

О. О. Заболотько, Т.Ю. Осипова

**«Обґрунтування та розробка
доїльного апарата
попарно-комбінованого типу»**



Київ 2017

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І

ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ЗАБОЛОТЬКО О. О., ОСИПОВА Т. Ю.

**ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ДОЇЛЬНОГО
АПАРАТА ПОПАРНО-КОМБІНОВАНОГО ТИПУ**

Монографія

**Київ
ЦП «Компринт»
2017**

УДК 637.115.02 (081)

ББК 36.95

3 12

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Національного університету біоресурсів і природокористування України
(протокол № 2 від 27.09.2017 р.)*

Рецензенти:

Бойко А.І. доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри надійності техніки (НУБіП України);

Фененко А.І. доктор технічних наук, професор, Лауреат державної премії України в галузі науки і техніки (ННЦ «ІМЕСГ» УААН»);

Манько В.М. доктор педагогічних наук, професор, головний науковий співробітник (НРО Національної академії СБУ).

Заболотько О.О.

3 12 Обґрунтування та розробка доїльного апарата попарно-комбінованого типу : [Монографія] / О. О. Заболотько, Т. Ю. Осипова. — К : ЦП «Компринт», 2017. — 217 с.

ISBN 978-966-929-636-8

В монографії сформульована система раціональних принципів розвитку галузі тваринництва; визначені технологічні та економічні передумови ефективного використання доїльних апаратів; розглянуто необхідність створення нового покоління доїльного апарата з ефективною стимулюючою здатністю, розкритті основи для розробки нових адаптивних доїльних апаратів для систем доїння, запропоновані моделі режимів роботи пульсатора і доїльного апарата.

Розрахована на наукових працівників, конструкторів сільськогосподарських машин, спеціалістів агропромислового комплексу та викладачів наукових закладів, для усіх тих, хто хоче знати більше про ефективне використання доїльних апаратів для доїння корів.

УДК 637.115.02 (081)

ББК 36.95

ISBN

© О. О. Заболотько, 2017

© Т. Ю. Осипова, 2017

МІСТ

Розділ 1

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ОСНОВИ МАЩИННОГО ДОЇННЯ КОРІВ	9
1. Аналіз засобів забезпечення машинного доїння корів.....	9
1.1 Фізіологічні аспекти машинного доїння.....	9
1.2 Режими роботи доїльних апаратів.....	19
1.2.1. Величина тиску в елементах доїльного апарата.	19
1.2.2 Частота пульсації і співвідношення тактів.	19
1.2.3 Режимні характеристики доїльних апаратів.....	26
1.3. Основи теоретичних засад процесу роботи пульсаторів доїльних апаратів	71
1.4. Силовий аналіз роботи пульсатора	82
1.5. Визначення циліндричної жорсткості мембрани.....	84

Розділ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ ПНЕВМОМЕМБРАННОГО ПУЛЬСАТОРА ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА ПОПАРНО-КОМБІНОВАНОГО ТИПУ

2.1. Обґрунтування конструктивної схеми пневмомембранного пульсатора з попарно-комбінованим режимом, побудованого на базі уніфікованого доїльного апарата.....	90
2.2 Теоретичний аналіз попарно – комбінованого режиму роботи доїльних стаканів	99
2.3 Дослідження продуктивності молоковиведення доїльного апарата	107

Розділ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ТЕОРЕТИЧНИХ ПЕРЕДУМОВ

3 Програма і методика експериментальних досліджень пневмомембранного пульсатора доїльного апарата попарно-комбінованого типу	112
3.1 Програма експериментальних досліджень	112
3.1.1 Програма досліджень.....	112
3.1.2 Методика проведення досліджень.	113
3.2 Дослідний зразок доїльного апарата попарно-комбінованої дії	122
3.2.1 Загальна будова.	122
3.2.2 Принцип роботи доїльного апарата попарно-комбінованого типу.....	123
3.3 Результати експериментальних досліджень доїльного апарата попарно-комбінованої дії	126
3.3.1 Аналіз результатів лабораторних досліджень. Визначення умов зміни режимів попарної роботи доїльних стаканів.	126

Розділ четвертий

Розділ 4 ТЕОРЕТИЧНА АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....

4. 1 Результати експериментальних досліджень пневмомембранного пульсатора доїльного апарата попарно-комбінованого типу.....	130
4.1.1 Теоретичні основи обробки даних експерименту з використанням офісного пакету.	130
4.1.2 Оцінка статистичних показників генеральної сукупності, визначення довірчих похибок та інтервалів.	136
4.1.3 Дослідження експериментальних розподілів.....	142
4.1.4 Графічне порівняння експериментального розподілу з теоретичним	152

4.2. Вплив вакуумметричного тиску та різниці частоти пульсації на тривалість робочого циклу	158
4.3. Залежність вакуумметричного тиску в молокозбірній камері колектора від висоти розміщення молокозбірника та швидкості доїння.....	163
4.4. Визначення тривалість фаз циклу	167
4.5. Уточнення режимів роботи розробленого доїльного апарата.....	168
Розділ 5 РОЗРОБКА І ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО РОДОТИ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА.....	171
5. Економічна ефективність від впровадження пневмомембранного пульсатора доїльного апарата попарно-комбінованого типу.....	171
5.1. Економічна ефективність від використання уніфікованих вузлів для виробництва пульсатора попарного доїння	171
5.2. Уточнення режимів роботи дослідного доїльного апарата в умовах виробництва	172
5.2.1. Обґрунтування раціональних параметрів апарата.....	172
5.2.2. Уточнення режиму роботи дослідного апарата в виробничих умовах.....	173
5.2.3. Порівняльна динаміка виведення молока доїльними апаратами з одночасною, попарною (М-66) та попарно-комбінованим режимами роботи доїльних стаканів.....	176
5.3. Порівняльна виробнича перевірка дослідного та контрольних доїльних апаратів.....	177
5.3.1. Аналіз результатів виведення молока з окремих часток вимені.....	178
5.3.2. Порівняльна ефективність роботи дослідного і контрольних апаратів.....	181
5.4. Рекомендації виробництву вдосконаленого зразка доїльного апарата попарно-комбінованої дії.....	183
5.4.1. Вдосконалення конструкції доїльного апарата	183
5.4.2. Результати виробничих досліджень вдосконаленого доїльного апарата попарно-комбінованої дії	184
5.4.3. Техніко-технологічна ефективність вдосконаленого апарата попарно-комбінованої дії	187
ВИСНОВКИ	189
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	192
ДОДАТКИ	210

ПЕРЕДМОВА

Робота присвячена актуальній проблемі сучасного розвитку АПК України – підвищенню ефективності сільськогосподарської техніки для тваринництва. Впровадження новітніх технологій сільськогосподарського виробництва, підвищення продуктивності праці з мінімальними затратами матеріальних і трудових ресурсів викликають необхідність створення нового покоління доїльного апарата з ефективною стимулюючою здатністю. Успішне виконання головних завдань тваринництва, переведення його на індустріальну основу, зниження собівартості виробництва продукції, підвищення продуктивності тварин, залежать від формування й розвитку складних інтегрованих систем, які охоплюють тварин, техніку і людину. Для забезпечення високої ефективності функціонування біологічної системи виробництва молока "оператор – машина – тварина – середовище" особливо важливо адаптувати режим роботи доїльного апарата до умов доїння, а саме до біологічних особливостей тварини.

Численні дослідження, присвячені вивченню особливостей фізіології доїння; роботи, зміні параметрів доїльного апарата; вивченню зміни вакуумметричного тиску у піддійковій та міжстінковій камері, стабілізації вакуумметричного тиску при роботі доїльного апарата, зміни стимулюючих параметрів дійкової гуми та конструкцією доїльного стакану, параметрів та режимів виведення молока від зміни моковіддачі та ін.. Проте питанню визначенню та дослідженню параметрів роботи доїльного апарата та їх взаємодії (керуванні) при попарній та четвертній роботі доїльних стаканів (зокрема, створення додаткових циклічних асинхронних подразнень) досліджені недостатньо та практично відсутні.

Основу процесу доїння складають доїльний апарат і комфорт при доїнні для тварини. Доїльний апарат виконує комплекс дій на вим'я і транспортує молоко в молокозбірник, забезпечуючи показники якості, які встановлені ДСТУ 3662-97 „Молоко коров'яче незбиране. Вимоги при закупівлі”.

Процес машинного доїння корів, як заключного етапу одержання молока, вимагає сучасного адаптивного апарата, який забезпечить виконання операцій відповідно до фізіологічних особливостей молоковіддачі тварин. Це дозволить

підвищити продуктивність корів та зменшити затрати праці на виробництво одиниці продукції. Одним із важливих компонентів технологічного процесу машинного доїння корів є доїльний апарат, який безпосередньо впливає на ефективність праці й інтенсивність молоковіддачі корови та здоров'я тварини. Основний вплив на параметри й характеристики роботи доїльного апарата чинить пульсатор.

В системах доїння пульсатор має вирішальне значення в реалізації алгоритму стимуляції молоковіддачі. Саме він уможливорює режим доїння відповідно до функції інтенсивності молоковіддачі для кожної парі долей вимені тварини.

Поставлене завдання вирішується за умови застосування пульсатора попарної дії, що забезпечить одночасне видоювання кожної окремо взятої пари долей вимені. Реалізація якого дає змогу покращити режимні характеристики доїльного апарата й стимулювати молоковіддачу корови, підвищити продуктивність та унеможливити шкідливий вплив машинного доїння на корову, а відтак підвищити ефективність машинного доїння.

Найбільшого поширення у доїльних машинах набули синхронні доїльні апарати, в яких зміна тактів у всіх доїльних стаканах здійснюється синхронно. Пульсатори, які забезпечують процес попарного доїння, де зміна тактів відбувається по чергово у парах доїльних стаканів, мають низку переваг: мінімальний взаємний вплив роботи доїльних апаратів за одночасного їх увімкнення, поліпшення роботи вакуумної мережі, часткове запобігання процесу "наповзання" доїльних стаканів на діжки в кінці доїння; здійснення імітації масажу вим'я.

Одним із найвідповідальніших елементів у системі доїння тварин є пульсатор, який забезпечує адекватну роботу доїльного апарата, що впливає на якість молока та здоров'я корів.

Із розвитком науково-технічного прогресу відкриваються нові можливості в удосконаленні технічних засобів механізації і автоматизації тваринництва. Постійно розробляються нові системи конструкцій доїльних апаратів, у тому числі пульсаторів, які обумовлюють ритм доїння. Тому дослідження спрямовані на оптимізацію співвідношення тактів та незалежного

регулювання їх тривалості у двох парах доїльних стаканів апарата, що забезпечить його роботу відповідно до рефлекторної діяльності тварини є актуальними.

Пульсатори доїльних апаратів, які випускаються і застосовуються для доїння корів, не забезпечують можливість незалежного регулювання співвідношення тактів в окремих парах доїльних стаканів, що відповідало б рефлекторній діяльності тварини, а саме біологічній асиметрії вим'я корів та інтенсивності молоковіддачі. Тому виникає необхідність у розробці нових конструкцій пульсаторів, які відповідають необхідним фізіологічним особливостям, що зумовлює актуальність досліджень даної роботи.

Метою роботи є підвищення ефективності процесу машинного доїння внаслідок розробки і обґрунтування параметрів асинхронізованого пневмомембранного пульсатора попарного доїння з незалежним регулюванням частоти пульсації (тривалості такту ссання) в кожній парі доїльних стаканів для адаптування режимів доїння до фізіологічних особливостей тварини.

В даній роботі в результаті теоретичного узагальнення, доповненого матеріалами експериментальних досліджень, встановлені функціональні залежності взаємозв'язків між конструктивними, кінематичними і динамічними параметрами запропонованого пульсатора; проведені експериментальні дослідження запропонованого пневмомембранного пульсатора попарного доїння з незалежним регулюванням тривалості такту ссання в одній парі доїльних стаканів та розроблено методику інженерного розрахунку його параметрів на стадії проектування; перевірено режими роботи доїльного апарата у виробничих умовах і здійснити техніко-економічний аналіз отриманих результатів. Розроблені нові технічні рішення, спрямовані на підвищення ефективності і якості роботи доїльного апарата.

Щиру подяку автори висловлюють науковому керівнику доктору технічних наук, професору І.І. Ревенку, кандидату технічних наук, доценту С.П. Ліщинському та підприємству ТДВ «Брацлав» (Україна м. Брацлав) за участь у проведенні досліджень.

Розділ перший

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ОСНОВИ МАШИННОГО ДОЇННЯ КОРІВ

1. Аналіз засобів забезпечення машинного доїння корів

1.1 Фізіологічні аспекти машинного доїння

Вим'я корови [4,7,8,12,16,18,19,23,28,30,33,57,60,62,79] має дві пари нормально розвинутих молочних залоз, розділених сполучнотканинною перегородкою на праву та ліву половини. Кожна молочна залоза (частка вим'я) закінчується дійкою. Зовні вим'я вкрите еластичною шкірою, що дозволяє молочній залозі корови збільшувати свій об'єм і накопичувати між доїннями значну кількість (15 – 20 і більше літрів) молока. В молочній залозі розрізняють секреторну (залозисту), міоепітеліальну, гладенько м'язову, сполучну та жирову тканини; кровоносні й лімфатичні судини та нерви з їх закінченнями.

Секреторна тканина має вигляд гроноподібної рихлої маси, яка складається із залозистих трубок з альвеолами у яких відбувається біосинтез основних компонентів молока. Молочні альвеоли об'єднуються в групи, які мають загальну вивідну протоку. Великі молочні протоки, разом з порожниною дійки, утворюють цистерну частки.

В стінках дійок і часток вим'я знаходяться гладенькі м'язи, особливістю яких є те, що вони можуть бути в стані скорочення або розслаблення. На вершині дійки гладенькі м'язеві волокна утворюють кільцевий запірний сфінктер, який запобігає витіканню молока.

Молоко, яке знаходиться в альвеолах і дрібних протоках називають альвеолярним, а розміщене у великих каналах і в цистерні вим'я – цистернальним. Цистернальне молоко можна одержати розслабивши сфінктер дійки (вставити катетер). Щоб отримати альвеолярне молоко необхідно стиснути альвеоли і дрібні протоки, тобто викликати рефлекс молоковіддачі.

Відразу необхідно зазначити, що молочна залоза, на відміну від інших подібних, свій секрет виводить назовні не постійно, а періодично, при відповідній специфічній дії на неї – ссання або доїння. Тобто, для того, щоб вивести більшу частину утвореного і зібраного в ємкісній системі вим'я молока, необхідно викликати рефлекс молоковіддачі. Це складний акт, пов'язаний з виведенням із залози молока, який супроводжується цілою системою функціональних реакцій як у нейроендокринній системі, так і в тканинах самої молочної залози.

Встановлено, що молочна залоза, на відміну від інших органів, має рецепторні апарати, які розміщені не лише в судинах, цистерні й вивідних протоках, але й у шкірі органу. Ці рецептори сприймають подразнення, які надходять безпосередньо з навколишнього середовища. Тобто, ці механо-хімо-баро- та терморецептори постійно інформують центральну нервову систему про всі подразнення, що виникають в судинах, на шкірі та в ємкісній системі вим'я і викликають адекватні зміни в регуляції секреторної та видільної діяльності.

Особливо велика кількість чутливих нервових закінчень знаходиться у тканинах судин, слизовій оболонці цистерни, у сполучній тканині та мускульних волокнах дійок. Їх подразнення має першочергове значення для діяльності молочної залози. Механічні подразнення рецепторів дійок і зовнішньої поверхні вим'я викликають не лише рефлекс виведення молока, що накопичилося, але й здійснюють вплив на сам процес його секреції. Виключення цієї аферентної стимуляції, яка йде від дійок, знижує секреторну діяльність молочної залози майже у сім разів.

Діяльність молочної залози значною мірою залежить від інформації, яка надходить: по-перше, від рецепторів кровоносних судин, що сигналізують про зміни складу й тиску крові в судинній системі залози; по-друге, від рецепторів вивідних проток і цистерн, про зміни тиску в порожнині органу і якість секрету, що накопичується і по-третє, від рецепторів дійок і шкіри вим'я, про необхідність приготування до виведення і виконання акту виведення молока.

Слід пам'ятати, що молочна залоза не лише відповідає на численні хвилі збудження, що надходять до неї нервовими і нервово-гуморальними шляхами, але й сама є джерелом формування імпульсів, які впливають на діяльність центральних нервових апаратів і всього організму в цілому. Механічне подразнення рецепторів молочної залози викликає збільшення кількості крові, яка протікає через молочну артерію у 2 – 9 разів, підвищення кров'яного тиску на 35 мм рт. ст., її температури - на 2,4°C та посилення функції травного тракту. При цьому вказана реакція залози тим більша, чим вища швидкість виведення, більший об'єм та вища жирність виводимого молока.

Вим'я є дуже важливою рефлексогенною зоною, сигналізація з якої має суттєве значення як для його діяльності, так і для функціонування інших органів та систем організму. Звичайне механічне подразнення молочної залози, яке відбувається при доїнні або ссанні, рефлекторно викликає зміни діяльності серцево-судинної, травної, водовивідної, статеві та інших систем організму. Тобто, всі основні системи в тій чи іншій мірі включаються у відповідну реакцію організму. Зрозуміло, який великий вплив на підвищення молочної продуктивності корів та інтенсивність молоковиведення мають обмивання, витирання та масаж вим'я, а також правильне і інтенсивне видоювання молочної залози, яке повторюється декілька разів за день на протязі лактації і всього життя тварини.

Під час доїння, найбільшому впливу піддається дійка, в якій розміщені рецептори як біля поверхні (тактильні рецептори), так і в більш глибоких шарах стінки, їх концентрація знижується від вершини до основи дійки. Проте, сумарна їх кількість найбільша в ділянці основи дійки. І тому для ефективної реалізації рефлексу молоковіддачі доїльний апарат повинен забезпечувати енергійне стискання всієї дійки, але особливо її основи.

Мускулатура стінок, а особливо сфінктера дійки, відіграє важливу роль у процесі молоковиведення при машинному доїнні. Динамічні фази доїльних рухів, під час яких відбувається деформація стінок дійки, відіграють визначальну роль у формуванні аферентного потоку імпульсів, що виникають у

рецепторах дійок під час доїння (імпульсація зростає у 4,8 рази). Тобто, подразнення рецепторів дійок під час доїння викликає генерування нервових імпульсів, що є початковим етапом рефлексу молоковіддачі. При цьому однією із важливих умов оптимального прояву цієї рефлекторної реакції є адекватне подразнення максимально можливої кількості механорецепторів, розміщених у стінках дійок. Доведено, що повнота виведення молока з вим'я та рівень його утворення у молочній залозі за час між доїннями залежать від якості стимулювання рецепторного апарату під час доїння тварин. У цьому взаємопов'язаному процесі знаходиться одна із головних умов управління лактаційною функцією корів.

Початковою ланкою рефлексу молоковіддачі є генерація імпульсів у рецепторах дійок, які виникають під час доїння або ссання. Подразнення цих рецепторів доїльними стимулами являє собою ключовий процес, який у більшості випадків є визначальним для ефективної реалізації рефлексу молоковіддачі, а отже і для повноти спорожнювання ємкісної системи вим'я.

Молочна залоза має добре розвинений скорочувальний апарат, узгоджена взаємодія якого здатна виконувати швидко й повне звільнення ємкісної системи від молока при молоковиведенні. На жаль, сучасні доїльні апарати не забезпечують повноцінної стимуляції як видільної, так і секреторної функцій молочної залози, а тому слід створювати більш досконалі, стимулюючий вплив яких на рецептори вим'я і дійок, його моторну функцію та молочну продуктивність був би значно більшим, що різко зменшувало б затрати ручної праці при доїнні.

Рефлекс молоковіддачі відбувається за схемою при якій нервові імпульси, що виникають у рецепторах молочної залози, по аферентних нервах передаються до спинного мозку, де здійснюється перша (нервова) фаза молоковиведення. Вказані імпульси досягають також головного мозку та гіпоталамусу, і далі до гіпофізу. В результаті цього задня доля гіпофізу виділяє окситоцин, який включає другу (гормональну) фазу молоковіддачі, котра триває 4-5 хв. Аферентними сигналами, що стимулюють рефлекс

молоковіддачі, можуть бути й імпульси зорового або слухового сигналізаторів. Якщо підготовку вим'я і доїння постійно виконувати в однакових умовах, то в корови виробляються умовні рефлекси на звук працюючих апаратів, корм, доїльні станки, підхід оператора та час початку доїння. Вони можуть викликати таке ж стискання альвеолярного апарату вим'я і ослаблення тону мускулатури цистерн, як і механічне (безумовно-рефлекторне) подразнення молочної залози.

Рефлекторний акт виведення молока при доїнні або ссанні є складною руховою реакцією молочної залози, яка супроводжується скороченням міоепітеліальних елементів альвеол і проток, розслабленням сфінктера дійки й цистерни, і нарешті, зміною тону кровеносних судин вим'я. Все це відбувається після подразнення тактильних, термо- і барорецепторів розміщених на поверхні шкіри та слизових оболонок і в глибоких тканинах діжок і цистерни залози.

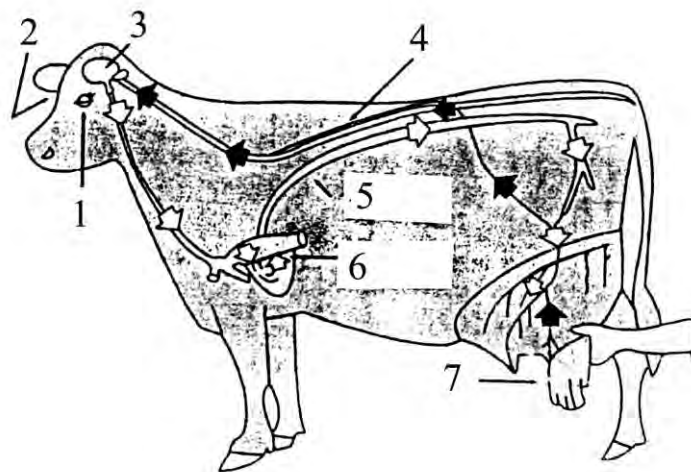


Рис.1.1 – Схема рефлексу молоковіддачі:

1 – зір; 2 – слух; 3 – мозок; 4 – спинний мозок; 5 – аорта; 6 – серце;
7 – механічне подразнення

Молоковиведення - це узгоджені рефлекторні реакції міоепітелію та гладенької мускулатури вим'я, стінок і сфінктера діжок у відповідь на подразнення шкіри діжок і вим'я. Тобто, стимулювання повноцінного рефлексу молоковіддачі є вирішальним фактором найбільш повного і швидкого

видоювання корови. Недооцінка дії вказаного фактора призводить до значних втрат молока і молочного жиру, зниження інтенсивності молоковиведення та зростанню затрат часу і праці на видоювання корови. Поряд з цим величезний вплив на секрецію молока і молоковиведення має правильне виконання елементів операції доїння, котра може відрізнятися способом, кількістю і інтервалом доїнь на протязі доби, способом і тривалістю стимуляції молоковіддачі, але багато в чому залежить від майстерності оператора.

Особливо незадовільно рефлекс молоковіддачі реалізується при порушеннях правил підготовки корови до доїння та самого доїння, або коли воно проводиться в нових нестереотипних умовах. Це призводить не лише до зменшення кількості окситоцину, який виділяє гіпофіз, але й не сприяє повному виведенню молока з вим'я.

Таким чином на функціонально зумовлений прояв рефлексу молоковіддачі впливає багато факторів зовнішнього середовища. Для повноцінного прояву рефлексу молоковіддачі велике значення має виконання окремих елементів переддоїльної стимуляції вим'я корови, а особливо дійок. Рецепторний апарат чітко сприймає тактильні, теплові і інші подразнення, під впливом яких утворюються безумовно-рефлекторні зв'язки, котрі відповідним чином впливають на молоковидільну функцію вим'я.

Суворе дотримання встановленого розпорядку дня на фермі (у приміщенні корівника), тиша під час доїння, спокійне поводження з коровою та правильна підготовка вим'я сприяють швидкому і повному видоюванню корови.

Доїння корів є заключною і дуже відповідальною технологічною операцією виробництва молока. Її успіх залежить від чіткої взаємодії системи „людина-машина-тварина”. Суттєві негативні наслідки в цій системі можуть викликати порушення режимів і параметрів роботи засобів механізації, які не можна усунути навіть найчіткішим виконанням правил машинного доїння.

Доїння є найбільш відповідальним і трудомістким процесом у технології виробництва молока. Воно складається з двох фаз: молоковіддачі і

молоковиведення. Молоко утворюється і збирається в молочній залозі тварини, причому основна його частина (до 90%) міститься в альвеольному просторі вим'я і недоступна для безпосереднього виведення без протікання процесу молоковіддачі [21, 24, 25, 26, 103].

Молоковіддача – це складна моторна реакція молочної залози, яка призводить до витискання молока з альвеольної частини вим'я в молочні цистерни, і є основним фізіологічним параметром, у функції якого повинна здійснюватись адаптація режимів роботи доїльного апарата до умов доїння [8; 23,57].

Молоковиведення здійснюється в результаті різниці тисків із внутрішнього і зовнішнього боків сфінктера внаслідок створення надлишкового тиску всередині дійки або пониження тиску (створення вакууму) за її межами. Повноцінна молоковіддача (інтенсивний припуск молока) може бути забезпечена системою стимулюючих факторів, які зумовлюють безумовні рефлекси молоковіддачі (масаж вим'я, обмивання його теплою водою, масаж дійок тощо) [32, 40, 56,57].

Доїння полягає не тільки в тому, щоб швидко й повно та з найменшими затратами праці видіти молоко, а й створити умови для подальшого збільшення надоїв. Факторами, які впливають на умови одержання молока, є спосіб доїння, швидкість видоювання, масаж вим'я і повнота видоювання, а також інші зовнішні фактори [69; 72]. Якщо кількість молока, що залишається в одній частці вим'я, не перевищує 50-110 мл, то залишкове молоко в організмі тварина використовує для здійснення подальшого секреторного процесу молокоутворення [8]. Повне виведення молока з дійок вим'я тварини неможливе за фізіологічними особливостями, оскільки молокоутворення – це безперервний процес. Тому основна мета доїння – залишити якумога меншу кількість молока у вим'ї. Неповне ж видоювання спричинює зменшення молокоутворення в молочних залозах, що призводить до скорочення періоду лактації [15; 72; 84].

Найкращі результати з фізіологічного і господарського поглядів одержують за одночасного доїння доїльним апаратом чотирьох дійок, порівняно з почерговим видоюванням кожної дійки вручну. Машинне доїння корови ґрунтується на принципі витискування молока з дійок вим'я за допомогою вакууму приблизно так, як це робить теля. Машинне доїння порівняно з ручним має перевагу як щодо підвищення продуктивності праці, так і щодо санітарно-гігієнічних умов одержання молока. Корів, які не відповідають вимогам машинного доїння (неправильна форма дійок тощо), доцільно вибраковувати. Якщо застосовують ручне доїння, то найкращим способом є видоювання кулаком. У такому разі за всіх рівних умов одержують молока на 5 % більше, ніж при інших способах ручного доїння.

Швидкість видоювання значно впливає на кількість та якість молока, тому процес доїння повинен тривати 4-6 хв. За цей час за достатнього рефлекторного збудження вим'я корови забезпечується належна повнота видоювання (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Вплив темпу доїння на надої і жирність молока (за М. І. Книгою)

Темп доїння	Тривалість доїння, хв	Добовий надій, кг	Жирність молока, %	Вміст жиру в добовому надої, г
Прискорений	5	15	4,4	660
Сповільнений	18	7,7	2,8	215

У період підготовки корів до доїння всередині вим'я підвищується тиск у результаті скорочення м'язових тканин альвеол та проток під впливом гормону молочовіддачі – окситоцину. Дія гормону триває одночасно в усіх частинах вим'я кілька хвилин (4 – 6 хв), оскільки в крові він швидко руйнується, що слід враховувати у практиці доїння.

Масаж вим'я і повнота видоювання. Правильно проведена підготовка корови до доїння не тільки стимулює швидке і достатньо повне молочовиведення, а й сприяє активізації процесів секреції молока.

Багато вітчизняних і зарубіжних учених указують на необхідність і важливість стимуляції корів перед початком доїння. Незадовільна підготовка корови до доїння, особливо недостатній масаж вим'я та дійок, може викликати зниження виділення гормону окситоцину, погіршення готовності тварин до віддачі молока, повільне і неповне видоювання, зниження молочної продуктивності (рис. 1.2). Отже, результати досліджень показують, що масаж вим'я корів перед доїнням підвищує надої на 11,2 % порівняно з коровами, яким масаж вим'я не робили [14; 52; 56; 96].

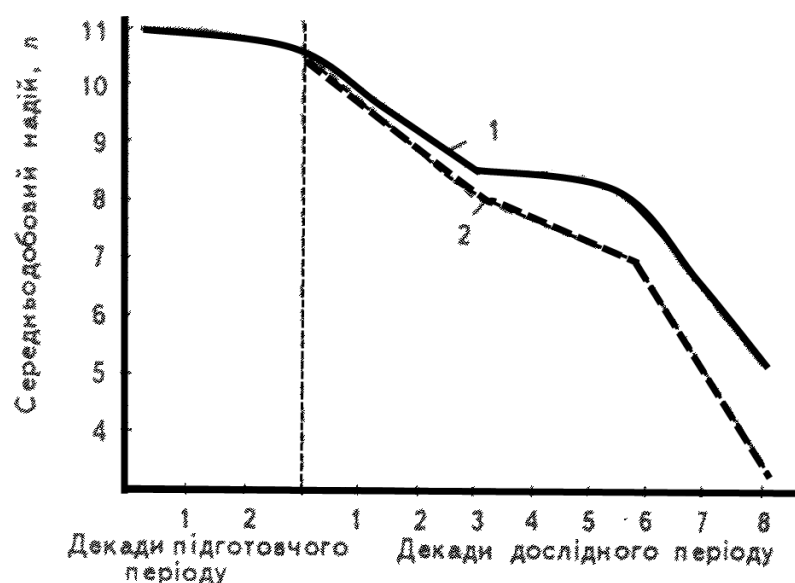


Рис. 1.2. – Вплив підготовчого масажу вим'я на продуктивність корів під час машинного доїння (за Е.І. Адміном, 1974):
1 – при масажі вим'я; 2 – без масажу вим'я.

Повнота видоювання молока впливає на нормальну інтенсивність його синтезу, склад і, особливо, жирність. Вміст жиру в останніх 250 мл молока одного надою досягає 10-12 %.

Також важливе значення має одночасне видоювання передніх і задніх пар чвертей вим'я. Через асиметрію вим'я корів, під час доїння доїльними апаратами, оснащеними синхронними пульсаторами, відбувається сухе доїння у передніх двох чвертях вим'я, а у деяких корів і в трьох, видосні чверті вим'я піддаються дії доїльного апарата [15; 25; 32; 64; 85; 105]. До недоліків апаратів цього типу можна зарахувати й те, що вони створюють пульсуюче надходження молока до молокозбірної камери колектора. Особливо це спостерігається в

перший період доїння, який становить від 60 до 75 с, коли має місце пікове молоковидедення за одночасної роботи та повільне за попарною роботою виконавчих механізмів – доїльних стаканів (рис. 1.3).

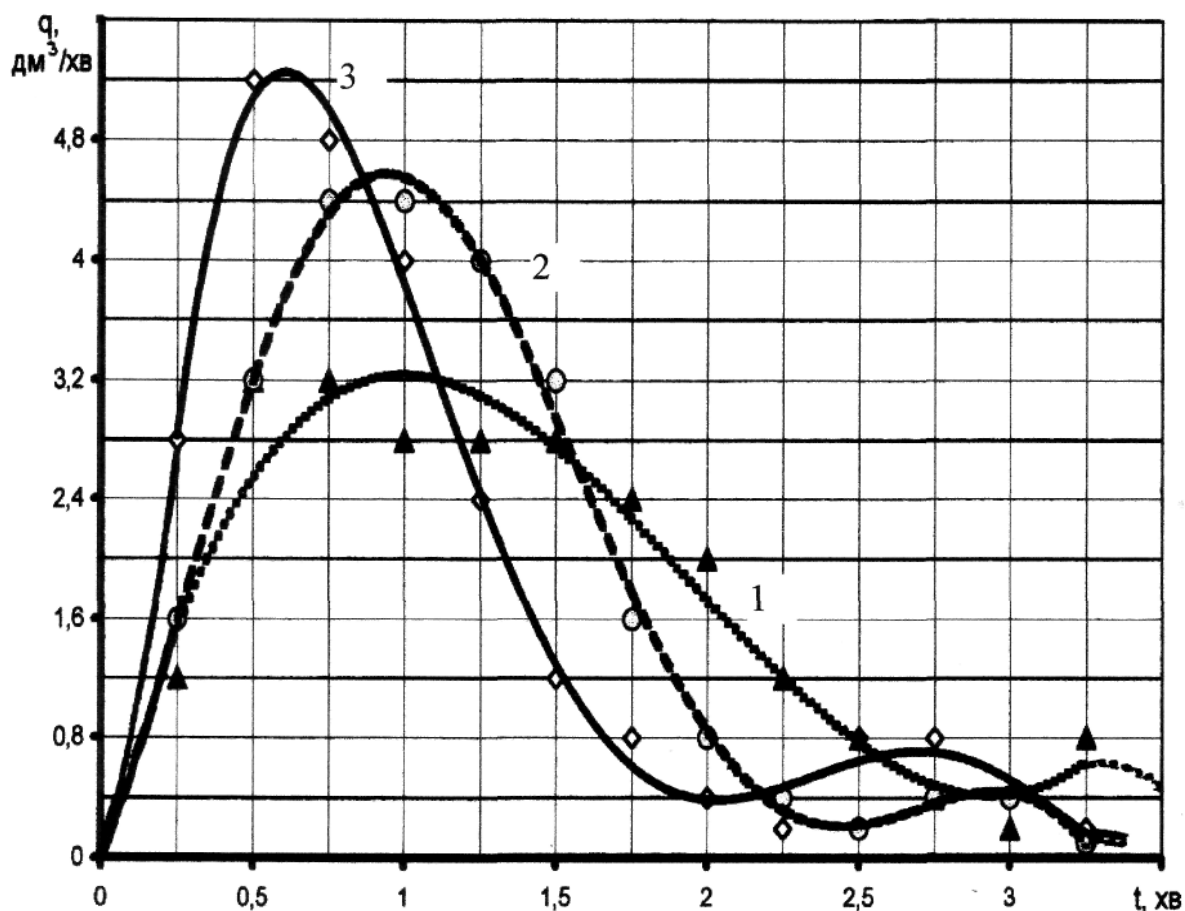


Рис. 1.3 – Динаміка виведення молока доїльними апаратами з різними режимами роботи доїльних стаканів [52]:
1 - попарної дії (ІНТЕРПУЛЬС-90); 2 - попарно-комбінованого типу [34]; 3 - одночасної дії (АДУ-1)

Режим роботи вакуумметричних ліній і молоковіддача в часі вирівнюються, що зменшує навантаження на доїльне обладнання.

Фізіологічні особливості доїння корів ставлять акцент на застосування доїльних апаратів, оснащених пульсаторами, які уможливають адаптацію до асиметрії чвертей вим'я корів. Також особливої уваги потребують операції підготовки до доїння, а саме масаж вим'я корів.

1.2. Режими роботи доїльних апаратів

1.2.1. Величина тиску в елементах доїльного апарата.

При відсмоктуванні молока із вим'я в ротовій порожнині теляти створюється тиск (37,3 – 67,6) кПа [79, 96, 99, 156]. Для виведення молока доїльним апаратом з двокамерними виконавчими механізмами – стаканами, потрібно забезпечити фізіологічно обумовлену величину вакуумметричного тиску в піддійкових просторах і перемінну різницю вакуумметричного і атмосферного чи навіть дещо підвищеного тисків у міжстінних просторах стаканів по відношенню до тиску у вимені, який протягом часу між доїннями підтримується на постійному рівні 102–103 кПа і може досягати (104–105) кПа [79, 99]. Оптимальний тиск у піддійкових просторах виконавчих механізмів – стаканів сучасних доїльних апаратів характеризується величиною (47 – 50) кПа. Безпечна фізіологічно обґрунтована величина тиску (58 – 62) кПа (вакуумметричний тиск 38 – 42) кПа є оптимальною для піддійкових просторів стаканів доїльного апарата. При зменшенні тиску з 64 до 30 кПа швидкість відсмоктування молока із дійок зростає [40], але при цьому кількість молока (0,028 – 0,042) кг, що вміщує цистерна дійки вимені, виводиться протягом часу, що менший за тривалість такту ссання (0,6 – 0,7) с, тому закінчення кожного такту ссання супроводжується больовим впливом на організм тварини, що викликає подразнення і захворювання маститом.

1.2.2. Частота пульсації і співвідношення тактів.

Перемінні значення тиску у виконавчому механізмі доїльного апарата – стакані забезпечує спеціальний пристрій – пульсатор. Тривалість пульсу визначає частота пульсації.

Частота пульсації для різних апаратів не є величина постійна і пропонується в межах від 0,55 до 1,33 Гц [50, 66, 155, 156]. Оптимальна швидкість і повнота видоювання досягнуті при частоті пульсації 1,0 Гц. В окремих дослідженнях [16, 17] саму високу швидкість доїння досягнуто при частоті 2,00 – 2,33 Гц. При цьому двотактні апарати ДА-2, для яких частота

пульсації пропонувалась 1,67 – 2,00 Гц, видоювали корів більш повно, ніж тритактний апарат ДА–3М „Волга”, при частоті пульсації 1,00 Гц. Аналіз результатів досліджень, які одержані протягом останніх 30 років різними авторами, дозволяє констатувати, що частота пульсації 0,66 Гц зменшує швидкість доїння, а частота більша 1,03-1,2 Гц – не завжди призводить до зростання останньої. При занадто великій частоті пульсації відбувається не повне стиснення дійкової гуми, в результаті чого можуть мати місце пошкодження дійок. Тому для більшості конструкцій доїльних апаратів частота пульсації прийнята рівною 0,83 – 1,00 Гц. Узагальнені результати досліджень, що стосуються характеристик апаратів стверджують, що частота пульсації 0,9 – 1,1 Гц може пропонуватись для більшості доїльних апаратів. Ці дані залишаються показником характеристики і сучасних апаратів [84, 99, 100, 106, 155, 156, 162].

Існує думка, що при недостатньо якісній підготовці вимені висока частота пульсації покращує повноту виведення молока. Але це не може замінити комплексу технологічних операцій, які виконуються в процесі підготовки вимені до доїння, передбачені правилами і дають якісні результати. При цьому частота пульсації повинна бути або постійною або змінюватись адекватно зміні швидкості молоковіддачі. В якому напрямку потрібно змінювати частоту пульсації при зміні швидкості потоку молока, прямому чи зворотньому, - задачі наступних досліджень і конструкційно-технологічних розробок. По такому шляху, передбаченому ще В.Ф.Корольовим [66], виконувались ДКР фірмами колишнього Союзу та ведучих зарубіжних фірм, направлені на удосконалення доїльної техніки.

Дослідженнями 70-х років ХХ сторіччя встановлено, що при зростанні частоти пульсації з'являється можливість максимально скоротити абсолютну тривалість такту ссання і для виведення молока з долей вим'я ефективно використати перехідні процеси виконавчого механізму – стакана від ссання до стиснення і від стиснення до ссання. Цей фактор був врахований при створенні апарата ДА-2 з частотою пульсації 2 Гц [107, 166]. Наступні розробки і

виконані дослідження [6, 7, 78, 96 – 98] стверджують, що найбільше сприятливою для виведення молока є та фаза, коли дійкова гума знаходиться в проміжному стані між ссанням і стисненням. Це стан, коли гума частково стискує дійку і це стиснення супроводжується підвищенням тиску в піддійковому просторі, що не перешкоджає відкриттю сфінктера дійки і виведенню молока.

В зв'язку з тим, що тривалість фази пульсації мала, а при зростанні частоти пульсації зменшується тривалість пульсів і при цьому зростає витрата повітря, розроблено і запропоновано виробництву доїльний апарат „Пульсар” з застосуванням пульсуючого вібраційного фактора для стінки дійкової гуми. В одному випадку цей фактор має місце в такті стиснення, в іншому – в такті ссання.

Для забезпечення фізіологічно обґрунтованого режиму доїння, подібно до режиму роботи ротової порожнини теляти, апарат повинен працювати з змінним режимом. Проміжок часу стиснення, що супроводжується закриттям сфінктера, має бути достатнім для наповнення цистерни дійки молоком, а тривалість послідуєчого такту – ссання достатнім для виведення молока.

Проміжки часу ссання і стиснення складають пульс пульсації. В двотактному апараті кожний пульс включає такти стиснення і ссання, в тритактному – стиснення, ссання і відпочинку.

Більшість сучасних двотактних доїльних апаратів з попарною дією стаканів мають співвідношення між тактами 0,5:0,5 або 0,4:0,6. При одночасній зміні тактів у чотирьох стаканах співвідношення між тактами стиснення і ссання знаходиться в межах від 0,25 – 0,40 до 0,75 – 0,60. В тритактному апараті співвідношення між тактами ссання, стиску і відпочинку становить 0,6:0,1:0,3.

Співвідношення тактів, подібно частоті пульсації, впливає на тривалість перехідних процесів у стаканах. Швидкого доїння можна досягти при короткому такті стиснення. Але якщо такт стиснення зробити занадто

коротким, це негативно вплине на тварину і призведе до сповільненого доїння [6, 7, 50, 110].

В основу нашої гіпотези покладене припущення, що співвідношення тактів і частоту пульсації потрібно змінювати залежно від швидкості доїння. Це при відповідних умовах створить стимулюючий режим виведення молока із вимені [135].

Наявні дослідження свідчать, що частота пульсації 0,83 – 1,1 Гц і співвідношення тактів (0,34 – 0,50):(0,66 – 0,50) – це раціональні параметри, які можуть бути прийняті при розробці нових і удосконаленні існуючих конструкцій пульсаторів для апаратів з змінним режимом роботи залежно від швидкості доїння, а також апаратів з фіксованим режимом роботи, що має місце в переважній більшості сучасних конструкцій.

Разом з тим, дослідженнями фізіологів М.Л.Крейліса, І.А.Баришнікова та І.М.Зотікової встановлено, що в процесі доїння мають місце періодичні скорочення мускулатури вимені та дійок. Існуючі ж доїльні апарати не враховують вище відміченої періодичності, що вказує на доцільність постановки відповідних досліджень.

Однією з проблем машинного доїння на сьогодні є невідповідність робочих параметрів доїльних апаратів фізіологічним особливостям молоковіддачі корів. Це у свою чергу унеможлиблює швидке й повне видоювання. Найсучасніші на сьогодні технічні засоби, що забезпечують „чисте" машинне видоювання (ручне додоювання - не перевищує 100 г), не забезпечують виведення з вимені корови до 3 л альвеолярного молока [17].

Тому питання вдосконалення доїльних апаратів залишається надзвичайно актуальною проблемою.

Вдосконалення доїльної техніки ведеться за такими напрямками [13; 16; 66; 67; 113; 117]:

- забезпечення повноти видоювання;
- скорочення тривалості доїння;
- регулювання і стабілізація частоти пульсації в процесі доїння;

- регулювання й стабілізація вакуумметричного тиску в піддійковому просторі доїльного стакана в процесі доїння;
- регулювання й стабілізація співвідношення тактів у процесі доїння;
- удосконалення молокопровідної й вакуумної систем доїльної установки.

Незважаючи на понад столітні дослідження, в науці до сьогодні немає єдиною думки про оптимальне значення частоти пульсації, співвідношення тактів і глибини вакуумметричного тиску. У зв'язку з цим в різних доїльних апаратах значення основних параметрів відрізняються. Наприклад, частота пульсації може приймати значення від 0,75 до 2 Гц, співвідношення тактів - від 1:1 до 1:4, величина вакуумметричного тиску в підбійковій камері - від 25 до 90 кПа, а маса підвісної частини - від 2,2 до 5 кг [13; 16; 66; 67; 113; 117].

Виходячи з досліджень Королева В.Ф., Аббасова С.Г. і Краснова И.Н. частота пульсацій не впливає на швидкість молоковиведення. Частота пульсацій, на їхню думку, не повинна перевищувати граничних значень, щоб не порушити режиму роботи дійкової гуми. При великій частоті пульсацій полегшується встановлення доїльних стаканів і втримання їх на малих дійках [67].

Вивчаючи вплив частоти пульсацій на моторику дійки й процес молоковиведення, Вальдман Є.К. [13] дійшов висновку, що відсутність єдиної думки про значення основних параметрів серед різних авторів пояснюється конструктивними особливостями доїльних апаратів, де важливе значення має співвідношення такту ссання і масажу. Взявши за основу тритактний доїльний апарат Вальдман Є.К. провів серію досліджень впливу зміни частоти пульсацій (0,4; 0,8; 1,6 і 2,5 Гц) на процес молоковиведення і виявив вплив режиму роботи пульсатора на швидкість видоювання. Результати свідчать, що при збільшенні частоти пульсацій до 1,6 Гц спостерігається деяке збільшення швидкості видоювання, але перевищення цього значення практично не змінює інтенсивності молоковиведення, водночас зниження частоти пульсацій з 0,8 до 0,4 Гц призводить до значного падіння швидкості видоювання.

На думку Грачева І.І., оптимальне значення частоти пульсацій лежить у межах 1,3-2,3 Гц, а перевищення даних граничних значень призводить до збільшення лактаційного періоду. При частотах нижче 0,2-0,4 і понад 4 Гц рефлекс молоковіддачі відключається повністю [22].

За результатами власних дослідження Петухов Н.А. [89] зробив висновок, що такт ссання дійок вимені корови телям включає два спектри частот: низькі (1,5-2,5 Гц) і високі (5-22,5 Гц). При цьому найбільше значення для стимуляції рефлексу молоковіддачі має височастотний спектр, що відповідає полосі α -ритму мозку (в середньому 10 Гц) корови.

У своїх дослідженнях Петровский В.А. і Горм С.Я. також виявили стимулюючу дію частоти пульсацій за її зміни в межах 0,7-2,0 Гц пропорційно інтенсивності молоковиведення [86].

При визначенні верхнього граничного значення частоти пульсацій Крейлис М.ІІ. виходив із неприпустимості подразнення нервової системи корови, яке виникає у разі занадто високої частоти пульсацій [69]. Машина, на відміну від оператора машинного доїння чи теляти, діє одночасно на всі дійки і за заданої частоти подразнення не виключає можливість перевтоми сприймаючих центрів нервової системи корови, а відтак, порушення рефлексу молоковіддачі.

Для створення ідеальної доїльної машини, на думку Королева В.Ф. [72,73,74,75,78], необхідно, щоб частота пульсацій змінювалася в межах 0,7-2,0 Гц відповідно до індивідуальних фізіологічних особливостей корів.

У США більшість доїльних апаратів працює з частотою пульсації 0,8-1,0 Гц [81].

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що на сьогодні у дослідників ще немає єдиної думки про значення частоти пульсацій. У залежності від індивідуальних особливостей корів частота пульсацій доїльних апаратів може змінюватися в межах від 0,7 до 2,2 Гц.

Збільшення співвідношення тактів, за даними дослідників, позитивно впливає на швидкість доїння. При зміні співвідношення тактів від 1:1 до 4:1 і

стабільної частоти пульсацій 0,835 Гц, відбувається збільшення швидкості доїння на 40-45 %, при частоті 1,33 Гц - на 30-35 %, відповідно при 1,83-2,83 Гц-на 20-25% [16; 61; 136; 137].

На основі досліджень доїльного апарата з автоматичним регулюванням тривалості такту ссання Горм С.Я. прийшов до висновку, що зміна співвідношення тактів від 1:1 до 5:1 в залежності від зміни інтенсивності молоковиведення дає змогу збільшити швидкість доїння на 50 %, при цьому час машинного додоювання зменшується на 60% порівняно із тритактним доїльним апаратом, а вміст жиру в молоці досягає 5-6% [20].

Кавешникова К.И. проводила дослідження впливу роботи двотактного доїльного апарата при різних параметрах роботи і з постійно збільшеним тактом ссання на рефлекс молоковіддачі корів. Отримані дані свідчать про те, що робота доїльного апарата з постійно збільшеним тактом ссання не здійснює позитивного впливу на рефлекс молоковіддачі [55].

Клауфф П.А. і Доде Ф.Х. [61] встановили, що підвищення вакууму зі 48,3 до 64,5 кПа дає змогу підвищити швидкість доїння на 40-45%, тобто отримати такі самі результати як при збільшенні співвідношення тактів з 1:1 до 4:1 і частоти пульсацій 0,835 Гц. Водночас науковці зауважують, що в доїльних апаратах із фіксованими робочими параметрами більш прийнятно збільшення швидкості доїння за рахунок зміни співвідношення тактів, а не глибини вакууму під дією. Майже такої самої думки дотримувалися Уіттстоун У.Г. і Королев В.Ф. [66]. Вони попереджували: незважаючи на те, що збільшення вакууму суттєво збільшує швидкість доїння, перевищення 50 кПа в апаратах із сталими параметрами приносить більше шкоди, ніж користі.

Вплив параметрів доїльного апарата на якість процесу молоковиведення досліджували Викторова Н.Н. і Козлова А.Н. [16]. Вони дійшли висновку, що максимальної інтенсивності молоковиведення і збільшення продуктивності корів можна досягти при таких параметрах: вакуумметричний тиск - 48,0-50,0 кПа; частота пульсацій - 1,33-1,67 Гц; співвідношення тактів - (60:40)% і (70:30)% за відсутності натягів дійкової гуми та маси підвісної частини

доїльного апарата 1 кг. Як відзначають самі ж автори, ці результати не відповідають даним інших дослідників.

Дослідження Адміна Е.І. також підтверджують ефективність легких доїльних апаратів [2].

З метою підвищення продуктивності корови, зменшення тривалості доїння та забезпечення відповідності технологічних параметрів процесу машинного доїння фізіологічним вимогам молоковіддачі виробники доїльного обладнання переходять на виготовлення автоматичних систем керування процесом доїння, використовуючи різні алгоритми роботи доїльного апарата [136 - 138].

1.2.3. Режимні характеристики доїльних апаратів..

Конструкції доїльних апаратів класифікують за цілим рядом суттєвих ознак (рис. 1.4).

За принципом дії доїльні апарати поділяються на відсмоктуючі (вакуумні), витискні (надлишковий тиск) та змішаної дії. Першими були витискні доїльні апарати, які в основному імітували ручний принцип доїння.

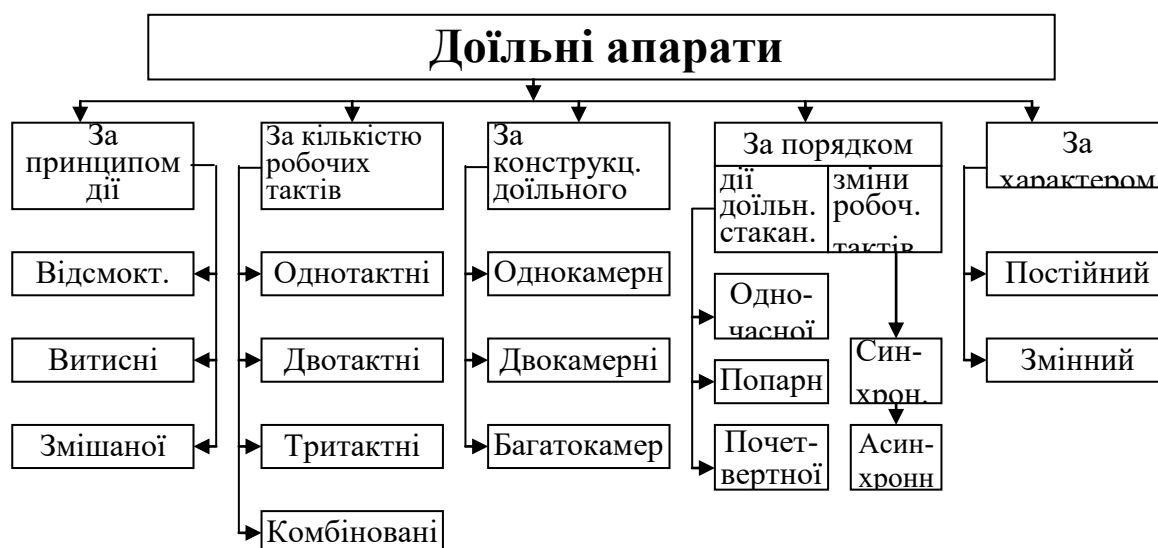


Рис 1.4 - Класифікація доїльних

Такі доїльні апарати не знайшли широкого практичного застосування, в першу чергу, через складність і недосконалість конструкції. Сучасні доїльні апарати діють переважно за принципом відсмоктування.

