58,9	58,9
5	Витрати амортизацію, тис. грн.	З <sub>а</sub>	29,5	31,8
6	Експлуатаційні витрати, тис. грн.	І <sub>е</sub>	671,1	396,1
7	Зниження експлуатаційних витрат, %	ΔІ <sub>е</sub>	-	41,0
8	Трудомісткість, люд. год./т	t	11,7	5,6
9	Зниження трудомісткості, %	Δt	-	52,0
10	Собівартість продукції, тис. грн./т	С	11,5	11,3
11	Річний економічний ефект, тис. грн.	Е	-	121,2
12	Термін окупності, років	t	-	0,8

Річний економічний ефект від його впровадження становить при стійловому змісті та доїнні на лінійній установці при поголів'ї 100 корів 121,2 тис. грн. (1,21 тис. грн. на корову). Загальна трудомісткість у своїй знизиться на 52 %. Річний економічний ефект для одного доїльний апарат становить 15,1 тис. грн.

Термін окупності додаткових капітальних вкладень з переобладнання доїльної установки складе 10 місяців.

## ВИСНОВКИ

1. На основі проведених раніше в досліджень встановлено, що будь-який вакуумний пульсатор доїльного апарату, що є автоматичним пристроєм, що працює за алгоритмом самонастроювання на оптимальні параметри гістерезисної петлі, можливо використовувати в процесі доїння для управління співвідношенням тактів, частотою пульсацій і глибиною дійки у фізіологічно обґрунтованих межах у залежності від інтенсивності та фази молоковиведення.

2. Встановлено, що всі члени правих частин рівнянь математичних моделей пульсаторів, що управляються, за винятком аналогового керуючого сигналу  $P$ , є величини постійні, а тому становище в координатному полі гістерезисної петлі залежить тільки від величини цього керуючого сигналу, будь-яка зміна величини якого викликає адекватні зміни основних параметрів пульсатора. При  $P = 0$  гістерезисна петля в координатному полі займає найнижче положення, а при збільшенні управляючого сигналу  $P$ , параметри  $P_{\text{ср}}$ ,  $P_{\text{відп}}$  і  $\lambda$  – збільшуючись завжди на однакову величину по осі ординат залишаються з «нестискаємою» базою  $\Delta P = P_{\text{ср}} - P_{\text{відп}} = \text{const}$ . При максимальному значенні  $P = 1$  петля займає саме верхнє становище.

3. Встановлено, що в залежності від величини керуючого сигналу керовані пульсатори змінюють параметри в заданих фізіологічно обґрунтованих межах: співвідношення тактів від 1:1 до 4:1, фаза ссання від 0,5 до 0,8 в.о., частота пульсацій від 1,6 до 0,8 Гц та величина вакууму під дієюю плавно від 25 до 40 кПа при величині вакууму живлення 50 кПа і вище стрибком до величини вакууму живлення.

4. В результаті аналізу охорони праці та безпеки під час виконання технологічної операції утримання корів встановлено, що створення сприятливих умов праці та підвищення її продуктивності набувають виняткового значення завдяки механізації виробничих процесів на фермах (приготування та розподіл кормів, автоматичне напоювання, машинне доїння, пневматичне чищення, електрична стрижка, прибирання та вивезення навозу). Умови праці в

тваринницьких комплексах та великих фермах на промисловій основі наближаються до умов роботи на промислових підприємствах, де дотримання правил техніки безпеки та особистої гігієни має велике значення.

5. Річний економічний ефект від його впровадження становить при стійловому змісті та доїнні на лінійній установці при поголів'ї 100 корів 121,2 тис. грн. (1,21 тис. грн. на корову). Загальна трудомісткість у своїй знизиться на 52 %. Річний економічний ефект для одного доїльний апарат становить 15,1 тис. грн. Термін окупності додаткових капітальних вкладень з переобладнання доїльної установки складе 10 місяців.