За кількістю тактів: однотоктні (безперервного відсмоктуванням), дво- та тритактні, комбіновані. В останніх, кількість тактів змінюють залежно від інтенсивності молоковіддачі під час доїння. Вказаний варіант сприяє інтенсифікації процесу доїння, але визначається складністю.

Процес роботи доїльних апаратів характеризується різними варіантами таких тактів: ссання – забезпечує виведення молока з дійок; стиску – здійснює масаж дійок; відпочинку – надає змогу відновлення кровообігу в дійках. Однотоктні (постійне ссання) апарати не забезпечують безпеку здоров'я тварини при доїнні. Двотоктні апарати (ссання – стиску) забезпечують інтенсивне доїння та зберігають здоров'я корови. Тритактні доїльні апарати (ссання – стиску - відпочинку) значно пом'якшують дію вакуумметричного тиску на дійки і є найбільш безпечними для тварин.

Робочими органами доїльного апарата, які відтворюють такти – дії і забезпечують процес доїння, є доїльні стакани. Вони бувають однокамерні, двокамерні та багатоканерні. Найбільш широке використання набули двокамерні доїльні стакани.

За порядком дії виконавчих пристроїв на дійки апарати поділяються на одночасні, попарні та почетвертні. Характерною ознакою їх є протікання однойменних тактів в відповідній кількості доїльних стаканів. Не набули практичного використання доїльні апарати почетвертної дії.

Експериментально досліджені апарати зі змінним режимом дії доїльних стаканів в залежності від інтенсивності виведення молока.

Складність конструкції не сприяло широкому впровадженню такого режиму роботи доїльного апарата у виробництво.

Апарати з одночасною дією стаканів (рис. 1.5) характеризуються високою інтенсивністю виведення молока з вимені і максимальним надходженням молока в молокозбірну камеру колектора під час такту ссання з усіх дійок та

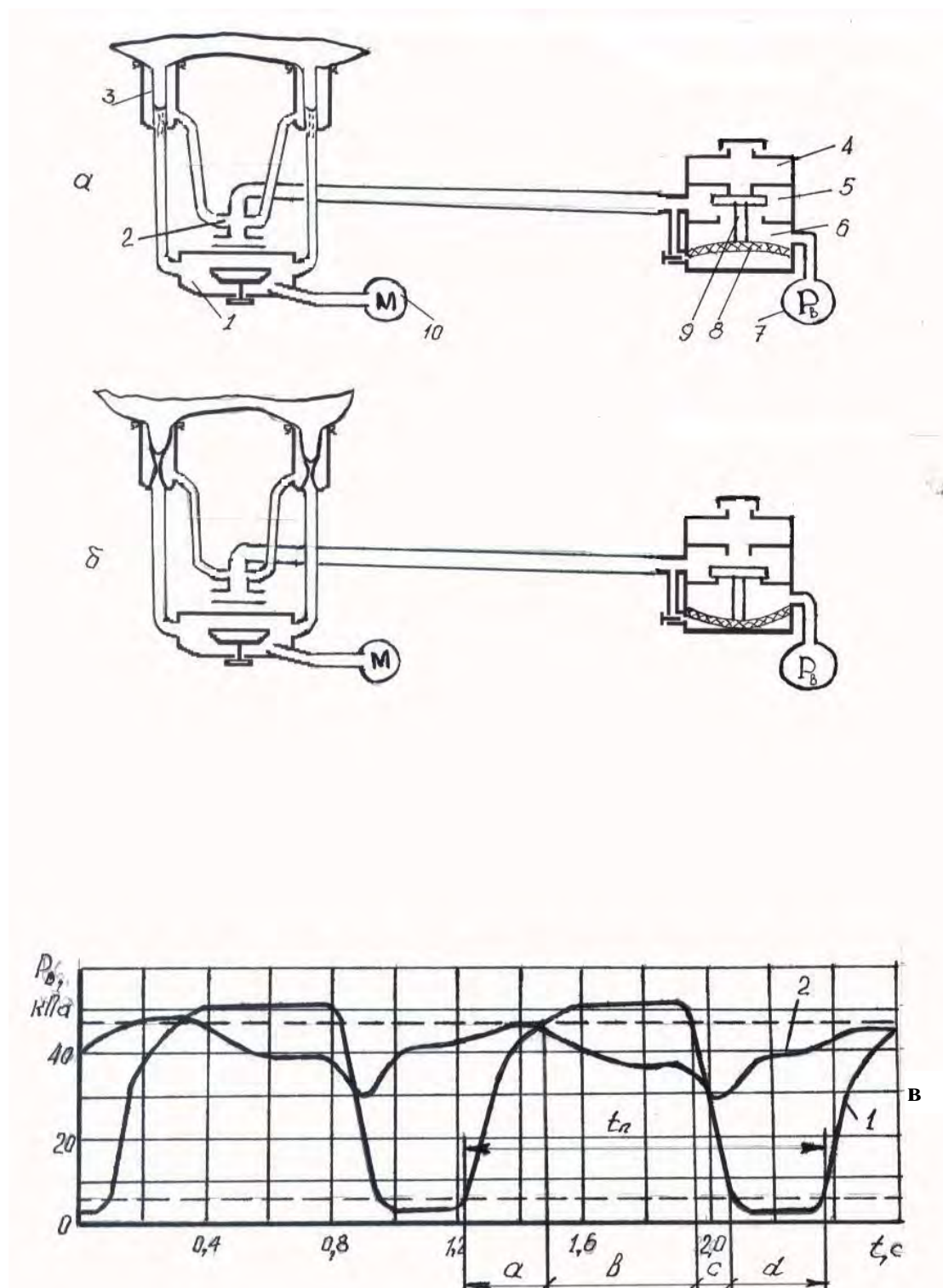


Рисунок 1.5 - Схема роботи доїльного апарата з одночасною дією доїльних стаканів:

а- такт ссання, б – такт стиску, 1 – колектор, 2 – розподільник, 3 – доїльні стакани, 4, 6 – камера постійного тиску, 5 – камера змінного тиску, 7 – вакуумпровід, 8 – мембрана, 9 – клапан, 10 – пульсатор, 11 – молокопровід, в – циклограма зміни вакуумметричного тиску в елементах апарата, 1 – міжстінкових камерах стаканів, 2 – молокозбірній камері колектора

відсутності надходження молока при тактах стиску. Таке нестабільне періодично-пульсуюче надходження молока в молокозбірну камеру колектора спричиняє значні коливання вакуумметричного тиску у піддійкових просторах доїльних стаканів. В результаті цього виникають так звані “зворотні потоки” молока з колектора у піддійкові простори стаканів, що є однією з причин захворювання вимені на мастит.

Попарний режим роботи доїльних стаканів (рис. 1.6) забезпечує рівномірно-стабільне надходження молока у молочну камеру колектора протягом всього циклу доїння. При цьому величина потоку молока наполовину менша, порівняно з варіантом одночасного режиму. Рівномірність потоку молока, що надходить до колектора, сприяє стабілізації вакуумметричного тиску у колекторі і, відповідно, в піддійковому просторі стакана.

Крім того, за рахунок зміщення тактів стиску в доїльних стаканах кількість подразнень дійок удвічі збільшується, що суттєво посилює масаж дійок та вимені і краще стимулює рефлекс молоковіддачі. Попарний режим роботи доїльних стаканів забезпечує також надійніше утримання їх на дійках порівняно з апаратами одночасного режиму роботи.

В зв'язку з великою кількістю вимог та враховуючі результати досліджень вище згаданих авторів, аналіз режимів роботи за дією доїльних стаканів на вим'я проведемо по критеріях ефективності (табл. 1.2):

Таблиця 1.2 - Оцінка дії доїльних стаканів на ефективність виведення молока доїльними апаратами

Порядок дії доїльних стаканів	Критерії оцінки якості					Бали
	Індивідуальність долей вимені	Інтенсивність доїння	Рівномірність виведення молока	Частота подразнень	Характер подразнення	
Одночасної	-	+	-	0	0	2
Попарної	+	0	+	+	0	4

“+” - дії апарата, які в найбільшій мірі відтворюють фізіологічний процес виведення молока;

“0” – дії, що відповідають критеріям якості лише в певній мірі;

“-” – не відповідають умовам фізіологічної адекватності.

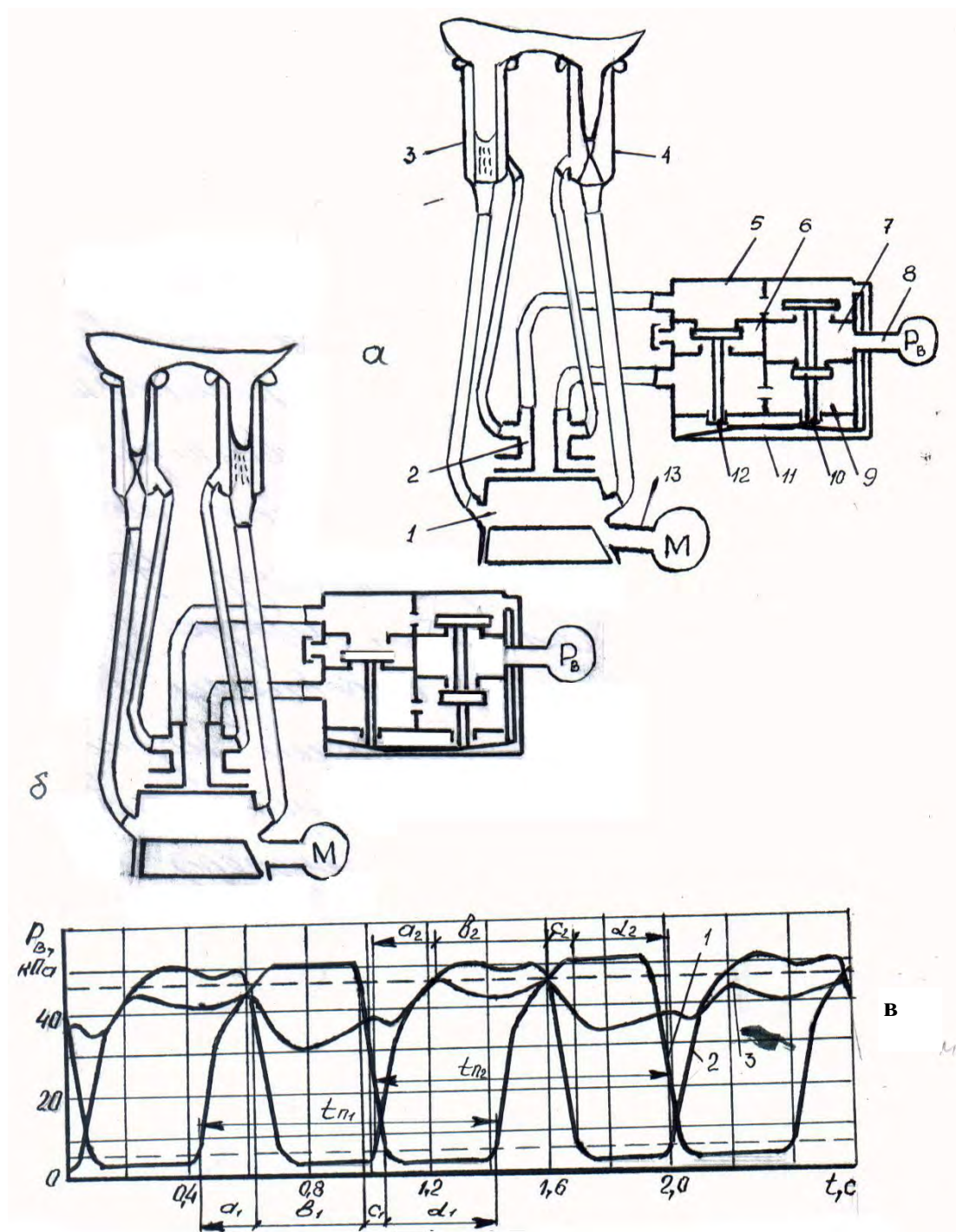


Рисунок 1.6 - Схема роботи апарата з попарною дією доїльних стаканів:

а, б – ссання в одній із пар доїльних стаканів при стиску в іншій; 1 – колектор, 2 – розподільник, 3, 4 – пари стаканів, 5 – пульсатор, 6, 7 – камери постійного тиску, 8 – вакуумпровід, 9 – камери змінного тиску, 10 – мембрана, 11 – керуюча камера, 12 – клапани, 13 – молокопровід; в – циклограма зміни вакуумметричного тиску в елементах доїльного апарата; 1, 2 – міжстінкові камери доїльних стаканів відповідних пар, 3 – молоко-збірна камера колектора.

показники за відсмоктуючою здатністю. Разом з тим, підвищення інтенсивності доїння апаратами попарної дії при врахуванні та підсиленні періодичних коливань мускулатури долей вимені є перспективним напрямком в розробці режиму роботи доїльного апарата.

Практика використання машин для доїння корів нараховує більше півтора століття. Проте, до цих пір йде пошук оптимальних конструктивних рішень доїльних апаратів, режими роботи яких би відзначалися високою ефективністю, дозволяли знизити негативний їх вплив на тварину і забезпечили надійність доїння.

Структура процесу доїння охоплює такі взаємопов'язані операції: підготовку до доїння, саме доїння та додій. Доїльний апарат працює в режимі із заданими параметрами: величиною вакуумметричного тиску, співвідношенням тактів та частотою пульсації. Ці параметри протягом циклу доїння можуть бути постійними (однорежимний варіант) або змінюватися.

Сучасні закордонні доїльні апарати та дослідні зразки вітчизняних апаратів працюють в дво- або багато режимному варіантах. Зміна їх здійснюється за заданою програмою чи відповідно до інтенсивності молоковіддачі. Наприклад, доїльні апарати “Duovak – 300” фірми DeLaval (Швеція) працюють при двох вакуумметричних тисках та частотах пульсації, які змінюються залежно від інтенсивності молоковіддачі. При величині вакуумметричного тиску 33 кПа і частоті пульсації 0,8 Гц доїльний апарат працює в режимі стимуляції, а режим доїння протікає при 50 кПа та 1 Гц [57].

Доїльні апарати “Pulsatornik – S (A,M) фірми Impulsa AG (Німеччина) забезпечують доїння при двох рівнях пульсації [58], зміна якої регулюється електронною системою залежно від інтенсивності потоку молока. Відповідно до індивідуальних ознак тварини електронна система задає частоту пульсації та співвідношення тактів і реалізує режими: попередньої стимуляції зі збільшеною частотою пульсації та власне доїння з частотою 0,84 чи 1,0 Гц при постійному відношенні тактів ссання до стиску (60 : 40) % та величині вакуумметричного тиску 50 кПа.

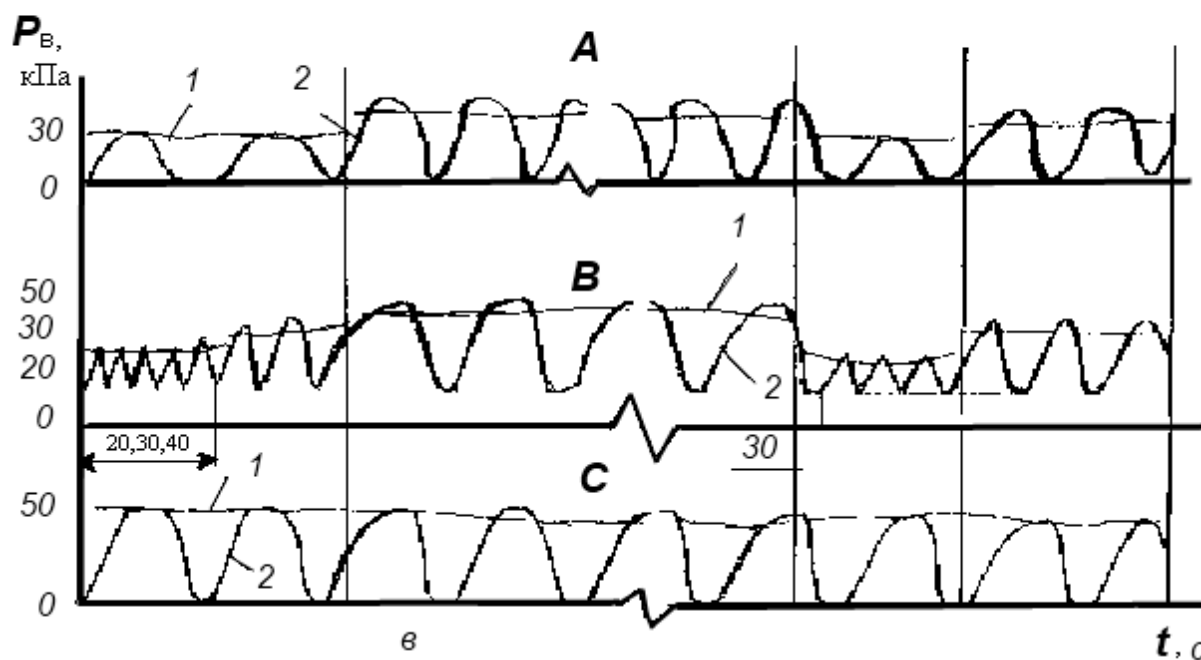
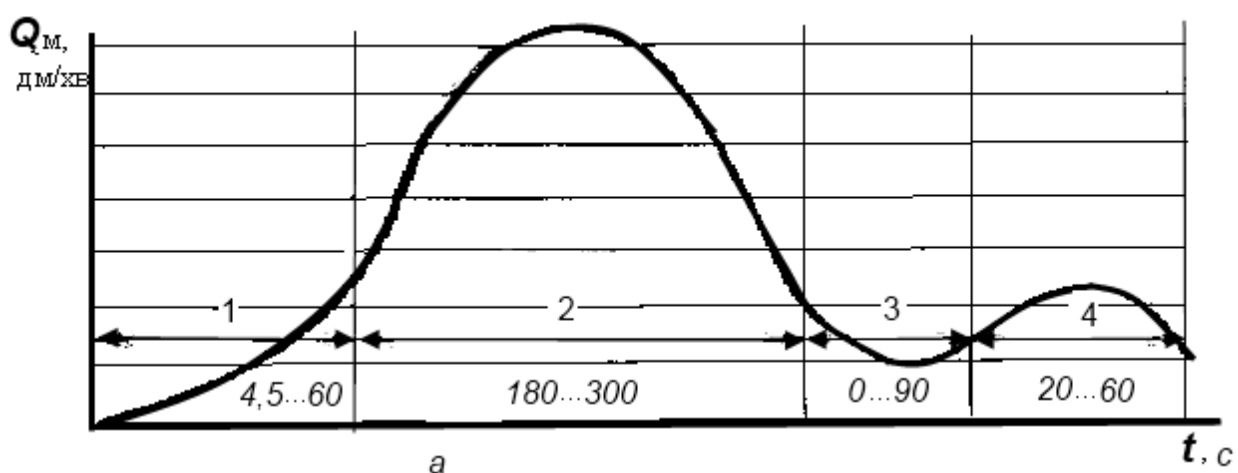


Рис. 1.7 – Динаміка виведення молока доїльними апаратами полпарної дії (а) і зміна вакуумметричного тиску у підбійковому (1) та міжстінковому (2) просторі доїльних стаканів при доїнні апаратами (в):

А – DUOVAK -300;

Б – STIMOLPULS;

С – АМ (фірми Wtstfalija –Separator) /

Доїльний апарат “Боу-Матик” компанії “Деїри – Екьюмпент” – комп’ютеризований, забезпечує одночасне видоювання різномолочних долей вимені. Виконавчими параметрами є зміна частоти пульсації і величини вакуумметричного тиску на окремі долі вимені. Це, як передбачено розробником, забезпечує ощадний режим роботи і швидке видоювання корів.

Вказані апарати мають складну систему електронного керування, і потребують стабільної напруги в системі живлення. Зниження вакуумметричного тиску на початку доїння також збільшує тривалість доїння, не завжди чітко враховується індивідуальний розвиток долей вимені. Вартість сучасних закордонних апаратів в 13...15 разів перевищує вартість вітчизняних при однаковому терміні наробітку на відмову [54], що не дає змоги в повній мірі оснащувати ними ферми України [3].

Доїльний апарат з асиметричним режимом роботи при зміщенні на 180 градусів тактів ссання та стиску між передніми і задніми долями вимені забезпечує одночасне видоювання різномолочних долей вимені [1,2]. В ньому використано спарений пульсатор попарної дії з різними тривалостями тактів ссання та стиску і частотою пульсації відповідно 1,0 та 1,5 Гц. Таке рішення ускладнює конструкцію апарата, зміна співвідношення тактів не завжди сприяє повному виведенню молока, а різні частоти пульсації порушують характер подразнень дійок.

Таким чином, виконані наукові дослідження і розроблені технічні рішення доїльних апаратів не в повній мірі враховують фізіологічний механізм виведення молока. Про це свідчить різноманіття конструкцій, розробок і рекомендацій щодо вдосконалення роботи доїльного апарата. Покращення ж режиму виведення молока з вимені можна вирішити за рахунок циклічного характеру молоковиведення доїльними стаканами, який міг би підсилювати періодичні скорочення гладкої мускулатури дійок та вимені. Існуючі апарати не враховують періодичність скорочень мускулатури дійок та вимені, що вказує на доцільність постановки відповідних досліджень.

Огляд наявної інформації щодо розробок конструктивних рішень та оптимізації режимів роботи доїльних апаратів по питанню визначення параметрів доїльних апаратів попарної дії зі змінним режимом роботи майже не розглядалися. Наявні окремі теоретичні та експериментальні результати недостатні для розрахунку параметрів апаратів з попарно-комбінованою дією доїльних стаканів. Для цього необхідні додаткові дослідження режимів результуючої взаємодії обох пар доїльних стаканів, провести уточнення методики розрахунку таких режимів.

1.3 Огляд і аналіз пульсаторів доїльних апаратів

Основним елементом доїльної машини, що безпосередньо здійснює видоювання молока, є доїльний апарат. Для вилучення молока з цистерн вимені і дійок необхідно створити різницю тисків над і під сфінктером, достатню для його відкривання і подолання гідравлічних втрат напору. Залежно від способу створення цієї різниці тисків доїльні апарати поділяються на витискні і висмоктуючі.

Створення механічних доїльних апаратів були спрямовані на розробку робочих органів, що імітують взаємодію дояра з дійкою під час ручного доїння, тобто витискуючого типу. Такі доїльні апарати не знайшли широкого практичного застосування в основному через складність і недосконалість конструкції. Всі сучасні доїльні апарати є висмоктувального (вакуумного) типу (рис. 1.1).

Робочими органами доїльного апарата, що здійснюють процес доїння і безпосередньо взаємодіють з твариною, є доїльні стакани. В основному використовуються двокамерні доїльні стакани.

За принципом роботи доїльних стаканів доїльні апарати поділяються на дво- і тритактні. Під тактом тут розуміють період часу, протягом якого залишається фізіологічно незмінна дія доїльного апарата на тварину. Період часу, протягом якого проходить чергування різнойменних тактів, називається

циклом. Робочий цикл тритактного доїльного апарата складається з тактів: ссання, стиск, відпочинок, а двотактного лише із тактів: ссання і стиск.

Такт ссання призначений для виведення молока з дійки. Такт стиску призначений для масажу вимені і стимуляції процесу молоковіддачі. Такт відпочинку призначений для відновлення кровообігу в дійці.

Поширенішими є двотактні доїльні апарати із тактами ссання і стиску. Таке поєднання тактів дає змогу значно спростити конструкцію і скоротити тривалість доїння, підвищується надійність роботи апарата.

Існуючі двотактні доїльні апарати, які по різному взаємодіють з дійками та працюють за такими схемами: однойменні такти відбуваються і змінюються водночас у всіх стаканах (одночасне доїння); у двох стаканах здійснюється такт ссання, у двох інших у цей самий час – такт стиску (попарне доїння).

Основний недолік двотактних доїльних апаратів — підвищена ймовірність порушення кровообігу в дійках у разі несвоєчасного вимикання доїльного апарата (явище «сухого» доїння).

Для забезпечення високої ефективності функціонування біологічної системи виробництва молока "оператор – машина – тварина" особливо важливо адаптувати режим роботи доїльного апарата до умов доїння, а саме до інтенсивності молоковіддачі.

Режим роботи доїльного апарата характеризується ритмом доїння (частота пульсацій), співвідношенням тактів і вакуумметричним тиском у робочих камерах доїльного стакана. Особливо це стосується пульсаторів доїльних апаратів, які забезпечують керування ритмом доїння і співвідношенням тактів.

Найбільшого поширення у доїльних машинах набули синхронні доїльні апарати, в яких зміна тактів у всіх доїльних стаканах здійснюється синхронно. Найпоширеніші два типи таких пульсаторів: пневмомембранні і електромагнітні. Збудження коливань у пневмомембранних пульсаторах здійснюється за рахунок потенціальної енергії розрідженого повітря, тому інші види енергії не потрібно підводити до пульсатора. Це є основною їх перевагою.

Основними недоліками пневмомембранних пульсаторів є нестабільність у часі параметрів пульсації, мінливість їх із зміною вакуумметричного тиску у вакуумпроводі, із зміною інтенсивності молоковіддачі та складність у здійсненні дистанційного автоматичного керування режимом роботи доїльного апарата.

Для з'ясування напрямів удосконалення й розробки пульсаторів розглянемо існуючі конструкції пульсаторів (рис. 1.3).

Таблиця 1.3 – Загальна характеристика доїльних апаратів

Марка та модифікація	Характеристика	Вакуумметричний тиск, кПа	Частота пульсацій, хв ⁻¹	Витрати повітря, м ³ /год		Маса підвісної частини, кг
				загальні	колектором	
АДУ-1 (основне виконання)	двотактний із постійним підсмоктуванням повітря в колектор	48	67 ±5	2,7	0,3 - 0,6	2,65
АДУ-1-02	двотактний із постійним підсмоктуванням повітря в колектор і системою очищення повітря в пульсаторі	48	67 ±5	2,7	0,3 - 0,6	2,65
АДУ-1-03	низьковакуумний двотактний із періодичним впуском повітря в молокозбірну камеру колектора	45	65 ±5	3,2	0,8-2,3	2,75
АДУ-1-04	двотактний із вібропульсатором і постійним підсмоктуванням повітря в колектор	48	66 ±6 630 ± 90	3,5	0,3-0,6	2,75
АДУ-1-05	двотактний із постійним підсмоктуванням повітря в колектор і оглядовими конусами в стаканах	48	67 ±5	2,7	0,3-0,6	2,65
АДУ-1-09	низьковакуумний двотактний із вібропульсатором і	44	66 ±6 630 ± 90	4,05	0,8-1,3	2,75

	періодичним (за такту стиску) впуском повітря в колектор					
МДФ.03.10 0 (для автома- тизованих установок)	двотактний із постійним підсмоктуванням повітря в колектор, оснащений механізмами додоювання та знімання доїльних стаканів з вимені	46	67 ± 5	2,7	0,3-2,6	2,4
ДА-2М «Майга»	двотактний із постійним підсмоктуванням повітря в колектор	48	80 ± 5	2,4	0,3	2,85
ДА-3 «Волга»	тритактний	53	60 ± 5	2,3		1,8
ДА-Ф-50	двотактний із пульсоколектором	50	66 ± 6	2,1		2,65
MU210 (Дуовак 300) (пульсатор НР-102 з блоком керування)	двохтактний, попарної дії, забезпечує режими низького та високого вакууму, гідропульсатор	50/33	$60 \pm 2 / 48 \pm 1$	-	-	3,0
L02 Інтерпульс	двохтактний, попарної дії. пневматичний	50	60	-	-	2,4

Аналіз роботи існуючих пульсаторів, найпоширеніших в Україні, можна зробити висновок про таке.

Доїльного апарата АДУ-1 у двотактному варіанті ілюструє рис. 1.8. Після під'єднання доїльного апарата до вакуумпроводу повітря відсмоктується з доїльного відра 8, молочного шланга 16, камери Пк колектора (клапан колектора перед цим слід підняти) та піддійкових камер 13 доїльних стаканів. Водночас повітря відсмоктується з камери Іп пульсатора. У камері ІVк пульсатора в цей час тиск атмосферний. Під дією різниці тисків над і під мембраною (у камері Іп – вакуум, у камері ІVп – атмосферний тиск) вона прогинається вгору і підіймає клапан 4. При цьому камера Пп роз'єднується з камерою Пп і з'єднується з камерою Іп. Вакуумуються камера Пп пульсатора, патрубок 19, повітряний шланг 9, розподільна камера ІVк колектора, повітряні

трубки 10, міжстінкові камери доїльних стаканів. Отже, у піддійкових 13 і міжстінкових камерах створюється вакуум. Дійкова гума випрямляється, за рахунок різниці тисків сфінктер дійки відкривається і розпочинається такт ссання.

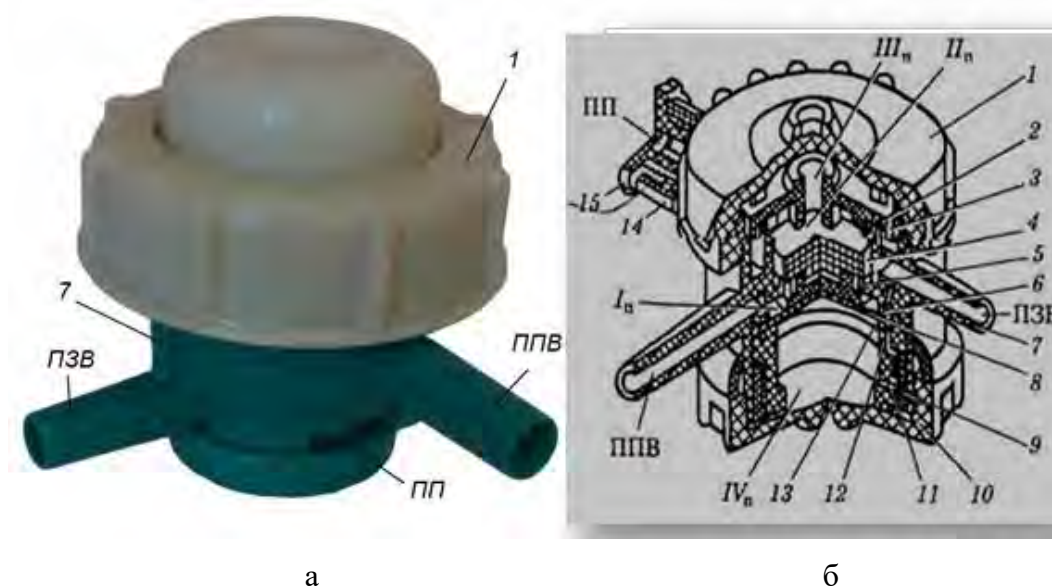


Рис. 1.8 -. Загальний вигляд (а) пульсатора АДУ-1 (основного виконання) та схема (б) АДУ 02.00 (нерегульований):

ПП — повітряний патрубок; ПЗВ — патрубок змінного вакууму; ППВ — патрубок постійного вакууму; I_n — камера постійного вакууму; II_n , IV_n — камери змінного вакууму; III_n — камера атмосферного тиску; 1, 10, 15 — гайки; 2, 6 — прокладки; 3 — накривка; 4 — клапан; 5 — обойма; 7 — корпус; 8 — мембрана; 9 — гумове кільце; 11 — дросель; 12, 13 — канали з'єднання камер; 14 — втулка

Пневмомембранні пульсатори АДУ-1 (регульований) [7; 35; 40; 42; 88], як правило, чотирикамерні і мають камери: постійного вакуумметричного тиску $1n$, змінного вакуумметричного тиску $2n$ і $4n$, постійного атмосферного тиску $3n$. Камеру $4n$ ще називають керуючою (рис. 1.9).

Пневмомембранний пульсатор працює так. Внаслідок підключення доїльного апарата до вакуумпроводу (патрубок, що виходить від камери $1n$) у камері $1n$ встановлюється вакуумметричний тиск, а у камерах $4n$ і $3n$ — атмосферний тиск. За рахунок нещільного прилягання нижнього клапана пульсатора, якщо мембрана розвантажена, з камери $2n$ відсмоктується повітря і

в ній встановлюється також вакуумметричний тиск. Під дією сили, що діє на мембрану, за рахунок різниці тисків у камерах $4n$ і $2n$ клапанний механізм піднімається вгору. Мембрана, прогинаючись вгору, піднімає клапан до щільного прилягання його до верхнього сидла, відокремлює камеру $3n$ від камери $2n$ і з'єднує останню з камерою $1n$.

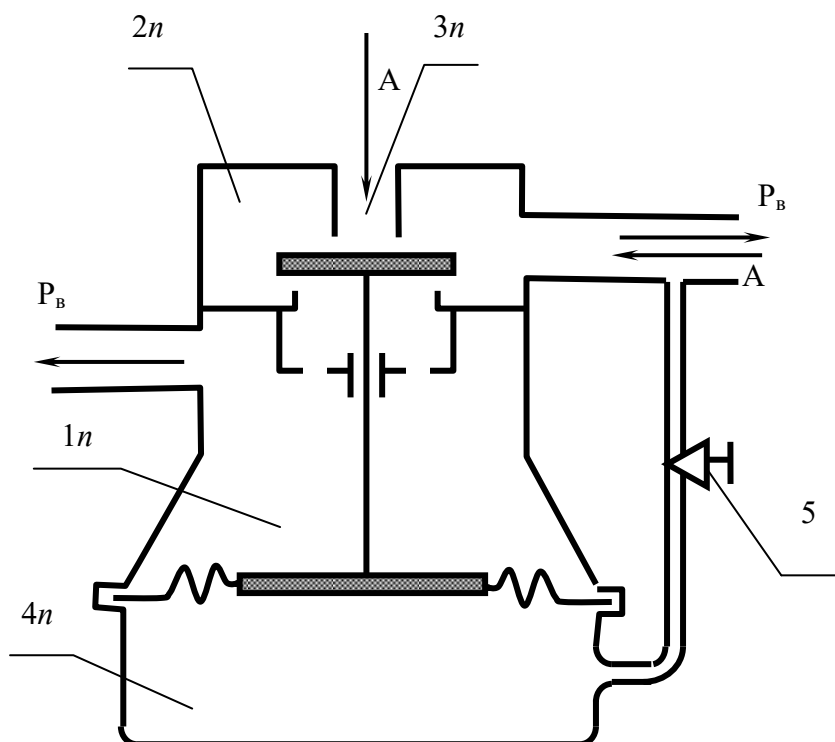


Рис. 1.9 - Схема пневмомембранного пульсатора АДУ-1 (регульований):

$1n$ – камера постійного вакуумметричного тиску; $2n$ – камера змінного вакуумметричного тиску; $3n$ – камера постійного атмосферного тиску; $4n$ – камера змінного вакуумметричного тиску (керуюча камера); 5 – регулювальний гвинт.

За рахунок того, що камера $4n$ з'єднана з камерою $2n$ каналом малого перерізу, який можна регулювати гвинтом 5 , у камері $4n$ поступово буде зменшуватись тиск до значення, за якої сила, що діє на мембрану з боку камери $4n$, стане меншою від сили, що діє на неї з боку камери $3n$. У цей момент клапанний механізм пульсатора різко переміститься вниз, сполучаючи камери $3n$ і $2n$, і роз'єднає $2n$ і $1n$. У камері $2n$ встановиться атмосферний тиск. Повітря каналом надходить із камери $2n$ в $4n$, підвищуючи в останній тиск, і цим збільшує силу, що діє на мембрану й клапан з боку камери $4n$. Коли тиск у камері $4n$ досягає значення, за якого ця сила стане більшою від сили, що діє вниз на клапан пульсатора за рахунок

різниці тисків у камерах $2n$ і $3n$, клапан переміститься знову вгору. При цьому камери $1n$ і $2n$ сполучаться, а $2n$ і $3n$ роз'єднуються. Далі процес повторюється.

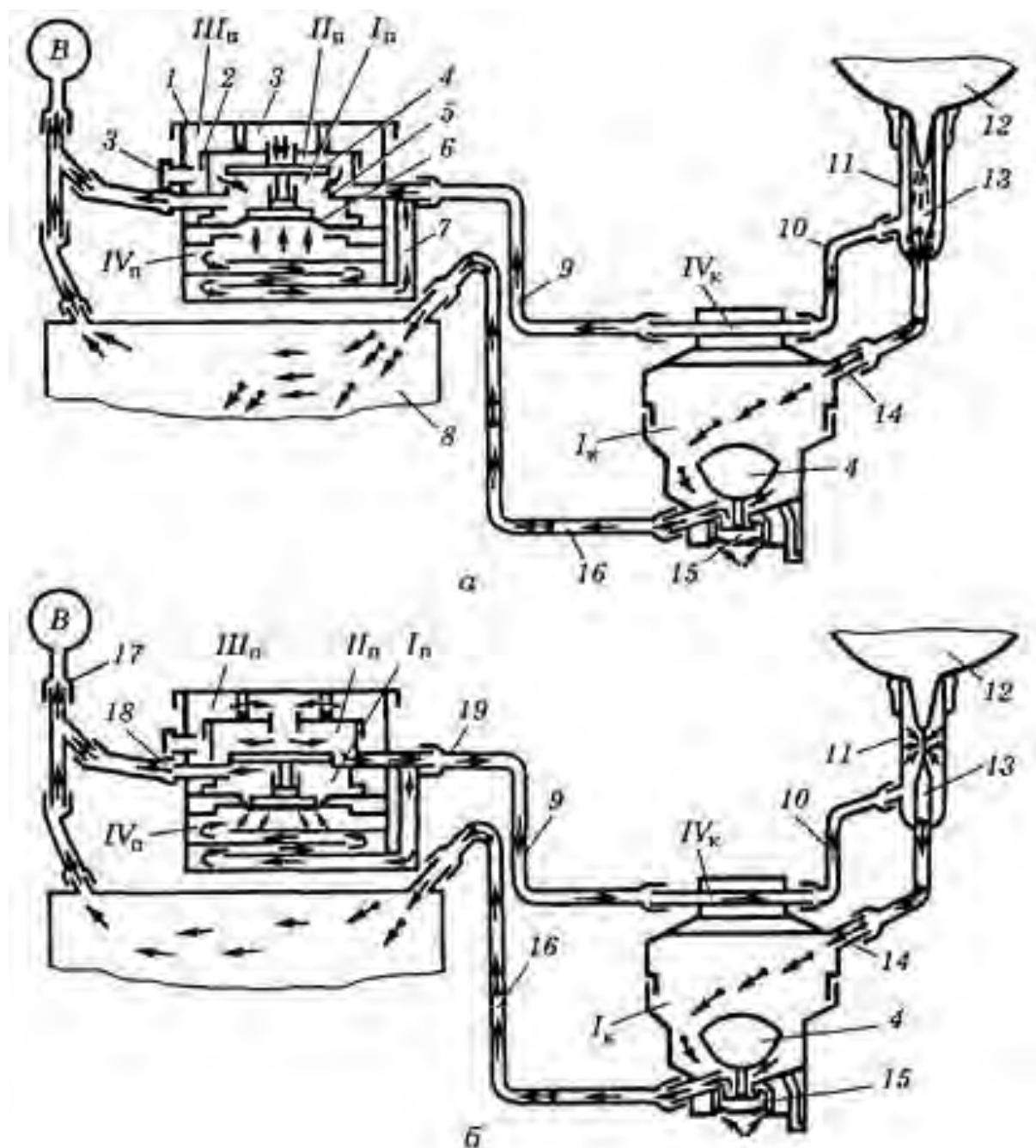


Рис. 1.10. Схема роботи уніфікованого доїльного апарата АДУ-1 двотактного виконання (нерегульованого):

а — такт всмоктування; б — такт стиснення; I_n , I_k — камери постійного вакууму відповідно пульсатора і колектора; II_n , IV_n , IV_k — камери змінного вакууму пульсатора і колектора; III_n — камера постійного атмосферного тиску пульсатора; В — вакуум-провід; 1 — гайка; 2 — прокладка; 3 — накривки; 4 — клапани; 5 — обойма; 6 — мембрана; 7 — з'єднувальний канал; 8 — доїльне відро; 9, 10 — відповідно шланг і трубка змінного вакууму; 11 — гільза стакана; 12 — вим'я; 13 — піддйкова камера; 14 — молочний патрубок; 15 — фіксатор клапана; 16, 17 — молочний і вакуумний шланги; 18, 19 — патрубки відповідно постійного і змінного вакууму пульсатора

Під дією вакууму молоко відсмоктується з молочних цистерн дійок, молочною трубою надходить у камеру колектора, а потім шлангом 16 – у доїльне відро 8. Повітря крізь паз на торцевій частині стержня клапана 18 підсмоктується в камеру Ік і забезпечує інтенсивне відведення молока з колектора в доїльне відро.

Повітря поступово відсмоктується нерегульованим каналом 7 із камери керування ІVп пульсатора. В результаті тиск повітря на мембрану з боку камери ІVп зменшується і під дією атмосферного тиску з камери ІІІп клапан 4 опускається. При цьому він роз'єднує камери змінного ІІп та постійного Іп вакууму і водночас сполучає камеру ІІп з ІІІп атмосферного тиску. Повітря з камери ІІп пульсатора шлангом через розподільну камеру ІVк колектора надходить у міжстінкові камери доїльних стаканів. Оскільки в піддійкових камерах 13 підтримується вакуум, а в міжстінковій камері створюється атмосферний тиск, то під дією різниці тисків дійкова гума стискає дійку і закриває її сфінктер. Відбувається такт стиску: дійкова гума масажує дійки. Внаслідок цього прискорюються кровообіг у дійках і припуск молока в молочні цистерни.

Водночас повітря з камери ІІп пульсатора каналом 7 надходить до камери керування ІVп. Площа клапана, що перебуває під дією атмосферного тиску з боку камери ІІІп значно менша за площу мембрани з боку камери ІVп, тому мембрана прогинається вгору. При цьому переміщується вгору і клапан пульсатора. Він знову роз'єднує камери ІІІп і ІІп, а камеру ІІп з'єднує з камерою Іп. Внаслідок цього в міжстінкових камерах стаканів знову створюється такт ссання нового циклу. Процес доїння повторюється. Технічні характеристики наведені у табл. 1.3.

Реалізація режиму попарного доїння може бути забезпечена застосуванням електромагнітних пульсаторів [126], але цей тип пульсаторів потребує додаткової енергетичної мережі, а отже, й збільшення затрат коштів як на монтаж системи, так і на її експлуатацію. Електромагнітні пульсатори найчастіше виконуються з плоским, кулеподібним або циліндричним якорем

(рис. 1.11). Вони мають три камери: постійного вакууму $1n$, змінного вакууму $2n$ і постійного атмосферного тиску $3n$ [126].

Застосування такого виду пульсаторів набуло значного поширення в великих молочних фермах через простіше регулювання співвідношення тактів, а їх будова не передбачає великої кількості конструкційних елементів, оскільки всіма перехідними процесами в циклі індикаторної діаграми керують електромагніти.

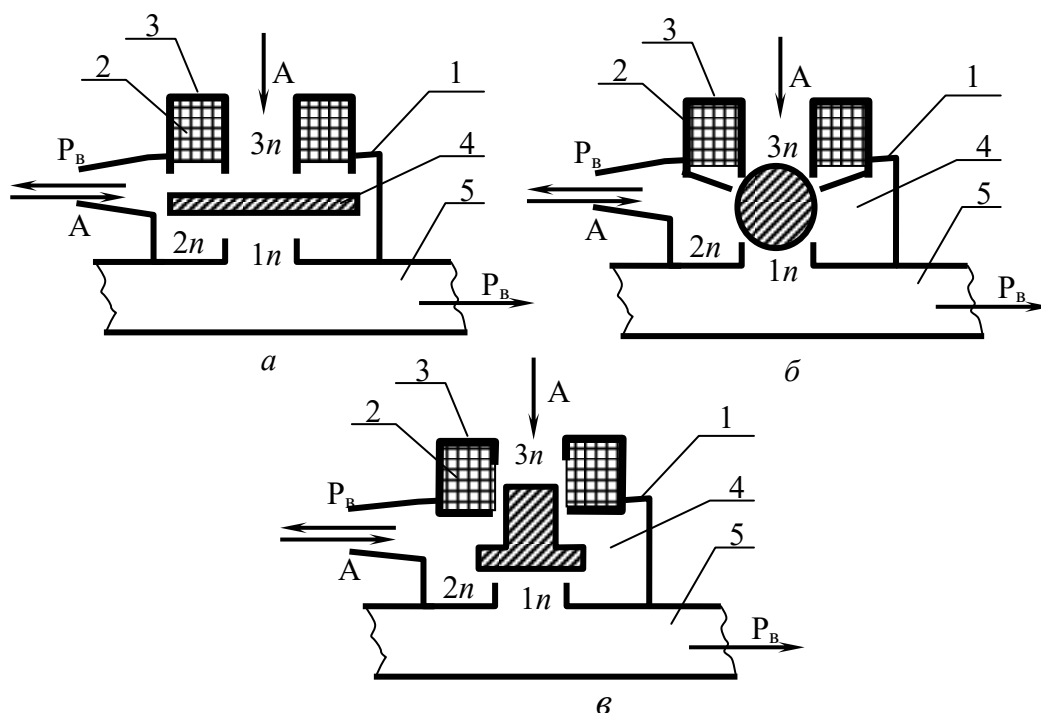


Рис. 1.11 – Схеми електромагнітних пульсаторів:

a – з плоским ярком; *б* – з кулеподібним ярком; *в* – з циліндричним ярком;
 1 – корпус; 2 – котушка електромагніту; 3 – магнітопровід; 4 – ярк; 5 – вакуумпровід або кришка доїльного відра; 6 – патрубок камери змінного тиску;
 $1n$ – камера постійного вакууму; $2n$ – камера змінного вакууму; $3n$ – камера постійного атмосферного тиску.

Вібропульсатор являє собою спарені пневмомембранні (рис. 1.12) або спарені пульсатори, один з яких налаштований на основну частоту пульсацій доїльного апарата (приблизно 1 Гц) [126; 127], а другий – на частоту близько 10 Гц. Поряд зі звичайними своїми функціями, він створює в доїльних стаканах додаткові вібропульсуючі коливання соскової гumi, що сприяють підвищенню «фізіологічності» видоювання корів. Під час такту ссання в міжстінкові камери

доїльних стаканів надходять імпульси змінного тиску, за рахунок чого стінки соскової гumi вібрують з амплітудою 1...2 мм. Ці коливання передаються на соски вим'я тварини і стимулюють рефлекс молоковіддачі. При цьому імпульси змінного тиску знижують загальний рівень вакуумметричного тиску в міжстінних камерах, що забезпечує напівстиснутий режим роботи дійкової гumi. Вихідні патрубки камер $2n_1$ і $2n_2$ об'єднані і створюють вібрацію дійкової гumi під час такту стиску, що стимулює молоковіддачу.

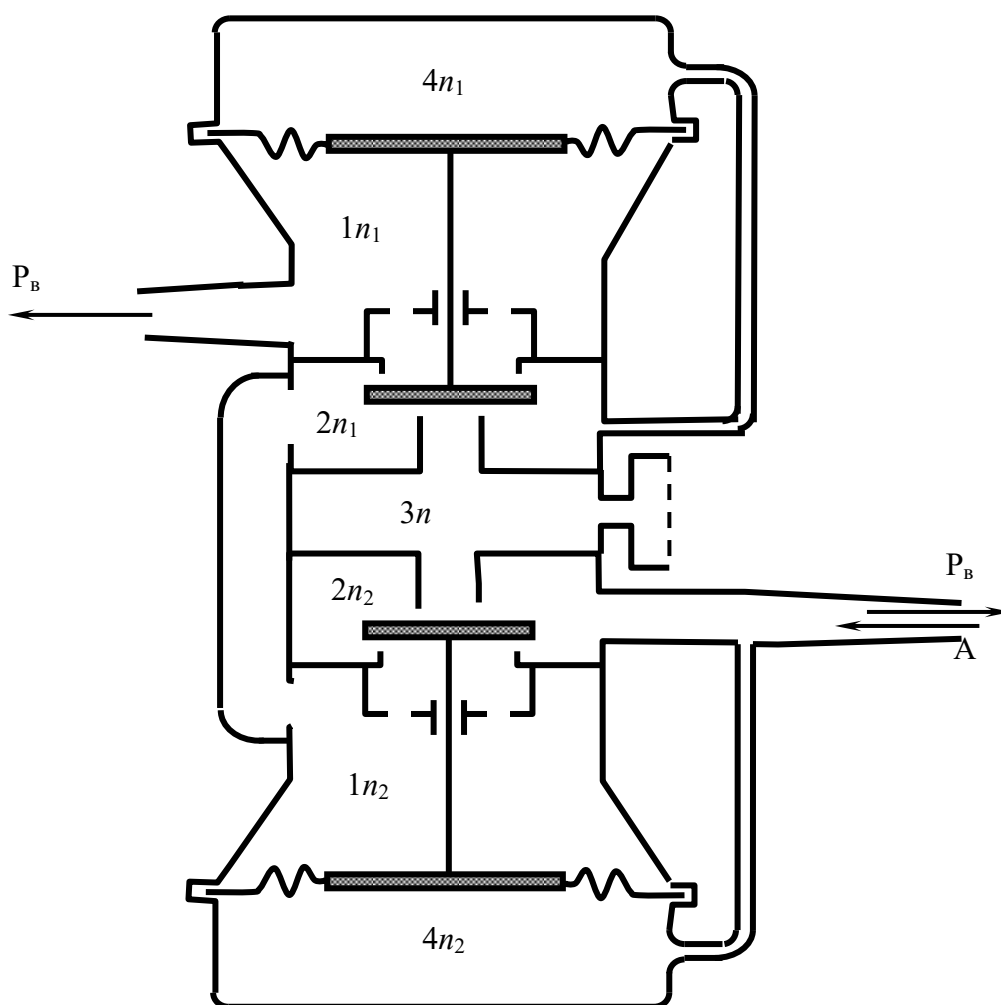


Рис. 1.12 – . Схема вібропульсатора.АДУ-1-09

Провідні фірми світу, що займаються розробкою і реалізацією на ринку доїльних апаратів, віддають перевагу саме пульсаторам попарного доїння. Зокрема, можна відзначити найбільш поширені світовими лідерами ринку доїльного обладнання вважаються фірми «ДеЛаваль» (Delaval, Швеція) та «ГЕА Вестфалія Сюрж» (GEA Westfalia Surge, Євросоюз), «Боуматік»

(Boumatic, США), Itec («Ітек», Німеччина), «Дейрімастер» (Dairymaster, Ірландія), «Імпульса АГ» (Impulsa AG, Німеччина), «Ессер» (Esser, Ізраїль), «Фуллвуд» (Fullwood, Англія), S. A. Christensen («С. А. Крістенсен», Данія), «Мілклاین» (Milkline, Італія) на світовий ринок виходять і інші компанії – це компанії Elmas («Елмаз», Туреччина), Larta («Ларта», Латвія), «Гомельагрокомплект» (Білорусь), «Міаський завод доїльного встаткування» (Росія), Polonez («Полонез», Польща) та вітчизняні виробники серійного обладнання для доїння й молочарства – Група Компаній ТДВ «Брацлав» (Вінниччина), НПП «Агромех» (Дніпропетровськ), ТОВ «Імпульс-Агро» (Кагарлик Київської обл.). На ринку України працюють компанії дилери – ТОВ «АГРОСИСТЕМА ЛТД» (м. Київ), які є дилером компанії INTERPULS (Італія), PANAZOO (Італія), TULSAN (Турція), AFIKIM (Ізраїль), ITEC (Германія); ЧП "Агромех Плюс" (Дніпропетровськ), є офіційним дилером компанії GEA (Німеччина) та ін.. Вони забезпечують виробництво та поставку в Україну попарних пульсаторів.

Пульсоколектор (рис. 1.13) об'єднує в одному вузлі пульсатор і колектор, працює, як і звичайний пневмомембранний пульсатор [126; 127], але не має можливості ручного регулювання частоти пульсацій. Пристрій для підтримання необхідної частоти пульсацій – це щілинний дросель, виконаний у вигляді рухомого повзуна з амортизатором. В останніх розробках пульсоколекторів регулювання частоти пульсацій здійснюється зміною положення амортизатора у повзуні.

Під час роботи пульсоколектора (див. рис. 1.13) через молочний шланг і патрубок повітря відсмоктується із молокозбірної камери 15 і з піддійкових просторів доїльних станків. У цей час у керуючій камері 5 є атмосферний тиск, а в камері змінного тиску, внаслідок нещільного прилягання нижньої мембрани і розподільника, установлюється вакуум. За рахунок різниці тиску в цих камерах клапан переміщується вниз. Повітря через зазор між розподільником і клапаном відсмоктується із міжстінкових просторів доїльних стаканів. Цей режим відповідає такту ссання (див. рис. 1.13, а).

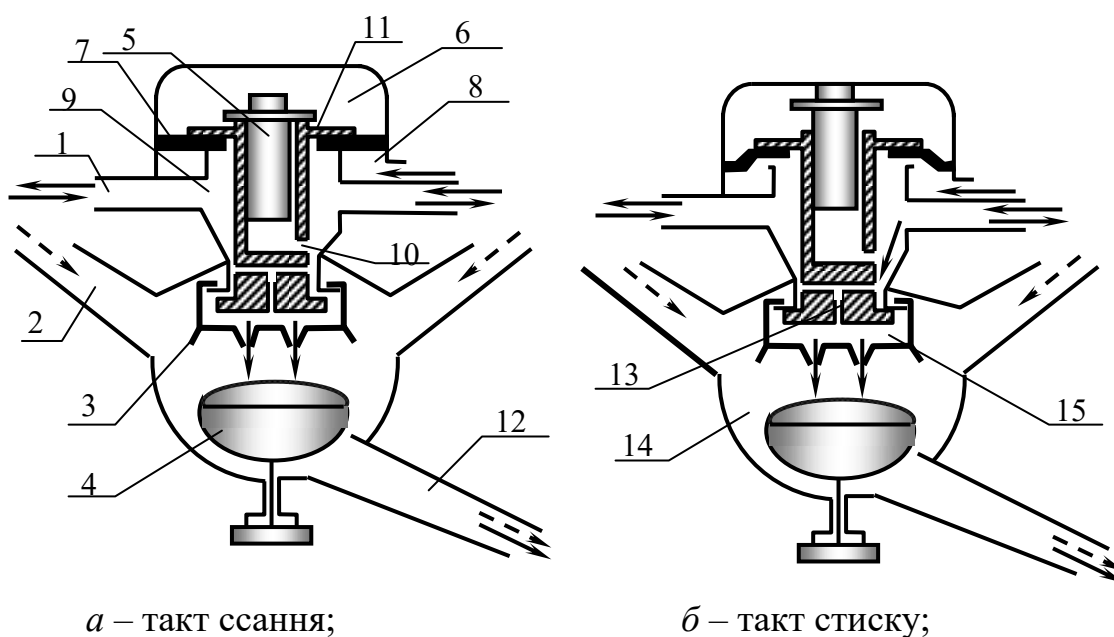


Рис. 1.13 – Схеми пульсоколектора:

1 – патрубок вакуумметричного тиску; 2 – молочний патрубок; 3 – захисна щілинна діафрагма; 4 – клапан; 5 – повзун; 6 – керуюча камера; 7 – мембрана; 8 – камера атмосферного тиску; 9 – камера змінного вакууму; 10 – дросельний канал; 11 – клапан тарілчастий; 12 – патрубок молочного шланга; 13 – канал; 14 – молокозбірна камера; 15 – камера функціонального вакуумметричного тиску.

Однаковий тиск у піддійковій і міжстінкових камерах забезпечує оптимальні умови виведення молока з вим'я, і доїльні стакани надійно утримуються на дійках.

Через камеру клапана 9 і щілинний канал клапана 11 повітря відсмоктується з керуючої камери 5. Це призводить до переміщення клапана з кільцевою мембраною у верхнє положення. Одночасно камера змінного вакуумметричного тиску 8 від'єднується від молокозбірної і функціональної камери 13 постійного вакуумметричного тиску і сполучається з камерою атмосферного тиску 7. Повітря з останньої патрубками і трубками надходить у міжстінкові камери 1 стаканів. За рахунок різниці тисків у камерах 1 і 2 під дією атмосферного тиску дійкова гума сплющується. Цей режим відповідає такту стиску (див. рис. 1.13, б). Для покращання умов транспортування молока в камери 13 і 15 у верхньому положенні повзуна 4, через калібрований канал 12

із камери змінного тиску 8 надходить повітря. За рахунок цього також підвищується тиск у піддійкових камерах, що зменшує загрозу травмування дійок під час доїння корів.

Забезпечення попарного доїння на сьогодні вирішується використанням пульсаторів попарного доїння різного конструкторського виконання. Можна виділити такі основні групи пульсаторів попарного доїння: два блоки клапанів з'єднані між собою жорстко планкою та розташовані в одному корпусі; два незалежно працюючі пульсатори, один з яких обслуговує одну пару дійок, а другий іншу; пульсатор симетричний відносно вертикальної осі.

Пульсатори, які забезпечують процес попарного доїння, де заміна тактів відбувається по чергово у парах доїльних стаканів, мають низку переваг: мінімальний взаємний вплив роботи доїльних апаратів за одночасного їх увімкнення, поліпшення роботи вакуумної мережі, часткове запобігання процесу "наповзання" доїльних стаканів на дійки в кінці доїння; здійснення імітації масажу вим'я.

У пульсаторі доїльного апарата "Impulsa" М – 59 і М – 66 робочий процес здійснюється з жорстким з'єднанням блоків клапанів планкою [38; 88], що зумовлює реалізацію попарного доїння зі співвідношенням тактів ссання до тактів стиску лише 50:50, що не відповідає співвідношенню тактів для двотактних доїльних апаратів, яке може становити 60:40, 65:35 та 70:30, та спричиняє збільшенню часу доїння.

Пульсатор "Impulsa –90" (рис. 1.14), у якого немає жорсткого зв'язку між клапанами забезпечує різну реалізацію співвідношенням тактів ссання до тактів стиску. Складається цей пульсатор з корпусу 1, клапанів 2 і 5, мембран 3 і 4, дроселя 6 і фільтра 7. Клапан 2 з'єднаний з мембраною 3, клапан 5 – із мембраною 4. Клапани між собою не з'єднані, і клапан 5 є сідлом клапана 2. Він має шість робочих камер, з яких 1n1 і 1n2 – постійного вакуумметричного тиску, 2n1 2n2 і 4n – змінного вакуумметричного тиску, 3n – постійного атмосферного тиску, причому камера 4n є керуючою [88; 119].

Працює пульсатор таким чином. У момент часу, коли патрубок, що з'єднує камери постійного вакуумметричного тиску $1n_1$ і $1n_2$, приєднати до вакуумної магістралі, у них встановиться вакуумметричний тиск. Клапани 2 і 4 перемістяться у праве положення під дією атмосферного тиску, що діє на мембрану 3 з боку керуючої камери $4n$, оскільки площа мембрани 3 більша, ніж мембрани 4. Відповідно клапан 2 відокремить камеру $3n$ від камери $2n_1$ і з'єднає камери $1n_1$ і $2n_1$, а клапан 5 роз'єднає камери $3n$ і $2n_2$ і з'єднає $1n_2$ і $2n_2$. У камерах $2n_1$ і $2n_2$ встановиться вакуумметричний тиск, що відповідатиме такту ссання в обох парах доїльних стаканів. У зв'язку з тим, що камера $2n_1$ з'єднана з камерою $4n$ каналом з дроселем 6, в останній почне знижуватися тиск і зменшуватися сила, що діє на клапан 2, за рахунок перетікання повітря у камеру $2n_1$. У той момент часу, коли сила, що діє на клапан 2 з боку камери $4n$, стане меншою від сили, що діє на клапан 5 з боку камери $3n$, він переміститься ліворуч до упору клапана 5 у сідло зліва і з'єднає камери $3n$ і $2n_2$ та роз'єднає $2n_2$ і $1n_2$.

У камері $2n_2$ встановиться атмосферний тиск, що відповідатиме такту стиску в одній із пар доїльних стаканів. Подальше зниження тиску у камері $4n$ приведе до того, що сила, яка діє на клапан 2 з боку камери $3n$, стане більшою від сили, що діє на нього з боку камери $4n$, і перемістить цей клапан у ліве положення. У результаті цього камери $3n$ і $2n_1$ з'єднаються, а $1n_1$ і $2n_1$ – роз'єднаються. У камері $2n_1$ встановиться атмосферний тиск, що відповідатиме такту стиску в другій парі доїльних стаканів. Атмосферний тиск, що є у камері $2n_1$, діючи на мембрану 4, перемістить клапан 5 знову у праве положення, у камері $2n_2$ встановиться знову вакуумметричний тиск, а відповідно й такт ссання у першій парі доїльних стаканів. У камеру $4n$ надходитиме повітря з камери $2n_1$ через канал з дроселем 6, і сила, що діє на клапан 2 з боку камери $4n$, зростатиме. У момент часу, коли ця сила перевищить силу, що діє на клапан 2 з боку камери $3n$, останній переміститься праворуч, з'єднавши камери $1n_1$ і $2n_1$ та роз'єднавши камери $1n_1$ і $2n_1$, що відповідатиме такту ссання у другій парі доїльних стаканів. Далі чергування тактів буде повторюватися.

Попарного пульсатора De Laval типу L-80 повзункового типу [88; 110], схема якого показана на рис. 1.15. Цей пульсатор має 12 камер: $1n$ – постійного вакуумметричного тиску, 2^1n і 2^2n – змінного вакуумметричного тиску, $3n$ – постійного атмосферного тиску, 4^1n і 4^2n – змінного вакуумметричного тиску (керуючі), 5^1n і 5^2n – камери управління положенням нижньої осі 5 і клапана 3 та камери 6^1n і 6^2n – управління положенням верхньої осі 4 і клапана 2.

Нижні мембрани 8, вісь 5 і клапан 3 мають два стійких (ліве і праве) положення. Наявність в одній із камер 5^1n або 5^2n вакуумметричного тиску може змінити положення осі 5 та клапана 3 на протилежне внаслідок дії атмосферного тиску на одну з мембран 8.

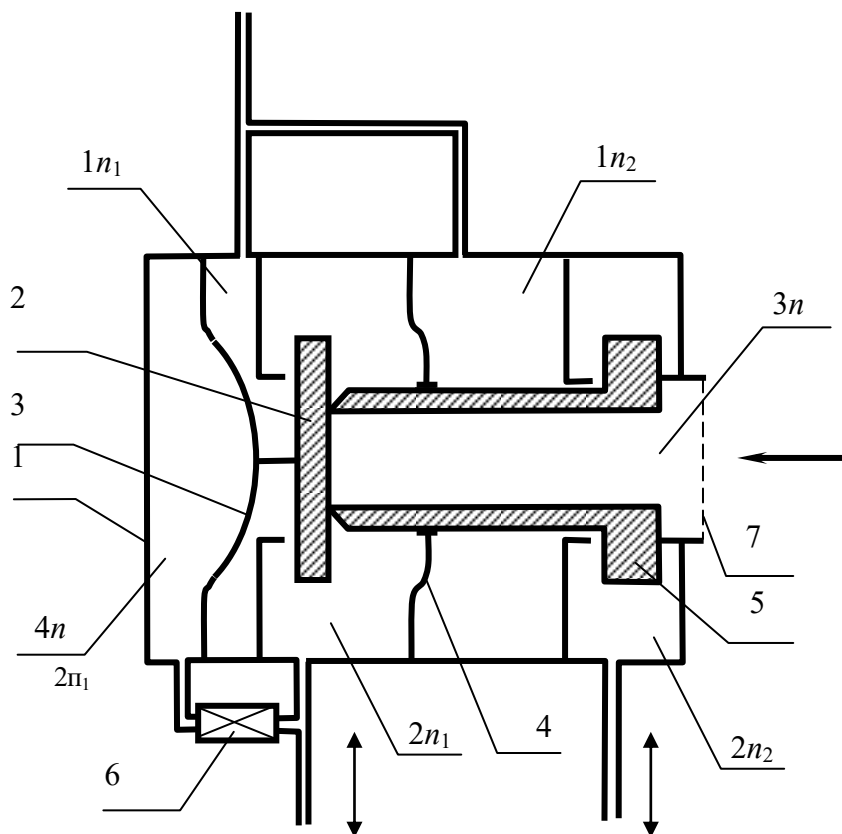


Рис. 1.14 – Схема пульсатора "Impulsa-90":

1 – корпус; 2, 5 – клапани; 3, 4 – мембрани; 6 – дросель; 7 – фільтр.

Керуючі камери 4^1n або 4^2n з'єднані між собою каналом, переріз якого можна змінювати регулювальним гвинтом 6, тому вісь 4 з клапаном 2 і мембранами 7 змінюють своє переміщення із затримкою в часі.

Пульсатор працює таким чином. Після приєднання його до вакуумпроводу через вакуумно-молочний кран у камері $1n$ встановиться вакуумметричний тиск. Вісь 4 і клапан 2 у цей момент часу знаходитиметься у середньому положенні, в якому камери 2^1n і 2^2n будуть з'єднані з камерою $1n$, що відповідатиме такту ссання в обох парах доїльних стаканів.

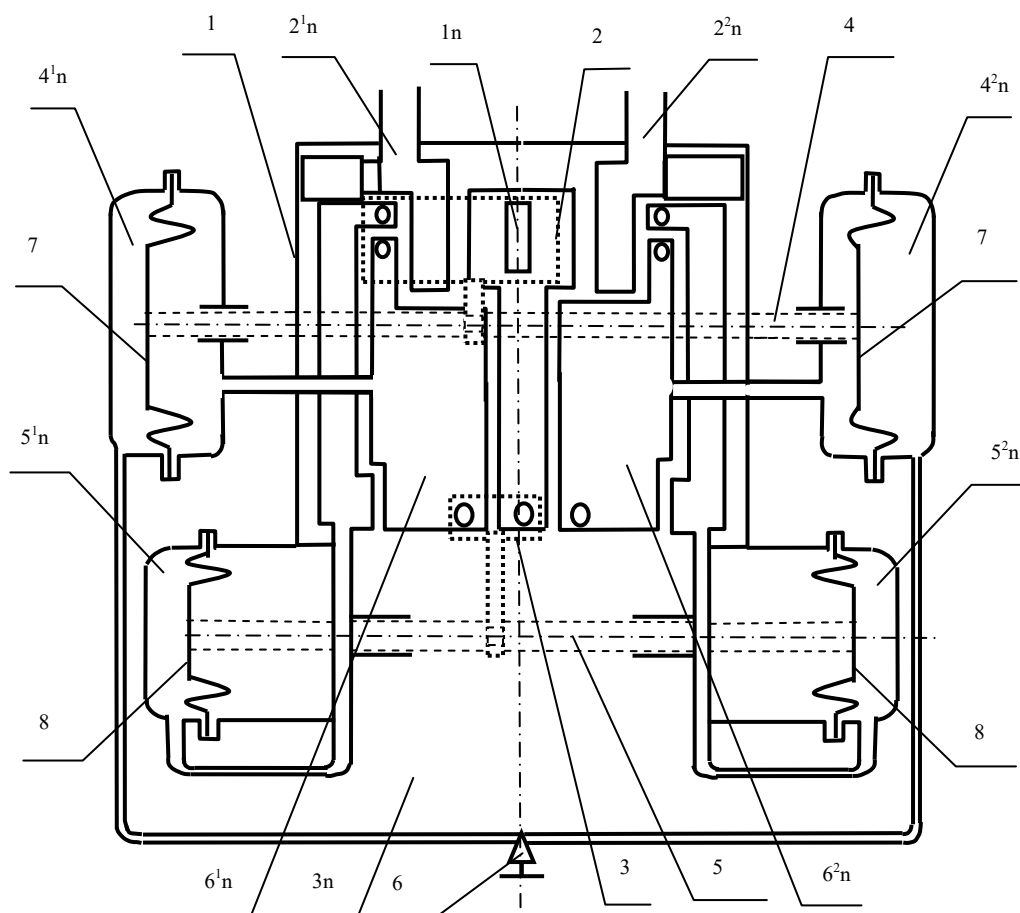


Рис. 1.15 – Схема попарного пульсатора De Laval L-80 повзункового типу:

1 – корпус; 2 – верхній клапан; 3 – нижній клапан; 4 – вісь верхня; 5 – вісь нижня; 6 – регулювальний гвинт; 7 – мембрани верхні; 8 – мембрани нижні.

Залежно від того, в якому положенні (правому чи лівому) перебувають вісь 5 і клапан 3, камера постійного вакуумметричного тиску буде за допомогою клапана 3 з'єднана з камерою 6^1n або 6^2n . Наприклад, вісь була у лівому положенні. Тоді у камері 6^1n встановиться вакуумметричний тиск і він пошириться через з'єднувальний канал до порожнини справа від лівої мембрани 7. Під дією атмосферного тиску з боку камери 4^1n на мембрану 7 вісь

4 з клапаном 2 буде повільно переміщатись праворуч, витискаючи повітря з камери 4^2n у камеру 4^1n . У момент часу, коли вісь 4 і клапан 2 займуть крайнє праве положення, останній з'єднає камеру 2^1n з камерою $3n$, а камеру $1n$ з камерою 2^2n – з камерою $1n$, що відповідатиме такту стиску у лівій парі доїльних стаканів, а у правій – такт не зміниться. Одночасно клапан 2 з'єднає відповідним каналом камеру $1n$ з камерою 5^2n і в останній встановиться вакуумметричний тиск. Тому під дією атмосферного тиску на праву (за схемою) мембрану 8 остання перемістить вісь 5 у праве крайнє положення, що забезпечить встановлення вакуумметричного тиску у камері 6^2n і, відповідно, у порожнині зліва від правої мембрани 8. Тоді під дією атмосферного тиску на праву мембрану 7 з боку камери 4^2n остання разом з віссю 5 і клапаном 2 буде повільно переміщатись у ліве положення, з'єднуючи спочатку камеру 2^2n з $3n$, а пізніше камеру 2^1n з камерою $1n$. Це забезпечить встановлення такту стиску у правій (за схемою) парі доїльних стаканів, а пізніше – такту ссання у лівій парі стаканів. Далі процес роботи буде повторюватися. Недоліком цього пульсатора є конструктивна складність, наявність багатьох прицевійних пар і великої кількості камер, що зумовлюють складність виготовлення та обслуговування пульсатора в процесі експлуатації.

Доїльний апарат MU210 шведської фірми "Де Лаваль" (DeLaval) з використанням функції "Дуовак" (рис.1.16), забезпечує попарне доїння вимені з фіксованим співвідношенням тактів ссання і стиску 70:30 (65:35; 60:40). За постійної частоти пульсацій на режимах низького та високого вакууму, забезпечує три фази роботи апарату. З метою зниження шкідливої дії високого вакуумметричного тиску на початку та в кінці доїння апарат автоматично переводить роботу доїльного апарата:

при інтенсивності молоковіддачі до 0,2 кг/хв на вакуум 33 кПа з частотою 48 пульсацій за хвилину на режим низького вакууму;

при молоковіддачі більше 0,2 кг/хв – на режим високого вакууму, відповідно, 50 кПа і 60 пульсацій за хвилину.

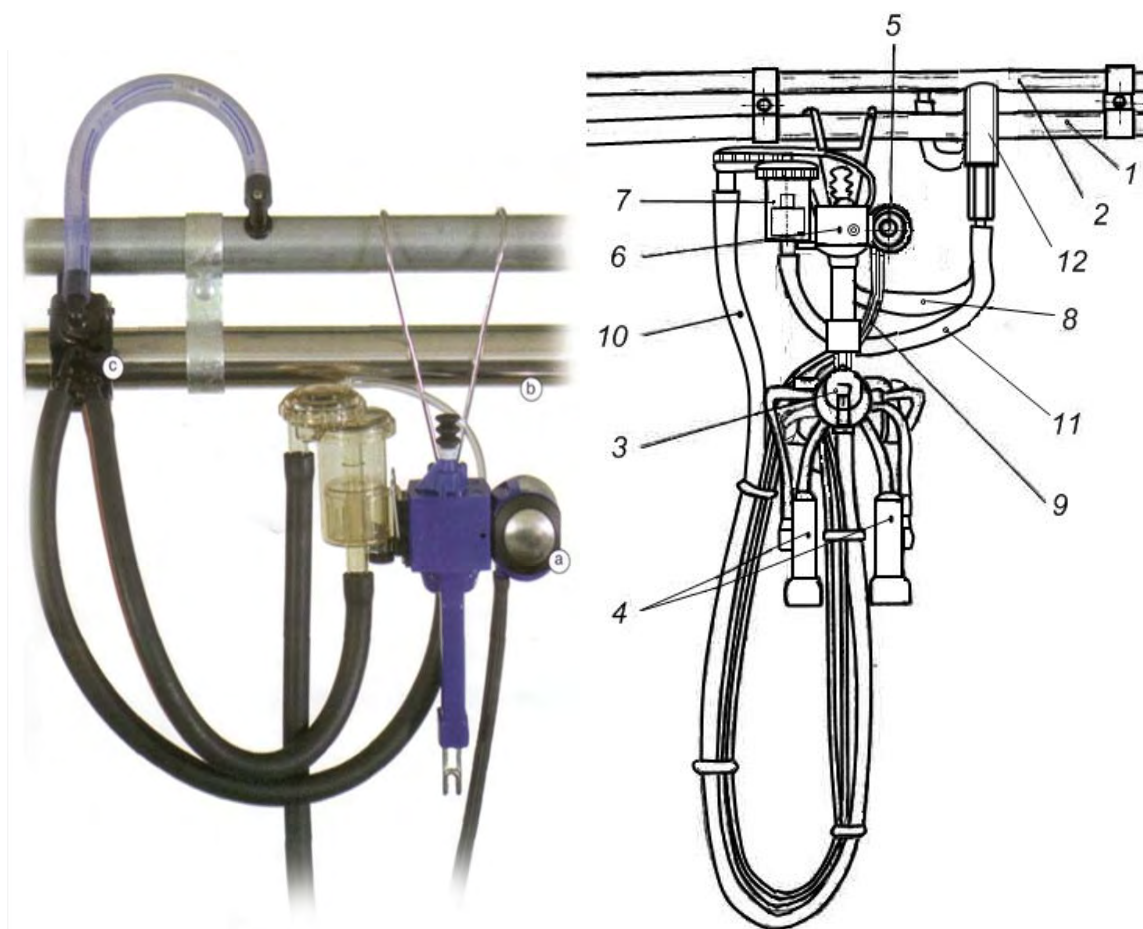


Рис. 1.16. Загальна будова доїльного апарату MU210 з функцією «Дуовак»- для доїння в молокопровід:

1 – молокопровід; 2 – вакуумпровід; 3 – колектор (НСС-150); 4 – доїльні стакани; 5 – пульсатор; 6 – блок керування; 7 – регулятор з датчиком потоку молока (молоко приймач); 8 – шланг постійного вакууму; 9 – шланги змінного тиску; 10 – молочний шланг змінного вакууму; 11 – молочний шланг; 12 – молочний кран

Після під'єднання апарата через молочний кран 12 до вакуумно-молокопровідної системи повітря відсмоктується з блоку керування 6, пульсатора 5 та молоко приймача 7.

Блок керування має два режими низького або високого вакууму. При обох режимах в камері ІБК блока керування створюється вакуум 50 кПа.

Режиму низького вакууму (рис. 1.17 б) відповідають дві фази стимуляції (масажу/стиску) та додоювання. При цьому, шток 8 і поплавков 7 знаходяться на

камері IVM регулятора 9 молокоприймача. За рахунок різниці тисків над мембраною (в камері IVM 33 кПа) і під мембраною (в камері ІІМ постійно підтримується 50 кПа), мембрана 10 прогинається вниз і дроселює тиск, що сполучає камери ІІМ і патрубка ІІМ. Така послідовність призводить до зменшення вакууму в молокопідвідному патрубку до 33 кПа. Такий вакуум встановлюється і у піддійкових камерах доїльних стаканів.

Завершення надходження молока в молокоприймач та стиснення сильфон-клапана 12 дозволяє візуально визначити завершення процесу доїння корів.

Режим високого вакууму (рис. 1.17 а) відповідає фазі доїння. За рахунок збільшення молоковіддачі (більше 0,2 кг/хв.) молоко не встигає проходити через дренажний отвір в нижній частині штока 8. В результаті поплавків 7 спливає, підіймаючи в свою чергу, шток 8. Сила взаємодії між магнітами 5 і 6 зменшується. Клапан-магніт 5 опускається під власною вагою, за рахунок чого атмосферний тиск надходить в камеру ІІБК. Внаслідок різниці тисків над клапаном 5 (атмосферний тиск) і під ним (вакуум) він утримується в крайньому нижньому положенні, роз'єднуючи камери ІІБК і ІБК. Через відсутність розрідження у камері ІІБК (під дією різниці тисків) мембрана 2 прогинається вниз. З'єднаний з мембраною клапан керування 3 приймає нижнє положення. Камера ІІБК сполучається з камерою ІБК, тиск в обох камерах вирівнюється і стає рівним 50 кПа. Так як в камері ІІБК встановлюється атмосферний тиск, сильфон 12 за рахунок пружності гофрованої гуми вирівнюється..

У камері ІІМ при піднятому поплавку 7 молоко може вільно виходити через камеру патрубка ІМ у молокопровід 1 (рис. 1.17). Оскільки в камері ІІБК величина вакууму становить 50 кПа, то такий же тиск буде і в камері IVM над мембраною регулятора 10. Так як тиски в камерах ІІМ і IVM однакові, мембрана 10 вирівнюється з'єднуючи камери ІІМ і ІІМ. в результаті чого у

піддійкових камерах доїльних стаканів встановлюється вакуумметричний тиск величиною 50 кПа.

Водночас повітря відсмоктується з камери ІБК і камери ІІП гідропульсатора, який з'єднаний за допомогою адаптера з блоком керування.

Схема роботи пульсатора показана на (рис. 1.18). Гідропульсатор має камеру постійного вакууму ІІІП, яка з'єднана з міжстінковими камерами двох пар доїльних стаканів; камеру атмосферного тиску ІВП; дві керуючі камери змінного вакууму VП, VІП і дві гідравлічні камери ІП і ІІП, з'єднані між собою пустотілим штоком 2 з каліброваним отвором 3, які заповнені малов'язкою рідиною. Гідравлічні камери ІП і ІІП відокремлені від керуючих камер VП, VІП за допомогою мембран. Крім того, гідропульсатор забезпечений механізмом управління для перемикавання вакууму. Він має повзун 4 для переключення живлення вакуумом патрубків 5 і 6, розподільчий повзун 10 для переключення живлення вакуумом керуючої камери VП або VІП.

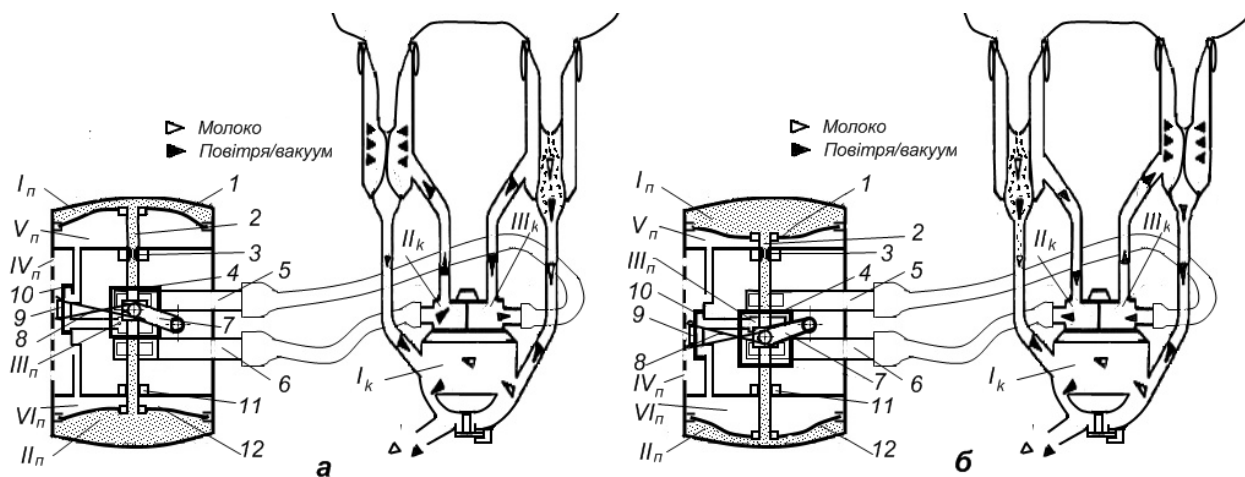


Рис. 1.18. Схема роботи доїльного апарату з функцією «Дуовак»:

а – такт ссання в парі стаканів справа і такт стиску в парі стаканів зліва;

б – такт ссання в парі стаканів зліва і такт стиску в парі стаканів справа;

1, 12 – мембрана; 2 – шток; 3 – калібрований отвір; 4 – повзун; 5, 6 – патрубків змінних тисків; 7 – поводок; 8 – водило; 9 – обойма; 10 – повзун розподільний;

12 – установлювальна шайба

Поводок 7 з'єднаний через вісі з корпусом пульсатора та повзуном 4, який переміщується з допомогою виступів, встановленим на штокові 2.

Гідропульсатор працює наступним чином. В момент включення вакууму (рис. 1.18 а) розподільчий повзун 10 з'єднує камеру постійного вакууму ІІІП з керуючою камерою VП, а повзун 4 камеру ІІІП з патрубком 5. Камера VП і патрубок 6 з'єднані з камерою атмосферного тиску ІVП. При цьому вакуум із камери ІІІП через патрубок 5, гумовий шланг, розподільчу камеру колектора заповнює міжстінні камери ІІК двох доїльних стаканів. В цих стаканах проходить такт ссання. Атмосферне повітря із камери ІVП через патрубок 6, гумовий шланг і розподільчу камеру колектора ІІК надходить в міжстінкові камери двох інших доїльних стаканів. Дійкова гума в стаканах стискується і в них проходить такт стиску/масажу. Вакуум в камері VП переміщує мембрану з штоком вліво, рідина із камери ІІП через шток 2 і калібрований отвір 3 в ній перетікає в камеру ІП.

При досягнення мембрани крайнього лівого положення переключення за допомогою повода з водилом 8 у вигляді пласкої пружини переміщує повзун 10 вліво. При цьому в проміжному положенні повзуна 4 обидва патрубки 5 і 6 заповнені вакуумом, тобто в міжстінкових камерах пар доїльних стаканів діє вакуум (завершується/розпочинається). В цей момент проходить такт ссання у всіх чотирьох стаканах. При подальшому переміщенні повзунка 4, останній з'єднує патрубок 6 тільки з камерою ІІІП, а патрубок 5 з камерою атмосферного тиску VП. (рис. 1.18 б).

Рідина в гідравлічних камерах ІП і ІІП і переріз каліброваних отворів в штоці підібрані таким чином, що при вакуумі в камері постійного вакууму ІІІП, рівно 50 кПа, пульсатор працює з частотою 60 пульсацій за хвилину, а при зниженні вакууму до 33 кПа — з частотою 48 пульсацій за хвилину.

Така конструкція забезпечує попарне видоювання діжок вимені при збільшенні такту ссання до 70%. При цьому досягається висока швидкість доїння і зберігається м'якість дії апарата на соски вимені.

Доїльний апарат «Нурлат» компанії «ПЕТРОТРЕЙД» (Російська Федерація) виготовляється за ліцензією шведської компанії «De Laval» і є аналогом доїльних апаратів «Duovac 200» і «Duovac 300», що випускаються цією компанією. Тому далі розглянемо принцип роботи і конструкцію пульсатора «Нурлат». Пульсатор складається з корпусу 22 (рис. 1.19), основи 3, штока 7, коромисла 2, повзуна 4, пружини 1, мембрани 21, голки 18, правої кришки 15, лівої кришки 5, заглушки 19, ковпачка 20, штуцерів 11 і 13. За допомогою байонетного роз'єму на корпусі 22 пульсатор встановлюється на блок управління.

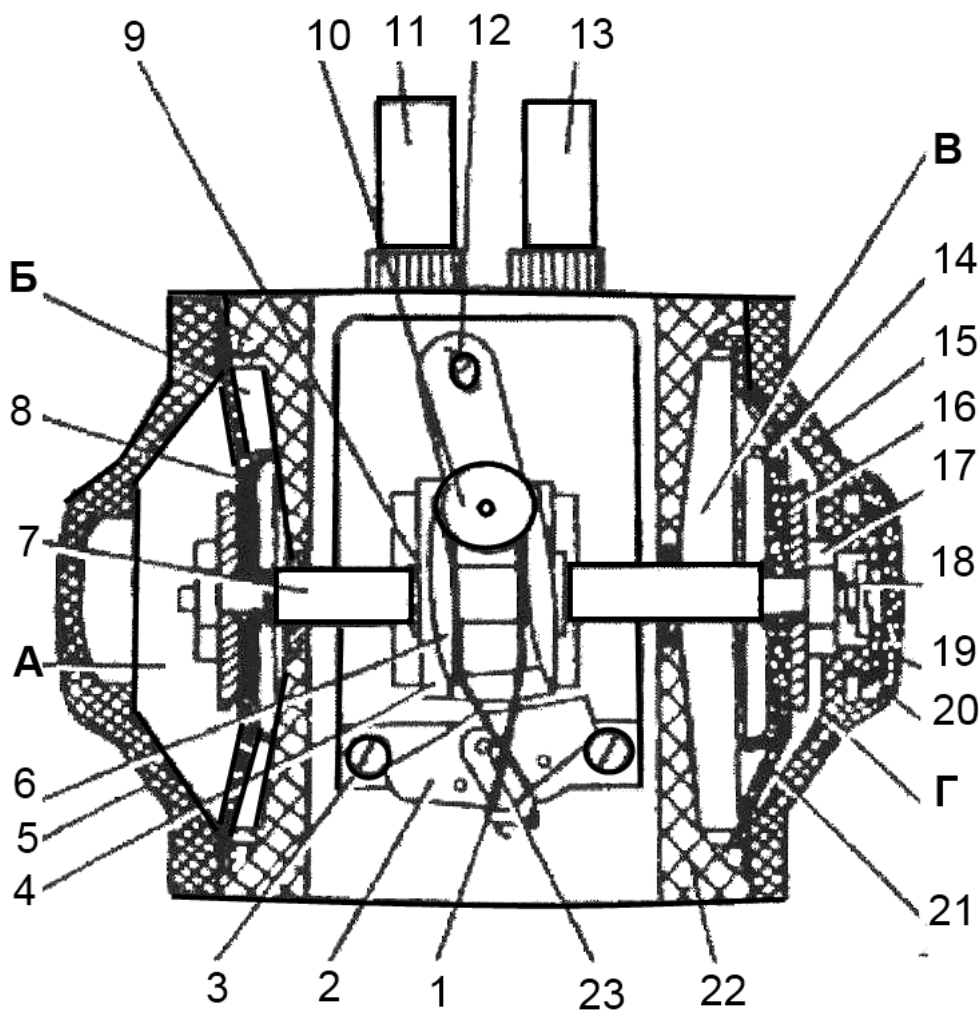


Рис. 1.19 - Загальний вигляд пульсатора доїльного апарата "Нурлат":

1 – пружина; 2 – коромисло; 3 – підстава; 4 – повзун; 5 – ліва кришка; 6 – водило; 7 – шток; 8 – мембрана; 9 – шайба; 10 – вісь; 11 – лівий штуцер; 12 – вісь; 13 – правий штуцер; 14, 16 – шайба; 15 – права кришка; 17 – гайка; 18 – голка; 19 – заглушка; 20 – ковпачок; 21 – мембрана; 22 – корпус; 23 – вісь; А – ліва надмембранна порожнина; Б – ліва підмембранна порожнина; В – права підмембранна порожнина; Г – права надмембранна порожнина.

Спочатку шток 7, водило 6, повзун 4 і коромисло 2 перебувають у крайньому правому положенні. У такому положенні повзун 4 з'єднує центральний паз основи 3 з правим пазом. Коромисло 2 з'єднує центральний отвір основи 3, зв'язаний з центральним пазом, з правим отвором, сполученим з правою підмембранною порожниною В. Повітря відсмоктується через центральний отвір в основі 3, що призводить до створення вакууму в правому штуцері 13 і в порожнині В. У цьому разі лівий отвір і лівий паз в основі 3 знаходяться у відкритому положенні. Лівий штуцер 11 і ліва підмембранна порожнина Б перебувають під дією атмосферного тиску.

Створений у правій підмембранній порожнині В вакуум відтискає в ліве положення мембрану 21, яка переміщує в ліве положення шток 7, водило 6, повзун 4. При цьому в правій надмембранній порожнині Г створюється вакуум, менший, ніж у правій підмембранній порожнині В (за рахунок надходження повітря через канал штока 7 з надмембранної порожнини А). При переміщенні штока 7 з правого в ліве положення коромисло 2 залишається в правому положенні доти, доки водило 6 не займе крайнє ліве положення. У момент досягнення штоком 7 крайнього лівого положення водило 6 виходить із зачеплення коромисла 2, яке під впливом пружини 1 переключенням приймає крайнє праве положення, тобто відбувається перемикання каналів і отворів у пульсаторі. У такому положенні в лівому штуцері 11 і в лівій підмембранній порожнині Б створюється вакуум, а правий штуцер 13 і порожнина В опиняються під атмосферним тиском, тобто рух усіх частин повторюється, але у зворотному напрямі.

Швидкість перемикання пульсатора (частота пульсацій) залежить від швидкості перетікання повітря з однієї надмембранної порожнини в іншу.

Регулювання частоти пульсацій здійснюється зміною прохідного перерізу дросельного отвору в пустотілому штоці 7 при обертанні голки 18.

Забезпечення попарного доїння може здійснюватися пульсатором для доїльного апарата (рис. 1.20) [121], який працює таким чином. Через патрубок 2 пульсатор підключається до джерела вакуумметричного тиску, при цьому в камері 3 встановлюється постійний вакуумметричний тиск, клапани 16 і 17 знаходяться в положенні, що забезпечує з'єднання камери змінного тиску 7 з камерою 3, вакуумметричний тиск через отвір 11, виточку 12, отвір 21 по пустотілому повзуні 20 передається в камеру 28. Під дією

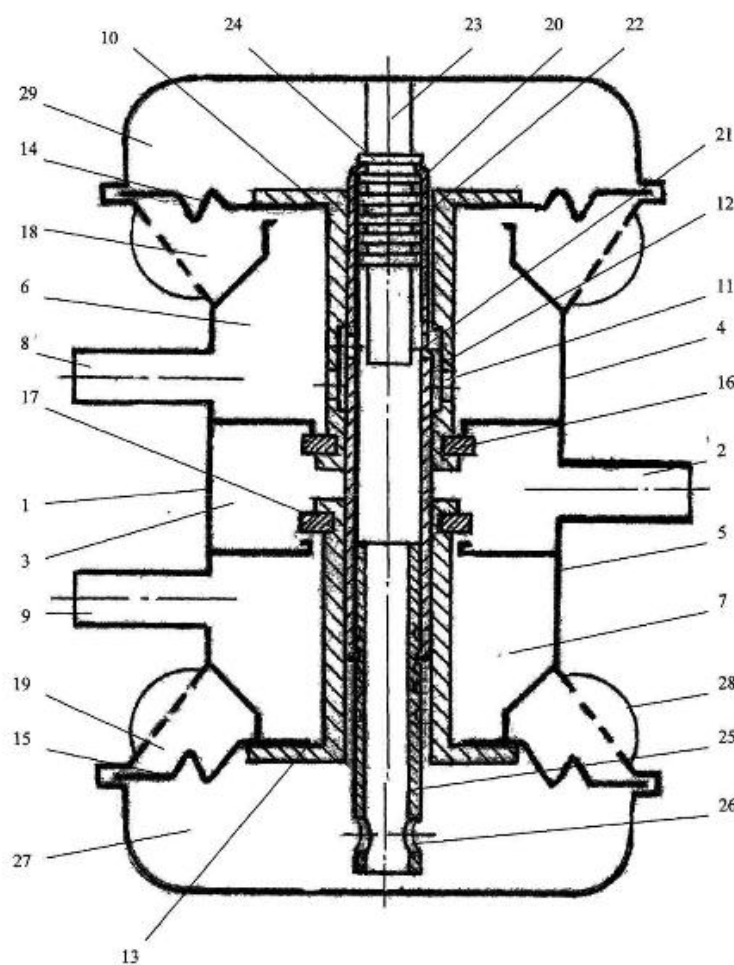


Рис. 1.20 – Пульсатор доїльного апарата патент України [147]

1 – корпус; 2, 8, 9 – патрубки; 3 – камера вакуумметричного тиску; 4 – керуючий блок; 5 – керований блок; 6, 7 – камери змінного вакуумметричного тиску; 10 – стрижень; 11, 21 – отвори; 12 – виточка; 13 – стрижень; 14, 15 – мембрани; 16 – кільцевий клапан; 17 – клапан; 18, 19 – камери атмосферного тиску; 20 – повзун; 22 – дросельний канал; 23 – обмежувач; 24 – кільцевий виступ; 25 – трубка; 26 – радіальний отвір; 27, 29 – керуючі камери; 28 – фільтрувальний елемент.

різниці тисків клапан 17 перекриває камеру 7, яка сполучається з камерою атмосферного тиску 19. У патрубку 9 і міжстінних просторах відповідних двох стаканів встановлюється атмосферний тиск. Одночасно атмосферний тиск з камери 18 і камери 6 через отвір 11, виточку 12 і дросельний канал 22 встановлюється в камері 29. Клапан 10 з мембраною 14 і кільцевим клапаном 16 закривають камеру 18 атмосферного тиску і відкривають камеру 3 вакуумметричного тиску. Через камеру 6, патрубок 8 у міжстінних просторах двох стаканів встановлюється вакуумметричний тиск. Вакуумметричний тиск через отвір 11, виточку 12 і дросельний канал 22 встановлюється в керуючій камері 29 керуючого блока пульсатора. Стрижень 10 з мембраною 14 і кільцевим клапаном 16 переміщуються у верхнє положення. Мембрана 14 відкриває камеру атмосферного тиску 18. Атмосферний тиск передається в камеру 6 змінного вакуумметричного тиску керуючого блока 4 і в патрубок 8. Атмосферний тиск через отвір 21 і відповідні канали трубки 25 встановлюється в камері 27. Мембрана 15 зі стрижнем 13 переміщується в зворотнє положення і відкриває доступ вакуумметричного тиску в камеру змінного тиску. Відбувається перемикання клапанів. Тиск у камерах 6 і 7 змінного вакуумметричного тиску керуючого 4 і керованого 5 блоків поміняють значення на зворотні. У подальшому режим зміни тисків у камерах і відповідно в патрубках 8 і 9 повториться. Частота перемикання клапанів коригується довжиною дросельного каналу 22 шляхом переміщення обмежувача 23 в повзуні 20 і фіксацією його у відповідному положенні кільцевим виступом 24, а також відповідним переміщенням трубки 25. Ці операції виконуються лише в разі заводського регулювання і сервісного обслуговування.

Подібний за конструкцією генератор імпульсів тиску (рис. 1.21), розроблений в УААН ННЦ “ІМЕСГ” Д. О. Римарем [104, 128]. Генератор імпульсів тиску (див. рис. 1.21) і пульсатор доїльного апарата (рис. 1.20) відрізняються тим, що в останньому сполучення керуючої і керованої камер

здійснюється повітряним каліброваним каналом, а не як у попередній конструкції за допомогою складних пустотілих клапанів і трубки.

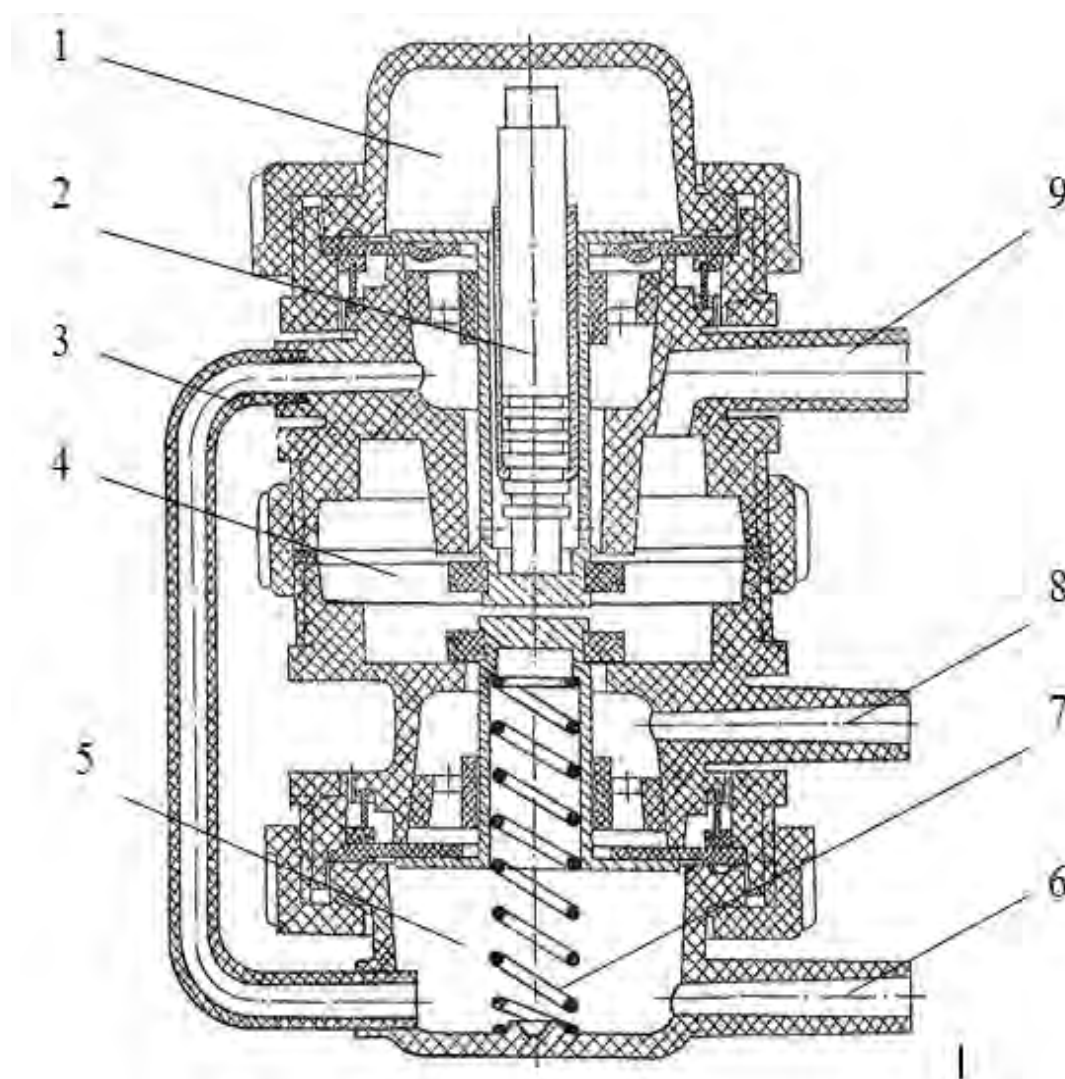


Рис 1.21 – Конструктивна схема генератора імпульсів тиску попарної дії

1 – керуюча частина; 2 – мембранно – клапанний механізм; 3 – з’єднувальний канал; 4 – спільна камера робочого вакуумметричного тиску; 5 – керована частина; 6, 9 – патрубки змінного вакуумметричного тиску; 7 – пружний елемент; 8 – патрубок постійного вакуумметричного тиску.

Пульсатор виконати з двох секцій на базі уніфікованого синхронного пульсатора АДУ-1-02, кожна з яких має блок клапанів, не зв’язаних механічно між собою, які розташовані одна над одною співвісно і з’єднані між собою таким чином, що камера постійного атмосферного тиску нижньої ведучої секції межує з камерою змінного вакуумметричного тиску верхньої веденої, яка має

додатковий отвір, що з'єднує її з атмосферою через додатковий клапан. Додатковий клапан з'єднаний механічно з блоком клапанів ведучої секції, а камери постійного вакуумметричного тиску обох секцій з'єднані між собою каналом, який приєднаний до джерела вакуумметричного тиску [86; 88; 92].

Запропонований С.М. Барановичем (ЛНАУ, м. Дубно, Львівської обл.) пневмомембранний пульсатор [27] (рис. 1.22) попарного доїння працює таким чином. Під час приєднання патрубка 3 до вакуумпроводу у камерах 1пв і 1пн встановлюється вакуумметричний тиск, а у камерах 4пв і 4пн залишається атмосферний тиск. За рахунок різниці тисків між камерами 4пв і 1пв та 4пн і 1пн під дією атмосферного тиску на мембрани 8 і 9 клапанні блоки обох секцій займають верхнє положення і додатковий клапан 12 прилягає до сідла 15. У камерах 4пв і 4пн знижується тиск за рахунок відсмоктування повітря через відповідні дросельні канали у камери 2пв і 2пн, в яких у даний момент часу є вакуумметричний тиск, за рахунок сполучення їх із камерами 1пв і 1пн.

У певний момент часу, зумовлений налаштуванням дроселя 4, що відповідає умовам початку руху клапанного блока 10, він раптово займає нижнє положення за рахунок сил, що діють на клапан з боку камери 3пв. У цей час клапанний блок ведучої секції 11 ще знаходиться у верхньому положенні за рахунок відповідної налаштування дроселя 5.

У наступний проміжок часу, зумовлений регулюванням дроселя 5, блок клапанів ведучої секції також займе нижнє положення, сполучивши при цьому камери 3пн і 4пв внаслідок відкривання додаткового клапана 12. За рахунок впуску атмосферного повітря з камери 3пн у 4пв і внаслідок дії атмосферного тиску на мембрану 8 блок клапанів веденої секції займе верхнє положення.

У камеру 4пн через дросельний канал 14 надходить повітря з камери 2пн, яка в цей момент часу з'єднана з камерою 3пн і від'єднана від камери 1пн, і, коли тиск у ній відповідатиме умовам переходу блока клапанів ведучої секції вгору, він займе верхнє положення. Таке положення клапанів відповідає початковому стану секцій, і відповідно процес повторюється.

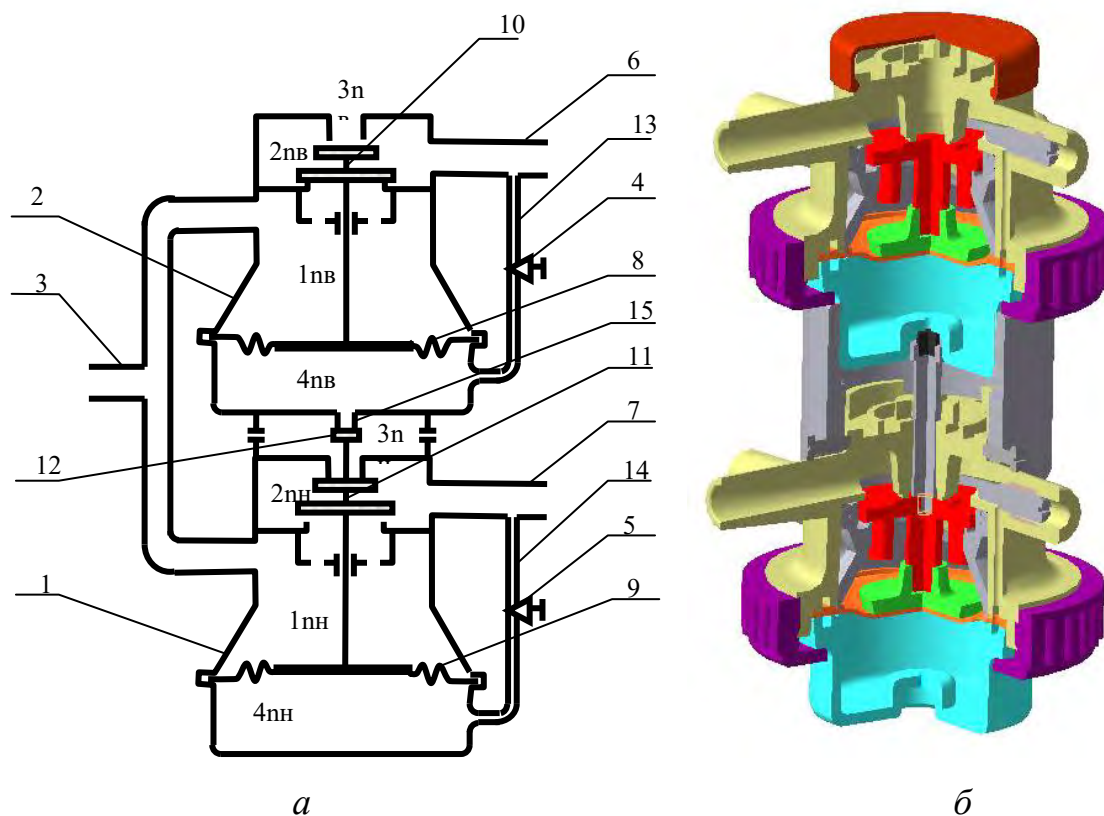


Рис. 1.22 – Пневмомембранний пульсатор попарної дії [16]:

а) технологічна схема, б) конструктивна схема;

1 – корпус ведучої частини пульсатора; 2 – корпус веденої частини пульсатора; 3 – патрубок вакуум проводу; 6 – патрубок змінного тиску веденої секції пульсатора; 7 – патрубок змінного тиску ведучої секції пульсатора; 4 – дросель регулювання частоти пульсацій веденої секції пульсатора; 5 – дросель регулювання частоти пульсацій ведучої частини пульсатора і задання ритму доїння; 8 – мембрана веденої секції пульсатора; 9 – мембрана ведучої секції пульсатора; 10 – клапан камери змінного тиску веденої секції пульсатора (подвійний клапан); 11 – клапан камери змінного тиску ведучої секції пульсатора (подвійний клапан); 12 – додатковий клапан; 13 – канал з'єднання камери змінного вакууму з розподільчою камерою веденої секції пульсатора; 14 – канал з'єднання камери змінного вакууму з розподільчою камерою ведучої секції пульсатора; 15 – канал з'єднання камери атмосферного тиску з керуючою камерою веденої секції пульсатора.