## Бібліографія

1. ISO 3918. Milking machine installations – Vocabulary. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 42 p.
2. ISO 5707. Milking machine installations – Construction and performance. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 52 p.
3. ISO 6690. Milking machine installations – Mechanical tests. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 46 p.
4. Кудлай І. М. Перспективи розвитку доїльного обладнання в Україні / І. М. Кудлай, В. І. Смоляр // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету, 2009. – Вип. 2 – № 9.
5. Брагінець А. М. Перспективи реконструкції і автоматизації молочних ферм / А. М. Брагінець // Зб. наук. праць Таврійського державного агротехнологічного університету. – Вип. 11.Т.1. – Мелітополь: ТДАТУ, 2009. – С. 112-119.
6. Машина для тваринництва та птахівництва. Серія Сільськогосподарська техніка – XXI: посібник / За ред. В. І. Кравчука, Ю. Ф. Мельніка. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ 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», 2006. – 192 с. – ISBN 966-580-209-7.
8. Смоляр В. І. Перспективні технологічні рішення для молочного скотарства / В. І. Смоляр // Молочное Дело. – 2006. – № 10. – С. 35-37.
9. Смоляр В. І. Моніторинг новітніх технологій виробництва молока на «Euro Tier 2006» / В. І. Смоляр, Т. А. Коломієць // Молочное Дело. – 2007. – № 3. – С. 10-13.
10. Смоляр В. І. Презентація техніки для скотарства на виставці «Euro Tier 2008» / В. І. Смоляр, М. М. Луценко // Мясное Дело. – 2009. – № 1. – С. 34-36; № 2. – С. 19-21.
11. Безуглий М. Д. Сучасний стан реформування аграрно-промислового

комплексу України / Ю. И. Безуглий, М. В. Присяжнюк – К. : Аграр. наука, 2012 – 48 с.

12. Луценко М. Концепція розвитку та шляхи відновлення молочного тваринництва в Україні / М. Луценко, І. Кудлай // Зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Вип 13 (27). Книга 2. – Дослідницьке, УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – С. 315-319.

13. Москаленко С. Методика комплексної оцінки ефективної експлуатації доїльних установок / С. Москаленко, С. Ліщинский // Техніка і технологія АПК. – № 8 (11). – УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2010. – С. 29-31.

14. Кухтин М. Д. Критерії ефективності одержання якісного та безпечного молока / М. Д. Кухтин // Тваринництво України. – 2007. – №7. – С. 7-8.

15. Фененко А. І. Розробка ритмічного технологічного процесу доїння / А. І. Фененко // Вісник с.-г. науки. – 1961. – № 3. – С. 1-5.

16. Фененко А.І. Механізація доїння корів. Теорія і практика: Монографія / А. І. Фененко – К., 2008. – 198 с.

17. Фененко Анатолій Іванович. Техніко-технологічні аспекти удосконалення молоковакуумних систем доїльних установок: дис. доктора техн. наук: 05.20.01 / Фененко Анатолій Іванович. – Глеваха: ІМЕСГ УААН, 1997. – 358 с.

18. Фененко, А. І. Техніко-технологічні параметри біотехнічної ланки «машина-тварина» процесу виробництва молока / А. І. Фененко // Молочное дело. – 2008. – № 3. – С. 50 – 51.

19. Фененко А. І. До теорії молоковакуумної системи доїльних установок / А.І. Фененко // Механізація та електрифікація сільського господарства – Вип. 17. – К.: Урожай, 1971. – С. 41-49.

20. Дмитрів В. Т. Комплекс для діагностики і дослідження доїльного обладнання / В. Т. Дмитрів, А. І. Фененко // Вісн. Львів. держ. аграр. ун-ту: Агроінженерні дослідження – № 8. – Львів: Львів. держ. аграр. ун-ту, 2004. – С. 388-396.

21. Rasmussen, M. D. Dynamic testing during milking / M. D. Rasmussen, E.



L. Decker, L. Jepsen, H. C. Larsen, M. Bjerring, C. B. Christensen, A. Midtgaard, P. Lomborg // In Proc. 35th Annual Meeting National Mastitis Council. – Madison, Wisc.: Natl. Mastitis Council. – P. 170–171.

22. Болтянська Н. І. Оптимізація параметрів стимулюючих дій при виконанні підготовчих операцій доїння / Н. І. Болтянська // Зб. наук. праць Таврійського державного агро-технологічного університету. – Вип. 11.Т.5. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – С. 46-50.

23. Кіряцев Л. О. Удосконалення процесу машинного доїння // Л. О. Кіряцев // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві: зб. наук. пр. ІМТ НААН – Запоріжжя, 2009. – Вип. 1(3,4). – С.199-208.

24. Quality management Systems - Guidelines for performance improvements: ISO 9004:2000. – К.: Держспоживстандарт України, 2001. – 36 с.