Зміщення фаз тактів веденої і ведучої секцій здійснюється налаштуванням тривалості перебування веденого блока клапанів у верхньому положенні за умови від'єднання камери 4nv від камери 3n додатковим клапаном. Ідеальні індикаторні діаграми тисків у камерах 2nv і 2nn описаного

процесу роботи пневмомембранного пульсатора попарного доїння зображено на рис. 1.23.

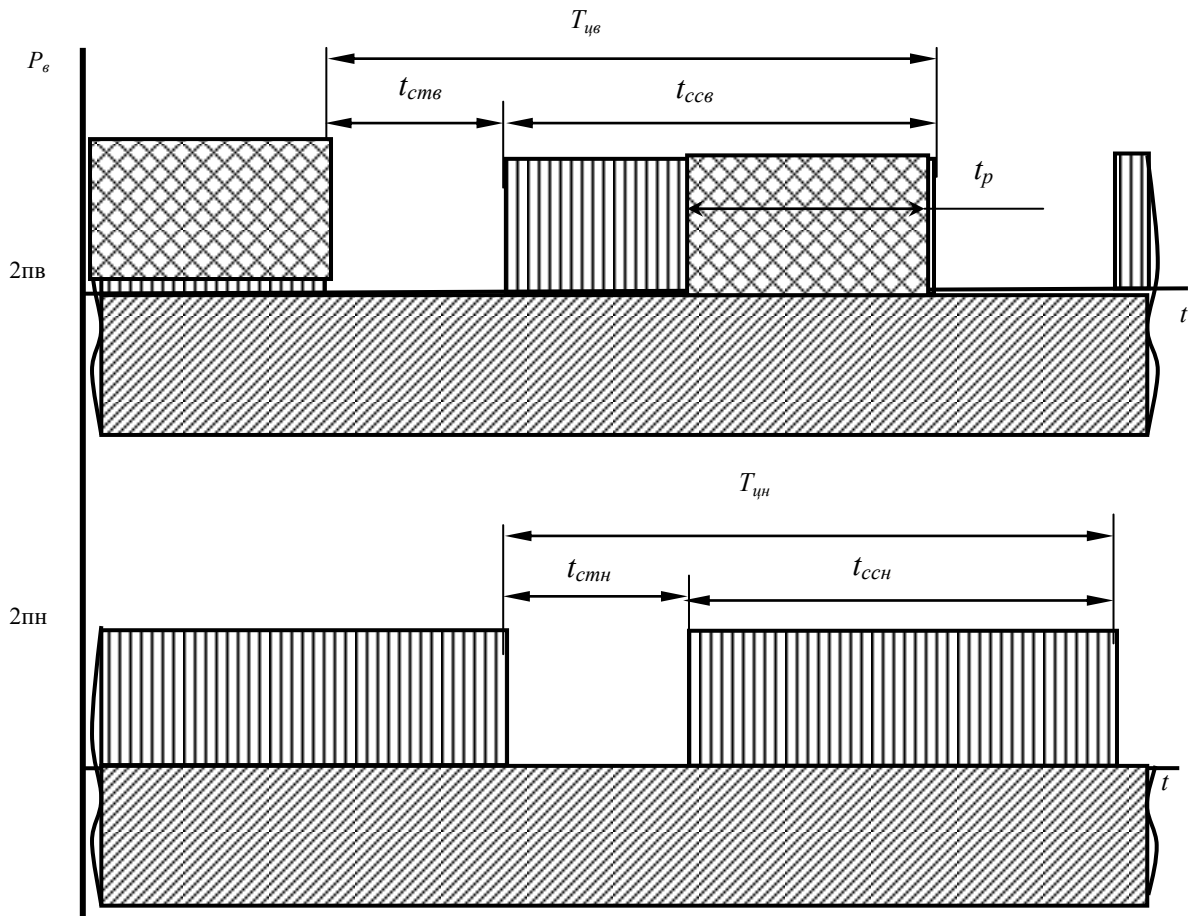


Рис. 1.23 – Ідеальні індикаторні діаграми роботи пульсатора [16].

▤ - у міжстінковій камері доїльного стакану;

▨ - у піддійковій камері доїльного стакану;

▩ - ділянка діаграми, де можливе регулювання співвідношення тактів у веденій частині пульсатора.

На ідеальних індикаторних діаграм (див. рис. 1.23), процес попарного доїння відбувається при оптимальному співвідношенні тривалостей тактів ссання і стиску в обох парах доїльних стаканів зі зміщенням фаз чергування тактів за умови співвідношення тактів близько 70:30, а з вищеписаної роботи пульсатора наявність дроселя 5 дає змогу регулювати ритм доїння, а дросель 4 забезпечує регулювання співвідношення тактів ссання $t_{ссв}$ до такту стиску $t_{ств}$ у

веденій частині пульсатора на проміжку t_p , що не передбачено конструкцією в існуючих пневмомембранних пульсаторах.

Пульсатори з електромагнітним керуванням зміни пульсації.

Великих успіхів в області розробки електропульсаторів домоглися зарубіжні компанії. Фірма «Вестфалія» оснащує свої доїльні апарати пульсатором з електромагнітним приводом (рис. 1.24).

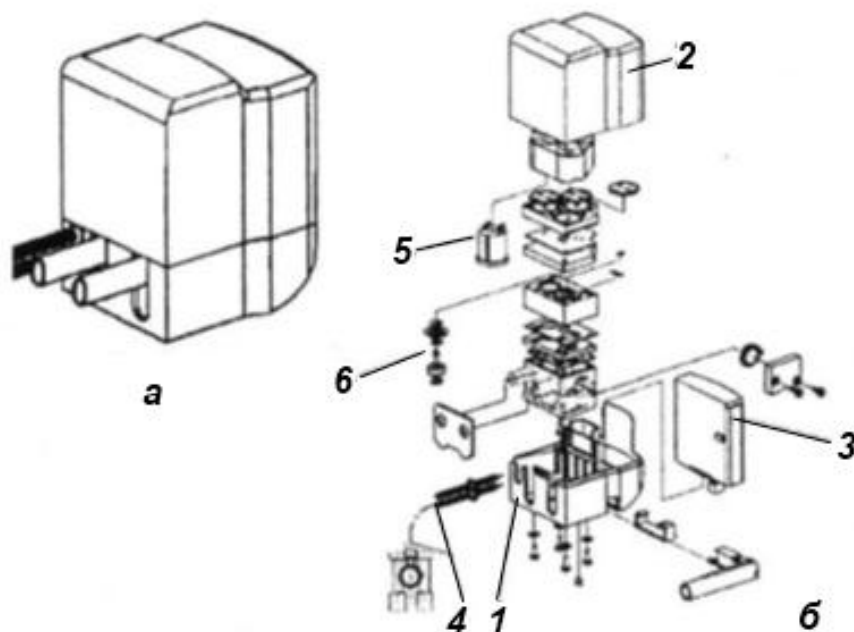


Рис. 1.24 - Пульсатор з електромагнітним приводом:

а – загальний вид, б – будова; 1 - корпус; 2 - кришка; 3 - блок електронного управління в комплекті; 4 - пускач дистанційний в комплекті; 5 - електромагніт клапана; 6 - поршень

Фірма "GASCOIGNE MELOTTE" з Нідерландів комплектує свої доїльні установки двома типами пульсаторів - електронним і пневматичним (рис. 1.25). Електронний пульсатор "LECTRON" має програмовану швидкість пульсацій від 30 до 120 хв⁻¹. а також різні співвідношення тактів для передніх і задніх сосків: 55/45 для передніх сосків; 60/40 - для задніх.

Доїльні апарати фірми «SAC» обладнуються гідравлічним або електронним пульсатором (рис. 1.26). Пульсатори «UNIPULS 2» і «UNIPULS ELEKTRONIC» працюють при вакуумі від 34 до 54 кПа. Випускаються в двох виконаннях: 50/50 частота пульсацій 50 хв⁻¹; і 60/40 частота пульсацій 60 хв⁻¹. Виконуються у вологозахисних корпусах. Робоча температура від -5 до +45 ° С.



Рис. 1.25 - Пульсатор фірми "GASCOIGNE MELOTTE"

зліва - електронний; праворуч - пневматичний

Електропульсатор доїльного апарату з приводом від лінійного двигуна розробка СГДАУ (кафедра «Застосування електроенергії в сільському господарстві» і «Машини і технології в тваринництві»), (рис. 1.26). В пульсаторі використаний лінійний електродвигун, з'єднаний з оригінальним клапанним механізмом.

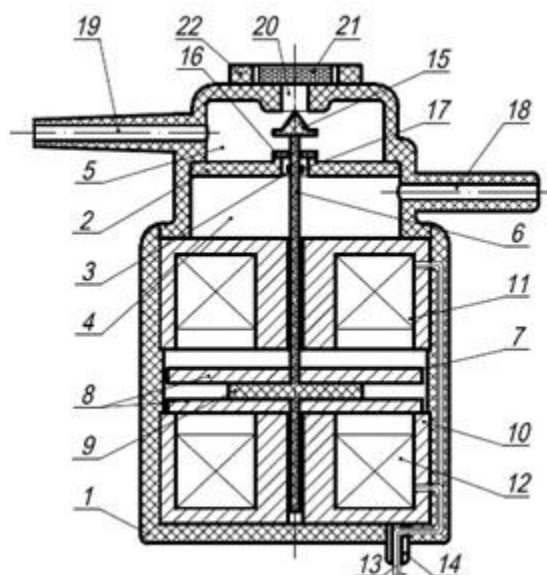
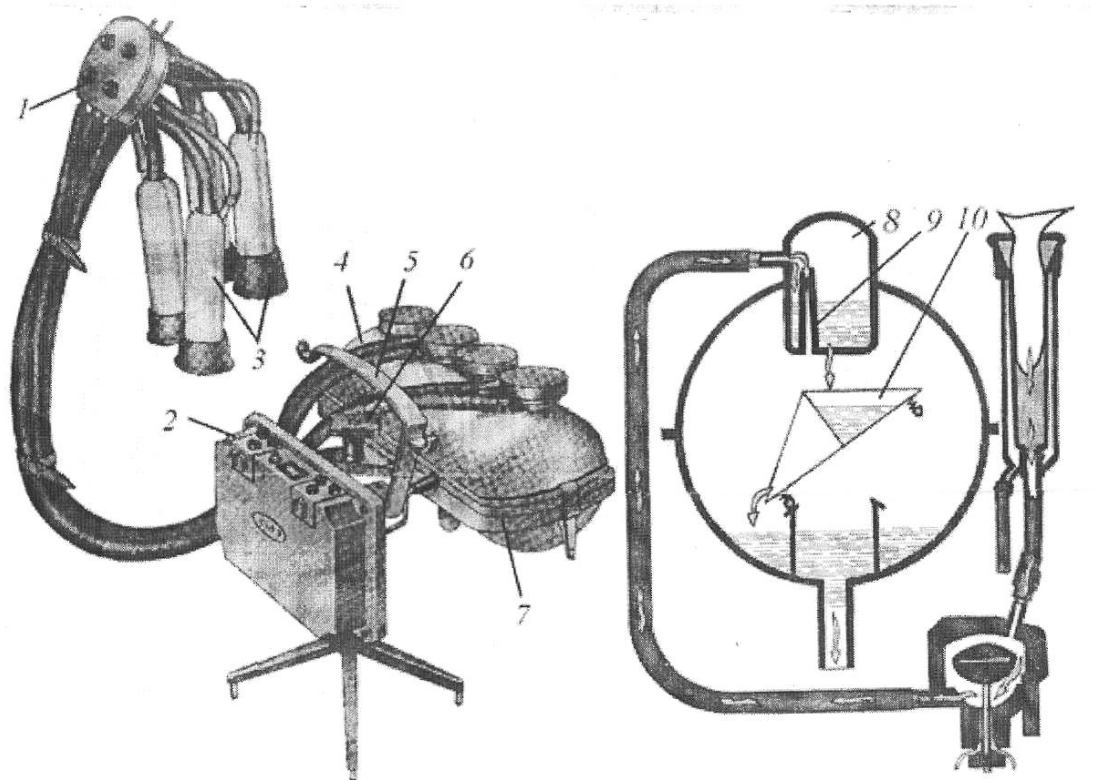


Рис. 1.26 - Пульсатор доїльного апарату на основі лінійного електродвигуна:

1 - корпус; 2 - перегородка; 3 - отвір; 4 - камера постійного вакууму; 5 - камера змінного вакууму; 6 - шток; 7 - якір; 8 - диски магнітопроводячі; 9 - немагнітна прошарок; 10 - магнітопроводи; 11, 12 - котушки намагнічуючі; 13 - висновки котушок; 14 - введення кабельний; 15 - клапан конусний; 16 - клапан

тарільчате; 17 - упор; 18 - патрубок постійного вакууму; 19 - патрубок змінного вакууму; 20 - атмосферне канал; 21 - фільтр; 22 - кришка

Також відомі доїльні апарати, які забезпечують почвертеве видоювання вим'я корів [6; 38; 52]. Вони використовуються у дослідній та селекційній роботі для визначення продуктивності та тривалості доїння окремих чвертей вим'я корів, а також для оцінки їх придатності до машинного доїння. Одним з таких доїльних апаратів є ДАЧ-1 (рис. 1.27). На колекторі та вимірнику обсягу нанесені цифрові позначення, що відповідають чвертям вим'я тварини: 1 – лівої передньої; 2 – правої передньої; 3 – лівої задньої; 4 – правої задньої. Для записів показників апарата підключають відмітчик часу з напругою живлення 12 В. Розподільник у верхній частині колектора шлангами з'єднаний з міжстінковими камерами доїльних стаканів.



а

б

Рис. 1.27 – Доїльний апарат ДАЧ-1:

а – загальний вигляд; *б* – схема роботи;

1 – колектор; 2 – пульт; 3 – доїльні стакани; 4 – вимірювач; 5 – ручка; 6 – гайка фіксації вимірювача за рівнем; 7 – рама вимірювача; 8 – приймальна камера; 9 – трубка вирівнювальна; 10 – ківш.

Доїльний апарат працює таким чином. Молоко надходить у приймальну камеру 8 (див. рис. 1.27, б), відокремлюється від повітря, що відсмоктується через вирівнювальну трубку 9, і зливається в одну з камер ковша 10. Набравши 50 г молока, ківш перекидається, підставляючи під струмінь молока другу камеру. Під час перекидання магніт, укріплений на боковій стінці ковша, замикає контакти датчика, сигнал від якого надходить у блок пам'яті пульта. У блоці пам'яті окремо фіксуються надій і час доїння кожної частки вим'я. При інтенсивності доїння менше 50 г за 30 с з будь-якої частки відлік часу припиняється. Після закінчення доїння загоряється світловий індикатор на пульті.

У цей момент оператор натискає кнопку "додоювання" на пульті і починається відлік часу додоювання всіх чвертей вим'я. При вторинному зниженні інтенсивності молоковіддачі менше 50 г за 30 с світловий індикатор загоряється постійним світлом. На цьому доїння закінчується. На табло пульта висвічуються покази надою з першої чверті вим'я. Послідовним натисканням відповідних кнопок на пульті викликають показники надою з інших чвертей вим'я. Потім списують дані тривалості доїння щодо кожної чверті вим'я.

У розглянутих конструкціях пульсаторів не передбачено незалежного регулювання співвідношення тактів в обох парах доїльних стаканів, що адаптує роботу доїльного апарата до фізіологічних особливостей корів і зменшує навантаження на вакуумпровід молочної ферми.

З розвитком наукового прогресу для доїння пропонуються доїльні апарати почетвертної дії.

Доїльний апарат IQ Melkzeug (*GEA WestfaliaSurge GmbH – GEA Farm Technologies – (Німеччина)* [127] є новим почетвертним доїльним апаратом (рис.1.28).



а



б

Рис. 1.28 – Загальний вигляд підвісної частини доїльного апарата (а) та колектора (б)

Завдяки конструкції молокопровідного патрубку, попереджуються коливання об'єму і поліпшується зчеплення з вименем. Автоматичний вакуумний вимикач (для кожної чверті) через кулькові клапани перериває надходження вакууму під час встановлення доїльних стаканів та за проникнення повітря індивідуально для кожного стакану. Керування відбувається електромагнітним пульсатором.

Доїльний апарат Milpro P4C Milkline (Італія) [127], удосконалена модель підвісної частини доїльного апарата за почвертним доїнням (рис. 1.29). Пульсація вакуумметричного тиску відбувається під дією потоку молока окремо для кожної дійки вимені. Система автоматичного контролю за чвертями дозволяє зареєструвати провідну спроможність та кількість молока для кожної дійки вимені окремо. За припинення надходження молока з однієї дійки вимені вакуумметричний тиск для неї відразу ж припиняється.



Рис. 1.29 – Загальний вигляд підвісної частини доїльного апарата (а) та електронного блоку керування та контролю процесом молоковіддачі (б)

Доїльний апарат з індивідуальним керуванням роботи та суміщеним доїльним стаканом і пульсатором запропоновано дослідником []. Обґрунтовано, що для зниження тривалості перехідних процесів роботи пульсатора необхідно зменшити об'єм камер змінного вакуумметричного тиску. Запропоновано зробити через вилучення з конструкції доїльного апарата вакуумних шлангів, які підводять змінний вакуумметричний тиск до міжстінкових камер доїльного стакану.

Запропоновано І.В.Дмитрів (ЛНАУ, м. Дубно, Львівської обл.) конструкцію [37], коли пульсатор безпосередньо розміщений на доїльному стакані (рис. 1.30) [38].

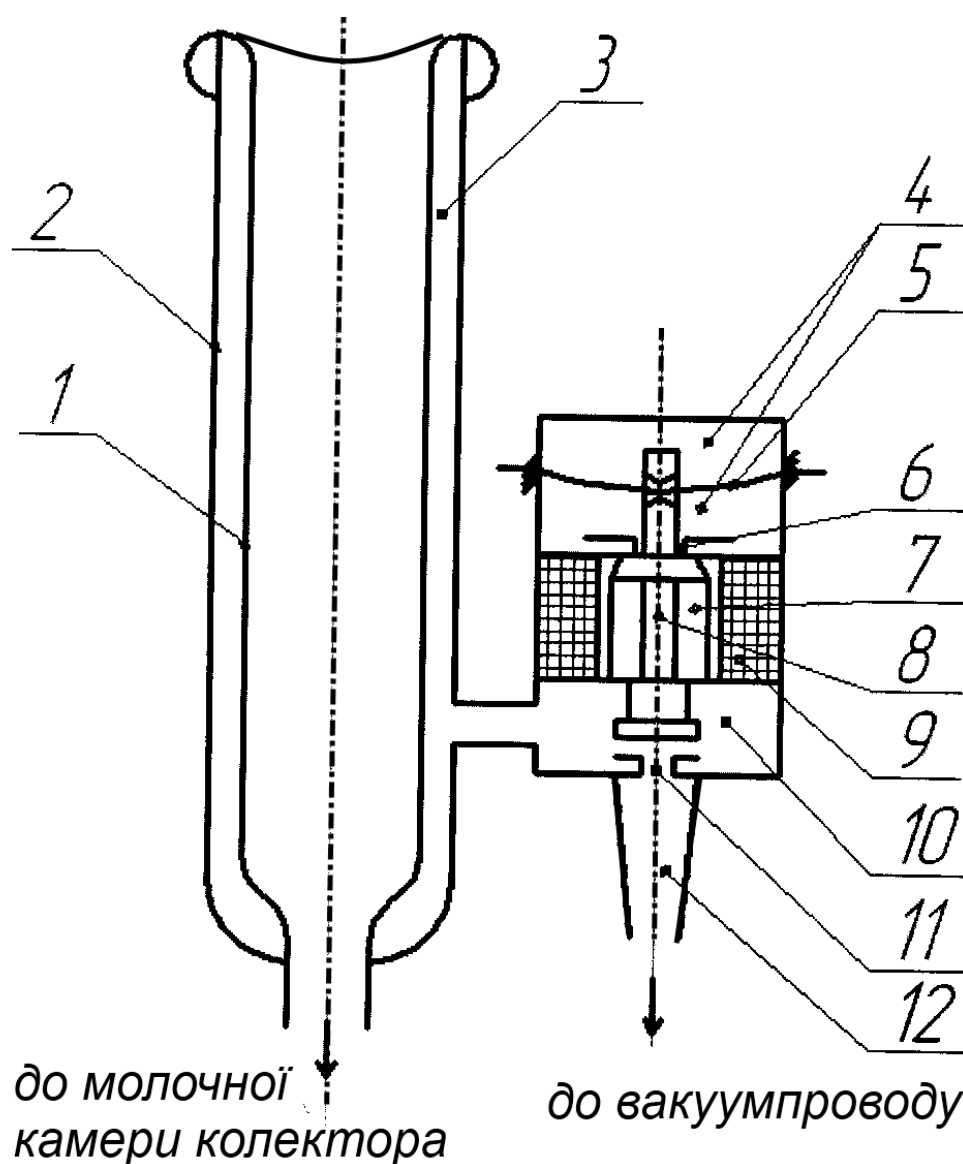


Рис. 1.30 - Схема системи „доїльний стакан - пульсатор”:

1 - дійкова гума; 2 - доїльний стакан; 3 - міжстінкова камера змінного вакуумметричного тиску доїльного стакана; 4 - камера атмосферного тиску; 5 - мембрана; 6 - отвір надходження повітря в камери змінного вакуумметричного тиску; 7- якір-клапан; 8 - перепускний канал якоря-клапана; 9 - електромагніт; 10 - камера змінного вакуумметричного тиску пульсатора; 11 - калібрований отвір відкачування повітря; 12 - камера постійного вакуумметричного тиску

Відкачування повітря з камер 10 здійснюється через перепускний отвір 11 з заданим діаметром каліброваного отвору до величини вакуумметричного тиску P_v при такті ссання. При такті стиску через перепускний отвір 6 повітря надходить по перепускних каналах 8 якоря-клапана 7 до камер 3 і 10 змінного вакуумметричного тиску в яких тиск змінюється до атмосферного.

Відкриття (закриття) перепускних отворів 9 і 10 (рис. 1.30) здійснюється якорем-клапаном 7, який приводиться в дію електромагнітом 9. Для регулювання постійних часу перехідних характеристик індикаторної діаграми перемикання пульсатора в тактах ссання (стиску) використовують мембрану 5. Мембрана 5 виготовлена у вигляді прямокутної полоси з пружного матеріалу і жорстко закріпленими кінцями. Якір-клапан 7 з мембраною 5 шарнірно закріплені. Деформація мембрани 5 задає зусилля. Регулюючи прогин мембрани 5, забезпечимо необхідне зусилля, з яким перекриватиметься перепускний отвір 11. При втягуванні якір-клапана 7, зусилля протидії втягування зростатиме залежно від величини прогину мембрани 5

1.3. Основи теоретичних засад процесу роботи пульсаторів доїльних апаратів

Основоположником теорії розрахунку доїльних апаратів є В.Ф. Корольов [72, яким був розроблений тритактний доїльний апарат марки ДА-3. Розрахунок співвідношення тактів у пульсаторі, за В.Ф. Корольовим, проводиться за схемою (рис. 1.31). На рис. 1.14 наведено зручну для розрахунку схему, на ній верхній клапан показаний окремо від мембрани, чого при конструюванні сучасних пульсаторів не роблять (мембрана є одночасно і верхнім клапаном).

При вмиканні подачі вакууму верхній клапан закривається, а нижній відкривається. У цей момент в камері на верхній клапан діє різниця тисків зверху і знизу. Відповідно на цей клапан зверху вниз діятиме сила, яка становитиме:

$$P_{в.к.} = \frac{F_{в.к.} \cdot h \cdot 1,033}{76} = \frac{\pi \cdot D_1^2 \cdot h \cdot 1,033}{4 \cdot 76} \text{ кГ}, \quad (1.1)$$

де $F_{в.к.}$ – площа верхнього клапана, см.

h – номінальний вакуум, при якому працює пульсатор, см рт. ст.;

D_1 – діаметр верхнього клапана, см.

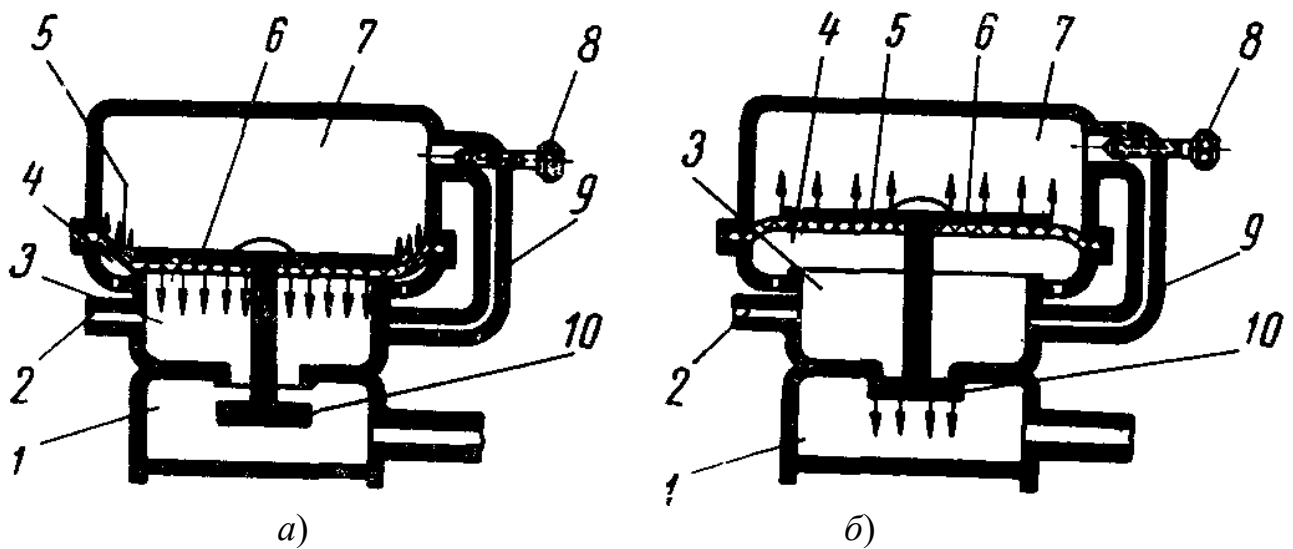


Рис 1.31 Схема пульсатора тритактного доїльного апарата:

а) такт ссання; б) такт стиску;

1 – камера постійного вакууму; 2 – патрубок змінного вакууму; 3 – камера змінного вакууму; 4 – кільцева камера; 5 – мембрана; 6 – шайба; 7 – камера атмосферного тиску; 8 – регулювальний гвинт; 9 канал; 10 – клапан.

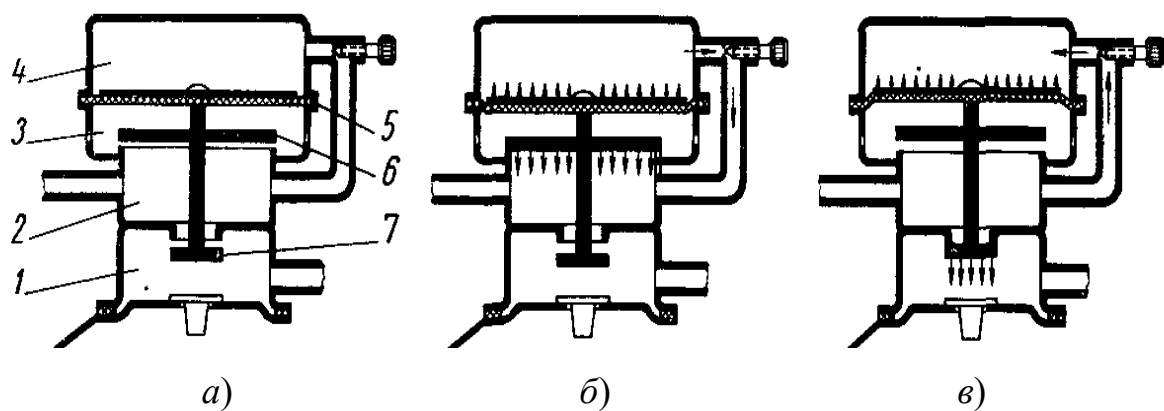


Рис. 1.32. Схема пульсатора (для розрахунку):

а) нейтральне положення; б) такт ссання; в) такт стиску;
1 – камера постійного вакууму; 2 – камера пульсуючого вакууму (робоча камера); 3 – камера атмосферного тиску; 4 – камера пульсуючого вакууму (камера управління); 5 – мембрана; 6 – верхній клапан; 7 – нижній клапан.

З камери 4 повітря поступово перетікає в камеру 2 і в камері 4 збільшується вакуум. Це створює різницю тисків, що діє на мембрану знизу вгору, а відповідно й силу:

$$P_m = \frac{F_m \cdot h_1 \cdot 1,033}{76}, \quad (1.2)$$

де F_m – площа мембрани,

h_1 – найбільший вакуумметричний тиск у камері 4 пульсатора.

Під час розрахунку мембрана розглядається як поршень (коефіцієнт активності мембрани приймають рівним одиниці).

Площа мембрани F_m більше від площі верхнього клапана $F_{в.к.}$, тому через деякий час настає рівновага сил, що діють у протилежних напрямках, а потім сила P_m , що діє на мембрану, стає більшою, ніж сила $P_{в.к.}$, що діє на верхній клапан, і відбувається перемикання клапанів. Таким чином, відношення сил перед перемиканням клапанів відповідає рівності

$$P_{в.к.} = P_m \text{ або } F_{в.к.} \cdot h = F_m \cdot h_1. \quad (1.3)$$

Після перемикання клапанів верхній клапан буде відкритий, а нижній закритий. У камері 2 встановиться атмосферний тиск, а на верхній клапан сили від тиску не буде. Виникне сила, що діє на нижній клапан згори вниз. Оскільки площа нижнього клапана більша, ніж площа верхнього, то сила $P_{н.к.}$, що діє на нього, буде менша, ніж $P_{в.к.}$:

$$P_{н.к.} = \frac{F_{н.к.} \cdot h \cdot 1,033}{76} = \frac{\pi \cdot D_2^2 \cdot h \cdot 1,033}{4 \cdot 76}, \quad (1.4)$$

де $F_{н.к.}$ – площа нижнього клапана,

h – номінальний вакуумметричний тиск, при якому працює пульсатор, см рт. ст;

D_2 – діаметр нижнього клапана, мм.

У початковий момент після перемикання клапанів сила, що діятиме на мембрану вгору, значно перевищуватиме силу, що діятиме на нижній клапан вниз. Поступово у камеру 4 буде надходити повітря і сила, що діє на мембрану вгору, буде зменшуватись. Через деякий час наступить рівновага, при якій

$$P_{н.к.} = P_m \text{ або } F_{н.к.} \cdot h = F_m \cdot h_2, \quad (1.5)$$

де h_2 – найменший вакуум у камері 4.

Услід за цим знову відбувається перемикання клапанів, а потім все повториться.

Рівняння (1.3) і (1.5) дають змогу підрахувати межі зміни вакуумметричного тиску в камері 5, тобто h_1 і h_2 , якщо відомі площі мембрани і клапанів.

Поділивши рівняння (1.3) на рівняння (1.5), отримаємо:

$$\frac{F_{\text{в.к.}}}{F_{\text{н.к.}}} = \frac{h_1}{h_2} . \quad (1.6)$$

Виразивши площу клапанів через їх діаметри, отримаємо:

$$\frac{\pi \cdot D_1^2 \cdot 4}{\pi \cdot D_2^2 \cdot 4} = \frac{D_1^2}{D_2^2} = \frac{h_1}{h_2} . \quad (1.7)$$

Швидкість зміни вакууму в камері 4 пульсатора має нелінійний характер. Як і в будь-якому іншому випадку такого типу, збільшення або зменшення величини впливає на подальший розвиток процесу. Швидкість процесу, що зменшується пропорційно до часу, який залишається до кінця цього процесу, виражається функцією

$$\frac{dx}{dt} = a - x . \quad (1.8)$$

Швидкість зміни вакуумметричного тиску в камері 4 пульсатора пропорційна різниці тисків. Під час відкачування повітря з камери 4 пульсатора швидкість відкачування сповільнюється в міру збільшення в ній вакууму, тобто швидкість буде пропорційна залишковій різниці тисків.

Позначимо пульсуючий вакуум при відкачуванні через x ; час, що пройшов від початку процесу – t ; номінальний вакуум – h . Швидкість зміни вакууму дорівнюватиме

$$\frac{dx}{dt} . \quad (1.9)$$

Ця величина буде пропорційна різниці $h - x$, тобто залишковій різниці тисків. Коефіцієнт пропорційності позначимо K_I . Тоді

$$\frac{dx}{dt} = K_1 \cdot (h - x) , \quad (1.10)$$

звідки

$$dt = \frac{1}{K_1} \cdot \frac{dx}{h - x} . \quad (1.11)$$

Відповідно до прийнятих позначень межами інтегрування є h_1 (найбільший вакуум у камері 4) та h_2 (найменший вакуумметричний тиск у камері 4). Процес зміни вакууму проходить від h_2 до h_1 . У результаті інтегрування час відкачування повітря з камери 4, що відповідає першому такту, становитиме:

$$t_1 = \frac{1}{K_1} \int_{h_2}^{h_1} \frac{dx}{h - x} = \frac{1}{K_1} \ln \frac{h - h_2}{h - h_1} . \quad (1.12)$$

Коефіцієнт $1/K_1$ визначає об'єм камери 4 пульсатора та параметри трубки, через яку відкачується повітря.

Впуск повітря в герметично закриту посудину, що перебуває під вакуумом, відбувається за цим же законом, тобто швидкість зміни вакууму буде пропорційною різниці тисків. Виходячи із цього маємо:

$$-\frac{dx}{dt} = K_2 x . \quad (1.13)$$

Знак «мінус» означає, що процес заповнення протікає у зворотному напрямі порівняно з процесом відкачування.

З останнього рівняння отримаємо:

$$dt = -\frac{1}{K_2} \cdot \frac{dx}{x} . \quad (1.14)$$

Проінтегрувавши цей вираз у межах від h_2 до h_1 , отримаємо:

$$t_2 = -\frac{1}{K_2} \int_{h_1}^{h_2} \frac{dx}{x} = \frac{1}{K_2} \ln \frac{h_1}{h_2} . \quad (1.15)$$

Коефіцієнт $1/K_2$ визначає ті ж параметри, що й коефіцієнт $1/K_1$.

Відповідно з прийнятими позначеннями формули набудуть вигляду:

$$t_1 = \frac{V}{(76-h)K_p} \ln \left[\frac{(152-h-h_1) \cdot (h-h_2)}{(152-h-h_2) \cdot (h-h_1)} \right], \quad (1.16)$$

$$t_2 = \frac{V}{76K_p} \ln \left[\frac{(152-h_2)h_1}{(152-h_1)h_2} \right]. \quad (1.17)$$

Порівнюючи ці формули з наведеними раніше, робимо висновок, що коефіцієнти $1/K_1$ та $1/K_2$ включають в себе відношення V/K_p де V – об’єм глухої камери, а K_p – коефіцієнт Пуазейля, який у свою чергу дорівнює:

$$K_p = \frac{\pi D^4}{128\eta l}, \quad (1.18)$$

де D – діаметр трубки, мм;

l – довжина трубки, мм;

η – коефіцієнт в’язкості, мм.

Відповідно тривалість відкачування та заповнення камери 4 пульсатора повітрям прямо пропорційна об’єму посудини, довжині трубки, коефіцієнту в’язкості та обернено пропорційна діаметру трубки в четвертому степені. Тому прийняте в пульсаторах регулювання числа пульсацій шляхом зміни площі поперечного перерізу каналу між робочою та керуючою камерами (2 та 4) не слід вважати вдалим, оскільки воно занадто чутливе.

Оскільки t_1 – тривалість першого такту (відповідає такту ссання), а t_2 – тривалість другого такту (відповідає такту стиску), то тривалість усього циклу пульсацій становитиме:

$$t = t_1 + t_2 = \frac{1}{K_1} \ln \frac{h-h_2}{h-h_1} + \frac{1}{K_2} \ln \frac{h_1}{h_2}. \quad (1.19)$$

Число пульсацій – величина, зворотно пропорційна тривалості пульсації, а тому число пульсацій становить:

$$n = \frac{1}{t} = \frac{1}{\frac{1}{K_1} \ln \frac{h-h_2}{h-h_1} + \frac{1}{K_2} \ln \frac{h_1}{h_2}}. \quad (1.20)$$

Співвідношення між тривалістю тактів t_1 і t_2 залежить від вакуумметричних тисків h_1 і h_2 , що виражається таким рівнянням:

$$\frac{t_1}{t_2} = K \frac{\ln \frac{h-h_2}{h-h_1}}{\ln \frac{h_1}{h_2}}, \quad (1.21)$$

де K – безрозмірна величина, рівна K_2/K_1 .

Також величини h_1 і h_2 можна виразити через площі та діаметри мембрани та клапанів.

Відповідно

$$h_1 = \frac{hF_{\text{г.к.}}}{F_{\text{м}}} = \frac{hD_1^2}{D_{\text{м}}^2}, \quad (1.22)$$

$$h_2 = \frac{hF_{\text{н.к.}}}{F_{\text{м}}} = \frac{hD_2^2}{D_{\text{м}}^2}. \quad (1.23)$$

Після підстановки раніше знайдених значень отримаємо:

$$\frac{t_1}{t_2} = K \frac{\ln \frac{D_{\text{м}}^2 - D_2^2}{D_{\text{м}}^2 - D_1^2}}{\ln \frac{D_1^2}{D_2^2}}. \quad (1.24)$$

Розрахунок пульсатора за схемою, зображеною на рис. 1.13, за принципом однаковий. Вакуумметричний тиск у камері 1 (див. рис 1.14) тут також змінюється в межах від h_1 до h_2 . Вакуумметричний тиск в камері 2 постійний і дорівнює h . Вакуум у камері 5 змінюється в межах від h до нуля.

Для моменту рівноваги сил, що діють на мембрану і нижній клапан (див. рис. 1.14, б) після якого повинно відбутися переключення клапанів, можна записати таке рівняння:

$$F_{\text{м}}(h-h_1) = F_{\text{н.к.}} \cdot h, \quad (1.25)$$

звідки

$$h_1 = h \left(1 - \frac{D_2^2}{D_m^2} \right). \quad (1.26)$$

Після перемикання клапанів (див. рис. 1.14, в) повітря надходитиме з камери 5 у камеру 1. Через деякий час наступить нова рівновага сил, що діють на мембрану і верхній клапан.

Для цього моменту можна написати таке рівняння:

$$F_m(h - h_2) = F_{г.к.} \cdot h, \quad (1.27)$$

звідки

$$h_2 = h \left(1 - \frac{D_1^2}{D_m^2} \right). \quad (1.28)$$

Поділивши одне рівняння на інше, отримаємо:

$$\frac{h - h_2}{h - h_1} = \frac{D_1^2}{D_2^2} \quad \text{та} \quad \frac{h_1}{h_2} = \frac{1 - \frac{D_2^2}{D_m^2}}{1 - \frac{D_1^2}{D_m^2}} \quad (1.29)$$

Для визначення співвідношення тактів у такому пульсаторі необхідно використати рівняння (1.19), яке після підстановки в нього на місце h_1 і h_2 відповідних величин із формул (1.26) і (1.28) та після подальших перетворень набуде такого вигляду:

$$\frac{t_1}{t_2} = K \frac{\ln \frac{D_1^2}{D_2^2}}{1 - \frac{D_2^2}{D_m^2}} \cdot \frac{\ln \frac{D_m^2}{D_1^2}}{1 - \frac{D_1^2}{D_m^2}}, \quad (1.30)$$

де D_1 – діаметр верхнього клапана, мм;

D_2 – діаметр нижнього клапана, мм.

У результаті обробки розрахункових параметрів В.Ф. Корольов [73,75] отримав формули для розрахунку співвідношення тактів в ідеальному пульсаторі у вигляді:

$$\frac{t_1}{t_2} = 0,93 \frac{\ln \frac{h-h_2}{h-h_1}}{\ln \frac{h_1}{h_2}} + 0,36, \quad (1.31)$$

$$\frac{t_1}{t_2} = 0,93 \frac{\ln \frac{D_m^2 - D_2^2}{D_m^2 - D_1^2}}{\ln \frac{D_1^2}{D_2^2}} + 0,36. \quad (1.32)$$

За матеріалами В.Н. Бежанова, В.Ф. Корольов [74] розглядав мембрану як систему трьохопорних балок, навантажених рівномірно. Середня опора мембрани (стрижень пульсатора) буде сприймати тільки частину загального навантаження, а решта навантаження передаватиметься корпусу пульсатора через закріплений край мембрани.

Якщо на робочій поверхні мембрани виділити елементарну ділянку розміром $2\pi r dr$, віддалену від центра на віддаль ρ , то зусилля, яке сприйматиме ця ділянка, $2\pi r d\rho h$, буде передаватись на шайбу та краї корпусу пульсатора. Це зусилля буде обернено пропорційне відстані від шайби і краю корпусу до цієї ділянки:

$$dP_1 = \frac{R-\rho}{R-r} 2\pi r d\rho h. \quad (1.33)$$

Інтегруючи вираз (1.33) у межах робочої поверхні мембрани (від R до r), отримаємо повне зусилля, яке діятиме на шайбу:

$$P_1 = \int_r^R \frac{R-\rho}{R-r} 2\pi r d\rho h = \frac{2\pi h}{R-r} \cdot \left[\left(\frac{R^3}{2} - \frac{Rr^2}{2} \right) - \left(\frac{R^3}{3} - \frac{r^3}{3} \right) \right]. \quad (1.34)$$

Виразивши значення радіусів через діаметри, отримаємо:

$$P_1 = \frac{\pi h}{3} \cdot \left(\frac{D_m^2}{4} + \frac{D_m d_{ш}}{4} - \frac{d_{ш}^2}{2} \right), \quad (1.35)$$

де D_m – діаметр мембрани, мм;

$d_{ш}$ – діаметр шайби, мм.

Крім того, на шайбу та стрижень діє зусилля

$$P_2 = \frac{\pi d_{ui}^2}{4} h . \quad (1.36)$$

Повне зусилля, що передається від мембрани на стрижень, становить

$$P = P_1 + P_2 = \frac{\pi h}{12} \cdot (D_m^2 + D_m d_m + d_{ui}^2) . \quad (1.37)$$

Позначивши відношення d_{ui}/D_m через θ та винісши D_m^2 за дужки, отримаємо:

$$P = \frac{1 + \theta + \theta^2}{3} \cdot \frac{\pi D_m^2}{4} h . \quad (1.38)$$

Отже, шуканий коефіцієнт:

$$K_0 = \frac{1 + \theta + \theta^2}{3} . \quad (1.39)$$

Для конкретного пульсатора, в якого $D_m=45$ мм, а $d_{ui}=38$ мм,

$$K_0 = \frac{1 + 38/45 + (38/45)^2}{3} = 0,085 . \quad (1.40)$$

Під час розрахунку перехідних процесів у регуляторах, в яких, як і в пульсаторах, використовують еластичні мембрани зі шкіри, гуми та інших матеріалів, користуються коефіцієнтом активності, який значно відрізняється від попередніх:

$$K_0 = \frac{\frac{1}{3} + \theta + \theta^2}{1 + 2\theta + \theta^2} . \quad (1.41)$$

Підставивши у формулу (1.42) $D_m=45$ мм і $d_{ui}=38$ мм, отримаємо:

$$K_0 = \frac{\frac{1}{3} + 38/45 + (38/45)^2}{1 + 2(38/45) + (38/45)^2} \approx 0,56 . \quad (1.42)$$

Як вказано в літературних джерелах, усі наведені формули ще недостатньо перевірені досвідом, у них не враховано якість матеріалу, товщину мембрани, можливість її прогину, що дійсно має вплив на тиск, що передається.

Пульсатор ДА-3М, що має мембрану з робочим діаметром $D_m=46$ мм, шайбу діаметром $d_u=38$ мм. і клапани діаметром $D_1=39$ мм та $D_2=12$ мм, працює з таким співвідношенням тактів: ссання 60% і стиск 40%. Відношення $t_1 : t_2 = 60 : 40 = 1,5$. Розрахунок цього ж співвідношення за формулою (1.31) дає:

$$t_1 : t_2 \approx 0,83 . \quad (1.43)$$

Якщо порівняти співвідношення тактів (0,83) до реально існуючого в пульсаторі (1,5), то отримаємо $0,83 : 1,5 \approx 0,55$. Це майже збігається зі значенням коефіцієнта активності мембрани $K_0=0,56$. Тому остаточно формулу для практичного розрахунку пульсаторів цього типу можна записати в такому вигляді [45]:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{1,5}{0,83} \left[0,93 \frac{\ln \frac{D_m^2 - D_2^2}{D_m^2 - D_1^2}}{\ln \frac{D_1^2}{D_2^2}} + 0,36 \right] = 1,67 \frac{\ln \frac{D_m^2 - D_2^2}{D_m^2 - D_1^2}}{\ln \frac{D_1^2}{D_2^2}} + 0,65 . \quad (1.44)$$

Вищевказаними теоретичними розрахунками та експериментально дослідженими коефіцієнтами і залежностями В.Ф. Корольов зробив великий внесок у подальший розрахунок і проектування пневмомембранних пульсаторів доїльних апаратів.

Розглянувши теоретичні засади розрахунку перехідних процесів у пульсаторах, які базуються на рівнянні Пуазейля перетікання рідини по довгому каналу, яке виведено за умови кругового перерізу, що в більшості випадків не відповідає конструктивному виконанню пульсаторів. Переважно виконання довгих каналів круглого перерізу є технологічно складним або недоцільним, тому їх виконують з квадратним або трикутним перерізами, як у пульсаторах АДУ-1, АДН-1 тощо. В існуючих теоретичних засадах також не розглянуто динаміку роботи клапана пульсатора.

У названих групах пульсаторів конструктивно не передбачене одночасне регулювання співвідношення тактів та ритму доїння. В дослідженнях [16] були проведено розрахунок силового аналіз роботи пульсатора.

1.4. Силовий аналіз роботи пульсатора

Якщо пульсатор попарного доїння виконати у вигляді двох окремих уніфікованих пульсаторів [16], засинхронізованих між собою за допомогою окремого клапана, то його вартість буде меншою внаслідок того, що відпаде потреба в освоєнні виробництва нового складного засобу та розміру партії, а надійність буде вищою внаслідок кращого тривалого відпрацювання і доведення конструкції та адаптації до виробничих умов [145,147].

Для визначення деяких параметрів пневмомембранного пульсатора попарної дії необхідно скласти і розв'язати рівняння рівноваги сил, які діють на клапани та мембрани [146]. Для складання рівняння рівноваги, значення векторів сил запишемо через різницю тисків, яка вкаже напрям дії вектора сили, в камерах пульсатора (рис. 1.33).

Сила, що діє на верхній клапан веденої секції пульсатора, складає

$$\bar{F}_{\text{вв}} = (P_3 - P_{2\text{в}}) \cdot \pi \cdot r_{\text{вв}}^2 \cdot \bar{i}, \quad (1.45)$$

де P_3 – атмосферний тиск, МПа;

$P_{2\text{в}}$ – тиск у робочій камері веденої секції, МПа;

$r_{\text{вв}}$ – радіус перепускного отвору верхнього клапана веденої секції, мм;

$\bar{i}$ – одиничний вектор, що вказує напрям осі.

Сила, що діє на нижній клапан веденої секції пульсатора, становить

$$\bar{F}_{\text{нв}} = (P_{2\text{в}} - P_1) \cdot \pi \cdot r_{\text{нв}}^2 \cdot \bar{i}, \quad (1.46)$$

де P_1 – тиск у камері постійного вакууму, МПа;

$r_{\text{нв}}$ – радіус перепускного отвору верхнього клапана веденої секції, мм.

Сила, що діє на шайбу подвійного клапана веденої секції пульсатора:

$$\bar{F}_{\text{шв}} = (P_{4\text{в}} - P_1) \cdot \pi \cdot r_{\text{шв}}^2 \cdot \bar{i}, \quad (1.47)$$

де $P_{4\text{в}}$ – тиск у керуючій камері, МПа;

$r_{\text{шв}}$ – радіус шайби подвійного клапана веденої секції, мм.

Сила, що діє на керуючий клапан пульсатора, дорівнює

$$\bar{F}_\kappa = (P_3 - P_{4\kappa}) \cdot \pi \cdot r_\kappa^2 \cdot \bar{i}, \quad (2.4)$$

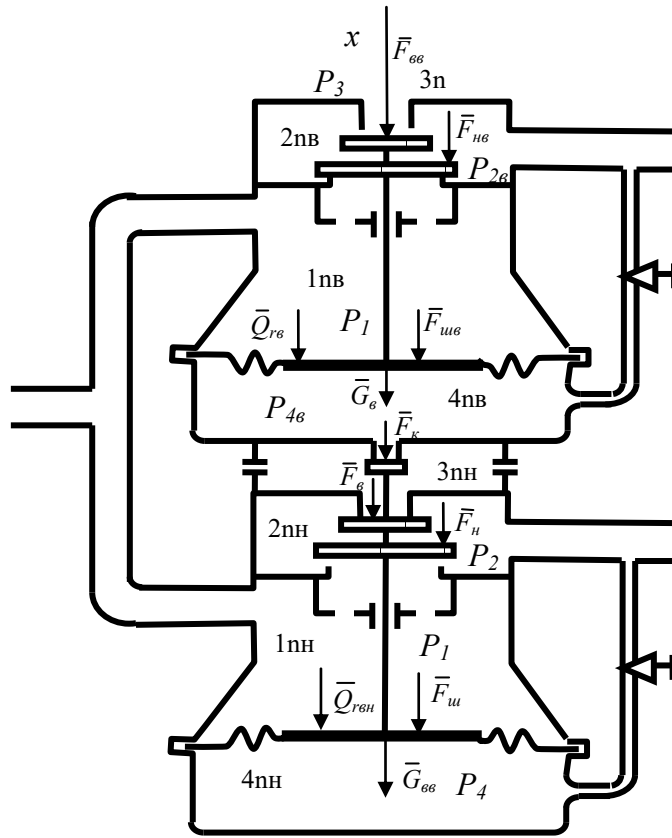


Рис. 1.33 – Розрахункова схема пневмомембранного пульсатора попарної дії.

де r_κ – радіус перепускного отвору керуючого клапана пульсатора, мм.

Сила, що діє на верхній клапан ведучої секції пульсатора:

$$\bar{F}_\kappa = (P_3 - P_2) \cdot \pi \cdot r_\kappa^2 \cdot \bar{i}, \quad (1.48)$$

де P_2 – тиск у робочій камері ведучої секції, МПа;

r_κ – радіус перепускного отвору верхнього клапана ведучої секції, мм.

Сила, що діє на нижній клапан ведучої секції пульсатора, становить

$$\bar{F}_\kappa = (P_2 - P_1) \cdot \pi \cdot r_\kappa^2 \cdot \bar{i}, \quad (1.49)$$

де r_κ – радіус перепускного отвору верхнього клапана веденої секції,

мм.

Сила, що діє на шайбу подвійного клапана ведучої секції пульсатора, дорівнює

$$\bar{F}_{ш} = (P_4 - P_1) \cdot \pi \cdot r_{ш}^2 \cdot \bar{i}, \quad (1.50)$$

де P_4 – тиск у керуючій камері ведучої секції, МПа;

$r_{ш}$ – радіус шайби подвійного клапана веденої секції, мм.

Вага блока клапанів веденої секції пульсатора становить

$$\bar{G}_e = m_e \cdot g \cdot \bar{i}, \quad (1.51)$$

де m_e – маса блока клапанів веденої секції пульсатора, кг.

Вага блока клапанів ведучої секції пульсатора:

$$\bar{G}_{ев} = m_{ев} \cdot g \cdot \bar{i}, \quad (1.52)$$

де $m_{ев}$ – маса блока клапанів ведучої секції пульсатора, кг.

Рівняння рівноваги сил пневмомембранного пульсатора попарної дії буде мати такий вигляд:

$$\bar{F}_{ев} + \bar{F}_{нв} + \bar{F}_{шв} + \bar{F}_к + \bar{F}_в + \bar{F}_н + \bar{F}_{ш} + \bar{G}_в + \bar{G}_{ев} + \bar{Q}_{rv} + \bar{Q}_{rvн} = 0. \quad (1.53)$$

У рівняння рівноваги пневмомембранного пульсатора входять реакції мембрани Q_{rv} і $Q_{rvн}$, які в існуючих теоретичних дослідженнях визначені з значними припущеннями, які можуть вплинути на результати розрахунку. Тому це питання потребує додаткових досліджень.

1.5. Визначення циліндричної жорсткості мембрани

У методиках розрахунку пневмомембранних пульсаторів при розв'язуванні рівнянь рівнодії сил реакцію мембрани приймають за дослідними даними [16,142,144], що не відображає дійсної характеристики роботи пульсатора.

Виникає необхідність розробки методики розрахунку пневмомембранних пульсаторів з визначенням дійсної реакції мембрани при дії на неї різного роду розподіленого навантаження та визначення внутрішніх силових факторів, що виникають у мембрані від цього навантаження, отримало подальше теоретичне уточнення у працях [16,143].

Розглянемо мембрану, на яку діє розподілене навантаження q і q_1 (рис. 1.34).

Функції прогинів мембрани $W_1(\rho)$, $W_2(\rho)$ в областях 1 і 2 відповідно, через які виражаються кути повороту елементів, нормальних до середньої поверхні, та внутрішні силові фактори: згинальні моменти M_r , M_θ та поперечна сила Q_r – будуть мати вигляд:

за умови $\beta \leq \rho \leq 1$:

$$W_1 = C_1 + C_2 \ln \rho + C_3 \rho^2 + C_4 \rho^2 \ln \rho + \gamma \rho^4, \quad (1.54)$$

де $\gamma = \frac{q_1 a^2}{64 \chi},$

$\beta = \frac{b}{a}$ – безрозмірна радіальна координата;

$\rho = \frac{r}{a}$ – безрозмірна радіальна координата;

за умови $0 \leq \rho \leq \beta$ маємо

$$W_2 = A_1 + A_2 \ln \rho + A_3 \rho^2 + A_4 \rho^2 \ln \rho. \quad (1.55)$$

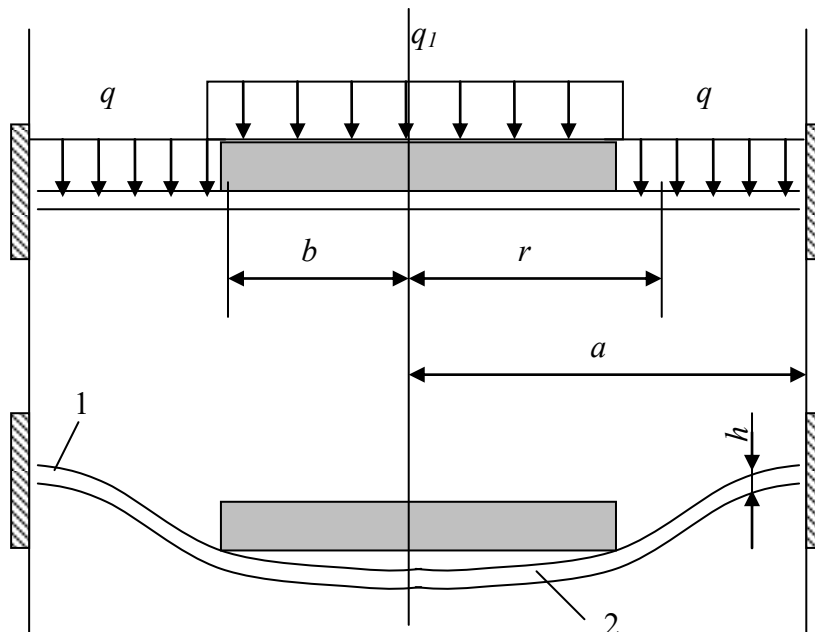


Рис. 1.34 Розрахункова схема мембрани

Кут, який утворює дотична до зігнутої серединної поверхні мембрани в радіальному напрямі, та кривизна в цьому ж напрямі матимуть вигляд:

$$\varphi = \frac{dW}{dr} = \frac{1}{a} \left(\frac{A}{\rho} + 2B\rho + H(2\rho \ln \rho + 1) + 4\gamma\rho^3 \right), \quad (1.56)$$

$$\frac{d^2W}{dr^2} = \frac{1}{a^2} \left(-\frac{A}{\rho^2} + 2B + H(2 \ln \rho + 3) + 12\gamma\rho^2 \right). \quad (1.57)$$

Оператор Лапласа матиме такий вигляд:

$$\Delta = \frac{d^2W}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dW}{dr} = \frac{1}{a^2} (4B + H(4\rho \ln \rho + 4) + 16\gamma\rho^2). \quad (1.58)$$

Тоді згинальний момент:

$$M_r = -\chi \left(\frac{d^2W}{dr^2} + \mu \frac{1}{r} \frac{dW}{dr} \right) = -\frac{\chi}{a^2} \left(\frac{(\mu-1)A}{\rho^2} + 2(1+\mu)B + H(2(1+\mu) \ln \rho + 3 + \mu) + 4(3+\mu)\gamma\rho^2 \right). \quad (1.59)$$

Поперечна сила в мембрані:

$$Q_r = -\chi \frac{d\Delta}{dr} = -\frac{\chi}{a^3} \left(\frac{4H}{\rho} + 32\gamma\rho \right), \quad (1.60)$$

а момент:

$$M_\theta = -\chi \left(\frac{1}{r} \frac{dW}{dr} + \mu \frac{d^2W}{dr^2} \right) = -\frac{\chi}{a^2} \left(\frac{(1-\mu)A}{\rho^2} + 2(1+\mu)B + H(2(1+\mu) \ln \rho + 1 + 3\mu) + 4(3\mu+1)\gamma\rho^2 \right), \quad (1.61)$$

де χ – циліндрична жорсткість мембрани:

$$\chi = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}, \quad (1.62)$$

де h – товщина мембрани, м;

E – модуль Юнга, Па;

μ – коефіцієнт Пуассона.

У формулах (1.56 – 1.62) за умови, якщо $W=W_1$, то $A=C_2$, $B=C_3$, $H=C_4$, а якщо $W=W_2$, то відповідно $A=A_2$, $B=A_3$, $H=A_4$, $\gamma=0$.

Невідомі сталі в рівняннях (2.11), (2.12) C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , A_1 , A_2 , A_3 , A_4 знаходимо з граничних умов:

1) на зовнішньому контурі $\rho=1$. Оскільки мембрана жорстко затиснена, то $W_1=0$ і $\frac{dW_1}{dr}=0$, крім того, з умови рівноваги:

$$Q_r^{(1)} \cdot 2\pi a = q_1 \pi b^2 + q(\pi a^2 - \pi b^2);$$

2) у разі $\rho \rightarrow 0$, W_2 – скінченний прогин, $Q_r^{(2)} = 0$;

3) у разі $\rho = \beta = \frac{b}{a}$; $W_1 = W_2$; $\frac{dW_1}{dr} = \frac{dW_2}{dr}$; $M_r^{(1)} = M_r^{(2)}$.

Цих умов достатньо для визначення довільних сталих C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , A_1 , A_2 , A_3 , A_4 .

Запишемо відповідні рівняння:

$$C_1 + C_3 + \gamma = 0; \quad (1.63)$$

$$C_2 + 2C_3 + C_4 + 4\gamma = 0; \quad (1.64)$$

$$-\frac{\chi}{a^3}(4C_4 + 32\gamma) = \frac{q_1 b^2 + q(a^2 - b^2)}{2a}; \quad (1.65)$$

$$\rho \rightarrow 0 \quad W_2 = \text{const} < \infty \Rightarrow A_2 = 0; \quad (1.66)$$

$$Q_r = -\frac{\chi}{a^3} \left(\frac{4A_4}{\rho} \right) \Rightarrow 0 \Rightarrow A_4 = 0; \quad (1.67)$$

$$C_1 + C_2 \ln \beta + C_3 \beta^2 + C_4 \beta^2 \ln \beta + \gamma \beta^4 = A_1 + A_3 \beta^2; \quad (1.68)$$

$$\frac{C_2}{\beta} + 2C_3 \beta + C_4 (2\beta \ln \beta + \beta) + 4\gamma \beta^3 = 2A_3 \beta; \quad (1.69)$$

$$-\frac{C_2}{\beta^2} + 2C_3 + C_4 (2 \ln \beta + 3) + 12\gamma \beta^2 = 2A_3. \quad (1.70)$$

Із рівнянь (1.63 – 1.70) знаходимо сталі:

$$C_4 = -8\gamma - \frac{q_1 b^2 + q(a^2 - b^2)}{8\chi} a^2; \quad (1.71)$$

$$C_3 = -2\gamma - \left(\frac{1 + \beta^2}{2} \right) C_4 - 2\gamma\beta^4; \quad (1.72)$$

$$C_2 = \beta^2 C_4 + 2\gamma\beta^4; \quad (1.73)$$

$$C_1 = \gamma + \left(\frac{1 + \beta^2}{2} \right) C_4 + 2\gamma\beta^4; \quad (1.74)$$

$$A_3 = -2\gamma + C_4 \left(\ln \beta + \frac{1 + \beta^2}{2} \right) - \gamma\beta^4 + 4\gamma\beta^2; \quad (1.75)$$

$$A_1 = \gamma + C_4 \left(\frac{1 + \beta^2 (2 \ln \beta - 1)}{2} \right) + \gamma\beta^4 (2 \ln \beta - 0,5). \quad (1.76)$$

Далі можна обчислити переміщення (прогин) будь-якої точки мембрани, внутрішні силові фактори M_r , M_θ , Q_r і напруження [144; 146]. Максимальні нормальні напруження в радіальному та поперечному напрямках відповідно:

$$\sigma_r^{\max} = \frac{6M_r}{h^2}, \quad (1.77)$$

$$\sigma_\theta^{\max} = \frac{6M_\theta}{h^2}. \quad (1.78)$$

Максимальне дотичне напруження в нейтральному шарі:

$$\tau_{rz}^{\max} = \frac{3}{2} \frac{Q_r}{h}. \quad (1.79)$$

Результати розв'язку рівнянь (1.54 – 1.61) дозволяють визначити геометричні параметри мембрани, а також переміщення клапана пульсатора відносно сідла. Визначення внутрішніх силових факторів M_r , M_θ , Q_r досте змозгу точніше визначити витрати енергії на роботу мембранних пульсаторів, а також необхідні фізичні характеристики матеріалів мембрани.

Запропоновану методику розрахунку можна використовувати під час розрахунку інших вузлів машин, які мають у конструкції мембрани або тонкі пластини, що сприймають зовнішні навантаження.

Розподілене навантаження на мембрану необхідно визначити через різницю тисків, які будуть у відповідних камерах пульсатора, а їх значення залежатимуть від пропускної здатності каналу, що з'єднує ці камери. Виникає необхідність в уточненні розрахунків пропускної здатності каналів з різним геометричним перерізом.

Встановлені закономірності [16] протікання процесів відкачування і наповнення повітрям камер змінного вакуумметричного тиску системи "доїльний стакан-пульсатор", які дають змогу розраховувати час переходу останньої від такту стиску до такту ссання і від такту ссання до такту стиску.

Тривалість наповнення повітрям камер змінного вакуумметричного тиску системи „доїльний стакан - пульсатор" до атмосферного тиску:

$$t = \frac{1}{n} \cdot \frac{2n}{1-n} \left(1 - \sqrt[n]{\left(\frac{P_i}{P_A} \right)^{\frac{1-n}{n}}} \right) \cdot \frac{V}{S_{пер} \psi_i} \cdot \sqrt{\frac{\rho_A}{P_A}},$$

Розділ другий

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ ПНЕВМОМЕМБРАННОГО ПУЛЬСАТОРА ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА ПОПАРНО-КОМБІНОВАНОГО ТИПУ

2.1. Обґрунтування конструктивної схеми пневмомембранного пульсатора з попарно-комбінованим режимом, побудованого на базі уніфікованого доїльного апарата

Дослідження процесу доїння існуючими доїльними апаратами з різними режимами дії доїльних стаканів на дійки (в подальшому режим роботи доїльного апарата) направлені на виявлення загальних закономірностей з метою обґрунтування оптимальних параметрів та режимів роботи доїльного апарата, які б дозволили підвищити стимулюючу здатність апарата, рівномірність та повноту видоювання, зберігати високу інтенсивність виведення молока з мінімальним впливом на здоров'я тварини. При аналізі режимів роботи апарата велике значення приділяється обґрунтуванню частоти пульсів та співвідношення тактів, забезпечення величини вакуумметричного тиску в піддійковому просторі з стабільним значенням.

Експериментальні дослідження [4,5,12,14,22,26,34] по доїнню корів показали, що режим роботи апарата з різними параметрами між парами долей вимені в певних межах вигідно в плані рівномірного видоювання долей вимені з різною молокоутворюючою функцією, це підтверджують і результати виробничих досліджень [18,44]. Режим попарної дії доїльних стаканів по результатам досліджень з зміною співвідношення тактів на 10 - 15% і частоти пульсів на 30 - 40% між парами долей, коли такти режиму змінюються в протифазі, сприяє одночасному виведенню молока. Слід відмітити, що незначна зміна частоти пульсів між парами сприяє додатковому стимулюванню гладко-м'язової системи вимені корови. Останнє значно зменшує тривалість адаптації тварини до зміни режиму виведення молока від механічної дії доїльного апарата.

Доїння частіше проходить в сталому режимі з одночасною та попарною дією виконавчих пристроїв (доїльних стаканів). При цьому, відмінності між режимами можна створювати зміною параметрів роботи пар доїльних стаканів за допомогою керуючого пристрою (пульсатор). Параметри: співвідношення тактів та частота пульсів відрізняються між собою впливом на рівень інтенсивності молоковиведення.

Блок-схема доїльного апарата (рис. 2.1) складається з керуючого блоку та розподільчих ланок, чотирьох виконуючих та одного збірного пристрою, живильних та транспортуючих магістралей.

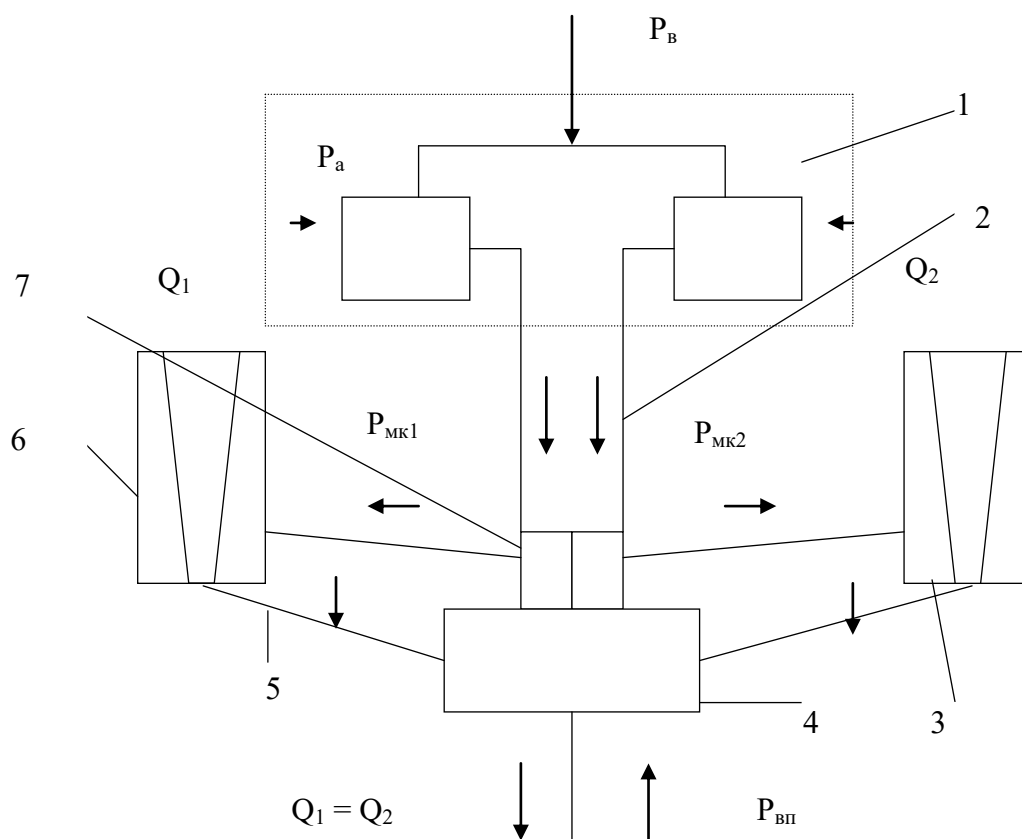


Рис. 2.1 - Блок-схема моделі доїльного апарата:

1 – блок керуючих ланок; 2 – вакуумні шланги, 3, 6 – виконавчі пристрої (доїльні стакани), 4 – збірний пристрій, 5 – молочна трубка, 7 – розподільник.

Графоаналітичну модель (табл. 2.1) загальновідомих та запропонованого режимів роботи доїльних апаратів можна розглядати як зміну параметрів між парами виконавчих пристроїв.

Одночасну дію доїльних стаканів на дійки тварини можна промодельовувати як результат попарної дії, коли параметри однакові і змінюються одночасно в парах, керуючі ланки яких працюють синхронно. Згідно схеми зміна параметрів блоку керуючого пристрою відбувається індивідуально пульсаторами для кожної пари доїльних стаканів. Кінцевими параметрами режимів будуть кількість, рівномірність та інтенсивність виведеного молока,

В першому випадку параметри однакові за величиною і одночасно змінюються в обох парах доїльних стаканів, то виникає режим роботи з одночасною дією їх на дійки вимені корови. Виведення молока в обох парах доїльних стаканів співпадає з тактами ссання, назвемо їх фазою одночасних тактів ссання (t_{fco}).

Під фазою розуміють тривалість однойменної дії виконуючих пристроїв доїльного апарата.

Розглянемо випадок, коли однакові параметри протікають між парами в протифазі - виникає режим роботи доїльного апарата попарної дії з зміщенням тактів на 180° , співвідношення тактів між парами однакове. Виведення молока проходить в такт ссання із однієї з пар дійок (t_{fc1} , t_{fc2}) відповідно в другій парі дійок проходить такт стиску. Протягом 1-го пульсу тривалість ссання співпадає з тривалістю пульсу.

У випадку, коли співвідношення тактів між парами долей вимені величина неоднакова, зміна тактів між парами проходить зі зміщенням на 180° та пульсів одночасно. Тривалість ссання в одній з пар більша при однаковій тривалості пульсу (t_{fc1} , t_{fc2}). На думку [8,14,44] - це сприяє виведенню молока одночасно з долей вимені, які мають різну його кількість. Виведення молока проходить, коли такти ссання відбуваються в кожній парі (t_{fc1} , t_{fc2}) але різні за тривалістю. Створюються умови одночасного виведення молока за

рахунок зміни тривалості такту ссання до такту стиску в парах доїльних стаканів.

Вище вказані режими характеризують синхронну дію параметрів на пари виконавчих пристроїв.

Отже, синхронний режим характеризується одночасною зміною параметрів в парах доїльних стаканів. Фази синхронного режиму змінюються протягом i -го пульсу, мають незмінний характер подразнень на дійки та вим'я протягом часу доїння,

У випадку одночасної зміни частоти пульсів для кожної пари доїльних стаканів виникає режим їх роботи з різною тривалістю пульсів i , відповідно, тривалістю тактів ссання та стиску в них. При цьому, виведення молока проходить в фазах одночасного ссання та почергового ссання із пар на проміжку циклу. Тривалість останніх в пульсах циклу різна за величиною. P_{i0} пульсом циклу розуміємо тривалість одного пульсу на протязі якого фази молоковиведення змінюються (n_u).

Фаза одночасного ссання (t_{fco}) складається з одночасної тривалості такту ссання в обох парах доїльних стаканів. За тривалістю (t_{fco}) співпадає з тривалістю такту ссання для пари доїльних стаканів з більшою частотою пульсів. Фаза ссання пари дійок складається з залишкової тривалості такту ссання в парі дійок, на яку діють доїльні стакани з більшою тривалістю ссання (t_{fc1}, t_{fc2}) і початкового протікання такту ссання в парі стаканів з більшою частотою пульсів ($t_{n1} - t_{n2}$). Протягом i -х пульсів циклу вказані фази змінюються за тривалістю в межах певного проміжку часу, що складає тривалість одного циклу. Після цього цикл повторюється. Тривалість циклу за величиною значно більше тривалості пульсу останнього. Проміжок часу між початком і кінцем одночасного протікання тактів в обох парах виконавчих пристроїв, коли фазові зміни набувають однакового значення, називається циклом (Тц). Складнішим в технічному вирішенні є режим з одночасною зміною частоти пульсів та співвідношення тактів між парами доїльних стаканів. Він зберігає загальні характерні зміни вище описаного режиму.

Загальним для вказаних режимів є їх асинхронність за дією на долі вимені на протязі циклу. Асинхронний режим характеризується неодноразовою зміною величини параметрів в парах доїльних стаканів i -го пульсу циклу, Змінний характер фаз в i -му пульсі на проміжку циклу створює додаткові неоднакові коливання між парами дійок, що сприяє додатковому подразненню останніх. Одночасно подразнення, які створюються парою доїльних стаканів зберігають постійний характер.

На всіх режимах має місце фаза дії виконавчих пристроїв, коли молоко не виводиться, що відповідає одночасному протіканню тактів стиску в обох парах виконавчих пристроїв ($t_{фсм}$).

Моделювання процесу виведення молока за проміжок часу доїння кривою виходу дає можливість визначити інтенсивність режиму роботи доїльного апарата за оптимальними параметрами. Отже можна припустити, що площа, яка утворюється між кривою $Q_p = q \cdot f(t)$ та лінією абсцис, характеризує кількісну величину виведеного молока з певним режимом роботи доїльного апарата:

$$Q_i = q \cdot t_{фс}, \quad (2.1)$$

де q - інтенсивність виведення молока, кг/хв;

$t_{фс}$ - тривалість фази ссання, с.

В режимі з попарно-комбінованою дією виконавчих пристроїв на пари дійок вимені вказана площа більша за площу, яка утворюється кривою попарної дії зі зміщенням фаз між парами дійок і наближається за величиною до площі, яка характеризує режим одночасної дії.

Асинхронний режим попарно-комбінованої дії [39] порівняно з останніми варіантами дії доїльних стаканів має суттєву перевагу, а саме рівномірний характер виведення молока і наближається за своїм характером до попарної дії зі зміщенням тактів на 180° та зберігає досить високу інтенсивність виведення молока, що характерно для одночасної дії доїльних стаканів. Величина результуючого виходу молока для синхронних режимів

змінюється тільки протягом тривалості пульсу та зберігає, при цьому, постійну кількість подразнень дійок. Для асинхронного режиму характер подразнення змінюється на проміжку кожного із пульсів в циклі та повторюється в наступних циклах. Останнє є однією з причин створення додаткових подразнень доїльним апаратом.

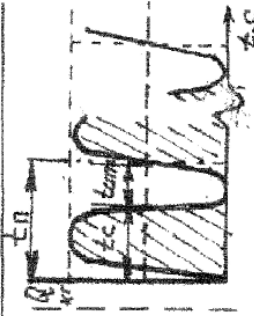
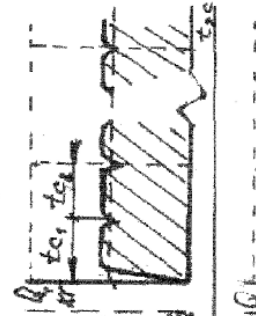
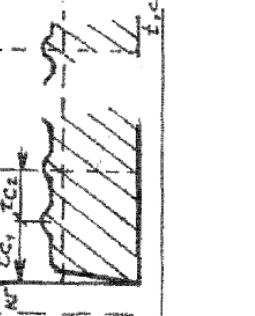
Для реалізації вище обґрунтованого попарно-комбінованого режиму роботи розроблена конструкційно-функціональна схема апарата (рис. 2.1). Апарат включає доїльні стакани 3, колектор 1, пульсатор 5. Вказані вузли відповідно з'єднані між собою трубками та шлангами. Доїльні стакани апарата двокамерні і по конструкції аналогічні стаканам апарата АДУ-1. Конструктивно-функціональна схема колектора апарата забезпечує, незалежну одна від одної, роботу пар доїльних стаканів. Досягнуто це шляхом введення в розподільник 2 додаткової камери, що дало змогу приєднувати окремо кожну пару стаканів до своєї камери.

Особливе значення в апараті відіграє пульсатор 5, який забезпечує попарно-комбінований режим роботи. Пульсатор включає два генератори імпульсів, кожен з яких приєднується через розподільчу камеру колектора до окремої пари доїльних стаканів. Генератори імпульсів працюють з різними частотами пульсації, величини яких регулюються дросельними пристроями. Співвідношення тактів ссання і стиску в обох генераторах імпульсів однакова.

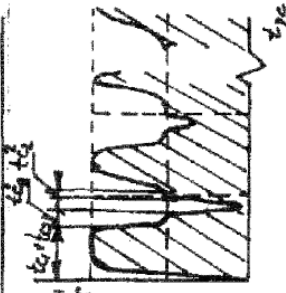
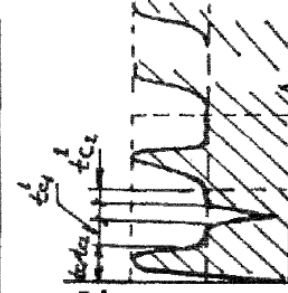
Конструкція пульсатора виконана таким чином, що протягом одного циклу в доїльних стаканах відбуваються фази одночасних тактів ссання та стиску, фази тактів ссання в одній із пар стаканів при стиску в іншій.

Таким чином, розроблена конструкція доїльного апарата забезпечує виведення молока з вимені в попарно-комбінованому режимі, при якому в першій половині кожного циклу роботи в обох парах доїльних стаканів відбуваються фази одночасних тактів ссання та стиску, а в другій половині циклу - фази тактів ссання в одній із пар стаканів при стиску в іншій.

Таблиця. 2.1. — Порівняльний аналіз режимів роботи доїльних апаратів

Тип доїльного апарата	Порядок дій виведення частоти пульсів	Зміщення тактів між парами тактів	Фази		Кількість виведеного молока за один цикл	Циклограма
			виведення молока	стиску		
Синхронний	$n_1 = n_2$ const	$\lambda_1 = \lambda_2 > 1$ $tc_1 > tc_1, 2$ $tc_1 > tc_2$	тфсо	тфсп	$Q_p = 4 q_1 \cdot \sum_{i=1}^{i=N} tc_i$	
Попарний з зміщенням робочих тактів між парами	$n_1 = n_2$ const	$\lambda_1 = \lambda_2 = 1$ $tc_1 = tc_1, 1$ $tc_1 = tc_1, 2$	-	тфсп1 тфсп2	$Q_p = 2 q_1 \cdot \sum_{i=1}^{i=N} tc_i$ $Q_1 = 2 q_1 \cdot \sum_{i=1}^{i=N} tc_i$ $Q_2 = 2 q_2 \cdot \sum_{i=1}^{i=N} tc_i$	
Парний	$n_1 = n_2$ const	$\lambda_1 \neq \lambda_2$ $tc_1 > tc_1, 1$ $tc_2 \geq tc_1, 2$	-	тфсп1 тфсп2	$Q_p = 2 q_1 \cdot \sum_{i=1}^{i=N} (tc_1 + tc_2)$ $Q_1 = 2 q_1 \cdot \sum_{i=1}^{i=N} tc_1$ $Q_2 = 2 q_2 \cdot \sum_{i=1}^{i=N} tc_2$	

Продовження табл.2.1

Тип	Порядок	Зміщення	Фази			Кількість виведеного молока за	Циклограма
			зведення	зведення	зведення		
доїльно-діл	вию-	тактів	зведення	зведення	зведення	денного молока за	заповнення
го ала-	навчих	частота	співвідношен-	між па-	стиску	1-у	2-у
рата	пристроїв	пульсів	ня тактів	рами	тфсп	парі	парі
					тфсп	камери	колектр.
		$n_1 \neq n_2$	$\lambda_1 = \lambda_2 > 1$				
А	попарний		$tc1 > tc2$	0°	tфс0 tфсп1 tфсп	$Q_p = 2q \cdot \sum_{i=1}^n f(t_{фсп})$	
С	з одночас	$n_2 > n_1$	$tc2 > tc1$		tфсп2	$Q_1 = 2q \cdot \sum_{i=1}^n t_{c1}$	
И	нов змі-		$tc1 \neq tc2$				
Н	нов час-		$tc1 \neq tc2$				
Х	тоти пульт.		$tc1 \neq tc2$			$Q_2 = 2q \cdot \sum_{i=1}^n t_{c2}$	
		$n_1 \neq n_2$	$\lambda_1 \neq \lambda_2 > 1$				
О	попарний		$tc2 > tc1$	0°	tфс0 tфсп1 tфсп	$Q_p = 2q \cdot \sum_{i=1}^n f(t_{фсп})$	
Н	з одночас		$tc2 > tc1$		tфсп2	$Q_1 = 2q \cdot \sum_{i=1}^n t_{c1}$	
Н	нов змі-	$n_2 > n_1$	$tc1 > tc2$				
И	нов често						
Й	ти пульсів						
1 співвідн.						$Q_2 = 2q \cdot \sum_{i=1}^n t_{c2}$	
тактів							

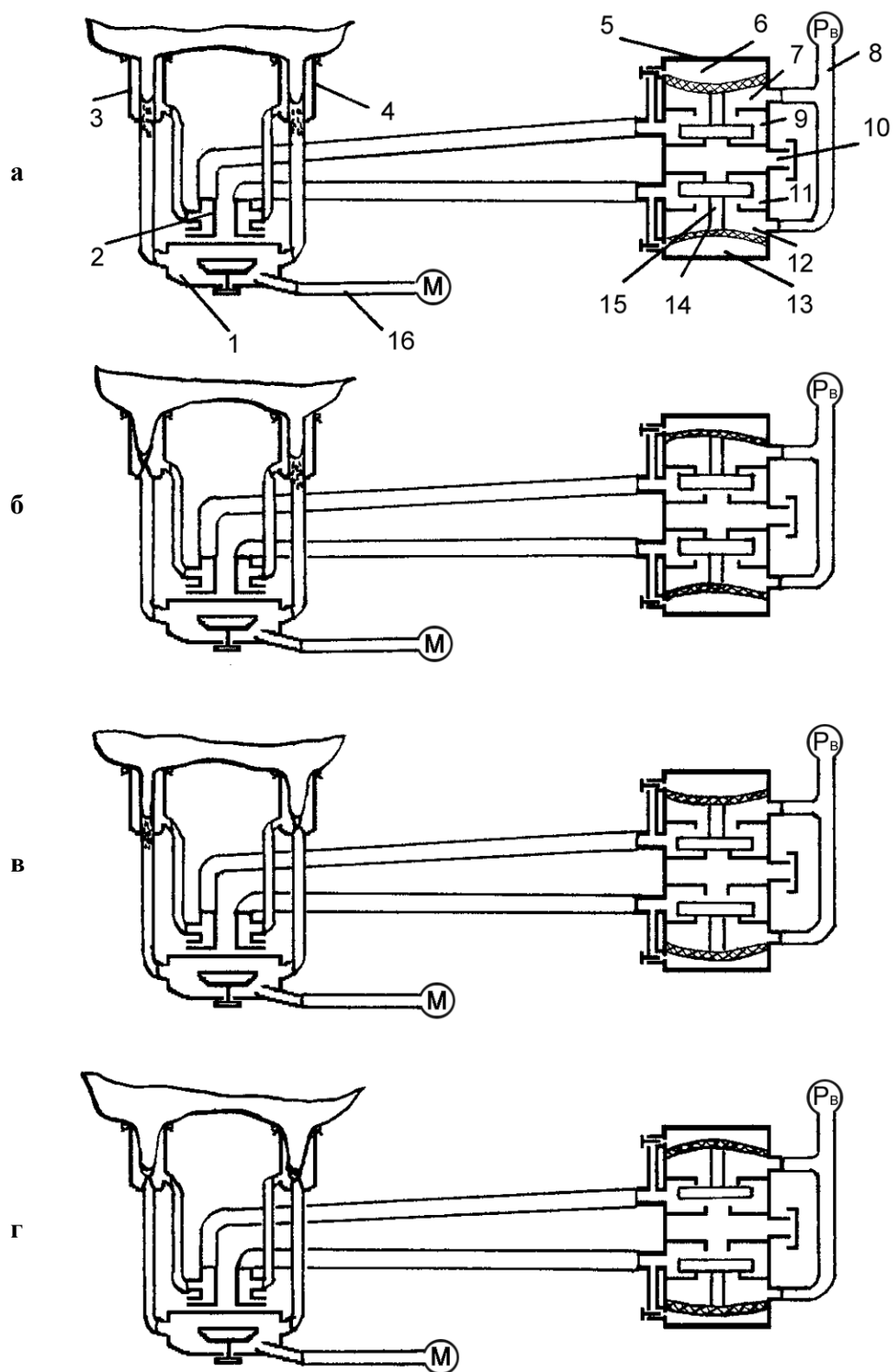


Рисунок 2.2 - Схема роботи доїльного апарата попарно-комбінованого типу:
 а, г – фази одночасних тактів ссання та стиску в обох парах доїльних стаканів;
 б, в – фази тактів ссання в одній із пар доїльних стаканів при стиску в іншій;
 1 – колектор, 2 – розподільник, 3, 4 – пари доїльних стаканів, 5 – пульсатор,
 6, 13 – камери керуючі, 7, 12 – камери постійного вакууму, 8 – вакуумпровід,
 9, 11 – камери змінного вакууму, 10 – камера атмосферного тиску, 14 – клапан,
 15 – мембрана, 16 - молокопровід

2.2 Теоретичний аналіз попарно – комбінованого режиму роботи доїльних стаканів

Попарно-комбінований режим роботи доїльного апарата характеризується зміною вакуумметричного тиску в камерах стаканів, характер якого поданий на циклограмі (рис. 2.2). Особливістю роботи такого доїльного апарата є те, що при однаковому співвідношенні тактів частота пульсацій різна в кожній парі доїльних стаканів. Для аналізу їх роботи кожній парі доїльних стаканів присвоюється свій порядковий номер.

Попарно-комбінований режим визначається умовою $n_1 \neq n_2$ та $n_2 > n_1$, відповідно:

$$t_{n1} \neq t_{n2} \quad (2.2)$$

Відповідно до рівняння

$$t_{n1} = t_{c1} + t_{cm1}; \quad (2.3)$$

$$t_{n2} = t_{c2} + t_{cm2}, \quad (2.4)$$

де t_{c1} , t_{cm1} – тривалість тактів ссання та стиску для першої пари доїльних стаканів, с;

t_{c2} , t_{cm2} – тривалість тактів ссання та стиску для другої пари стаканів, с.

Оскільки виведення молока з кожної пари дійок здійснюється за різним режимом, тому тривалість ссання різна, наприклад за умовою:

$$t_{c1} > t_{c2}.$$

Допустимо, що в якийсь момент в кожній парі доїльних стаканів початок тактів ссання відбувається одночасно. Різниця в тривалості першого пульсу між

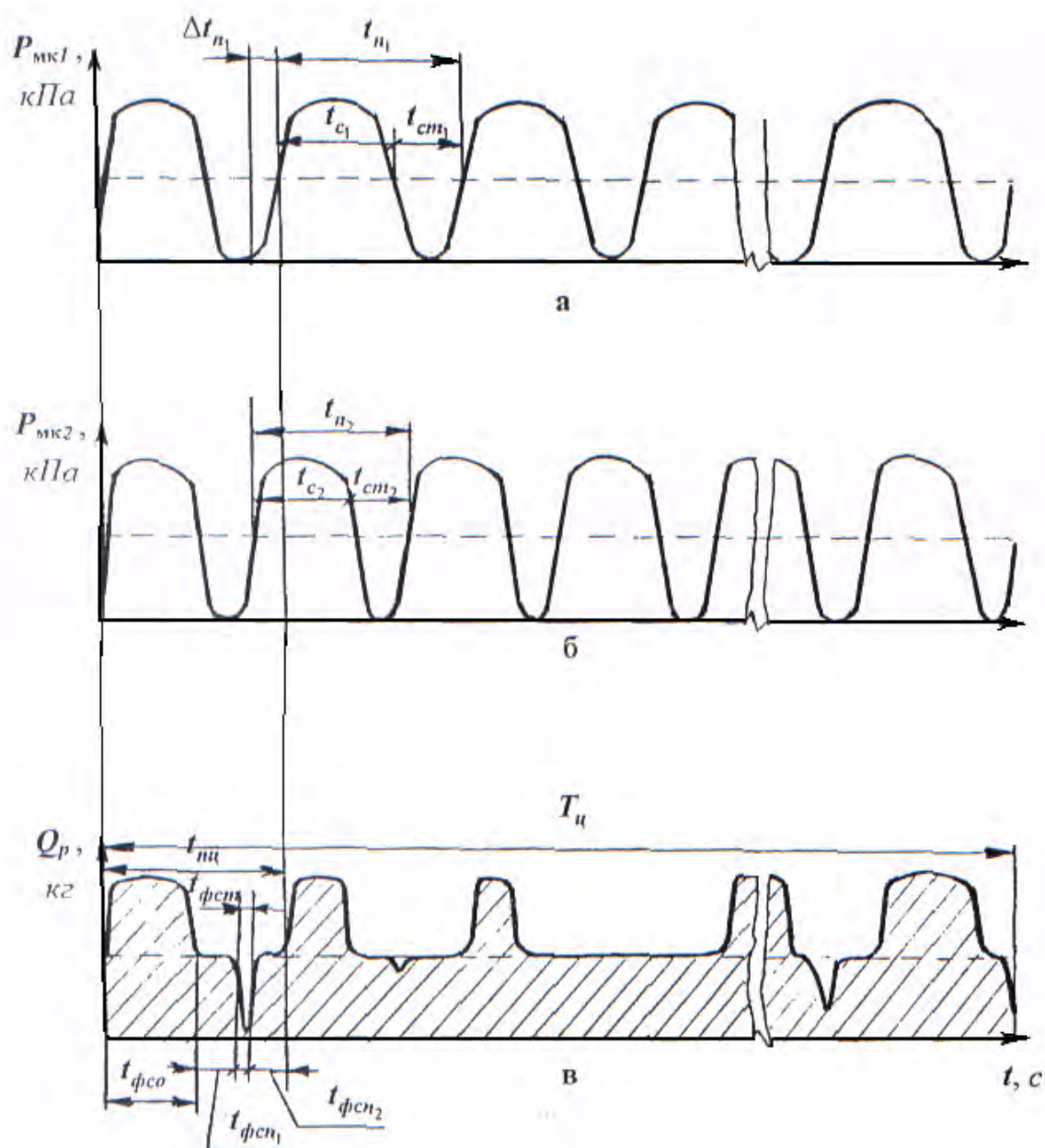


Рис. 2.2 Циклограма режиму роботи доїльного апарата попарно-комбінованого типу: а,б - зміна тисків в міжстінкових просторах пар доїльних стаканів, в - зміна кількості молока, що надходить в молокозбірну камеру колектора

виконавчими пристроями буде складати:

$$\Delta t = t_{n1} - t_{n2}. \quad (2.5)$$

Взаємозв'язок між різницями тривалостей та частотою пульсації в парах доїльних стаканів визначається за формулою

$$\Delta n = \frac{1}{t_{n2}} - \frac{1}{t_{n1}} = \frac{t_{n1} - t_{n2}}{t_{n2} t_{n1}} = \frac{\Delta t}{t_{n1} t_{n2}}. \quad (2.6)$$

Тривалість циклу T_u , в межах якого такти ссання чи стиску в обох парах доїльних стаканів починаються або закінчуються одночасно, визначається таким чином:

$$T_u = \kappa_2 \cdot t_{n1} = \kappa_1 \cdot t_{n2}, \quad (2.7)$$

де κ_1, κ_2 – кратність пульсів для першої та другої пар стаканів за час одного пульсу, яка дорівнює:

$$\left. \begin{aligned} \kappa_1 &= \frac{t_{n1}}{\Delta t} \\ \kappa_2 &= \frac{t_{n2}}{\Delta t} \end{aligned} \right\} \text{при } \kappa_1, \kappa_2 \in \mathbb{Z} \quad (2.8)$$

де $\mathbb{Z}$ – ціле число

З рівняння (2.8) з урахуванням залежностей (2.7) отримаємо загальний вираз тривалості циклу:

$$T_u = \frac{t_{n1} t_{n2}}{\Delta t} \quad (2.9)$$

Отже тривалість циклу залежить від величини різниці частоти пульсації між парами доїльних стаканів і значно менша від тривалості пульсу в парі.

Графічно ця залежність для різних значень n_1 та n_2 подана на рис. 2.3. На вказаному графіку можна виділити основні зони зміни за величиною та її приростом. Максимальне значення тривалості і її зміни досягається у зоні (А)

$\Delta n = 0...0,05$ Гц, що наближається до одночасної дії доїльних стаканів. Несуттєва зміна величини тривалості циклу до відповідного її приросту знаходиться у зоні (С) $\Delta n = 0,3...0,5$ Гц, яка характеризується зміною тривалості циклу на проміжку двох-трьох циклів, що створює несуттєві стимулюючі подразнення. Враховуючі, що у виробничих умовах мембранні пульсатори мають похибку за частотою пульсів $\pm 0,08$ Гц для подальшого дослідження вибираємо зону (Б) зі зміною параметрів апарата у межах $\Delta n = 0,1...0,3$ Гц. У вказаній зоні зміна величин тривалості циклу та його приросту значно рівномірніша.

Частота циклів асинхронного режиму доїльного апарата визначається залежністю:

$$n_{\text{ц}} = \frac{\Delta t}{t_{n1} t_{n2}}. \quad (2.10)$$

Одержані аналітичні залежності основних параметрів режиму роботи доїльних апаратів з попарно-комбінованою дією (різниця частоти пульсації, кількість пульсів та тривалість циклу) свідчать про певну аналогічність підходів до їх визначення з доїльними апаратами одночасної чи попарно-синхронної дії.

В процесі роботи доїльного апарата попарно-комбінованого типу протягом одного циклу в доїльних стаканах будуть мати місце (чергуватися) такі фази: одночасний такт ссання в обох парах, такт ссання в одній із пар і такт стиску в іншій, такт стиску одночасно в обох парах. При цьому тривалість одного циклу попарно-комбінованого режиму роботи доїльних стаканів складе:

$$T_{\text{ц}} = (T_{\text{фсо}} + T_{\text{фсп}} + T_{\text{фсм}}), \quad (2.11)$$

де $T_{\text{фсо}}$, $T_{\text{фсп}}$, $T_{\text{фсм}}$ – загальна тривалість фаз відповідно одночасного такту ссання в обох парах, такту ссання в одній при стиску в іншій парі та одночасного такту стиску в обох парах доїльних стаканів в межах циклу, с.

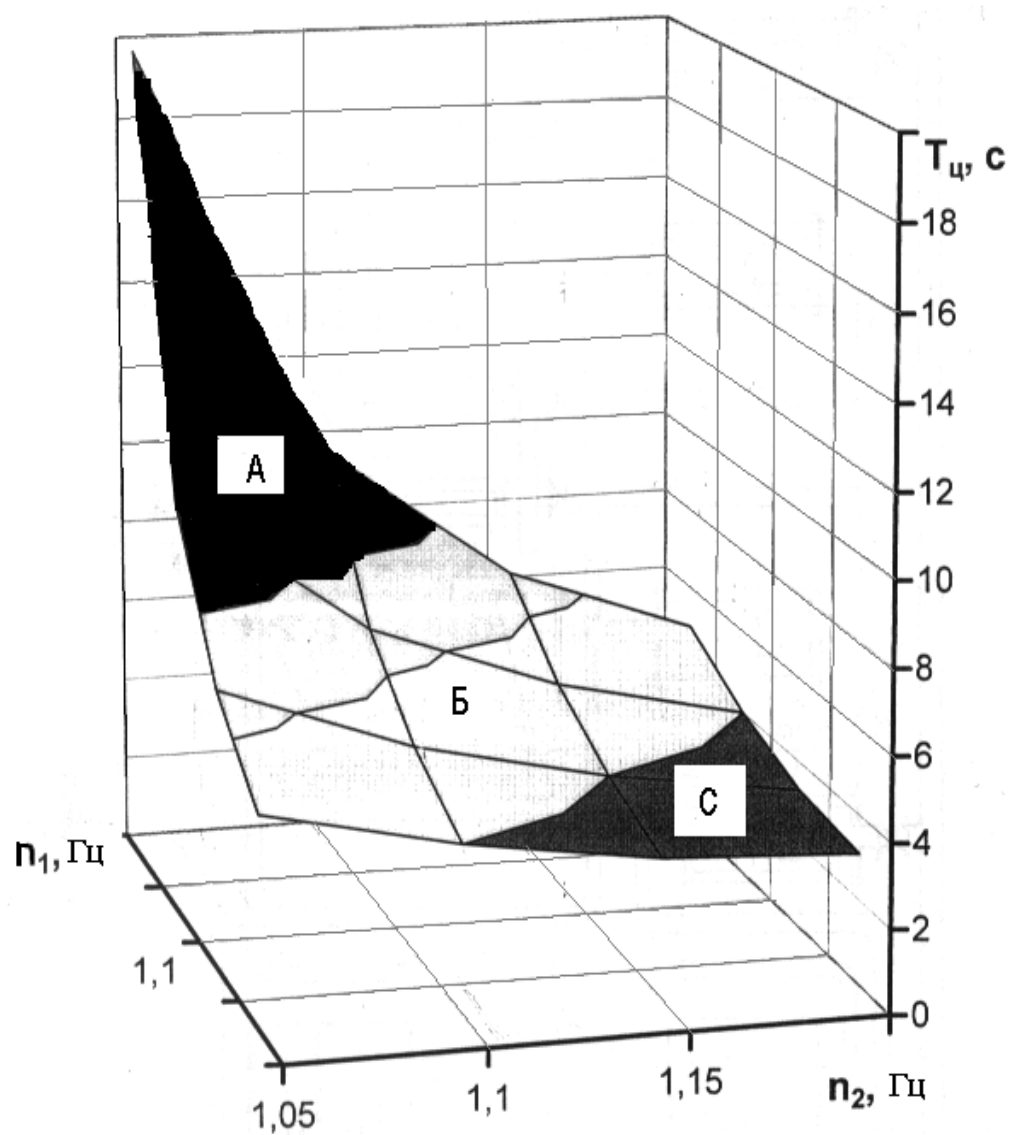


Рис. 2.3 Залежність тривалості циклу від зміни частоти пусцяї між парами доільних стаканів апарата

Співвідношення фаз ссання до фаз стиску в межах циклу визначається залежністю:

$$\lambda_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{фсо}} + T_{\text{фсп}}}{T_{\text{фсм}}} \quad (2.12)$$

Складові виразу (2.11) можна визначити, як суму відповідних величин для кожного з i -х пульсів в межах одного циклу, коли $1 \leq i \leq k_1$, де $i \in Z$ (Z – ціле число).

Тоді

$$T_{\text{фсо}} = \sum_{i=1}^{k_1} t_{\text{фсо}} \quad (2.13)$$

$$T_{\text{фсп}} = \sum_{i=1}^{k_1} t_{\text{фсп}} \quad (2.14)$$

$$T_{\text{фсм}} = \sum_{i=1}^{k_1} t_{\text{фсм}} \quad (2.15)$$

де $t_{\text{фсо}}$, $t_{\text{фсп}}$, $t_{\text{фсм}}$ – тривалість фаз одночасного ссання в обох парах доїльних стаканів, такту ссання в одній із пар доїльних стаканів при стиску в іншій, такту стиску в обох парах стаканів, с.

Графічна залежність тривалостей фаз одночасного ссання, ссання в одній із пар при такту стиску в іншій та одночасних тактів стиску в обох парах являє собою криву, яка має прямолінійні ділянки (А,В,С) з різними кутовими коефіцієнтами. Криві фаз одночасного ссання та стиску мають подібний характер зміни, однакові кутові коефіцієнти, але різні початкові координати. Крива фази ссання із пар складається із $(t_{\text{фс1}} + t_{\text{фс2}})$ і має зворотній характер кривим фаз одночасного ссання і стиску, а також інші кутові коефіцієнти та початкові ординати.

Неоднакова зміна кривих фаз пояснюється тим, що з кожним наступним пульсом циклу тривалість одночасних тактів ссання і стисків зменшуються на величину різниці Δt_n , а тривалість ссання із пари збільшується на $2\Delta t$. При

$t_{фсм} \rightarrow 0$ проходить виведення молока, яке складається з фаз одночасного або із ссання з пари дійок. Кількість таких пульсів залежить від заданої різниці Δtn . При значній різниці Δtn ($\Delta n > 0,2 \text{ Гц}$) ділянка В кривої відсутня, а крива А переходить в криву С. Характерною ознакою кривих А та С є їх лінійність і зміна за законом арифметичної прогресії. Попарно-комбінований режим змінює співвідношення фаз ссання до стиску в і-му пульсі циклу (λ_{uni}), яка становить:

$$\lambda_{ni}^u = \frac{t_{фс}}{t_{фсм}}. \quad (2.16)$$

Оскільки величини $t_{фсо}$, $t_{фсп}$, $t_{фсм}$ мають змінний характер в межах одного циклу, тривалість останнього можна подати у вигляді:

$$T_{\text{ц}} = f_{фсо}(x_i) + f_{фсп}(x_i) + f_{фсм}(x_i) \quad (2.17)$$

де $f_{фсо}(x_i)$, $f_{фсп}(x_i)$, $f_{фсм}(x_i)$ – функції тривалості фаз відповідно одночасного такту ссання в обох парах доїльних стаканів, тактів стиску в одній парі при такті ссання в іншій та такту стиску в обох парах для і-го пульса циклу прямолінійних ділянок (А, В, С);

x_i – досліджуваний параметр, від якого залежить вказана функція.