25. Системи управління якістю. Настанови щодо поліпшення діяльності : ДСТУ ISO 9004:2001. – К.: Держспоживстандарт України, 2002. – 24 с.

26. Дмитрів В. Т. Моделювання завантаженості оператора машинного доїння / В. Т. Дмитрів // Зб. наук. праць Таврійського державного агротехнологічного університету. – Вип. 11. Т.5. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – С. 55-60.

27. Pobedinschi V. Perfection of methods and testing means of milking systems / V. Pobedinschi, E. Badinter, A. Ioiser // Proceedings of the International Conference held in Nitra, Slovak Republic. – 2005. – № 10. – С. 185-192.

28. Rasmussen M.D. Effects of Milkline Vacuum, Pulsator Airline Vacuum, and Cluster Weight on Milk Yield, Teat Condition, and Udder Health / M.D. Rasmussen, N.P. Madsen // Journal of Dairy Science. – 2000. – № 83. – С. 77-84.

29. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення. – Введ.: 01.01.96. – К. : Держстандарт України, 1995. – 91 с.

30. Дудін В. Ю. Підвищення ефективності роботи вакуумних установок доїльного обладнання // В. Ю. Дудін, С. І. Павленко, Б. Т. Потеруха // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві: зб. наук. пр. ІМТ НААН – Запоріжжя, 2009. – Вип. 1(3,4). – С.186-191

31. Reinemann D. J. Instrument requirements and methods for measuring vacuum in milking machines / D. J. Reinemann, M. D. Rasmussen, G. A. Mein // Transactions of the ASAE –2001. – № 1. – P. 11-17.

32. 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.

33. Алієв Е. Б. Теоретична оцінка показників надійності вакуумної системи доїльні установки / Е. Б. Алієв, Т. А. Похальчук // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки: Луганський національний аграрний університет – Луганск, 2011. – Вип. 29. – С. 57-66.

34. Schiroslawski W. Zur Anwendung von Instanzhaltungs - vorschriften in Anlagen der industriemassigen Tierproduktion / W. Schiroslawski // Agrartechnik, 1976. – № 26, 2. – P.71-74.

35. Алієв Е. Б. Теоретична оцінка показників надійності двотактного пульсатора доїльного апарату / Е. Б. Алієв // Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві: зб. наук. праць / Ін-т мех. тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2011. – Вип. 1(7). – С. 106-113. – ISSN 2075-1591.

36. Алієв Е. Дослідження спрацьованості дійної гуми доїльного апарату з урахуванням теорії старіння на основі плоскої задачі // Е. Алієв // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві: зб. наук. пр. ІМТ НААН – Запоріжжя, 2010. – Вип. 1(5,6). – С.233-242. – ISSN 2075-1591.

37. Алієв Е. Б. Конструкційно-технологічна схема комплексу устаткування контролю вакуумметричних параметрів доїльного обладнання / Е. Б. Алієв, О. С. Тісліченко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Кіровоградський національний технічний університет – Кіровоград, 2011. – Вип. 41. – С. 429-432.

38. Алієв Е.Б. Дослідження метрологічних характеристик комплексу устаткування контролю вакуумметричних параметрів молочно-доїльного

обладнання / Е.Б. Алієв // Аграрна наука та практика на сучасному етапі розвитку: досвід, проблеми та шляхи їх вирішення. Міжнародна науково-практична конференція. – Львів: «Львівська аграрна фундація» 2012. – С. 13-15.

39. ДСТУ 2864-94 Надійність техніки. Експериментальне оцінювання. Контроль надійності. Основні положення / – К.: Держспоживстандарт України, 1994. – 32 с.

40. Алієв Е. Б. Оптимізація техніко-технологічних параметрів вакуумної системи доїльної установки / Е. Б. Алієв // Зб. наук. праць Таврійського державного агро-технологічного університету. – Вип. 12.Т.1. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – С. 138-147.

41. 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.

42. Костенко В. І. Оцінка і наукове обґрунтування технологічних ознак розвитку молочної залози у корів та методів визначення якості молока : автореф. дис. д. с.-г. наук: 06.02.04 / Костенко Василь Іванович; Національний аграрний університет. – К., 2005. – 37 с.

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

44. Алієв Е. Б. Техніко-економічне обґрунтування застосування методики прогнозування ресурсу молочно-доїльного обладнання / Е. Б. Алієв // Зб. наук. праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки – Вінниця, 2012. – Вип. 10, т. 2. – С. 36-39.