За характерними початковими точками для прямолінійних ділянок кожної фази складемо систему рівнянь, які будуть описувати вказані функції:

в період одночасної роботи доїльних стаканів –

$$f_o(x_i) = \begin{cases} f_{o_A}(x_i) = -\Delta t(1 - x_{i_A}) + t_{c_2}, & 1 \leq x_{i_A} \leq \frac{t_{c_2}}{\Delta t} + 1, & t_{c_2} - (t_{cm_1} - \Delta t) \leq t_{o_A} \leq t_{c_2}; \\ f_{o_B}(x_i) = t_{c_2} - (t_{cm_1} - \Delta t), & \frac{t_{cm_2}}{\Delta t} + 1 \leq x_{i_B} \leq \frac{t_{c_2}}{\Delta t} + 1, & t_{o_B} = t_{c_2} - (t_{cm_1} - \Delta t) = const; \\ f_{o_C}(x_i) = \Delta t x_{i_C} - (t_{cm_2} - \Delta t), & \frac{t_{c_2}}{\Delta t} + 2 \leq x_{i_C} \leq \frac{t_{n_2}}{\Delta t}, & t_{c_2} - (t_{cm_1} - \Delta t) \leq t_{o_C} \leq t_{c_2}. \end{cases} \quad (2.18)$$

в період холостої роботи доїльних стаканів –

$$f_x(x_i) = \begin{cases} f_{x_A}(x_i) = -\Delta t x_{i_A} + t_{cm_1}, & 1 \leq x_{i_A} \leq \frac{t_{cm_2}}{\Delta t}, & 0 \leq t_{x_A} \leq t_{cm_2}; \\ f_{x_B}(x_i) = 0, & \frac{t_{cm_2}}{\Delta t} + 1 \leq x_{i_B} \leq \frac{t_{cm_2}}{\Delta t}, & t_{cm} = 0; \\ f_{x_C}(x_i) = \Delta t k_{i_C} - (t_{cm_2} - t_{n_2}), & \frac{t_{c_2}}{\Delta t} + 1 \leq x_{i_C} \leq \frac{t_{n_2}}{\Delta t}, & 0 \leq t_{x_C} \leq t_{cm_2}. \end{cases} \quad (2.19)$$

в період попарної роботи доїльних стаканів –

$$f_n(x_i) = T_{\text{ц}} - (f_o(x_i) + f_x(x_i)) \quad (2.20)$$

Як видно з цих виразів тривалість фаз виведення молока суттєво залежить від співвідношення тактів, параметр якого закладено в конструкцію блоку пульсатора. Графічно ця залежність для різних його значень подана на рис. 3.9. Оптимальне співвідношення тривалостей фаз тактів одночасного ссання в обох парах доїльних стаканів та ссання в одній із пар при стиску в іншій знаходиться в межах 1,88...2,3. Вказане співвідношення тактів відповідає конструкції вітчизняних пульсаторів мембранного типу і прийняте нами в подальших дослідженнях.

В результаті проведеного аналізу одержані математичні залежності, за якими можна визначити параметри, що характеризують режим роботи доїльного апарата попарно-комбінованого типу, а саме: тривалість фаз з одночасним тактом ссання в обох парах тактом ссання в одній при такті стиску в іншій парах доїльних стаканів та тактом стиску в обох парах, загальну тривалість та частоту циклів, співвідношення фаз в i -му пульсі циклу.

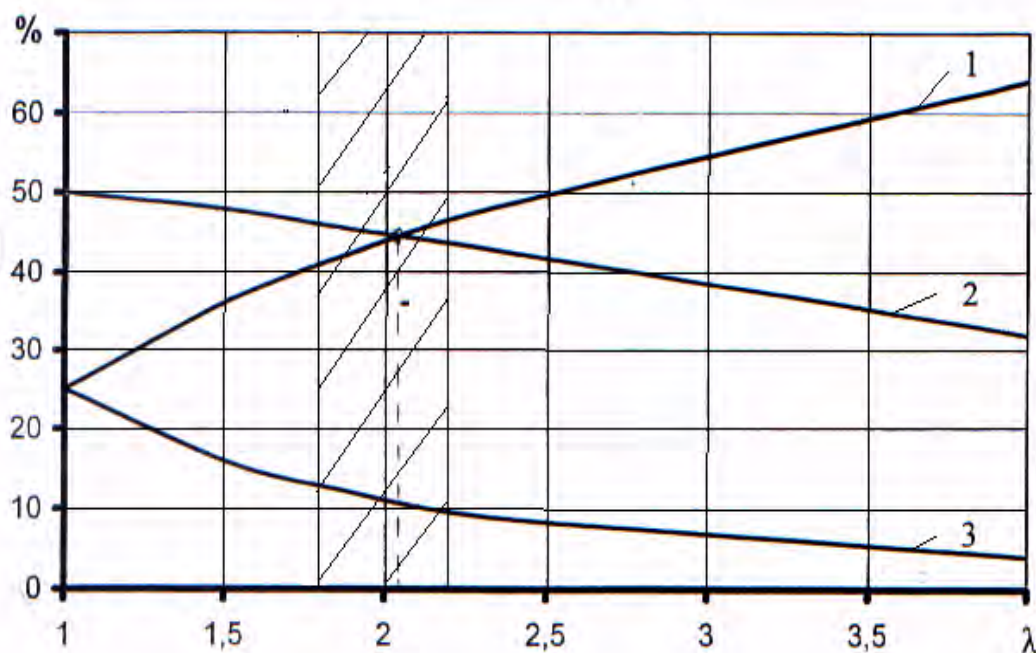


Рис. 2.5 Залежність фаз виведення молока доїльним апаратом попарно-комбінованого типу від співвідношення тактів у фазах: одночасних тактів сосання (1) та стисків (2) в обох парах та сосання в одній при стиску в іншій (3) парах доїльних стаканів

Стосовно доїльного апарата попарно-комбінованого типу отримана залежність, яка описує зв'язок виходу молока з пар дійок вимені від співвідношення фаз в циклі, кількості і різниці пульсів. Зміною тривалості тактів сосання в парах доїльних стаканів досягається одночасне видоювання пар долей вимені, які мають різну його кількість. Приведено графо-аналітичний метод визначення тривалості фаз.

2.3 Дослідження продуктивності молоковиведення доїльного апарата

Виведення молока з вимені тварини відбувається за допомогою доїльних стаканів апарату. Процес виведення молока доїльними стаканами залежить від зміни параметрів: частоти пульсації, співвідношення тактів та характером зміни перехідних процесів між робочими тактами. Однак, кожна дійка, чверть вимені, рідше пара дійок мають індивідуально розвинену фізіологічну систему молоковіддачі та утворення молока. Незмінні параметри роботи доїльних

стаканів веде до неодночасного виведення молока з різномолочних долей вимені, що може привести до “холостого” доїння долей вимені з меншою продуктивністю, або до неповного молоковиведення молока з молочних долей. Внаслідок чого, як одна із причин є захворювання дійок, вимені. Останнє негативно впливає на подальшу молочну продуктивність тварини.

Різнотипність сучасних доїльних апаратів забезпечує можливість доїння корів за двома основними режимами роботи виконавчих елементів: одночасної дії, коли такти синхронно чергуються в доїльних стаканах та попарної дії, при якому управління роботою доїльних стаканів і чергування тактів в них відбувається попарно. Останні апарати краще враховують індивідуальні особливості розвитку вимені тварини.

Аналітична залежність [34] виходу молока від параметрів доїльного апарата та характеристики вимені залежить від кількості молока, що вилучається доїльними стаканами з однієї чверті вимені за час роботи доїльного апарата, становить:

$$Q = W \cdot \gamma \cdot S_c \cdot t_c \cdot \frac{T_a}{t_n}, \quad (2.21)$$

де W - швидкість виходу молока з каналу дійки, м/с;

γ - густина молока, кг/м³;

S_c - площа поперечного перерізу каналу дійки, м²;

T_a – час роботи доїльного апарата, с;

t_c , t_n - тривалість відповідно такту ссання та пульсу, с.

З рівняння, що характеризує співвідношення тактів ссання і стиску, з врахуванням залежностей тривалість такту ссання становить:

$$t_c = \frac{\lambda}{n \cdot (1 + \lambda)},$$

Вихід молока для однієї пари долей вимені, відповідно дорівнює:

$$Q_1 = 2 \cdot W \cdot S_c \cdot T_{a1} \cdot \frac{\lambda}{(1 + \lambda)} ,$$

де T_{a1} – тривалість доїння долей вимені, с.

Тривалість доїння T_{a2} долей, які відрізняються вмістом молока. Враховуючи необхідний приріст різниці тривалості доїння долей вимені з різним вмістом молока ΔT_a складе:

$$T_{a2} = T_{a1} + \Delta T_a .$$

Тривалість доїння T_a визначається відношенням загальної кількості пульсів N за час роботи необхідної для повного видоювання молока, до частоти пульсації (n) в доїльному апараті

$$T_a = \frac{N}{n} = t_n \cdot N .$$

Отже, для одночасного видоювання обох пар дійок, частоту пульсації в доїльних стаканах, які діють на долі вимені з більшим вмістом молока, можна визначити таким чином:

$$n_2 = n_1 + \Delta n , \quad (2.22)$$

де n_1 і n_2 – частота пульсації відповідно в парах доїльних стаканах, які діють на долі вимені з меншим та більшим вмістом молока, Гц;

Δn – різниця частоти пульсації між різнойменними парами доїльних стаканів, достатні для виведення додаткової кількості молока, Гц.

Кількість молока, що вилучена із пар долей з більшим вмістом молока, складе:

$$Q_2 = 2 \cdot W \cdot \gamma \cdot S_c \cdot \frac{\lambda}{(1 + \lambda)} \left[\frac{N_1 \Delta n + \Delta N n_1}{n_1 \Delta n} \right]$$

Різниця кількості молока, виведена парами доїльних стаканів становитиме:

$$\Delta Q = Q_2 + Q_1 = 2 \cdot W \cdot \gamma \cdot S_c \cdot \frac{\lambda}{(1+\lambda)} \left[\frac{N_1 \Delta n + \Delta N n_1}{n_1 \Delta n} \right] -$$

$$- 2 \cdot W \cdot \gamma \cdot S_c \cdot \frac{\lambda}{(1+\lambda)} \cdot \frac{N_1}{n_1} = 2 \cdot W \cdot \gamma \cdot S_c \cdot \frac{\lambda}{(1+\lambda)} \cdot \frac{\Delta N}{\Delta n} ,$$

а різниця частоти пульсації –

$$\Delta n = 2 \cdot W \cdot \gamma \cdot S_c \cdot \frac{\lambda}{(1+\lambda)} \cdot \frac{\Delta N}{\Delta Q}$$

Швидкість витікання струменя молока з каналу дійки визначають за формулою, отриманою при дослідженні [34] процесу виведення молока з дійок вакуумом доїльного апарата:

$$W = \varphi \sqrt{2 \cdot g \cdot \left[(1 - k') \left(\frac{P_a}{\gamma} \cdot \frac{P_T}{\gamma} \cdot \frac{h_a}{\gamma} \right) + \frac{P_M}{\gamma} + H_0 \right]}$$

де

$$\varphi = \sqrt{\frac{1}{1 + \xi}} ,$$

P_a - атмосферний тиск, Па;

P_M – тиск молока в цистерні вимені, Па;

H_0 – тиск молочного стовпа в цистерні вимені, Па;

ξ - коефіцієнт опору при витіканні молока крізь канал дійки;

g – прискорення сили тяжіння, м/с²;

h_a – рівень вакуум метричного тиску в піддійковій камері, Па;

P_m – тиск, який діє на стінки сфінктера дійки, Па;

κ' - коефіцієнт опору тканини дійки розтягненню, який визначається дослідним шляхом за формулою:

$$\kappa' = \frac{P_{cv}}{P_a - (P_T - h_a)} ,$$

P_{cv} – сила опору тканини дійки:

$$P_{cv} = [P_a - (P_T - h_a)] \kappa'$$

Після підстановки виразу швидкості струменя молока матимемо різницю частоти пульсації Δn

$$\Delta n = 2S_c \cdot \gamma \cdot \varphi \cdot \frac{\lambda \cdot \Delta N}{(1 + \lambda) \Delta Q} \sqrt{2 \cdot q \cdot \left[(1 - k') \left(\frac{P_a}{\gamma} \cdot \frac{P_T}{\gamma} \cdot \frac{h_a}{\gamma} \right) + \frac{P_M}{\gamma} + H_0 \right]}$$

Необхідна частота пульсації n_2 для одночасного видоювання долей вимені з різним вмістом молока з урахуванням рівняння (2) набуде вигляду:

$$n_2 = n_1 + 2S_c \cdot \gamma \cdot \varphi \cdot \frac{\lambda \cdot \Delta N}{(1 + \lambda) \Delta Q} \sqrt{2 \cdot q \cdot \left[(1 - k') \left(\frac{P_a}{\gamma} \cdot \frac{P_T}{\gamma} \cdot \frac{h_a}{\gamma} \right) + \frac{P_M}{\gamma} + H_0 \right]} \quad (2.23)$$

Відповідно до (1) разовий удій молока складе:

$$Q_p = Q_2 + Q_1 = 2 \cdot W \cdot \gamma \cdot S_c \cdot \frac{\lambda}{(1 + \lambda)} \left[\frac{2N_1 \Delta n + \Delta N n_1}{n_1 \Delta n} \right],$$

Різницю кількості пульсів ΔN для одночасного вилучення молока з пар долей вимені:

$$\Delta N = \frac{Q_p \cdot \Delta n}{2 \cdot W \cdot \gamma \cdot S_c \cdot \frac{\lambda}{1 + \lambda}} - \frac{2N_1 \cdot \Delta n}{n_1} = \frac{Q_p \cdot \Delta n \cdot (1 + \lambda)}{2 \cdot W \cdot \gamma \cdot S_c \cdot \lambda} - \frac{2N_1 \cdot \Delta n}{n_1}$$

Підставивши цей вираз в рівняння (2.23) будемо мати:

$$n_2 = n_1 + \frac{4S_c \cdot \gamma \cdot N \cdot \varphi}{n_1 \cdot (1 + \gamma) \Delta Q} \frac{\lambda \cdot \Delta N}{\Delta Q} \sqrt{2 \cdot q \cdot \left[(1 - k') \left(\frac{P_a}{\gamma} \cdot \frac{P_T}{\gamma} \cdot \frac{h_a}{\gamma} \right) + \frac{P_M}{\gamma} + H_0 \right]}$$

Одержані аналітичні залежності дозволяють розрахувати частоту пульсації для кожної пари доїльних стаканів в залежності від молочної продуктивності цих пар.

Таким чином, рівномірне видоювання молока з різномолочних пар долей вимені можна проводити не тільки зміною тривалість тактів ссання але і за допомогою зміни частоти подразнюючих стимулів між парами доїльних стаканів. Різниця частоти пульсації – параметр який характеризує цю величину.

Розділ третій

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ТЕОРЕТИЧНИХ ПЕРЕДУМОВ

3 Програма і методика експериментальних досліджень пневмомембранного пульсатора доїльного апарата попарно- комбінованого типу

3.1. Програма експериментальних досліджень

3.1.1. Програма досліджень.

Відповідно до поставленої мети та сформульованих задач, а також для перевірки достовірності отриманих теоретичних залежностей програма лабораторних досліджень включає визначення впливу:

- різниці частоти пульсів між парами доїльних стаканів на режим роботи доїльного апарата попарно-комбінованого типу;
- параметрів роботи доїльного апарата на тривалість циклу;
- інтенсивності доїння та рівня розташування молокозбірника на відсмоктуючу здатність апарата та коливання вакуумметричного тиску в піддійкових просторах пар доїльних стаканів.

Експериментальні дослідження в виробничих умовах передбачали:

- уточнити раціональні режими роботи нового апарата попарно-комбінованої дії;
- провести порівняльну оцінку основних параметрів доїльних апаратів з одночасною, попарною та попарно-комбінованою дією стаканів.

Для вирішення вказаних питань розроблений і виготовлений лабораторний стенд, підготовлені комплекти приладів та визначена методика їх використання.

3.1.2. Методика проведення досліджень.

Розроблений експериментальний стенд дозволяв проводити дослідження режимів роботи доїльних апаратів з використанням відомих методик [17,49]. Параметри елементів стенда визначені на основі теорії фізичного моделювання за методикою [37,38] з використанням для досліджень замість молока робочу рідину (вода). Температура робочої рідини була в межах 288-293°К. Діаметр молочного шланга доїльного апарата як і в натуральних зразках дорівнював 0,014 м, а його довжина 2,4 м. Висоту розташування молокозбірника в установці можна було змінювати в межах від 0,35 до 2,1 м.

Конструктивно-функціональна схема лабораторного стенда (рис.3.1) складається з штучного вимені 7, молокозбірника 21 і системи пристроїв, які дозволяли визначати рівень вакуумметричного тиску в елементах молочної і повітряної лінії, змінювати інтенсивність доїння та відсмоктуючу здатність доїльного апарата. Інтенсивність доїння і відсмоктуюча здатність пар доїльних стаканів 8 апарата визначали ротаметрами 6 та 15, які включені послідовно між живильником 22 і керуючими пристроями потоку 14 на штучному вимені. Для визначення витрат повітря використовували ротаметри 2 і 16.

При проведенні експериментальних досліджень заміряли витрати робочої рідини, величини вакуумметричних тисків (в системі, піддійковому просторі, міжстінних камерах пар доїльних стаканів, молокозбірнику). Для цього використовували відповідну апаратуру, загальний вигляд якої показаний на рис. 3.1 та 3.2.

Для визначення витрат робочої рідини в молочній лінії доїльного апарата використовували ротаметри РС-5, шкали поділок в яких практично рівномірні і які можуть вимірювати малі обсяги витрати (від 0,66 дм³/хв); втрати тиску в них незначні (0,4 кПа) і не залежать від величини витрат рідини. Похибка показань ротаметрів не перевищує $\pm 2,5 \%$ від різниці верхньої і нижньої границі вимірів.

Витрати повітря визначали за допомогою ротаметрів РС-3. Один з них під'єднаний послідовно з ресивером 3 між блоком пульсаторів 4 і

вакуумпроводом 17, що підвищувало точність вимірів, а другий – між молоко збірником 21 і вакуумпроводом. Прилади забезпечували необхідну пропускну здатність повітря при максимальних втратах тиску в них 0,4 кПа та мали похибку $\pm 2,5\%$.

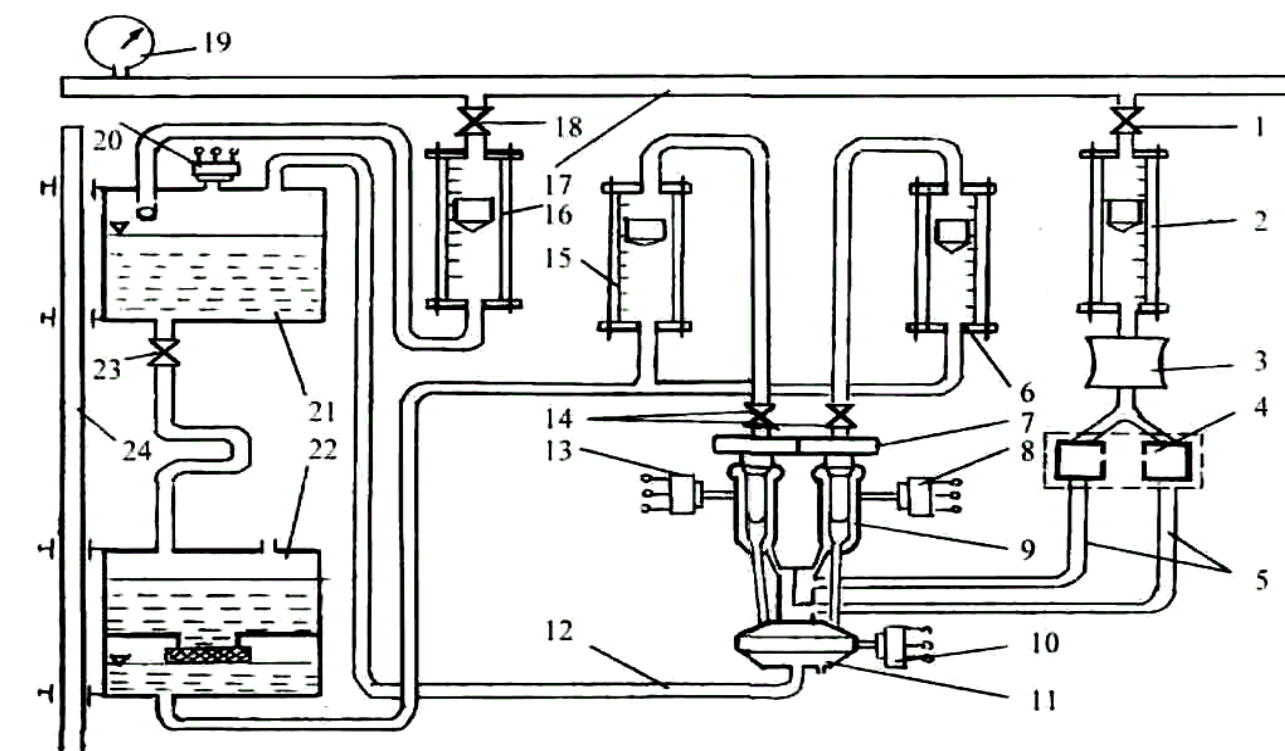


Рис. 3.1 - Конструктивно-функціональна схема стенда для дослідження режимів роботи доїльних апаратів:

1,14,18,23 – вентилі; 2,6,15,16 – ротаметри; 3 – ресивер; 4 – блок пульсаторів; 5 – повітряні шланги; 7 – штучне вим'я; 8,10,13,20 – датчики тиску; 9 – доїльні стакани; 11 – колектор; 12 – шланг молочний; 17 – вакуум провід; 19 – вимірювач тиску; 21 – молокозбірник; 22 – живильник; 24 - стійка

Для порівняння витрат повітря згідно ГОСТ 2993-63 об'єми його приводили до нормальних умов за формулою [49].

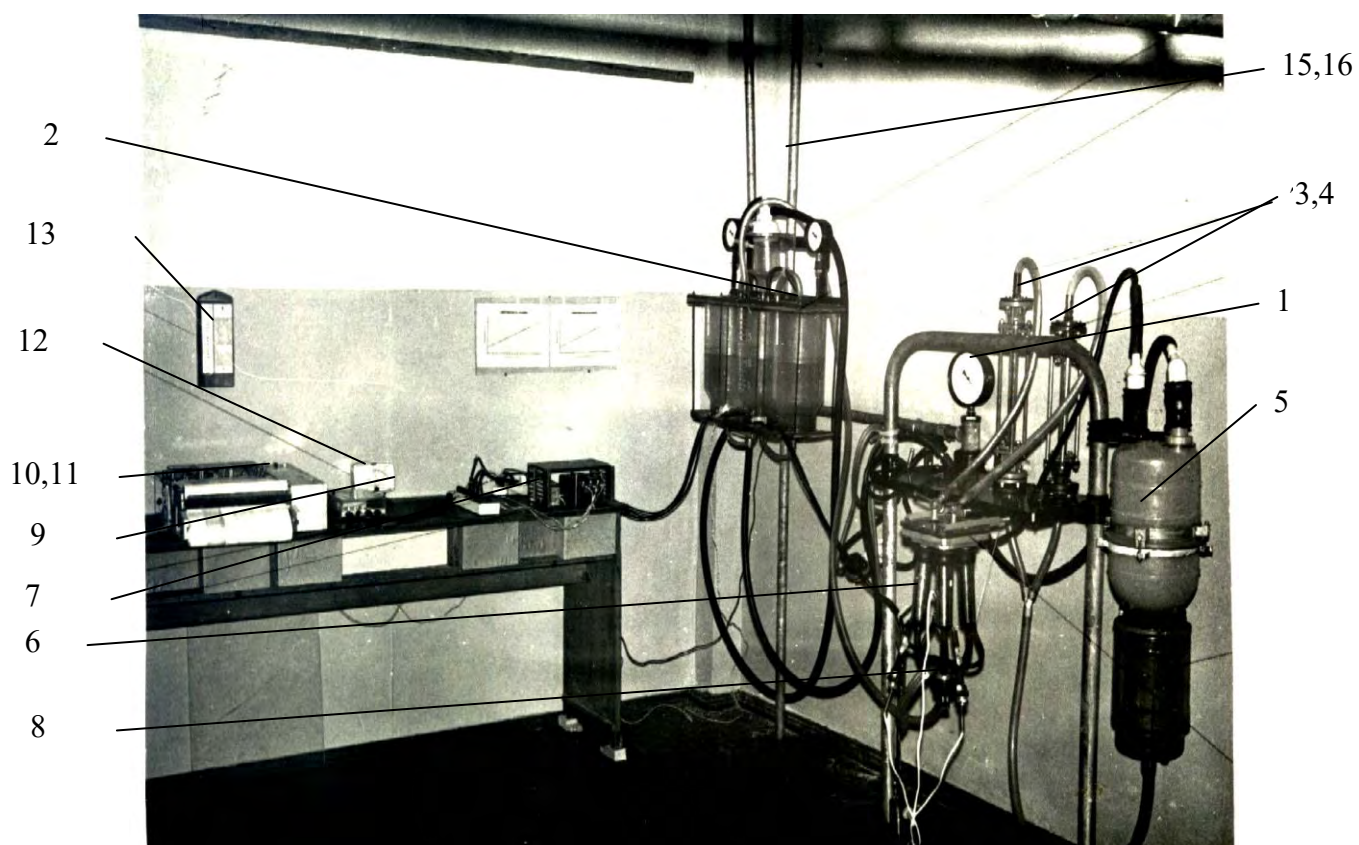


Рисунок 3.2 - Загальний вигляд лабораторного стенда для дослідження роботи доїльних апаратів: 1 - вимірювач вакуумметричного тиску, 2 – молокозбірник калібрований, 3,4 – ротаметри, 5 – живильник рідини, 6 – штучне вим'я, 7 – блок живлення, 8 – система датчиків, 9 – погоджувальний блок датчиків, 10,11 – реєструючий та вимірювальний прилади, 12 – барометр, 13 – психометр, 14 – з'єднувальні трубопроводи, 15,16, - стійки регульовані

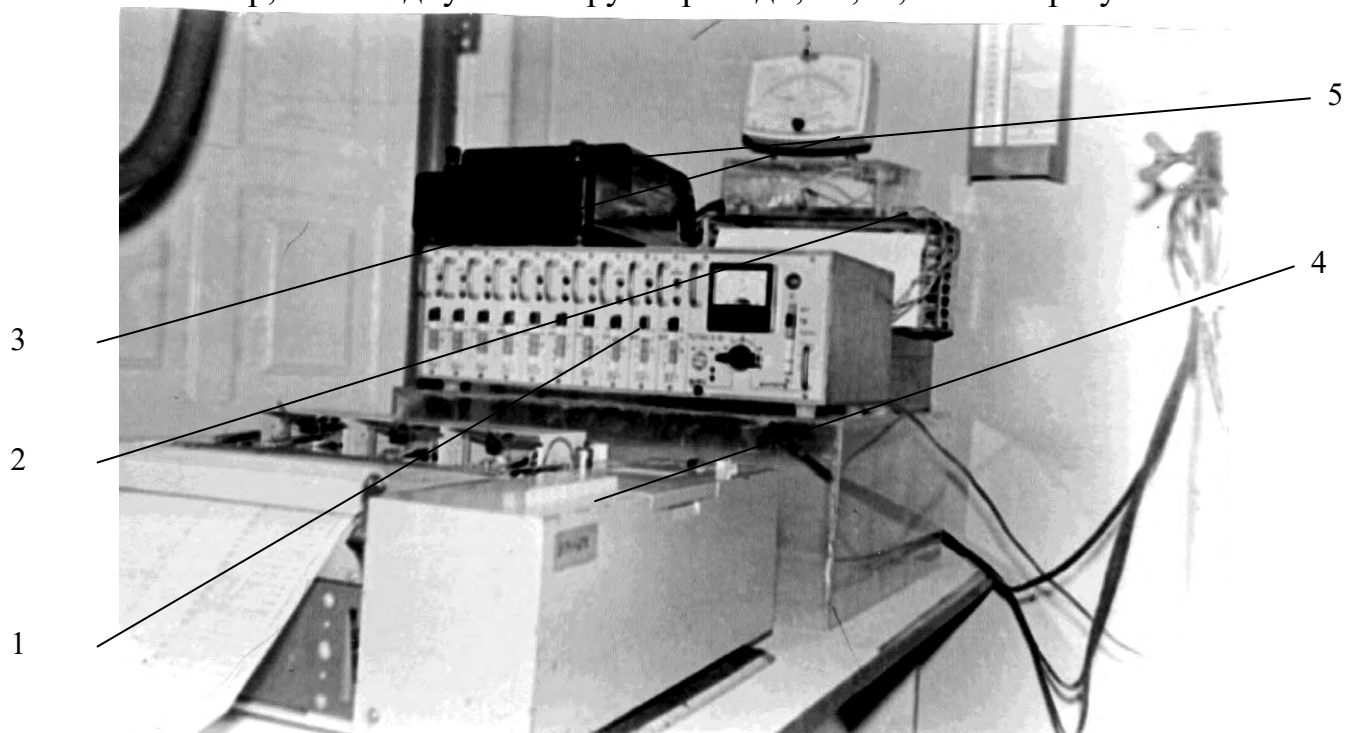


Рис. 3.3 - Загальний вигляд вимірювальної і реєструючої апаратури:

1 – підсилювач сигналів датчик. 2 - з'єднувальний блок датчиків, 3 – стабілізований блок живлення, 4 – реєструючий прилад, 5 – вимірювальний прилад

$$V_h = V_p \frac{P_p \cdot T_p}{P_h \cdot T_h \cdot k_b} \quad (3.1)$$

де V_h, V_p - об'єми повітря при нормальних умовах та в робочому стані, м^3 ;

P_h, P_p - тиск повітря за нормальних умов та в робочому стані, Па;

T_h, T_p - температура, що відповідає нормальному та робочому стану повітря, K° ;

K_b - коефіцієнт, що враховує відхилення характеристик повітря в експериментах від ідеального (для умов досліджень $k = 1$)

Система виміру величини тиску в елементах молокопровідної лінії доїльного апарата (рис.3.5) складається з датчиків тиску, блоку порівняння, підсилювач сигналу, швидкодіючого самопишучого приладу з відміткою часу, вимірювального приладу та блоку стабілізації напруги.

Тиск вимірюється за допомогою вимірювача-перетворювача тиску

ИПД-2-0,06 (ТУ 25-04,3604-78). Сигнал від датчика використовується інформаційно-вимірювальною системою Н-3О21-3. Підсилення сигналу здійснює багатоканальний підсилювач 2 та додатково підсилювач сигналу в реєструючому пристрої 3. Кожний датчик тиску підключали до свого каналу підсилення і налагоджували на однакову величину відхилення пера самопишучого приладу, запис результатів проводили на діаграмну стрічку. Одночасно на одній стрічці реєстрували до трьох величин тиску в різних зонах повітряних і молокопровідних ліній (рис.3.1).

Величина потоку молока та повітря в більшості випадків визначали за результатами вимірювання об'ємів витрат робочої рідини ротаметрами РС-5, РС-3.

Інтенсивність молоковіддачі задавали плавною зміною поперечного перерізу каналу дозуючого пристрою.

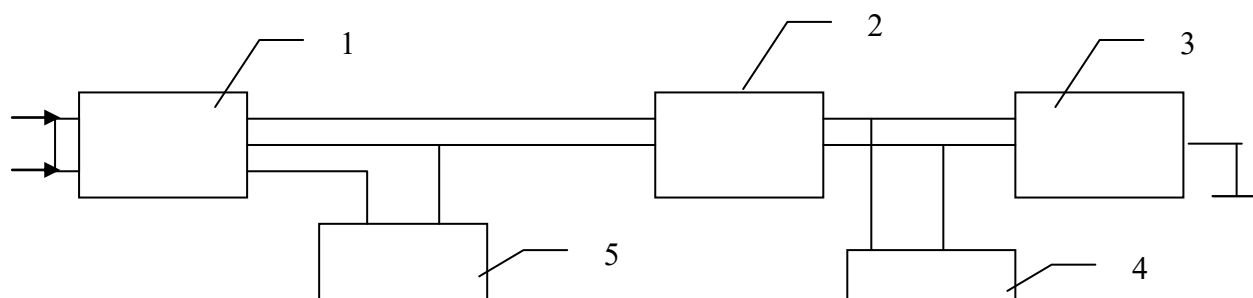


Рис. 3.4 - Блок-схема вимірювання і реєстрації величини вакуумметричного тиску:

1- датчик, 2 - підсилювач сигналу. 3 - реєструючий пристрій,
4- вимірювач сигналу, 5- стабілізований блок живлення

Режим роботи доїльного апарата визначали шляхом запису та обробки циклограм зміни тиску в піддійкових та міжстінкових просторах пар доїльних стаканів, колектора і молокозбірника.

Тривалість тактів ссання t_c та стиску t_{ct} визначали за середніми значеннями зміни тиску в міжстінкових просторах пар доїльних стаканів:

$$t_c = \frac{l_c}{V_l}; \quad t_{cm} = \frac{l_{cm}}{V_l} \quad (3.2)$$

а частоту пульсації n - відношенням

$$n = \frac{V_l}{l_c + l_{cm}} = \frac{V_l}{l_n} \quad (3.3)$$

де V_l - швидкість руху стрічки, мм/с;

l_c , l_{cm} , l_n - довжини відрізків за віссю абсцис, протягом яких проходять, відповідно, такти ссання, стиску, і один пульс, мм.

За середнім рівнем зміни тиску на циклограмі визначали тривалість циклу

T_u

$$T_u = \frac{l_u}{V_l} \quad (3.4)$$

Фази одночасного ссання в обох парах доїльних стаканів t_{fco}

$$\sum_{i=1}^{\kappa} t_{fco} = \frac{\sum_{i=1}^{\kappa} l_{fco}}{V_l} \quad (3.5)$$

Фази одночасного стиску в обох парах доїльних стаканів t_{fst}

$$\sum_{i=1}^{\kappa} t_{fst} = \frac{\sum_{i=1}^{\kappa} l_{fst}}{V_l} \quad (3.6)$$

Фази ссання в одній парі при стиску в іншій t_{fsp}

$$\sum_{i=1}^{\kappa} t_{fsp} = \frac{\sum_{i=1}^{\kappa} l_{fsp1} + \sum_{i=1}^{\kappa} l_{fsp2}}{V_l} \quad (3.7)$$

Різницю тривалості пульсів між парами доїльних стаканів Δt_{ni}

$$\Delta t_{ni} = \frac{k_i \Delta l_n}{V_l} \quad (3.8)$$

де l_u , l_{fco} , l_{fsp1} , l_{fsp2} , l_{fst} , Δl_n - довжина відрізків за віссю абсцис в i -му пульсі, протягом яких проходять відповідні робочий цикл фаз ссання одночасно в обох парах доїльних стаканів, в одній із пар при стиску в іншій та одночасного стиску в обох парах, а також різниця тривалості пульсів в парах доїльних стаканів, мм;

k_i - кількість пульсів в межах одного циклу для пари доїльних стаканів відносно якої проводимо порівняння.

Кількість пульсів визначали шляхом підрахування повних пульсів в парах, коли початок і кінець тактів в них співпадали.

Характеристики датчиків тиску визначали шляхом їх тарування. При цьому підбирали також єдиний масштаб відхилення пера самопишучого приладу. Тарований пристрій являє собою елемент експериментального

стенду, підключений до головного повітропроводу і складається із трьох вакуум проводів і системи штуцерів.

При тарируванні всі датчики підключали до штуцерів трубопроводу тарировочного пристрою, тиск в якому змінювали через кожні 5 кПа в межах 39...69 кПа. Величину відхилення пера самопишучого приладу в процесі тарирування записували в таблицю, а потім будували тарировочні графіки датчиків тиску.

Величини тиску в елементах молочної і повітряної ліній доїльного апарата реєстрували на діаграмній стрічці приладу при швидкостях руху стрічки 10 та 50 мм/с. Тривалість запису в установленому режимі – 20 с - при швидкості руху стрічки 10 мм/с та 15 с при швидкості руху 50 мм/с. Значення величини тиску протягом дослідів визначали за допомогою шкальної лінійки в точках з інтервалом 0,1 с.

Уточнення раціональних режимів роботи нового доїльного апарата та його порівняльну оцінку здійснювали за показниками молоковиведення (величини машинного удою та додою, тривалість машинного удою та додою, повнота видоювання). Реєстрували показники за допомогою приладів ковшового лічильника (рис. 3.5) та почетвертного доїльного апарата ДАЧ-1.

Уточнення параметрів апарата проводили у підсобному господарстві Свято-Покровської Голосіївської пустині, на молочній фермі якого було підібрано дві групи корів-аналогів по 4 голови у кожній. Корови Лебединської породи здорові за станом вимені і придатні до машинного доїння, річний удій становить 5850-7100 кг.

До початку проведення випробувань доїння корів здійснювали установкою ДАС-2В, укомплектованою доїльними апаратами АДУ-1. Під час випробувань одну групу корів (контрольну) продовжували доїти за попереднім варіантом, а іншу групу корів (дослідну) доїти новими апаратами. Умови

4

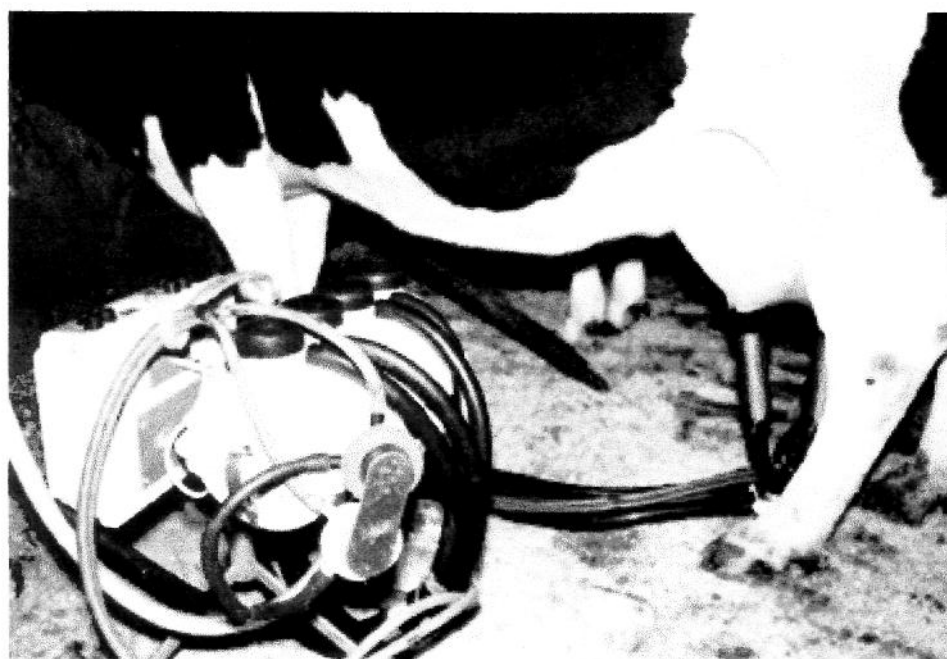
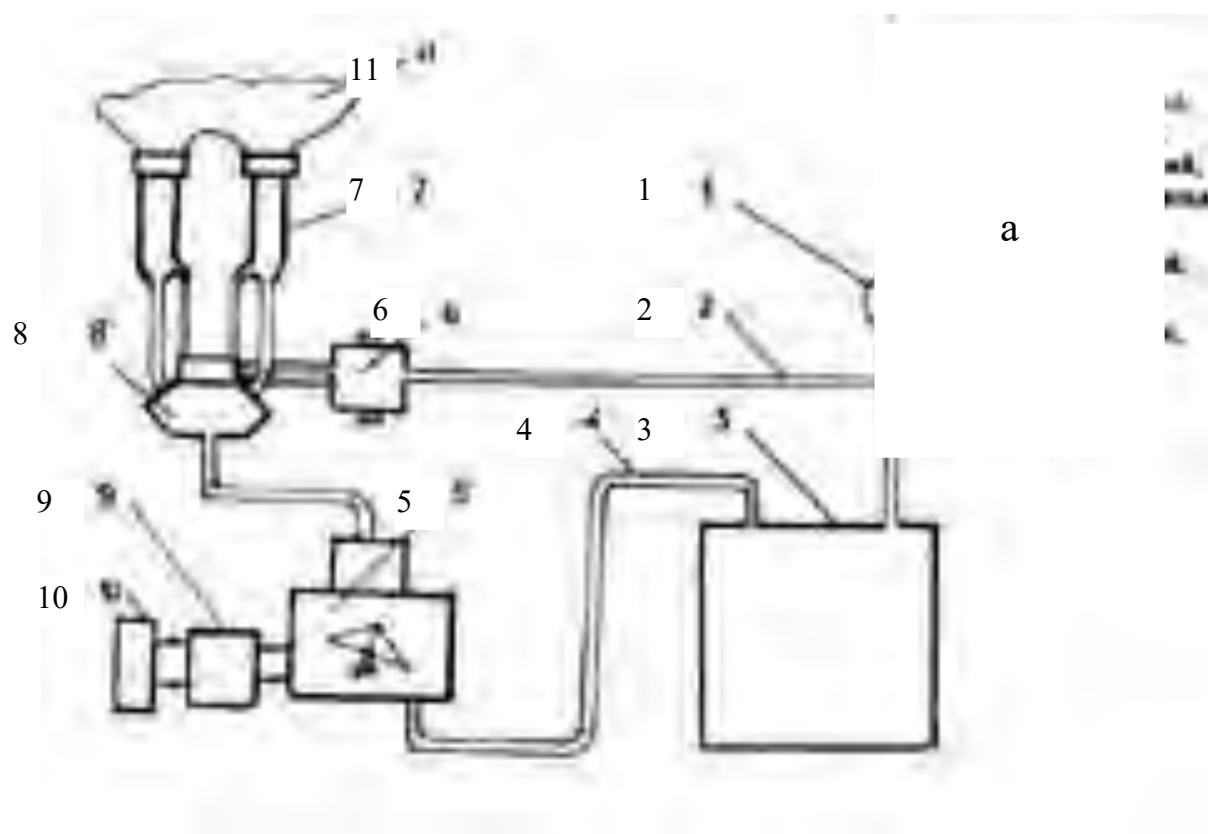


Рис. 3.5 - Схема вимірювання і реєстрації (а) та загальний вигляд (б) установки для зняття показників динаміки молоковидедення доїльними апаратами:

1,2 – вакуум провід; 3 – доїльне відро; 4 – шланг молочний; 5 – лічильник молока почетвертної дії; 6 – пульсатор; 7 – доїльні стакани; 8 – колектор; 9 – блок живлення; 10 – електронний реєструючий пристрій; 11- вим'я.

утримання і годування корів, а також догляд за ними в дослідній та контрольних групах були однаковими. При доїнні корів дотримувались правил машинного доїння [45].

Показники динаміки молоковиведення доїльним апаратом (дослідну) визначали починаючи з десятого дня після адаптації корів до нового апарата [49].

Вимір на кожному режимі для дослідної групи проводили при різних значеннях різниці частоти пульсації на одних і тих же коровах протягом 36 короводоїнь.

Порівняльну оцінку основних параметрів доїльних апаратів з одночасною, попарною та попарно-комбінованою дією стаканів було проведено методом періодів на коровах української чорно-рябої породи в агрофірмі “Крюківщина” Києво-Святошинського району Київської області.

Дослідження проводились на групі з 5 корів, які знаходилися на 2 місяці лактації та мали середньодобові надої на рівні 17-22 кг. Корови знаходилися в одній технологічній групі, годівля проводилися в відповідності з продуктивністю та фізіологічним станом.

Доїння проводили в молокопровід за допомогою доїльного апарата ДАЧ-1 та пульсатора відповідної конструкції. У підготовчий період (3дні) тварин доїли апаратом АДУ-1, перший контрольний період (3дні) – апаратом попарно-комбінованої дії, а в другий період – апаратом “ІНТЕРПУЛЬС–90” попарної дії стаканів.

В процесі випробувань одночасно визначали такі показники виведення молока:

- величини разового удою і машинного додою (± 50 г),
- тривалість доїння та машинного додоювання (± 5 с),
- величину надою з кожної частки вимені (± 50 г),

- тривалість і величину машинного додоювання кожної частки.

Повноту машинного видоювання оцінювали за кількістю молока в ручному додої, який проводив оператор одразу ж після зняття доїльних стаканів.

Експериментальні дослідження проводили з використанням плану багатфакторного експерименту. При обробці результатів експерименту застосовували ЕОМ.

3.2. Дослідний зразок доїльного апарата попарно-комбінованої дії

3.2.1 Загальна будова.

Доїльний апарат попарно-комбінованої дії (рис.3.6) складається з чотирьох доїльних стаканів (1), колектора з розподільником попарного типу (2), блока пневматичних пульсаторів (3), комплекту молочних та вакуумних трубок та шлангів, а також доїльного відра (4) (в разі доїння в переносні відра). При цьому без змін використано конструкції доїльних стаканів, молочної камери колектора (крім розподільника), молочні, вакуумні трубки та шланги, (рис. 3.7).

Розроблений вузол - блок пульсаторів, який об'єднує в своїй конструкції, відповідним чином сполучені між собою (рис. 3.8 а, б), два пневматичних пульсатори мембранного типу, які можуть мати в одному випадку:

- регульовану частоту пульсації в обох пульсаторах (рис. 3.8 а);
- регульовану частоту пульсації в одному з пульсаторів та нерегульовану частоту пульсації в іншому (рис. 3.8 б).

Конструкція кожного з пульсаторів забезпечує необхідне регулювання їх частоти, та різниці частоти між ними. Він складається з корпусу, камери управління, гумового кільця, клапана, обойми, мембрани, повітряного фільтру, гайок та кришок. На корпусі є патрубки для сполучення з вакуум проводом, повітряний, змінного вакуума, що з'єднаний з відповідним патрубком розподільника на колекторі.

Пульсатор має чотири камери (рис. 3.8):

- постійного вакуумметричного тиску 2, 6, що сполучається з вакуум-проводом; змінного тиску 3, 5 - з колектором
- постійного атмосферного тиску 4 - через фільтр з навколишнім середовищем;
- змінного тиску 1, 8, яка управляє положенням клапанного механізму. Остання за допомогою радіального отвору в камері 3, 5 гвинтового вертикального каналу, кільцевих канавок та отвору в мембрані сполучається з патрубком і камерою змінного тиску. Пульсатор встановлюють на кришці доїльного відра або на спеціальному підвісі за допомогою якого доїльний апарат підключають до системи трубопроводів.

Колектор зберігає загально прийняту будову. Розподільник має будову камер, що дозволяє сполучати патрубки та трубки з міжстінковими камерами доїльних стаканів відповідних пар.

3.2.2. Принцип роботи доїльного апарата попарно-комбінованого типу

При підключенні доїльного апарата (рис. 3.16) до вакуум проводу повітря відсмоктується з молочного шланга 16, камери колектора 1 (клапан перед цим слід підняти) та підбійкових камер доїльних стаканів. Одночасно повітря відсмоктується з камери 2, 7 пульсатора. В камері 9, 11 в цей час атмосферний тиск. Під дією різниці тисків над і під мембраною вона прогнеться і перемістить клапан. При цьому камера 9, 11 роз'єднуються з камерою 10 і з'єднуються з камерою 7, 12. Тоді вакуумуються камера 9, 11 пульсатора, повітряні шланги та розподільники колектора, повітряні трубки, міжстінкові камери відповідних пар доїльних стаканів 3, 4. Таким чином в підбійкових і міжстінкових камерах створюється вакуум. Дійкова гума буде прямою, за рахунок вакуума, сфінктер дійки відкривається і розпочинається такт ссання в обох парах доїльних стаканів. Під дією вакуума молоко відсмоктується з кожної пари молочних цистерн дійок і молочною трубкою надходить в камеру

1 колектора, а потім по молочному шлангу в молоко збірник (доїльне відро або молокопровід).

Поступово повітря з різною швидкістю відсмоктується через регульовані канали з камери керування 6 та 13 пульсаторів. В результаті цього тиск повітря на мембрану з боку камери 6 та 13 зменшується і під дією затримкою, яка визначається різницею частоти пульсації між ними. При цьому відбувається роз'єднання камери 7, 9, а через деякий час і камер 11,12

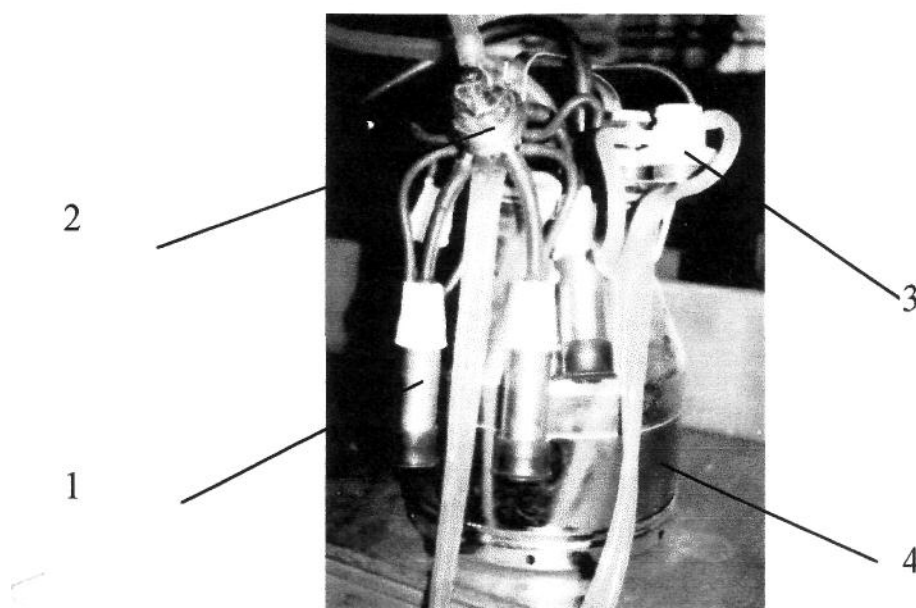


Рис. 3.6 - Загальний вигляд доїльного апарата попарно-комбінованої дії

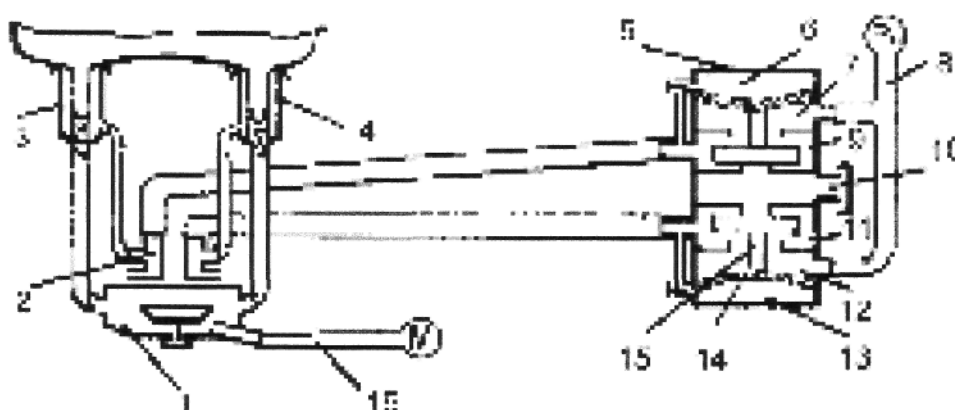
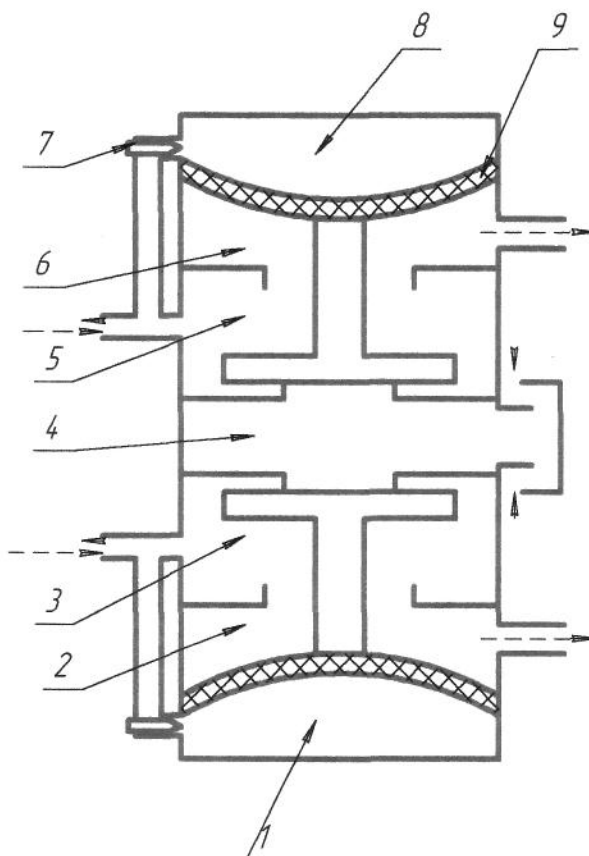


Рис. 3.7 - Схема доїльного апарата попарно-комбінованого типу в фазі одночасних тактів всасання та стиску в обох парах доїльних стаканів:

1 -колектор, 2 - розподільник, 3,4 - пари доїльних стаканів, 5 - пульсатор, 6, 13 - камери керуючі, 7, 12 - камери постійного вакууму, 8 - вакуумпровід, 9, 11 - камери змінного вакууму, 10 - камера атмосферного тиску, 14 - клапан, 15 - мембрана, 16 - молокопровід



-вакуумметричний тиск

- атмосферний тиск

(частота пульсів першого пульсатора більше іншого) і відповідно послідовне з'єднання камер 9, 11 з атмосферним тиском. Оскільки в підбійкових камерах доїльних стаканів підтримується вакуум, а в міжстінкових камерах в одній парі стаканів ще вакуум а в другій парі – утворюється атмосферний тиск, тому під дією різниці тисків дійкова гума стискає дійку і закриває її сфінктер. Відбувається такт стиску – дійкова гума здійснює масаж дійки при такті ссання або стиску в іншій парі стаканів.

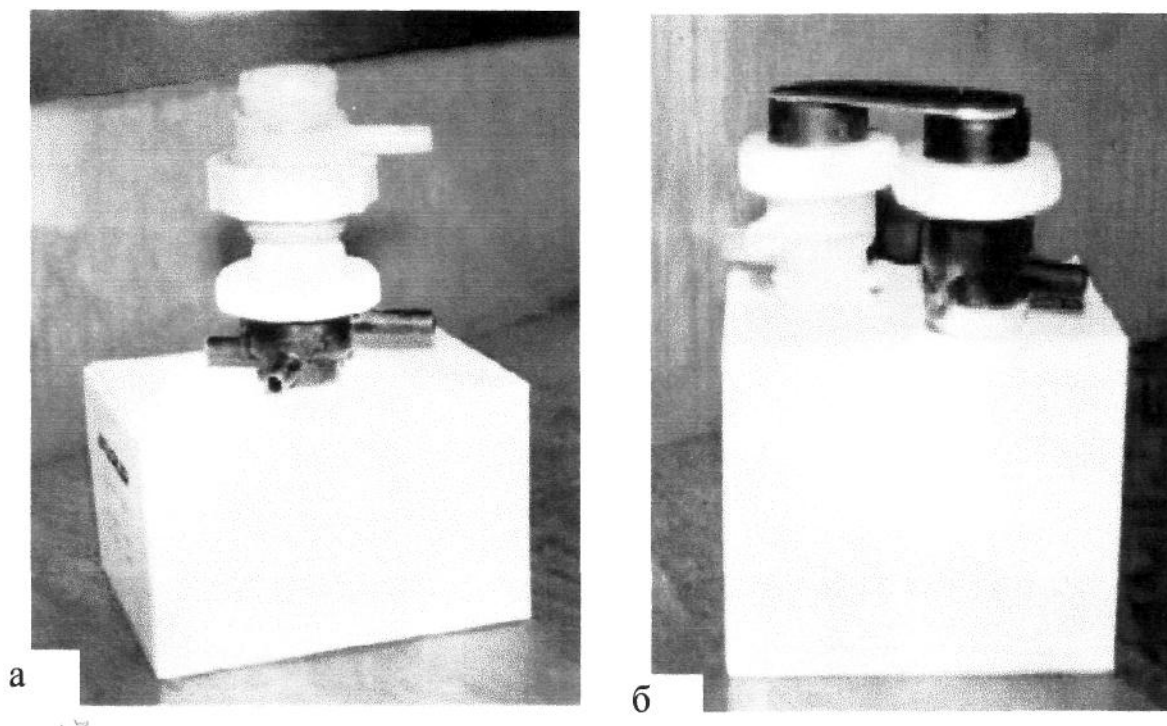


Рисунок 3.8 - Схема та загальний вигляд пульсатора (а, б) доїльного апарата попарно-комбінованого типу: 1,8 — камери керуючі, 2,6 - камери постійного вакууму, 3, 5 - камери змінного вакууму, 4 - камера атмосферного тиску, 7 - регульований канал; 9 - мембрана

Одночасно повітря з камери 9,11 поступає в камеру управління 6 та 13. Площа клапана, що знаходиться під дією атмосферного тиску з боку камери 10 значно менше за площу мембрани з боку камери 7, 12 і настає момент коли мембрана прогнеться вгору. При цьому переміститься і клапан кожного з пульсаторів в відповідно до заданого з режимів. Він знову роз'єднає камери 7, 9 та 11, 12. В наслідок цього в міжстінкових парах стаканів знову створюється вакуум і починається новий цикл з такту сання. Процес доїння повторюється.

3.3. Результати експериментальних досліджень доїльного апарата попарно-комбінованої дії

3.3.1. Аналіз результатів лабораторних досліджень. Визначення умов зміни режимів попарної роботи доїльних стаканів.

Режими роботи доїльного апарата при зміні частоти пульсів між парами стаканів (рис. 3.6) визначали шляхом запису і розшифровки циклограм зміни

тиску в міжстінних просторах доїльних стаканів (рис. 3.7 а, в) та результуючої (рис. 3.7 б) від взаємодії цих пар. Знаходили одночасний початок пульсів на діаграмах для обох пар доїльних стаканів та інтервал часу, через який початок пульсів знову співпадає. Цей проміжок часу, як було відмічено раніше, означає тривалість одного циклу роботи обох пар стаканів. Перевіряли цикл на відтворювальність в інших відрізках циклограм. На виділених відрізках циклограм визначали кількість пульсів в кожній парі доїльних стаканів в межах одного циклу, а також частоту пульсів в парах стаканів та різницю тривалості пульсів.

Результати досліджень показали (рис. 3.7 б), що тривалість циклу $T_{\text{ц}}$ роботи стаканів доїльного апарата попарно-комбінованого типу залежить від різниці частоти пульсів між парами доїльних стаканів. Тривалості циклів відрізняються між собою за кількістю пульсів. Характер зміни кількості пульсів, визначений теоретично, графічно підтверджений експериментальними даними (рис. 3.8).

Аналіз графічних залежностей кількості пульсів в межах циклу від різниці частоти пульсації свідчить, що між ними існує нелінійний зв'язок. Його можна описати з характерними гіперболічними властивостями

$$T_{\text{ц}} = \frac{1}{\Delta n} \quad (3.9)$$

Зменшення різниці частоти пульсації (Δn) до нуля (варіант попарно – синхронного режиму – $n_1 = n_2$) приводить до того, що кількість пульсів в циклі дорівнює загальній їх кількості за час доїння корови. В цьому разі відтворюється

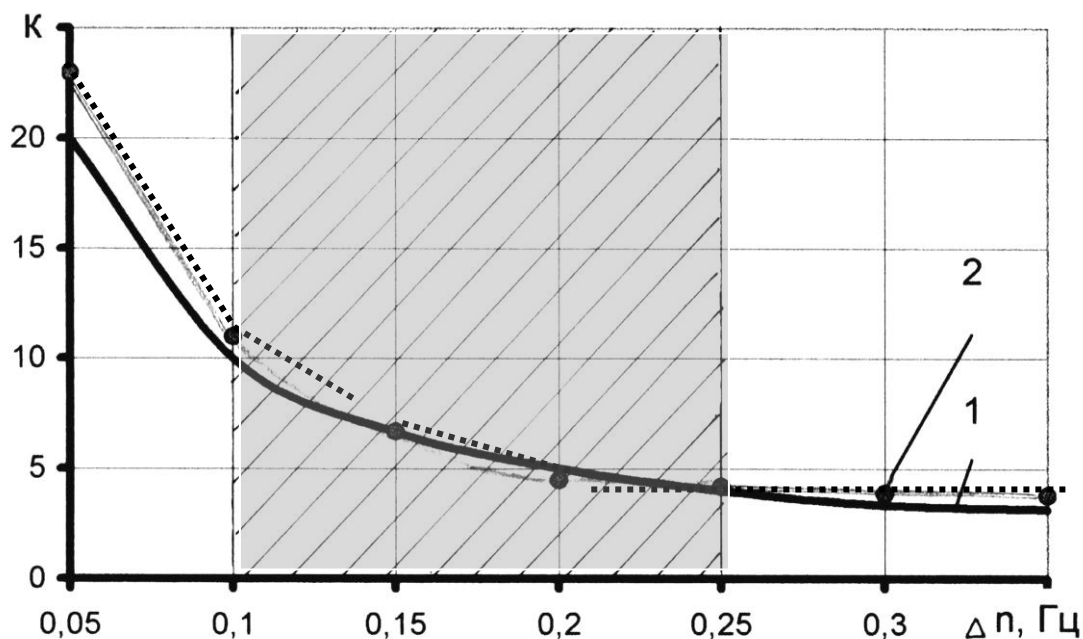


Рисунок 3.9 - Залежність кількості пульсів від різниці частоти пульсації:
1 – теоретична, 2 – експериментальна

варіант режиму роботи апарата з одночасною дією доїльних стаканів.

Якщо ж, $\Delta n > 0,1 \text{ Гц}$ ($n_1 \neq n_2$), то в кожному наступному циклі настає почергова зміна фаз з одночасними тактами ссання та стиску в обох парах стаканів та тактів ссання в одній при стиску в іншій парі стаканів. Особливості даної зони є рівномірність між приростом аргументів та повторення кількості пульсів в робочих циклах.

При $\Delta n > 0,25 \text{ Гц}$ кількість пульсів змінюється на незначну величину та наближається до одиниці, тоді тривалість циклу співпадає з тривалістю пульсу в парі доїльних стаканів. Тобто режим роботи доїльного апарата попарно-комбінованого типу змінюється на режим з попарною дією стаканів зі зміщенням тактів у протифазі ($n_1 \neq n_2, T_u \neq \text{const}$).

Одержані раніше теоретичні залежності добре погоджуються з експериментальними даними (рис.3. 6), що підтверджується величиною критерію Пірсона ($\chi^2_t = 0,002 \leq 3,84 = \chi^2_{st}$). Максимальне відхилення теоретичних та експериментальних даних не перевищувало 3,7%.

Дані (рис. 3.9) свідчать про наявність зон, коли кількість пульсів, а відповідно тривалість циклів наближається до лінійної зміни, тобто виконується умова відтворення циклу.

Отже, виконані дослідження показують, що відповідним вибором можна забезпечити різні варіанти доїльних стаканів: в одночасному, попарному та комбінованому режимах. При цьому робочий цикл визначається тривалістю та кількістю пульсів. Проте, величини лише різниці частоти пульсації не розкриває повного взаємозв'язку між параметрами доїльного апарата. Тому виникає необхідність провести додаткові дослідження.

Виходячи з програми і методики експериментальних досліджень необхідно встановити взаємозв'язок між факторами, які входять у рівняння регресії, і визначити їх вплив на співвідношення тактів як ведучої, так і веденої секцій пульсатора за допомогою планованого експерименту.

З використанням існуючих і розроблених методик експериментальних досліджень належить забезпечити встановлення взаємозв'язків між параметрами й режимами характеристики роботи пульсатора та підтвердити адекватність теоретичних розроблених теорій у виробничих умовах.

Розділ четвертий

ТЕОРЕТИЧНА АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1. Результати експериментальних досліджень пневмомембранного пульсатора доїльного апарата попарно-комбінованого типу

4.1.1. Теоретичні основи обробки даних експерименту з використанням офісного пакету.

Статичні об'єкти, системи, процеси тощо, як правило, відзначаються складністю, залежністю від часу і великої кількості різноманітних факторів, вплив яких наперед неможливо врахувати, або передбачити. Результати вимірювань ознак таких об'єктів називають *випадковими* і до їх аналізу застосовують відповідний математичний апарат. *Випадковою* називають величину, яка в результаті вимірювань може прийняти одне можливе наперед невідоме значення, що залежить від випадкових чинників, дія яких наперед не може бути врахованою. Розрізняють випадкові величини які можуть приймати лише окремі, ізольовані значення, і випадкові величини, можливі значення яких заповнюють деякий проміжок.

Дискретною (перервною) називають випадкову величину, яка приймає окремі ізольовані значення з визначеними ймовірностями.

Неперервною називають випадкову величину, яка може приймати всі значення із деякого кінцевого або нескінченного проміжку. Результати багаторазових вимірювань певних ознак об'єктів відносяться до *випадкових дискретних величин*.

Генеральна і вибіркова сукупності

В експериментальних дослідженнях використовують поняття *генеральної* і *вибіркової* сукупностей. При проведенні суцільних досліджень, тобто досліджень кожного із об'єктів сукупності відносно ознаки, яка цікавить дослідника, говорять про належність цих об'єктів до генеральної сукупності. *Генеральною* називають сукупність об'єктів кількість яких n прямує до нескінченності, тобто $n \rightarrow \infty$. Як правило, проводити суцільне дослідження неможливо і/або недоцільно. Зазвичай від усієї кількості об'єктів певним чином

відбирають частину об'єктів і проводять дослідження відносно певної ознаки відібраних об'єктів. Сукупність випадково відібраних із генеральної сукупності об'єктів називають *вибірковою сукупністю*, або *вибіркою*. *Обсягом* сукупності називають кількість n об'єктів цієї сукупності. Вибірка повинна правильно відтворювати властивості генеральної сукупності, від якої вона відібрана. Тобто вона повинна бути *репрезентативною*.

Визначення основних статистичних показників вибіркової сукупності випадкових величин

Мета математичної обробки результатів багаторазових вимірювань полягає в обчисленні найвірогіднішого значення величини, що визначається, та оцінці його точності і надійності. Така обробка ґрунтується на методах теорії імовірності та математичної статистики, які застосовуються для аналізу випадкових дискретних величин.

Законом розподілу дискретної випадкової величини називають відповідність між можливими її значеннями і ймовірностями їх появи. Закон розподілу може бути заданий *таблично, аналітично і графічно*.

За достатньо великої кількості вимірювань випадкових величин їх поява підпорядковується нормальному закону розподілу (закону Гауса), формула якого має вигляд:

$$f(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (4.1)$$

де $f(x, \mu, \sigma)$ - щільність ймовірності; μ - математичне сподівання випадкової величини (центр групування її значень); σ^2 - дисперсія випадкової величини (міра розсіювання значень випадкової величини відносно центру групування); σ - середнє квадратичне відхилення випадкової величини (характеристика розсіювання значень випадкової величини відносно центру групування, яка дорівнює кореню квадратному з дисперсії); e - основа натурального логарифму. Таким чином, нормальний закон розподілу характеризується лише

двома параметрами, μ - математичним сподіванням і σ - середнім квадратичним відхиленням.

Нормальний закон розподілу може точно описувати лише нескінченно велику кількість випадкових величин (генеральну сукупність).

Однак його застосовують і для опису репрезентативної вибіркової сукупності. У вибірках зі скінченим числом вимірювань n , точне обчислення μ та σ неможливе. Замість них розраховують середнє вибіркве значення $\bar{x}_B$, вибіркве середнє квадратичне відхилення σ_B вибіркву дисперсію D_B , та статистичні оцінки відповідних показників генеральної сукупності.

Таким чином, припускаючи, що експериментальні дані підпорядковуються нормальному закону розподілу, обчислюють параметри, що його характеризують: вибіркві середнє значення, дисперсію і середнє квадратичне відхилення.

Середнє вибіркве значення $\bar{x}_B$ (середнє арифметичне значення ознаки вибіркової сукупності, що досліджується) визначається за формулою

$$\bar{x}_B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4.2)$$

x_i – значення i -ого вимірювання, n – кількість вимірювань.

Вибіркова дисперсія D_B (середнє арифметичне квадратів відхилень значень ознаки x_i що досліджується, від середнього вибіркового значення $\bar{x}_B$) визначається за формулою

$$D_B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_B)^2 \quad (4.3)$$

Вибіркове середнє квадратичне відхилення σ_B визначається за формулою

$$\sigma_B = \sqrt{D_B} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_B)^2} \quad (4.4)$$

Для оцінки варіації даних використовують вибірквий коефіцієнт варіації C_B , який обчислюється за формулою

$$C_v = \frac{\sigma_v}{x_v} \cdot 100\% \quad (4.5)$$

Коефіцієнт варіації C_v застосовують для порівняння варіації рядів спостережень, що відрізняються середніми значеннями і дисперсією. Окрім цього, C_v - величина безрозмірна і може використовуватися для порівняння варіації рядів спостережень, що мають різні одиниці вимірювання.

Оцінка відхилення експериментального розподілу від нормального

Обчислення статистичних показників правомірне за умови підпорядкування експериментальних даних нормальному закону розподілу. При вивченні невідомих (експериментальних) розподілів, або розподілів, що відрізняються від нормального, виникає потреба кількісно оцінити цю відмінність. З цією метою застосовують спеціальні характеристики, зокрема асиметрію (коефіцієнт асиметрії) і ексцес (коефіцієнт ексцесу). Асиметрія показує, наскільки розподіл даних несиметричний відносно нормального розподілу. Якщо асиметрія є величиною додатною, то більша частина даних має значення, що перевищує середнє вибіркове $\bar{x}_v$. Якщо асиметрія менше нуля, то більша частина даних має значення менше за $\bar{x}_v$. Ексцес оцінює крутість, тобто величину більшого, або меншого підйому вершини графіка розподілу експериментальних даних порівняно з вершиною графіка нормального розподілу. Якщо ексцес є величиною додатною, то вершина графіка експериментального розподілу вище нормального, якщо ексцес менше нуля, то - нижче нормального. Для нормального розподілу ці показники дорівнюють нулю. Якщо для розподілу, що вивчається, асиметрія і ексцес знаходяться в межах $\pm 0,5$, то можна припустити, що експериментальний закон розподілу близький до нормального. При цьому припускають, що емпіричний і теоретичний нормальні розподіли мають однакові математичне сподівання (середнє) і дисперсію. За умови малої кількості спостережень, перед використанням асиметрії та ексцесу для оцінки близькості експериментального

розподілу до нормального треба оцінити точність визначення вказаних характеристик.

Асиметрія A визначається за формулою

$$A = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_B)^3}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_B)^2 \right)^{\frac{3}{2}}} \quad (4.6)$$

Ексцес E визначається за формулою

$$E = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_B)^4}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_B)^2 \right)^2} - 3 \quad (4.7)$$

Застосування вбудованих функцій MS Excel для визначення статистичних показників вибіркової сукупності

У MS Excel основні статистичні характеристики вибіркової сукупності визначаються за допомогою вбудованих функцій категорії **Статистические**. Для їх використання виконують такі дії:

- **Вставка=>Функция;**
- **або** користуються піктограмою fx (**Вставка функции**), яка розташована на панелі інструментів;
- у діалоговому вікні **Мастер функций**, що відкриється, у полі **Категория** вибирають **Статистические**;
- у полі **Выберите функцию** вибирають потрібну функцію;
- у діалоговому вікні **Аргументы функции**, що відкриється після вибору функції, вводять діапазон комірок з вхідними даними, або перевіряють, чи правильно він заданий, якщо діапазон комірок був попередньо вибраний;
- натискають кнопку **ОК**.

Перелік і призначення статистичних функцій наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Призначення статистичних функцій наведено

Вид функції	Призначення
СЧЕТ	Обсяг вибірки
СРЗНАЧ	Вибіркове середнє значення
ДИСПР	Вибіркова дисперсія
СТАНДОТКЛОНП	Вибіркове середнє квадратичне відхилення
МАКС	Максимальне число вибіркової сукупності
МИН	Мінімальне число вибіркової сукупності
СКОС	Показник асиметрії A
ЭКСЦЕСС	Показник ексцесу E

Визначення вибірових статистичних показників множини ознак, що досліджуються

Якщо об'єкт, процес, або система, що досліджуються, характеризуються не однією ознакою, а множиною ознак, які представлені своїми рядами спостережень, то для визначення множини статистичних показників виконують дії:

- визначають статистичний показник однієї ознаки за допомогою відповідної вбудованої функції категорії **Статистические**;
- розповсюджують, або копіюють вбудовану функцію на діапазон комірок, що потребують аналогічного виду обчислень.

Виявлення і вилучення анормальних даних

Однією із причин, коли за показниками асиметрії і ексцесу експериментальний закон розподілу не можна вважати близьким до нормального, є наявність у вибірковій сукупності анормальних даних, тобто таких даних, які за своїми значеннями різко відрізняються від решти. Такі дані не можна віднести до нормально розподілених. У разі підозри на наявність

анормальних даних перевірці підлягають максимальне і мінімальне вибіркові значення.

Показники анормальності $V_{\max}$ і $V_{\min}$ визначають за формулами

$$V_{\max} = \frac{(x_{\max} - \bar{x}_e)}{\sigma_e}, \quad V_{\min} = \frac{(\bar{x}_e - x_{\min})}{\sigma_e}, \quad (4.8)$$

де $x_{\max}$, $x_{\min}$ – відповідно максимальне і мінімальне значення експериментальних даних; $\bar{x}_e$ – вибіркове середнє значення; σ_e – вибіркове середнє квадратичне відхилення.

Для перевірки анормальності даних застосовують правило трьох сигм: якщо випадкова величина розподілена нормально, то абсолютна величина її відхилення від математичного сподівання не перевищує потроєного середнього квадратичного відхилення. Тобто, якщо показники анормальності $V_{\max, \min} \leq 3$, то відповідне максимальне і/або мінімальне значення не є анормальним і з подальшого аналізу не вилучається. Якщо $V_{\max, \min} > 3$, то відповідне максимальне і/або мінімальне значення є анормальним і його з подальших досліджень виключають.

Після вилучення анормальних даних числові статистичні показники вибірки обчислюють повторно і перевіряють наступні максимальне і мінімальне значення на анормальність. Якщо при розрахунках за формулами використовувати посилання на адреси комірок з потрібними значеннями, то в Excel перерахунок показників виконається автоматично.

4.1.2. Оцінка статистичних показників генеральної сукупності, визначення довірчих похибок та інтервалів.

Оцінка статистичних показників генеральної сукупності

Точне визначення статистичних показників генеральної сукупності неможливе, так як кількість вимірювань при цьому $n \rightarrow \infty$. Тому використовують оцінки відповідних показників.

В якості оцінки генерального середнього приймається середнє вибіркове значення.

В якості оцінки дисперсії генеральної сукупності використовують виправлену вибіркoву дисперсію S^2 (або D_{ϵ}), яка визначається за формулою:

$$S^2 = \frac{n}{n-1} D_{\epsilon} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_{\epsilon})^2 \quad (4.9)$$

де дріб $\frac{n}{n-1}$ називають поправкою Бесселя. За малих значень n поправка суттєво відрізняється від одиниці, при збільшенні n вона прямує до одиниці. При $n > 50$ практично немає різниці між S^2 і D_{ϵ} ,

Для оцінки середнього квадратичного відхилення генеральної сукупності випадкових величин використовують виправлене вибіркoве середнє квадратичне відхилення S (або σ_{ϵ}), яке визначається за формулою:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_{\epsilon})^2}{n-1}} \quad (4.10)$$

Застосування вбудованих функцій MS Excel для визначення оцінок статистичних показників генеральної сукупності

Для визначення оцінок статистичних показників генеральної сукупності використовують вбудовані функції категорії **Статистические**:

ДИСП - для оцінки генеральної дисперсії;

СТАНДОТКЛОН – для оцінки генерального середнього квадратичного відхилення.

Аргументами зазначених функцій є діапазон комірок з вхідними даними.

Визначення довірчих похибок і довірчих інтервалів для статистичних характеристик генеральної сукупності випадкових величин

Визначення довірчих похибок і інтервалів ґрунтується на деяких інтервальних характеристиках випадкових величин.

Довірчим інтервалом називають інтервал, у який потрапляє істинне значення величини, що вимірюється, з заданою ймовірністю γ .

Надійністю результатів вимірювань називають ймовірність γ того, що істинне значення величини, що вимірюється, потрапляє в даний довірчий інтервал. Надійність виражається в частках одиниці, або у відсотках.

Рівнем значущості називається величина $\alpha=1-\gamma$, яка характеризує ймовірність помилки, тобто частку ризику в оцінці істинного значення величини, що вимірюється. Рівень значущості – це ймовірність, якою вирішено знехтувати в заданій області досліджень.

Визначення довірчого інтервалу для математичного сподівання Правила побудови довірчого інтервалу для математичного сподівання залежать від того, відома чи не відома дисперсія генеральної сукупності D_z . Розглянемо випадок, коли дисперсія відома, генеральна сукупність підпорядковується нормальному закону розподілу. У цьому випадку:

- Визначається *абсолютна довірна похибка* $\mathcal{E}_{\bar{x}_g}$ вибіркового середнього за формулою:

$$\mathcal{E}_{\bar{x}_g} = \sigma_g \frac{t_\gamma}{\sqrt{n}} \quad (4.11)$$

де n – кількість спостережень;

σ_g – вибіркове середнє квадратичне відхилення;

t_γ – коефіцієнт довіри, що береться із таблиці значень функції Лапласа $\Phi(t)$ при $\Phi(t) = \gamma/2$, де γ – задана ймовірність.

Для прикладних досліджень приймається $\gamma=0,95$ ($\gamma=95\%$), що відповідає рівню значущості $\alpha = 1-\gamma = 1-0,95 = 0,05$. При цьому $t_\gamma = 1,96$. t_γ ще називають *нормованим* значенням нормально розподіленої випадкової величини.

Абсолютну довірчу похибку ще називають *точністю оцінки*.

- Визначається *відносна довірна похибка* вибіркового середнього:

$$\delta_{\bar{x}_g} = \frac{t_\gamma \sigma_g}{\bar{x}_g \sqrt{n}} = \frac{\mathcal{E}_{\bar{x}_g}}{\bar{x}_g} \quad (4.12)$$

За потреби забезпечення результатів вимірювань заданою точністю, тобто необхідною відносною довірчою похибкою, із формули (4.12) визначають потрібне число спостережень n :

$$n = \left(\frac{t_{\gamma} \cdot \sigma_{\epsilon}}{\delta_{\bar{x}_{\epsilon}} \cdot \bar{x}_{\epsilon}} \right)^2 \quad (4.13)$$

Наприклад, для визначення кількості вимірювань, яка б забезпечувала відносну довірчу похибку на рівні 5% формула (4.13) матиме вигляд:

$$n = \left(\frac{t_{\gamma} \cdot \sigma_{\epsilon}}{0,05 \cdot \bar{x}_{\epsilon}} \right)^2 \quad (4.14)$$

Межі довірчого інтервалу математичного (генерального середнього) визначаються за формулами:

$$\text{нижня межа:} \quad \mu_{\min} = \bar{x}_{\epsilon} - \varepsilon_{\bar{x}_{\epsilon}} \quad (4.15)$$

$$\text{верхня межа:} \quad \mu_{\max} = \bar{x}_{\epsilon} + \varepsilon_{\bar{x}_{\epsilon}} \quad (4.16)$$

Ширина довірчого інтервалу h генерального середнього значення визначається за формулою:

$$h = \mu_{\min} - \mu_{\max} \quad (4.17)$$

$$\bar{x}_{\epsilon} - \varepsilon_{\bar{x}_{\epsilon}} \leq \mu \leq \bar{x}_{\epsilon} + \varepsilon_{\bar{x}_{\epsilon}} \quad (4.18)$$

$$\text{При цьому, } P(\bar{x}_{\epsilon} - \varepsilon_{\bar{x}_{\epsilon}} \leq \mu \leq \bar{x}_{\epsilon} + \varepsilon_{\bar{x}_{\epsilon}}) = \gamma \quad (4.19)$$

Формули (4.12) і (4.13) у прикладних дослідженнях займають особливе місце. За ними можна, наприклад, обчислити обсяг вибірки n необхідний для оцінки середнього значення нормально розподіленої вибіркової сукупності з заданою надійністю γ і точністю $\varepsilon_{\bar{x}_{\epsilon}}$, а також для заданої точності і відомого обсягу вибірки можна визначити надійність (імовірність).

Для визначення абсолютної довірчої похибки в Excel існує функція **ДОВЕРИТ**. Зазначена функція має три аргумента: **Альфа** – рівень значущості (для прикладних досліджень $\alpha=0,05$); **Станд_откл** – оцінка середнього квадратичного відхилення (визначається за допомогою вбудованої функції

СТАНДОТКЛОН); **Размер** – кількість спостережень n (визначається за допомогою вбудованої функції **СЧЕТ**).

Для оцінки точності вимірювань використовують також *стандартну похибку середнього* Δ , яка визначається за формулою:

$$\Delta = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (4.20)$$

де S - оцінка генерального середнього квадратичного відхилення, n кількість вимірювань.

Визначення довірчого інтервалу для генеральної дисперсії Зазначений параметр визначається за формулою:

$$\frac{nD_{\epsilon}}{\chi_2^2} \leq D_{\epsilon} \leq \frac{nD_{\epsilon}}{\chi_1^2} \quad (4.21)$$

де D_{ϵ} – вибіркова дисперсія, n – кількість вимірювань, χ_1^2, χ_2^2 критерії Пірсона.

Критерії Пірсона визначаються із таких положень:

$$P(\chi^2 > \chi_1^2) = 1 - \frac{\alpha}{2} = 1 - \frac{0,05}{2} = 0,975 \quad (4.22)$$

$$P(\chi^2 > \chi_2^2) = \frac{\alpha}{2} = \frac{0,05}{2} = 0,025 \quad (4.23)$$

За таблицею χ^2 -розподілу, або іншими засобами для числа степенів свободи $f=n-1$ та одержаних імовірностей 0,975 і 0,025 знаходять значення χ_1^2, χ_2^2 .

Для обчислення значення критерію χ^2 в MS Excel є вбудована функція **ХИ2ОБР** аргументами якої є задана ймовірність і число степенів свободи $f=n-1$.

Визначення довірчого інтервалу для генерального середнього квадратичного відхилення

Зазначений параметр при $n \leq 30$ визначається за формулою:

$$\frac{\sqrt{n} \cdot \sigma_{\epsilon}}{\chi_2} \leq \sigma_{\epsilon} \leq \frac{\sqrt{n} \cdot \sigma_{\epsilon}}{\chi_1} \quad (4.24)$$

За великих обсягів вибірки $n > 30$ довірчий інтервал для генерального середнього квадратичного відхилення визначається за формулою:

$$\frac{\sqrt{2n} \cdot \sigma_s}{\sqrt{2n-3} + t_\gamma} \leq \sigma_z \leq \frac{\sqrt{2n} \cdot \sigma_s}{\sqrt{2n-3} - t_\gamma} \quad (4.25)$$

де t_γ - нормоване значення нормально розподіленої випадкової величини, яке відповідає заданій надійності γ і визначається за таблицею функції Лапласа $\Phi(t)$.

Визначення статистичних показників за допомогою засобу "Описательная статистика"

До методів описової статистики відносять методи опису вибірки за допомогою різних числових показників.

В MS Excel існує засіб **Описательная статистика**, який дозволяє одночасно визначити ряд статистичних показників. Щоб скористатися засобом **Описательная статистика**, виконують дії:

- вибирають меню **Сервис=>Анализ данных=>Описательная статистика;**

- у відповідному діалоговому вікні в поле **Входные данные** вводять діапазон комірок з експериментальними даними;

- у полі **Метки в первой строке** ставлять галочку, якщо перший рядок вхідного діапазону містить заголовок стовпчика, або нічого не ставлять, якщо заголовка немає;

- у групі показників **Параметры вывода** відмічають галочкою пункт **Итоговая статистика;**

- рівень надійності за замовчуванням дорівнює 0,05 – за необхідності зміни рівня надійності, активізують перемикач **Уровень надежности** і вводять потрібне значення;

- натискають кнопку **ОК;**

- в результаті виконаних дій з'явиться таблиця з такими статистичними показниками експериментальних даних (таблиця 4.2):

Таблиця 4.2 – Статистичними показниками експериментальних даних

Назва показника	Зміст показника
Среднее	середнє значення
Стандартная ошибка	стандартна похибка середнього, яка визначається за формулою (20)
Медиана	значення, яке ділить вибірку на дві, рівні за числом вимірювань, частини
Мода	значення, яке має найбільшу частоту появи
Стандартное отклонение	оцінка генерального середнього квадратичного відхилення
Дисперсия выборки	оцінка генеральної дисперсії
Эксцесс	ексцес
Асимметричность	асиметрія
Интервал	інтервал варіювання (розмах вибірки – різниця між максимальним і мінімальним значеннями)
Минимум	мінімальне значення вибірки
Максимум	максимальне значення вибірки
Сумма	сума усіх значень вибірки
Счет	кількість вимірювань

4.1.3. Дослідження експериментальних розподілів.

Емпіричним (експериментальним) називають розподіл відносних частот. Для його дослідження використовують апарат математичної статистики.

Теоретичним називають розподіл імовірностей. Для його вивчення застосовують теорію ймовірностей.

Для дослідження експериментального розподілу результати експерименту представляють у вигляді послідовності чисел $x_1, x_2, \dots, x_k$.

Якщо експериментальне значення x_1 спостерігалось n_1 раз, значення x_2 спостерігалось n_2 раз і т. д., то значення x_i називаються *варіантами*, а числа їх спостережень n_i – *частотами*. Процедура підрахунку частот називається *групуванням даних*.

Обсяг вибірки n дорівнює сумі всіх частот n_i .

$$n = \sum_{i=1}^k n_i = n_1 + n_2 + \dots + n_k \quad (4.26)$$

Відотною частотою (частістю) значення x_i називається відношення частоти спостережень цього значення n_i до загального обсягу вибірки n .

$$w_i(n) = \frac{n_i}{n} \quad (4.27)$$

Статистичним розподілом частот (або просто розподілом частот) називається перелік варіант і відповідних їм частот, записаний у вигляді таблиці 4.3:

Таблиця 4.3 – Перелік варіант та відповідних їм частот

x_i	x_1	x_2	...	x_k
n_i	n_1	n_2	...	n_k

Розподілом відносних частот називається перелік варіант і відповідних їм відносних частот.

Полігоном частот називають ламану, відрізки якої сполучають точки $(x_1; n_1), (x_2; n_2), \dots, (x_k; n_k)$. Для побудови полігону на осі абсцис відкладають варіанти x_i , а на осі ординат відповідні їм частоти n_i .

Точки $(x_i; n_i)$ сполучають відрізками прямих і отримують полігон частот.

Полігоном відносних частот (частостей) називають ламану, відрізки якої сполучають точки $(x_1; w_1), (x_2; w_2), \dots, (x_k; w_k)$. Для побудови полігону відносних частот на осі абсцис відкладають варіанти x_i , а на осі ординат – відповідні їм відносні частоти w_i . Точки $(x_i; w_i)$ сполучають відрізками прямих і отримують полігон відносних частот.

Статистичний розподіл вибірки за частотами може бути графічно зображеним за допомогою гістограми. Для її побудови всі експериментальні значення розбиваються на декілька інтервалів $[x_i, x_{i+1})$, які називаються *класовими або частковими інтервалами*, або *кишенями*. Довжина λ i -го класового інтервалу дорівнює: $\lambda = x_{i+1} - x_i$. Якщо обсяг вибірки великий, то можна вибрати k класових інтервалів однакової довжини $\lambda = (x_{\max} - x_{\min})/k$, де $x_{\max}$ і $x_{\min}$ – найбільша і найменша варіанти відповідно. Кількість класів (k) визначають за формулою:

$$k=l+3,32\cdot\log(n), \quad (4.28)$$

де n - кількість спостережень (визначається за допомогою вбудованої функції **СЧЕТ**); $\log(n)$ – визначається за допомогою відповідної вбудованої функції Excel категорії **Математические**.

Гістограмою частот називають фігуру, яка складається з прямокутників, основою яких є класові інтервали довжиною λ , а висоти дорівнюють n_i . Для побудови гістограми частот на осі абсцис відкладають класові інтервали, а над ними проводять відрізки, паралельні осі абсцис на відстані n_i .

Гістограмою відносних частот називають фігуру, яка складається із прямокутників, основами яких служать класові інтервали довжиною λ , а висоти рівні w_i . Для побудови гістограми відносних частот на осі абсцис відкладають класові інтервали, а над ними проводять відрізки, паралельні осі абсцис, на відстані w_i .

Побудова розподілу частот

Проводять сортування вхідних даних за збільшенням. Для цього виокремлюють діапазон комірок з вхідними даними, виконують дії:

- **Данные=> Сортировка;**
- у діалоговому вікні **Сортировка данных** вибирають пункт **По возрастанию;**
- натискають кнопку ОК.

Отриманий ряд дозволяє оцінити максимальне та мінімальне значення варіант і різницю між ними. Ця інформація використовується для підрахунку потрібного числа класів при побудові згрупованого розподілу частот.

У вільній комірці визначають кількість класів k , на які треба розподілити дослідні дані за формулою (28). Одержане значення k , округлюють до цілого. Визначають величину класового інтервалу за формулою

$$\lambda = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k} \quad (4.29)$$

За необхідності округлюють одержане значення до цілого. Для одержання масиву класових інтервалів можна задавати їх вручну, або користуватись засобами автозаповнення. В останньому випадку:

- вводять у вільну комірку мінімальне число вибірки, натискають клавішу **Enter**;
- активізують комірку з мінімальним значенням вибірки, виконують команду **Правка=>Заполнить=>Прогрессия**;
- у діалоговому вікні **Прогрессия** у полі **Шаг** установлюють довжину класового інтервалу, в полі **Тип** вказують **Арифметическая**, в полі **Предельное значение** - максимальне значення вибірки;
- у полі **Расположение** відмічають **По столбцам**;
- натискають кнопку **ОК**.

У результаті виконаних дій буде виведено масив класових інтервалів (кишень). Якщо кінцеве значення масиву класових інтервалів виявилось меншим за максимальне значення вибірки, тоді нижче добавляють ще один класовий інтервал вручну.

Для побудови масиву частот виконують дії:

- праворуч від діапазону комірок з масивом класових інтервалів виокремлюють комірки стовпчика для виведення частот, причому на одну більше, ніж займає масив класових інтервалів;
- виконують дії **Вставка=> Функция=> Статистические => Частота**;
- у діалоговому вікні функції **Частота** у відповідні поля вводять адреси комірок, що містять масив вхідних (експериментальних) даних і масив класових інтервалів;
- натискають клавішу **F2**, а потім одночасно клавіші **<Ctrl>+<Shift>+<Enter>**;
- в результаті у вибраний діапазон комірок буде виведено масив частот;
- якщо замість масиву частот виведеться одне число, треба впевнитися, що діапазон комірок для виведення частот виокремлено вірно, а потім ще раз натиснути клавішу **F2** і одночасно клавіші **<Ctrl>+<Shift>+<Enter>**;

■ правильність підрахунків перевіряють шляхом обчислення суми отриманих частот, яка має дорівнювати кількості експериментальних даних.

Вбудована функція MS Excel **Частота** дозволяє одержати розподіл частот по класовим інтервалам, причому, якщо розподіл класових інтервалів розпочинається зі значення x_i , то до нього входять частоти появи значень, які $\leq x_i$. Якщо наступне значення класового інтервалу x_{i+1} , то до нього входять частоти появи значень, які $x_i < i < x_{i+1}$.

Побудова розподілу відносних частот

Як відомо, відносні частоти (частоті) – це частоти, поділені на загальне число спостережень (число експериментальних даних). Стовпчик з відносними частотами будують поруч зі стовпчиком з частотами. Для побудови розподілу відносних частот виконують такі дії:

■ у вільній комірці, якщо це не зроблено раніше, підраховують кількість експериментальних даних (суму частот) за допомогою вбудованої функції **СЧЕТ**;

■ у першу комірку стовпчика для побудови розподілу відносних частот вводять формулу ділення значення першої комірки з частотою на кількість спостережень, використовуючи відповідні посилання на адреси комірок;

■ на адресу комірки з першим значенням частоти робиться відносне посилання, на адресу комірки з сумою частот – абсолютне;

■ натискають клавішу **Enter**;

■ активізують комірку з першим отриманим значенням відносної частоти й розповсюджують формулу на діапазон комірок, призначений для побудови розподілу відносних частот.

■ для перевірки правильності розрахунків визначають суму відносних частот, яка має дорівнювати 1.

Побудова розподілів накопичених частот і частостей

Для заповнення діапазону комірок накопиченими частотами виконують дії:

■ у вибраній комірці після знаку "=" (дорівнює) записують відносне

посилання на адресу першої комірки зі значенням частоти - це буде перше значення розподілу накопичених частот;

- у наступну комірку після знаку "=" вводять адресу другої комірки зі значенням частоти, знак "+" і адресу попередньої комірки зі значенням першої накопиченої частоти;

- натискають клавішу **Enter**;

- активізують комірку, в якій з'явилося друге значення накопиченої частоти;

- методом автозаповнення заповнюють діапазон стовпчика значеннями накопиченої частоти (протягують маркер автозаповнення);

- останнє значення діапазону має відповідати сумі частот.

Для розрахунку накопичених частостей проводять описані вище дії, використовуючи діапазон комірок не з частотами, а з відносними частотами (частостями). Останнє число діапазону відносних накопичених частот має дорівнювати одиниці.

Побудова полігону, гістограми і кумуляти

Побудова полігонів:

- виокремлюють стовпчики, які містять класові інтервали (кишені) і частоти;

- виконують дії: **Вставка=>Діаграма**;

- у діалоговому вікні **Мастера діаграмм (шаг 1 из 4): тип диаграммы** на закладці **Стандартные** в групі **Тип** вибирають **Точечная**, в групі **Вид** вибирають **Точечная диаграмма, на которой значения соединены отрезками**;

- для того, щоб переглянути, як буде виглядати полігон на даному етапі, натискають кнопку **Просмотр результата** в цьому ж діалоговому вікні - в результаті на місці групи **Вид** з'явиться поле **Образец**, в якому буде показано полігон;

- натискають кнопку **Далее**;

- у наступному вікні **Мастера діаграмм (шаг 2 из 4): источник**

данных нічого не змінюють, треба лише впевнитися, що відмічено **Ряды в столбиках** і натиснути кнопку **Далее**;

- у наступному вікні **Мастера диаграмм (шаг 3 из 4):** параметри **диаграммы** на закладці **Заголовки** вводять у полі **Название диаграммы** заголовок "Полігон частот"; у полі **Ось X (категорий)** - назву осі X: "Класові інтервали"; у полі **Ось Y (значений)** - назву осі Y: "Частоти";

- на закладці **Линии сетки** знімають галочку з перемикача **Ось Y (значений): основные линии**;

- на закладке **Легенды** знімають галочку з перемикача **Добавить легенду** і натискають кнопку **Готово**;

- одержану діаграму редагують далі: за допомогою миші рисунку надають квадратної форми;

- для того, щоб прибрати сірий фон діаграми, натискають двічі мишею в сірій області - в результаті з'явиться вікно **Формат области построения**, в якому в групі **Заливка** відмічають **Прозрачная** і натискають кнопку **ОК**;

- у діалоговому вікні **Формат оси**, яке викликається натискуванням правою кнопкою миші на осі, на закладці **Шкала** за потреби змінюють початкове значення вісі і ціну основних поділок.

Аналогічним чином будується полігон частотей. Необхідно впевнитися, що правильно задані інтервали комірок з класовими інтервалами і частотами. Після дій з форматування діаграми необхідно звернути увагу на те, що числа по вісі Y можуть мати різну кількість знаків після коми. Щоб кількість знаків після коми була однаковою виконують дії:

- двічі натискають мишею на даній осі;
- в діалоговому вікні **Формат оси** вибирають закладку **Число**;
- в групі **Числовые форматы** вибирають **Числовой** і встановлюють **Число десятичных знаков: 2** (це число задане за замовчуванням);
- натискають кнопку **ОК**.

Побудова гістограми

В **Пакете анализа** меню **Сервис** є інструмент для швидкої побудови гістограми, який так і називається **Гистограмма**. Для побудови гістограми:

- викликають діалогове вікно **Гистограмма**;
- задають діапазони комірок з вхідними даними і класовими інтервалами (кишеннями);
- відмічають галочкою перемикач **Вывод графика**;
- натискають кнопку ОК.

Інструмент **Гистограмма** виводить два стовпчики: **Карманы і Частота**. У стовпчику **Карманы** дублюються задані раніше класові інтервали. У стовпчику **Частота** повторно виводяться обчислені для кожного класового інтервалу частоти. Сама гістограма виводиться справа від стовпчика частот. Форматування гістограми здійснюється звичними для форматування графіків способами. Для заміщення зазорів між прямокутниками на гістограмі викликають меню **Формат рядов данных**. Для цього:

- встановлюють курсор на поле одного із прямокутників і натискають праву клавішу миші;
- у контекстному меню, що відкриється, вибирають **Формат рядов данных=>Параметры**;
- у вікні **Ширина зазора** встановлюють 0;
- натискають кнопку ОК.

Гістограму можна побудувати також за допомогою **Мастера диаграмм**, вибравши відповідний вид графіка.

Побудова кумулятивної кривої

Кумулятивна крива (крива накопичених частот, або крива накопичених частостей) будується таким чином: по осі абсцис відкладають класові інтервали, а по осі ординат – накопичені частоти, або накопичені частості. Другим варіантом побудови кумулятивної кривої є використання інструменту **Сервис => Пакет анализа => Гистограмма**:

- у діалоговому вікні **Гистограмма** вказують **Входной интервал** - діапазон комірок з вхідними даними, **Интервал карманов** -діапазон комірок з

класовими інтервалами (кишеннями);

- відмічають галочкою **Интегральный % і Вывод графика**;
- натискають кнопку ОК - в результаті з'явиться таблиця з даними і об'єкт з двома графіками;
- в області графіка натискають праву клавішу миші;
- у контекстному меню, що відкриється, вибирають пункт **Входные данные**;
- у діалоговому вікні, що відкриється, переходять на закладку **Ряд**;
- в однойменному полі **Ряд** вилучають ряд, що має назву **Частота**;
- натискають кнопку ОК;
- натискають праву клавішу миші в області графіка;
- вибирають у контекстному меню пункт **Параметры диаграммы**;
- вводять необхідні виправлення в назви заголовків;
- натискають праву клавішу миші на осі **У**;
- у контекстному меню вибирають **Формат оси**;
- переходять на закладку **Число**, відмічають формат **Числовой**;
- натискають кнопку ОК.

Визначення частоти попадання випадкової величини в заданий класовий інтервал

Розподіл частот використовують для визначення частоти попадання випадкової величини в заданий класовий інтервал. Наприклад, результати дослідження вмісту сухої речовини у цибулі наведені у табл.4.4:

Таблиця 4.4 - Частотний розподіл вмісту сухої речовини в цибулі, %

Класові інтервали	Частоти	Частоти	Накопичені частоти	Накопичені частоти
15	1	0,0345	1	0,0345
16	4	0,1379	5	0,1724
17	8	0,2759	13	0,4483
18	10	0,3448	23	0,7931
19	4	0,1379	27	0,9310
20	2	0,0690	29	1,0000

Згідно з представленими даними, для дослідження вмісту сухої речовини в цибулі було проведено 29 вимірювань. Кількість випадків, які потрапляють в той чи інший класовий інтервал наведено у другій графі (розподіл частот). Наприклад, вимагається визначити, скільки вимірювань вмісту сухої речовини прийме значення >16 і ≤ 18 %. Підраховуючи частоти, встановлюють, що із 29 випадків вимогам задовольняють 18 значень. Наприклад, вимагається визначити, який відсоток вимірювань буде мати значення вмісту сухої речовини $\leq 17\%$. Використовуючи розподіл відносних накопичених частот (накопичених частостей), встановлюють, що вимогам відповідає 0,4483 (44,83%) вимірювань.

Розподіл відносних частот використовують також для порівняння двох рядів спостережень, що мають різну кількість вимірювань, приклади побудови графіків показано на рис. 4.1 - 4.3:

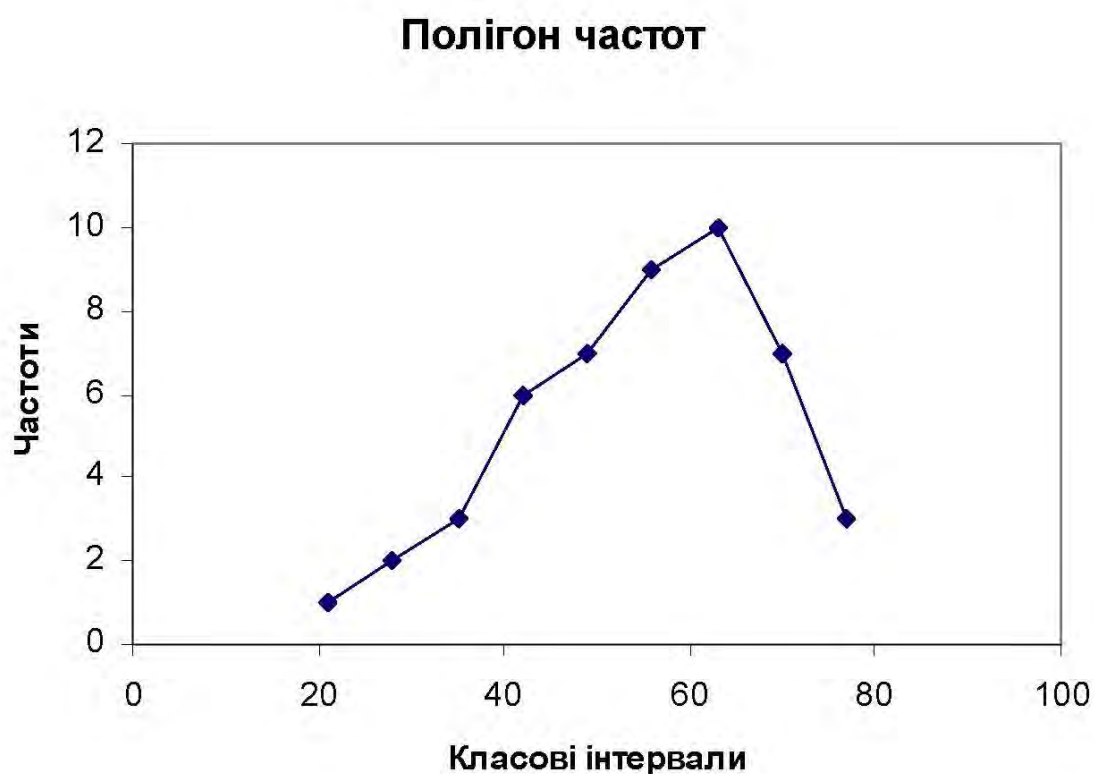


Рис. 4.1 – Залежність полігону частоти від класових інтервалів

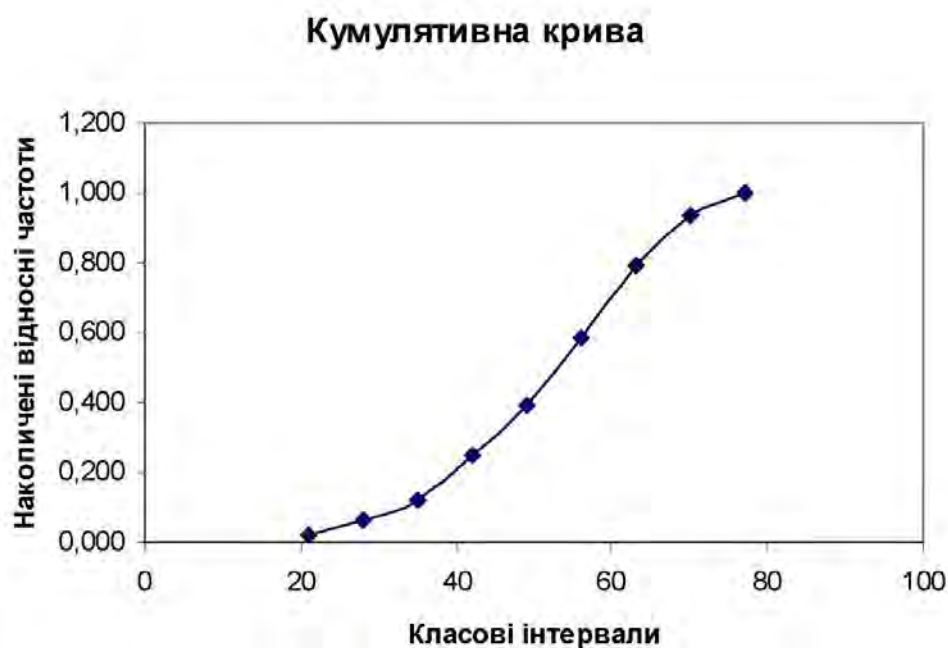


Рис. 4.2 – Залежність накопичені відносної частоти від класових інтервалів

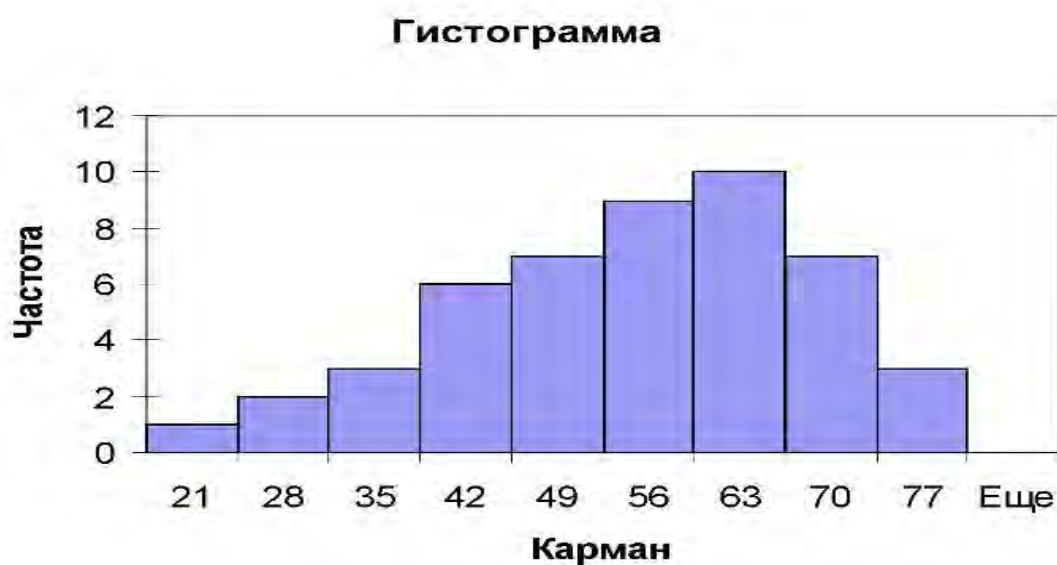


Рис. 4.3 – Залежність полігону частоти від функції «карман»

4.1.4. Графічне порівняння експериментального розподілу з теоретичним

Диференціальна і інтегральна функції нормального розподілу

Теоретичним розподілом називають розподіл ймовірностей появи того чи іншого значення.

Як уже відзначалося, *нормальним законом розподілу імовірностей* (або просто нормальним розподілом) називається закон розподілу неперервної випадкової величини, заданий щільністю розподілу у вигляді формули (4.30). Наведена функція називається також *диференціальною функцією нормального розподілу*.

Інтегральна функція нормального розподілу визначається за формулою:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (4.30)$$

Засоби MS Excel для визначення диференціальної і інтегральної функцій нормального розподілу

В Excel серед статистичних функцій є функція **НОРМРАСП**, яка дозволяє обчислити як диференціальну функцію нормального розподілу $f(x)$, так і інтегральну функцію розподілу $F(x)$. Ця функція має наступні параметри: **НОРМРАСП(x ; α ; σ ; *тип*)**, де x - значення змінної, для якої необхідно обчислити функцію; α - середнє значення нормального розподілу; σ - оцінка стандартного відхилення цього розподілу; *тип* - це логічне значення, що визначає тип функції розподілу: *тип* - приймає значення **ИСТИНА** або **ЛОЖЬ**. Якщо вказати в якості цього параметру **ИСТИНА**, то буде обчислена інтегральна функція $F(x)$ нормального розподілу, а якщо - **ЛОЖЬ**, то буде обчислена диференціальна функція розподілу $f(x)$.

Експериментальний розподіл випадкових величин за достатньо великої кількості спостережень наближається до нормального закону (закону Гауса). Перевірка емпіричного (експериментального) закону розподілу на "нормальність" необхідна для підтвердження коректності виконання статистичного аналізу експериментальних даних, оцінки його достовірності й

надійності, вибору статистичних критеріїв щодо порівняння середніх значень і дисперсій, підтвердження можливості застосування експериментальних даних для моделювання. Окрім цього, невідповідність експериментального розподілу теоретичному нормальному може бути викликана наявністю у вибірці аномальних значень, неправильним вибором факторів, що впливають на параметр оптимізації, або їх рівнів варіювання, впливу неконтрольованих, або некерованих факторів, що призводить до появи не усунених залишків систематичних, методичних, або інструментальних похибок. Цей факт вимагає додаткового аналізу умов проведення експерименту і одержаних результатів.

Графічний статистичний аналіз експериментальних даних дозволяє візуально оцінити вигляд експериментального розподілу за формою полігону частот, або частостей, а також візуально порівняти графіки теоретичних і експериментальних диференціальних та інтегральних функцій розподілу.

Остаточний висновок щодо закону розподілу вибіркової сукупності можна зробити тільки шляхом оцінки його відповідності теоретичному за допомогою спеціальних критеріїв згоди.

Графічне порівняння емпіричного розподілу з теоретичним

Для графічної ілюстрації одержаних результатів будують графіки теоретичної та експериментальної інтегральної й диференціальної функцій нормального розподілу.

Для побудови інтегральних функцій розподілу:

- копіюють відсортовані за збільшенням результати вимірювань одного із показників (Л_р_№6) на новий аркуш, масиви класових інтервалів, відносних частот і відносних накопичених частот;

- у вільних комірках визначають, якщо не було встановлено раніше, середнє вибіркве значення за допомогою вбудованої функції **СРЗНАЧ** і виправлене середнє квадратичне відхилення - за допомогою **СТАНДОТКЛОН**;

- у першу комірку вільного стовпчика, яка знаходиться в одному рядку з першим значенням скопійованих експериментальних даних, вводять формулу

для підрахунку інтегральної функції нормального розподілу експериментальних величин: **=НОРМРАСП** (відносне посилання на адресу комірки з першим значенням вхідних даних; абсолютне посилання на адресу комірки зі значенням середнього; абсолютне посилання на адресу комірки зі значенням виправленого середнього квадратичного відхилення; **ИСТИНА**);

- копіюють формулу так, щоб були задіяні всі вхідні дані, тобто, до рядка, що містить останнє значення вхідних даних;

- виокремлюють діапазон комірок з вхідними даними та діапазон комірок зі значеннями інтегральної функції нормального розподілу, використовуючи клавішу **Ctrl**, якщо вони не сумісні;

- викликають **Мастер диаграмм** і будують графік, як це було описано в Л_р_ № 6;

- проводять відповідні редагування і форматування графіка, щоб він мав вигляд, поданий на рис.;

- для побудови експериментальної інтегральної функції розподілу натискають праву клавішу миші на вільному місці графіка теоретичної інтегральної функції;

- у контекстному меню, що відкриється, вибирають пункт **Исходные данные**;

- переходять на закладку **Ряд** і натискають кнопку **Добавить**;

- в полі **Название** вводять "експериментальна";

- в поле **Значення осі Х** вводять діапазон комірок зі значеннями класових інтервалів;

- в поле **Значення осі У** вводять діапазон комірок зі значеннями накопичених частот;

- проводять редагування і форматування графіків відомими способами;

або:

- використовують побудований в Л_р_6 графік кумулятивної кривої (накопичених відносних частот) і до нього додають графік теоретичної інтегральної функції нормального розподілу.

Для побудови диференціальних функцій нормального розподілу виконують дії:

- у першу комірку вільного стовпчика вводять формулу для підрахунку диференціальної функції нормального розподілу експериментальних величин, наприклад: = **НОРМРАСП** (адреса комірки з першим значенням експериментальних даних; адреса комірки зі значенням середнього; адреса комірки зі значенням виправленого середнього квадратичного відхилення; **ЛОЖЬ**), використовуючи абсолютні і відносні посилання на адреси комірок;

- натискають клавішу **Enter**;

- активізують комірку з формулою і за допомогою маркера автозаповнення розповсюджують формулу так, щоб вказана функція була визначена для всіх експериментальних даних;

- для побудови графіка теоретичної диференціальної функції нормального розподілу виокремлюють діапазон комірок з вхідними даними та діапазон комірок зі значеннями диференціальної функції;

- викликають **Мастер диаграмм** і аналогічним чином будують теоретичну диференціальну криву нормального розподілу;

- натискають праву клавішу миші на вільному місці діаграми;

- у контекстному меню, що відкриється, вибирають пункт **Исходные данные**;

- у діалоговому вікні, що відкриється, переходять на закладку **Ряд** і натискають кнопку **Добавить**;

- у полі **Название** вводять "експериментальна";

- у полі **Значення осі Х** вводять діапазон комірок зі значеннями класових інтервалів;

- в поле **Значення осі У** вводять діапазон комірок зі значеннями частостей;

- проводять редагування і форматування графіків;

- приклади побудованих графіків подано на рисунках 4.4-4.5.

Інтегральні функції нормального розподілу

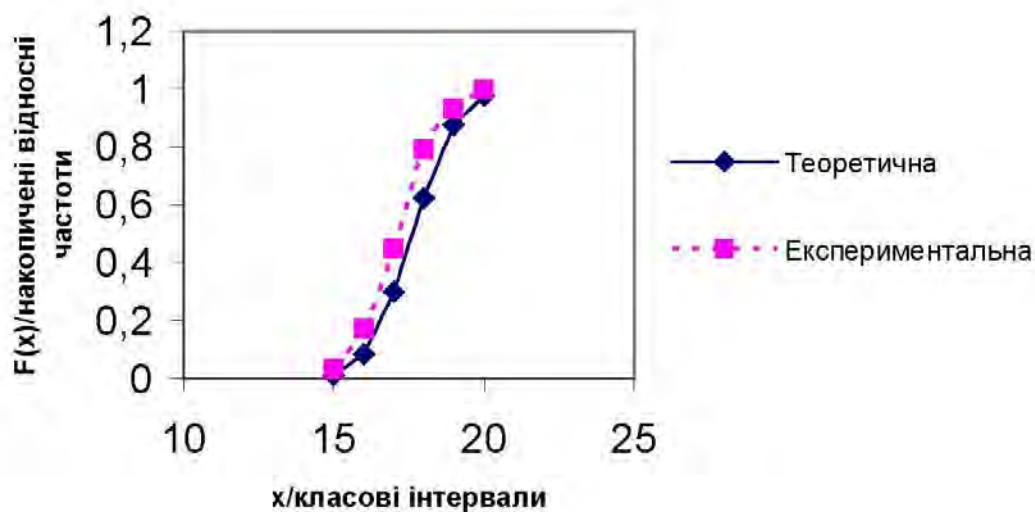


Рис. 4.4 – Залежність накопичення відносності частоти від класових інтервалів

Диференціальні функції нормального розподілу

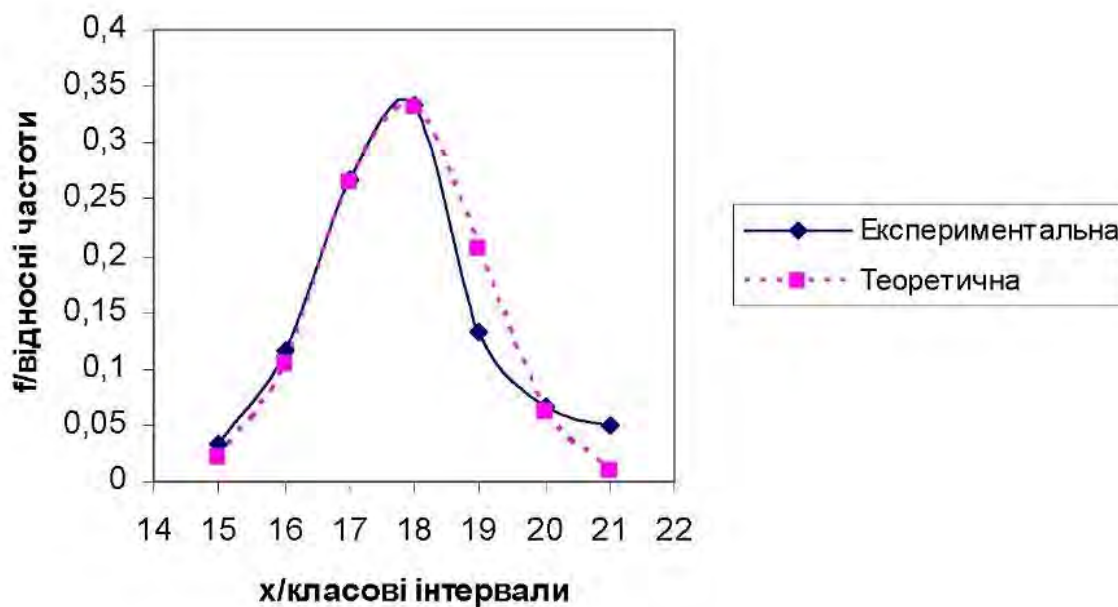


Рис. 4.5 – Залежність відносності частоти від класових інтервали.

4.2. Вплив вакуумметричного тиску та різниці частоти пульсації на тривалість робочого циклу

З метою обґрунтування основних параметрів режиму роботи доїльного апарата попарно-комбінованого типу необхідно встановити кількісний взаємозв'язок між факторами, що впливають на ефективність виведення молока. До таких факторів відносяться величина вакуумметричного тиску – x_1 та різниця частоти пульсів – x_2 між парами доїльних стаканів. В нашому випадку Δn визначається частотою пульсації в першій (n_1) та другій (n_2) парах доїльних стаканів. Критерієм оптимізації є тривалість робочого циклу $T_{\text{ц}}$ режиму роботи доїльного апарата.

При обґрунтуванні інтервалу та рівнів варіювання вказаних факторів були взяті за основу зоотехнічні вимоги до доїльних машин [8,9,22,23,27,43], а також результати попередніх досліджень [4,25,26,36]. Визначені для дослідження рівні та діапазони факторів представлені в табл. 4.5

Таблиця 4.5 - Рівні варіювання досліджувальних факторів

Назва фактора	Позначення		Рівні варіювання			Діапазон
	натур.	кодоване	-1	0	+1	
Величина вакуумметричного тиску, кПа	P_v	X_1	44	50	56	6,0
Різниця частоти пульсації, Гц	Δn	X_2	0,1	0,2	0,3	0,1

Для проведення дослідів був вибраний трьохрівневий ортогональний і рототабельний план двофакторного експерименту.

Матриця планового експерименту (табл. 4.6) складається з ядра - числом дослідів $2^2 = 4$, центральних точок $2 \times 2 = 4$ і однієї нульової точки. Щоб виключити похибку досліду та оцінити дисперсію відтворюваності вибрали три паралельних досліди. З метою зменшення впливу систематичної помилки,

викликаною зміною процесу в межах одного режиму, проводили рандомізацію, суть якої полягала у виборі випадкової послідовності постановки досліду за допомогою таблиці випадкових чисел [37]. При виборі масштабу за осями в одиницях варіювання факторів прийняли відповідні співвідношення між кодованими і натуральними значеннями керуючих факторів:

$$\bar{X}_i = \frac{X_i - X_{io}}{\Delta X} \quad (4.31)$$

Таблиця 4.6 - Матриця планового експерименту для двофакторного плану

Точки плану	Послідовність проведення дослідів (повторність)			Фактори				Примітка
	перша	друга	третя	X ₀	X ₁	X ₂	X ₁ X ₂	
1	9	2	6	1	-1	-1	1	ядро
2	8	5	3	1	1	-1	-1	
3	7	6	9	1	-1	1	-1	
4	6	3	8	1	1	1	1	
5	1	9	4	1	1	0	0	центральні точки
6	5	4	7	1	-1	0	0	
7	2	8	1	1	0	1	0	
8	3	1	2	1	0	-1	0	
9	4	7	5	1	0	0	0	Нульова точка

де X_i - кодоване значення i -го фактора;

X_i натуральне значення i -го фактора;

X_{io} - натуральне значення фактора i -го на основному рівні;

ΔX_i - інтервал варіювання i -го фактора:

$$\Delta X_i = \frac{X_i^s - X_i^H}{2} \quad (4.32)$$

X^s - значення i -го фактора на верхньому рівні;

X^H - значення i -го фактора на нижньому рівні.

Загальний вигляд рівняння регресії при кодованих параметрах:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2 \quad (4.33)$$

В результаті реалізації матриці експерименту були отримані дані значень рандомізованих дослідів.

Регресійний аналіз експериментальних даних з метою отримати математичну модель проводили на ЕОМ за типовою програмою MFK 5.5 [40]. Вказана програма за вихідними даними дозволила розрахувати і друкувати статистики (середні значення, середньоквадратичні відхилення, коефіцієнти регресії, ступінь вільності, дисперсію адекватності та відтворення).

Для того, щоб оцінити відхилення визначених критеріїв оптимізації від середнього рівня розраховували дисперсію відтворення за даними n паралельних дослідів матриці планування в кожній точці та провели перевірку однорідності дисперсії [15].

Після обробки експериментальних даних з використанням ЕОМ одержані такі рівняння регресії з числовими коефіцієнтами при кодованих параметрах;

$$T_y = 4,5874 + 0,4572X_1 - 2,9X_2 + 0,0072X_1^2 + 2,0522X_2^2 - 0,15XX_{12} \quad (4.34)$$

З метою перевірки гіпотези про адекватність регресійної моделі та значимості коефіцієнтів регресії проведено статистичний аналіз рівняння (4.33).

Статистичний аналіз вище записаного рівняння показав, що більшість коефіцієнтів рівняння є значимими. Отримане рівняння адекватно описує процес з заданою 95 % -ною ймовірністю. Як показують розрахунки дисперсія адекватності становить 0,0424, дисперсія відтворюваності 0,0214, F - критерій на 3-х рівнях при 18 ступенях вільності становить 1,98 і менше табличного ($F_{\text{табл}} = 2,13$), що підтверджує адекватність квадратичної моделі.

Для використання рівняння (4.33) при розрахунках та інтерпретації результатів досліджень проведемо їх розкодовування відповідно до виразів (3.29) та (3.30). Після розкодовування тривалість робочого циклу має таку

залежність від величини вакуумметричного тиску P та різниці частоти пульсації Δn в парах доїльних стаканів:

$$T_{\text{ц}} = 0,1062 P - 98,588 \Delta n + 205,22 \Delta n^2 - 0,25P \Delta n + 12,7862 . \quad (4.35)$$

З метою перевірки теоретичних досліджень було проведено порівняння експериментальних та розрахункових даних.

За результатами досліджень побудовані графічні залежності тривалості циклу від різниці частоти пульсів між парами діжок та величини вакуумметричного тиску в системі.

В першому випадку (рис. 4.6) залежності мають характер графіка гіперболічної функції. Зменшення різниці частоти пульсації ($\Delta n < 0,1$ Гц) приводить до геометричного зростання тривалості циклу, а збільшення її при

$\Delta n > 0,25$ Гц - до несуттєвих змін останнього. Рівномірна зміна функції відгуку розташована в межах різниці частоти пульсів ($\Delta n = 0,1 \dots 0,2$ Гц).

Залежно від величини вакуумметричного тиску (рис. 4.6) тривалість циклу змінюється несуттєво за лінійним характером.

Аналіз розрахункових формул для визначення тривалості циклу показують, що різниця частоти пульсації суттєво впливає на величину $T_{\text{ц}}$. Вказана залежність підтверджується характером експериментальних кривих (рис. 4.7).

На основі даних теоретичних і експериментальних досліджень побудована номограма для визначення параметрів режиму роботи доїльного апарата (рис. 4.8).

За допомогою цієї номограми при заданих частоті пульсації в першій парі n_1 доїльних стаканів та різниці частоти пульсації Δn відносно іншої пари стаканів можна визначити параметр режиму роботи доїльного апарата попарно-

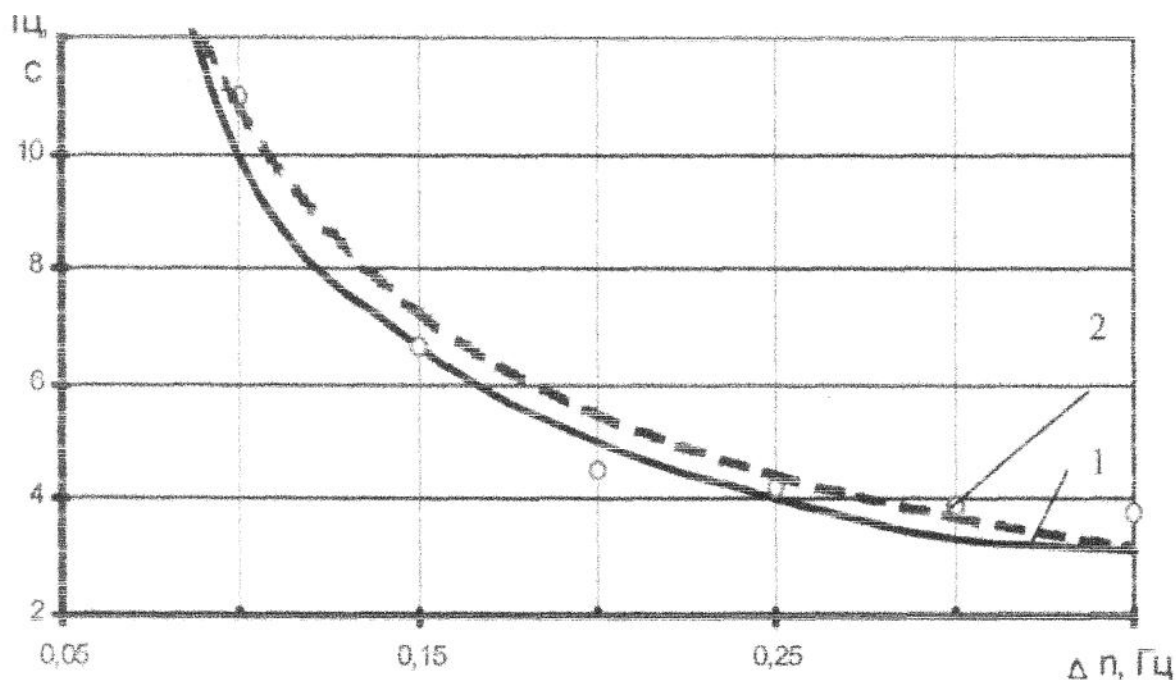


Рис. 4.6 - Залежність тривалості циклу від різниці частоти пульсації в парах доїльних величині вакуумметричного тиску $P_v = 50$ кПа:
1 – теоретична, 2 – експериментальна.

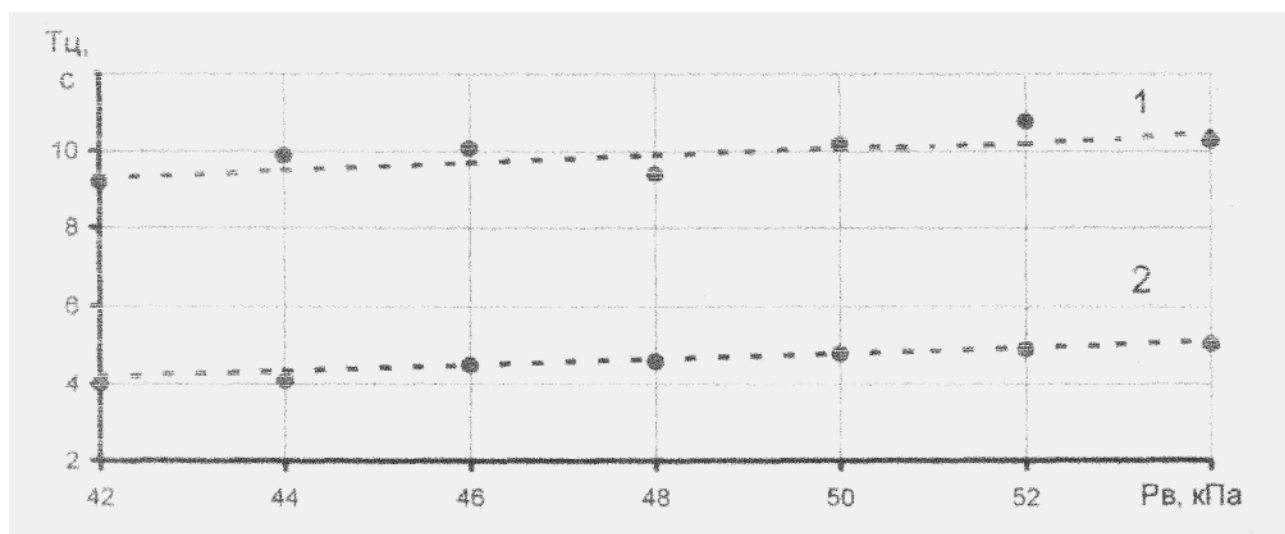


Рис. 4.7 - Експериментальна залежність тривалості циклу від величини вакуумметричного тиску при частоті пульсації в доїльних стаканах $\Delta n = 0.1$ Гц (1), $\Delta n = 0.2$ Гц (2).

комбінованого типу: частоту пульсації в іншій парі доїльних стаканів n_2 , кількість пульсів K в обох парах стаканів в мережах одного циклу, тривалість циклу T_c та співвідношення фаз $t_{фсо}$, $t_{фсп}$, $t_{фст}$ в циклі. Послідовність визначення

вказаних параметрів показано стрілками. Номограма розроблена стосовно блоку пульсаторів, які мають співвідношення тактів ссання до стиску $\lambda = 2,33$.

Теоретичні і розрахункові залежності тривалості циклу від різниці частоти пульсації та величини вакуумметричного тиску не відрізняються (відхилення складає 2...3 %) від експериментальних значень (див. рис. 3.19) тобто схожимість експериментальних та розрахункових даних за цими показниками досить висока.

Регулювання частоти пульсації в блоках пульсаторів і встановлення різниці частоти пульсації між парами доїльних стаканів доцільно здійснювати в зоні рівномірної зміни вказаних величин, що дозволяє враховувати похибку в роботі мембранного пульсатора під час регулювання на частоту пульсації і зберігати сталу величину тривалості робочого циклу при коливаннях вакуумметричного тиску в системі. Діапазон $\Delta n = 0,1...0,2$ Гц, як раціональний прийнято для подальших експериментів та виробничих досліджень.

4.3. Залежність вакуумметричного тиску в молокозбірній камері колектора від висоти розміщення молокозбірника та швидкості доїння.

Відомо, що вакуумметричний тиск в молокозбірних камерах колекторів під час доїння величина не постійна. Вона залежить від типу самого апарата, висоти розміщення молокозбірника. Інтенсивності молоковиведення молока доїльними стаканами з дійок вимені тощо.

В доїльному апараті попарно-комбінованого типу цей тиск залежить ще й від режиму його роботи, зокрема, різниці частоти пульсації в парах стаканів (рис.3.22, 3.23).

Величина вакуумметричного тиску суттєво впливає на режим виведення молока з дійок (рис.3.24-3.26). Так, при інтенсивності доїння $q_m = 2$ кг/хв найменше значення величини тиску в колекторі в фазах одночасного ссання і стиску спостерігається при $\Delta n = 0,2$ Гц і складає, відповідно, 44,7 і 41,2 кПа. Зміна частоти пульсації в той чи інший бік приводить до зростання величини

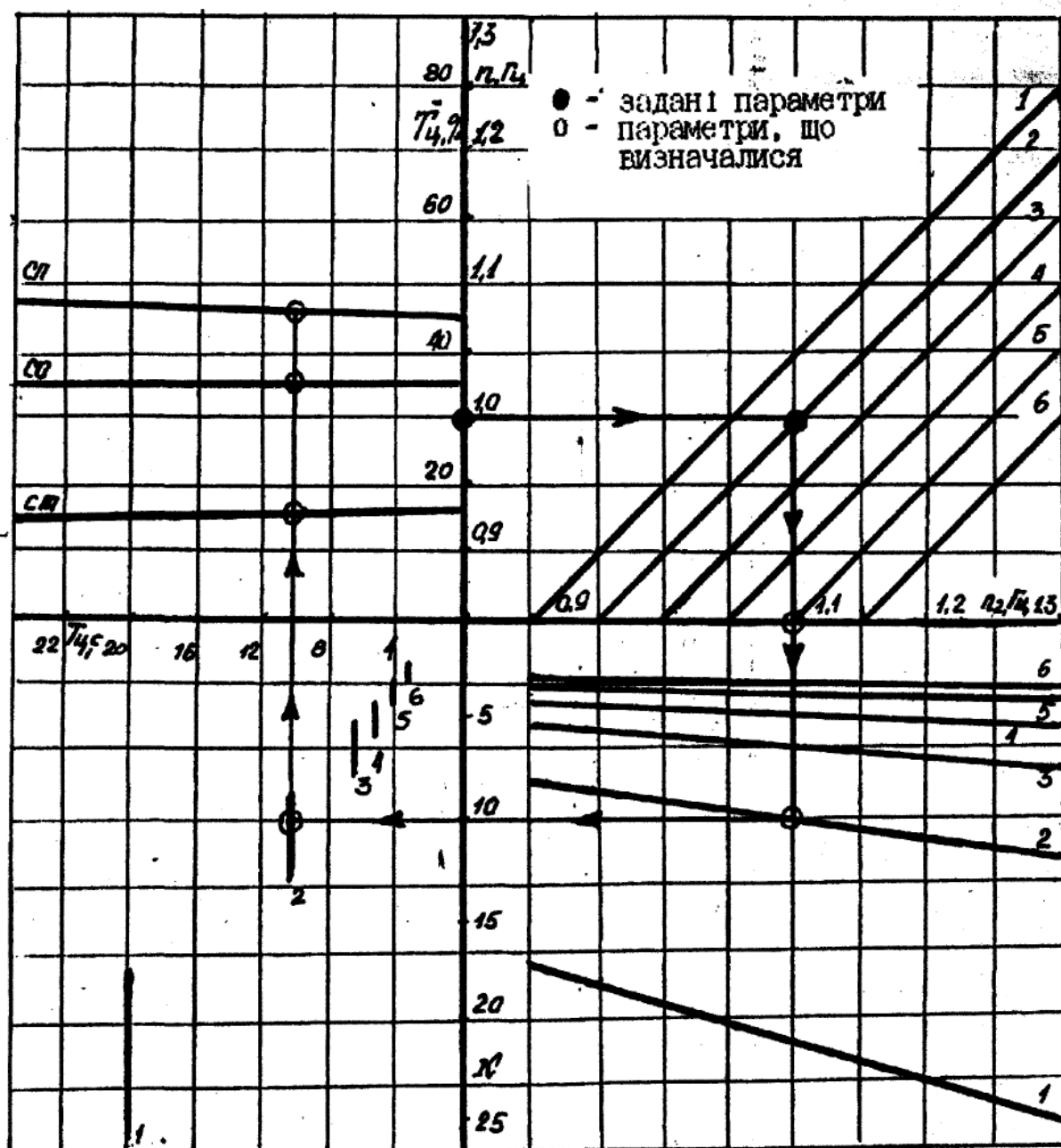


Рис. 4.8 - Номограма визначення параметрів робочого режиму доїльного апарата попарно-комбінованого типу, при $\Delta n = 0,05$ Гц (1); $0,1$ Гц (2);

$0,15$ Гц (3); $0,2$ Гц (4); $0,25$ Гц (5); $0,3$ Гц (6) та тривалості фаз виведення молока: СО -- такту ссання в обох парах; СП - тактів ссання в одній при стиску в іншій парі та СТ - такту стиску в обох парах доїльних стаканів

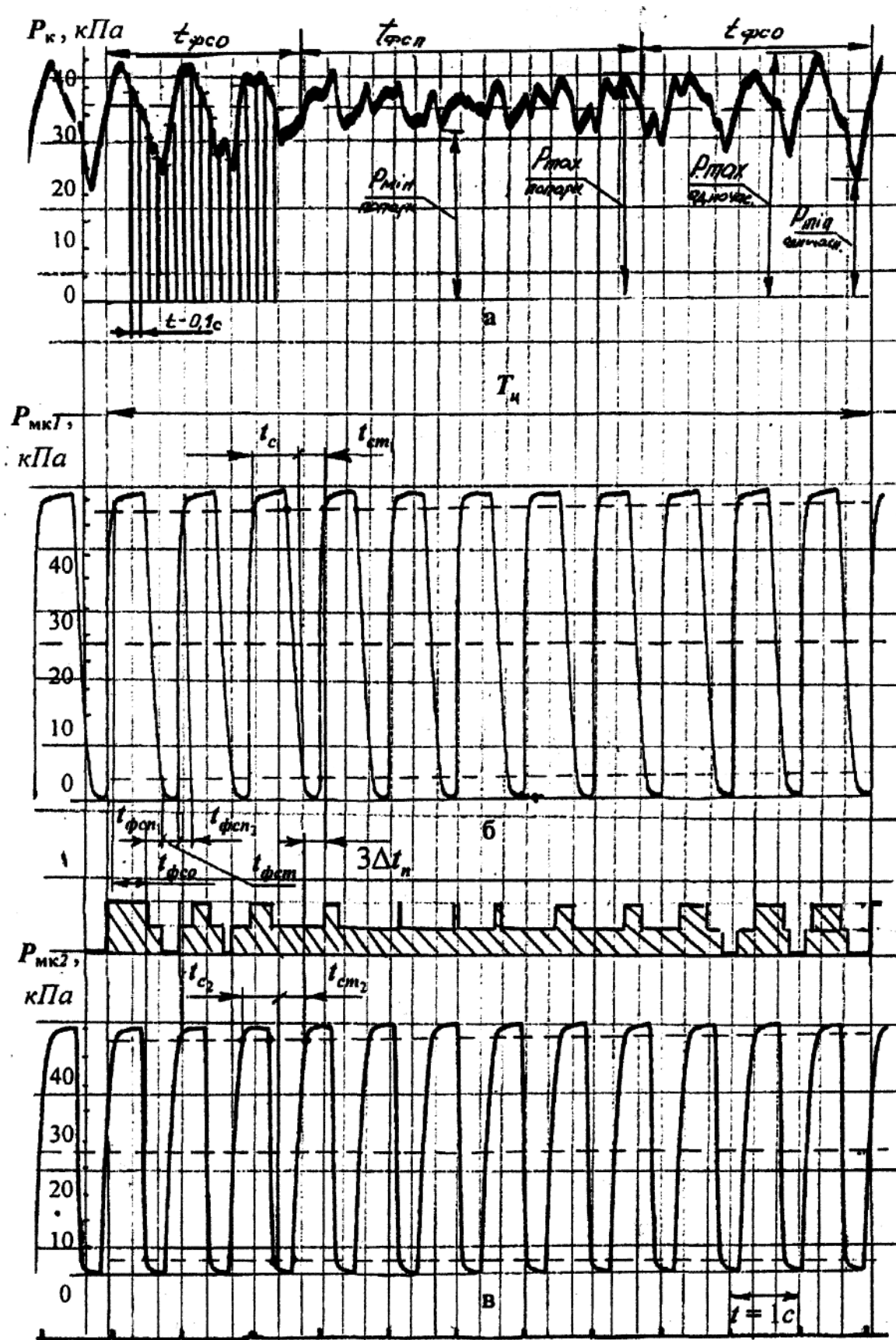


Рисунок 4.9 - Циклограма зміни вакуумметричного тиску у молокозбірній камері колектора (а), першій (б) та другій (в); парах доїльних стаканів.

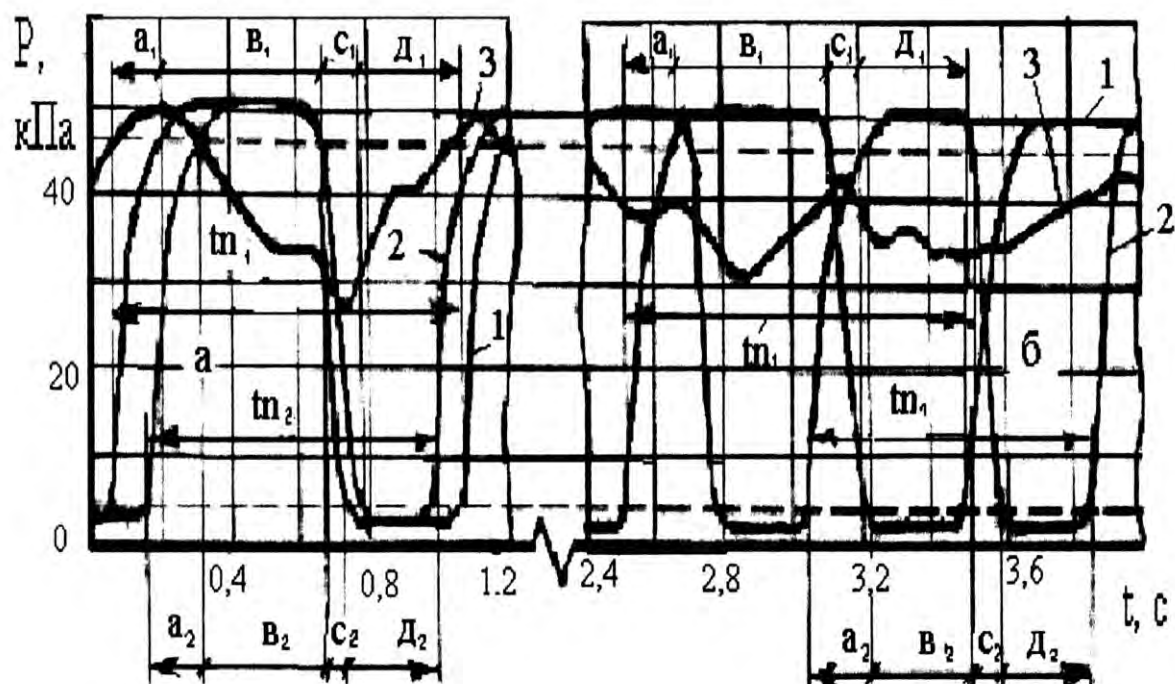


Рисунок 4.10 - Циклограма зміни вакуумметричного тиску в доїльному апараті попарно-комбінованого типу у фазах одночасного ссання та стиску в обох парах (а), тактів ссання в одній та стиску в іншій парах доїльних стаканів (б) при інтенсивності виведення молока 3 дм/хв: 1,2 - міжстінкові камери доїльних стаканів, 3 - молокозбірна камера колектора.

вакуумметричного тиску (при $\Delta n = 0,1$ Гц становить, відповідно, 45,96 і 42,05 кПа, а при $\Delta n = 0,3$ Гц - 46,8 і 44,06 кПа).

Зменшення величини вакуумметричного тиску в піддійкових просторах доїльних стаканів на 7,8 % при тактах стиску в порівнянні з тактом ссання, сприяє кращому відпочинку діжок вимені і тому є позитивною ознакою режиму роботи дослідного апарата. Так, виведення молока в такті ссання для однієї із пар доїльних стаканів величина вакуумметричного тиску в колекторі поступово зменшується від 35,2 до 33,98 кПа при відповідній зміні Δn .

Робота дослідного апарата при $\Delta n = 0,2$ Гц супроводжується зниженням вакуумметричного тиску в такті одночасного стиску в обох парах стаканів, що вказує на збільшення його витрат на транспортування молока (рис. 4.10).

Попарно-комбінований режим зберігає зміни вакуумметричного тиску характерні як для одночасного так і попарного режимів (рис.4.8-4.9). Збільшення інтенсивності доїння спричиняє зменшення величини вакуумметричного тиску в колекторі. Особливо це характерно для фаз одночасних тактів стиску в обох парах доїльних стаканів (див. рис. 4.9, 4.10), оскільки підвищений тиск витрачається на транспортування більшого потоку молока в молокозбірник.

4.4. Визначення тривалість фаз циклу

Стандартна методика [49] розрахунку доїльних апаратів в режимі одночасної роботи стаканів та обробітку даних при дослідженні базується на визначенні співвідношення тактів та частоти пульсації за циклограмами зміни вакуумметричного тиску в міжстінковому та піддійковому просторах доїльних стаканів.

Доїльний апарат попарно-комбінованого типу має інший характер зміни частоти пульсації в парах доїльних стаканів відповідно і тривалості тактів у парах, порівняно з існуючими апаратами. Саме змінного характеру фаз виведення молока в кожному пульсові циклу і не враховує стандартна методика.

На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень та матеріалів обробки їх результатів розроблено графічний метод визначення тривалостей фаз виведення молока. За циклограмами зміни вакуумметричного тиску в молокозбірній камері колектора (рис.4.9 та 4.10) тривалість фаз виведення молока доїльним апаратом попарно-комбінованого типу пропонується визначати таким чином.

1. Знаходимо на циклограмі початок циклу в обох парах доїльних стаканів за середньою лінією вакуумметричного тиску в міжстінкових камерах (P_m), тобто момент, коли початок тактів ссання в них співпадає.

2. Визначаємо за вказаною стандартною методикою параметри (тривалість тактів ссання та стиску, частоту пульсів, коливання вакуумметричного тиску) роботи кожної пари доїльних стаканів.

3. Відмічаємо тривалість одного пульсу в кожній парі доїльних стаканів.

4. Тривалість робочого циклу в доїльних стаканах визначаємо теоретично. За допомогою шкальної лінійки на діаграмі заміряємо довжину циклу, а за формулою (4.10) - його тривалість.

5. Будуємо результуючу виходу кількості молока у вигляді діаграми взаємодії пар доїльних стаканів (див. рис. 4.8).

Визначаємо довжину і тривалість фаз виведення молока.

6. На індикаторній діаграмі зміни вакуумметричного тиску у молокозбірній камері колектора (див. рис. 4.10) виділяємо характерні ділянки фаз одночасних тактів ссання та стисків в обох парах стаканів та тактів ссання в одній і стиску в іншій парах стаканів. За допомогою шкальної лінійки визначаємо довжину цих ділянок, а за формулами (3.25, 3.26, 3.27) - їх тривалість.

4.5. Уточнення режимів роботи розробленого доїльного апарата

Аналіз матеріалів [4,26,53] присвячених дослідженню робочих параметрів, показав, що найбільше уваги приділялося вивченню та експериментальному обґрунтуванню величини вакуумметричного тиску, тривалості тактів, частоти пульсації, тривалості перехідних процесів, геометричних розмірів виконуючих пристроїв та деяких інших параметрів. Стосовно апаратів відсмоктуючого типу встановлено прямий зв'язок між тривалістю такту ссання та інтенсивністю доїння. При цьому ряд дослідників рекомендують використовувати цей фактор для керування відсмоктуючої здатності доїльних апаратів.

В окремих роботах [50,51,53] за раціональне співвідношення тактів ссання до стиску рекомендується 80 : 20 % в інших [13,14] надається як 65 : 35 %.

Частота пульсації, на думку більшості вчених [3,6,23,43] суттєво не впливає на інтенсивність доїння і повинна зберігати сталу величину під час доїння. Зокрема відмічається [44], що інтенсивність доїння апаратом також залежить від частоти пульсації і як один з чинників може впливати на стимулюючу здатність апарата під час доїння. Значення частоти пульсації можуть змінюватися в межах від 0,9 до 2 Гц (54 -120 пул/хв.), більша величина обмежується фізіологією тварини, коли сфінктер дійки зберігає здатність перекривати молочний канал дійки в такті стиску (масажу).

Інтенсивність доїння та захворювання дійок вимені маститом в значній мірі залежить також від величини вакуумметричного тиску. Чим вищий рівень вакуумметричного тиску тим більше вірогідність вказаного негативного явища. З цих міркувань сучасні доїльні апарати працюють при величині вакуумметричного тиску 46... 53,5 кПа.

Режим роботи доїльних стаканів апарата попарно-комбінованої дії задається роботою блока пульсаторів, при якому протягом доїння в різних парах доїльних стаканів відбувається зміщення окремих фаз тактів ссання і стиску на певну величину, яка визначається різницею частоти пульсації між парами. Залежність фаз виведення вказаним доїльним апаратом від співвідношення тактів описується кривими, які наближаються до лінійних (рис. 3.9). Враховуючи конструкцію базових пульсаторів мембранно-пневматичної дії приймаємо задане співвідношення фаз молоковиведення.

Основними параметрами роботи існуючих доїльних апаратів приймаємо частоту пульсації, співвідношення тактів або відносну тривалість тактів ссання чи стиску, величину вакуумметричного тиску. Величину цих параметрів, з врахуванням фізіологічних особливостей тварин, приймаємо:

частота пульсації 0,9 - 1,2 Гц (50 - 70 пул/хв.);

співвідношення тактів ссання до стиску 2 : 1 (відносна тривалість тактів ссання до стиску від 1,8 до 2,3);

величина вакуум метричного тиску знаходиться в межах 50 ± 2 кПа

Доїльний апарат попарно-комбінованої дії додатково до основних

параметрів характеризується різницею частоти пульсації між парами доїльних стаканів, який впливає на тривалість фаз виведення молока на протязі циклу. Величина вказаного параметру відповідає величині 0,1-0,2 Гц (6-12 пул/хв.)

Дослідження із застосуванням методу планованого експерименту й виробничої перевірки дають підстави для таких висновків:

1. Отримано кореляційні рівняння залежності співвідношення такту ссання до такту стиску від вакуумметричного тиску, інтенсивності молоковіддачі та частоти пульсацій для ведучої та веденої секцій пульсатора, що підтверджує перебування основних режимних характеристик роботи пульсатора у допустимих межах.

2. Введення додаткового клапана ведучої секції пульсатора забезпечує синхронну роботу двох пар доїльних стаканів, а також можливість регулювання тривалості тактів ссання і стиску у веденій секції пульсатора, що адаптує роботу доїльного апарата до фізіологічних особливостей молоковіддачі у корів.

3. Експериментальними дослідженнями з використанням віртуальних приладів встановлено, що діапазон регулювання тривалості такту ссання у веденій секції пульсатора є в діапазоні 65% – 75 %.

4. Процес доїння корів доїльним апаратом із запропонованим пневмомембранним пульсатором попарної дії здійснюється за робочого вакуумметричного тиску 35000...52000 Па. Відносна тривалість такту ссання у ведучій секції складає $60\pm 5\%$, стиснення – $40\pm 5\%$, а веденій – $70\pm 5\%$ і $25\pm 5\%$ відповідно, за частоти пульсацій 0,8-1 Гц.

5. Конструктивне виконання пульсатора попарної дії з регульованим тактом ссання забезпечує його працездатність у широкому діапазоні зміни факторів і адекватність його роботи як у лабораторних, так і виробничих умовах.

Розділ п'ятий

РОЗРОБКА І ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО РОДОТИ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

5. Економічна ефективність від впровадження пневмомембранного пульсатора доїльного апарата попарно-комбінованого типу

Модернізація існуючих засобів механізації, що вимагає порівняно невеликих капіталовкладень, приносить відчутний економічний ефект при збільшенні ефективності роботи машини. Адаптація уніфікованих елементів синхронних пульсаторів одночасної дії до попарного доїння підвищує якість процесу доїння корів та знижує витрати на переоснащення виробництва, при цьому показник ефективності роботи збільшується.

Для оцінки економічної ефективності використання розробленого пневмомембранного пульсатора проведемо:

- оцінку економічної ефективності від використання уніфікованих вузлів для забезпечення попарного доїння;
- оцінку економічного ефекту від лактаційно-технологічних факторів.

5.1. Економічна ефективність від використання уніфікованих вузлів для виробництва пульсатора попарного доїння

Капіталовкладення на модернізацію (виробництво) уніфікованого пульсатора розраховується за наступною методикою.

Капіталовкладення визначають за формулою

$$K_e = K_p + K_z + K_n, \quad (5.1)$$

де K_p – вартість уніфікованих вузлів та виготовлених деталей для модернізації, грн;

K_z – вартість складання, грн ;

K_n – вартість налагодження нового пульсатора, грн .

5.2. Уточнення режимів роботи дослідного доїльного апарата в умовах виробництва

5.2.1. Обґрунтування раціональних параметрів апарата.

Аналіз матеріалів [4,26,53] присвячених дослідженню робочих параметрів, показав, що найбільше уваги приділялося вивченню та експериментальному обґрунтуванню величини вакуумметричного тиску, тривалості тактів, частоти пульсації, тривалості перехідних процесів, геометричних розмірів виконуючих пристроїв та деяких інших параметрів. Стосовно апаратів відсмоктуючого типу встановлено прямий зв'язок між тривалістю такту ссання та інтенсивністю доїння. При цьому ряд дослідників рекомендують використовувати цей фактор для керування відсмоктуючої здатності доїльних апаратів.

В окремих роботах [50,51,53] за раціональне співвідношення тактів ссання до стиску рекомендується 80 : 20 % в інших [13,14] надається як 65 : 35 %. Частота пульсації, на думку більшості вчених [3,6,23,43] суттєво не впливає на інтенсивність доїння і повинна зберігати сталу величину під час доїння. Зокрема відмічається [44], що інтенсивність доїння апаратом також залежить від частоти пульсації і як один з чинників може впливати на стимулюючу здатність апарата під час доїння. Значення частоти пульсації можуть змінюватися в межах від 0,9 до 2 Гц (54 -120 пул/хв.), більша величина обмежується фізіологією тварини, коли сфінктер дійки зберігає здатність перекривати молочний канал дійки в такті стиску (масажу).

Інтенсивність доїння та захворювання дійок вимені маститом в значній мірі залежить також від величини вакуумметричного тиску. Чим вищий рівень вакуумметричного тиску тим більше вірогідність вказаного негативного явища. З цих міркувань сучасні доїльні апарати працюють при величині вакуумметричного тиску 46... 53,5 кПа.

Режим роботи доїльних стаканів апарата попарно-комбінованої дії задається роботою блока пульсаторів, при якому протягом доїння в різних

парах доїльних стаканів відбувається зміщення окремих фаз тактів ссання і стиску на певну величину, яка визначається різницею частоти пульсації між парами. Залежність фаз виведення вказаним доїльним апаратом від співвідношення тактів описується кривими, які наближаються до лінійних (рис. 3.9). Враховуючи конструкцію базових пульсаторів мембранно-пневматичної дії приймаємо задане співвідношення фаз молоковиведення.

Основними параметрами роботи існуючих доїльних апаратів приймаємо частоту пульсації, співвідношення тактів або відносну тривалість тактів ссання чи стиску, величину вакуумметричного тиску. Величину цих параметрів, з врахуванням фізіологічних особливостей тварин, приймаємо:

- частота пульсації 0,9 - 1,2 Гц (50 - 70 пул/хв.);
- співвідношення тактів ссання до стиску 2 : 1 (відносна тривалість тактів ссання до стиску від 1,8 до 2,3);
- величина вакуум метричного тиску знаходиться в межах 50 ± 2 кПа

Доїльний апарат попарно-комбінованої дії додатково до основних параметрів характеризується різницею частоти пульсації між парами доїльних стаканів, який впливає на тривалість фаз виведення молока на протязі циклу. Величина вказаного параметру відповідає величині 0,1-0,2 Гц (6-12 пул/хв.)

5.2.2. Уточнення режиму роботи дослідного апарата в виробничих умовах

Результати досліджень підтвердили надійну працездатність дослідного зразка доїльного апарата попарно-комбінованого типу на різних режимах. Залежно від різниці частоти пульсації показники динаміки молоковиведення змінювалися максимально в межах 7,8 % від середньої величини (табл. 5.1). Так, при доїнні корів дослідним апаратом з частотою пульсації в першій парі доїльних стаканів $n_1 = 1,0$ Гц, і різниці частоти пульсів між парами доїльних стаканів $\Delta n = 0,2$ Гц, величина машинного та разового удоїв становила, відповідно, 5,24 та 5,56 кг, а для режиму при $\Delta n = 0,3$ Гц, відповідно, 4,62 та

4,96 кг. Тривалість і кількість молока машинного додою, при цьому змінюється на незначну величину і відповідно складала 0,30...0,36 хв. та 0,32...0,37 кг. Мінімальна кількість молока при ручному доїнні становила 0,18 кг ($\Delta n = 0,1$ Гц), а найбільшу відсмоктуючу здатність 3,5 кг/хв мав режим при $\Delta n = 0,2$ Гц. Характерним для всіх режимів є відносно невелика різниця між середньою (відношення загальної величини разового удою до тривалості доїння) та середньомашинною (відношення кількості молока машинного удою до його тривалості) інтенсивностями доїння, що вказує на достатню стабільність виведення молока. Криві інтенсивності виведення молока (рис. 3.31) показують, що на різних режимах роботи дослідного доїльного апарата мають місце

Таблиця 5.1 - Показники ефективності виведення молока дослідним доїльним апаратом залежно від різниці частоти пульсації (Δn)

Показники	Різниця частоти пульсації в парах доїльних стаканів, Гц		
	0,1	0,2	0,3
Удій, кг :			
- машинний	4,88± 0,23	5,24± 0,31	4,62 ± 0,32
- при машинному додоюванні	0,37± 0,07	0,32± 0,06	0,36 ± 0,06
- разовий	5,25± 0,30	5,56± 0,37	4,96 ± 0,38
- при ручному додоюванні	0,18± 0,03	0,19± 0,04	0,2 ± 0,03
Тривалість, хв:			
- машинного доїння	3,06± 0,12	3,04±0,13	2,91 ± 0,11
- машинного додоювання	0,3 ± 0,05	0,36± 0,06	0,33 ± 0,07
- разового доїння	3,36± 0,17	3,4 ± 0,19	3,29 ± 0,18
Інтенсивність доїння, $\text{дм}^3/\text{хв}$:			
- середня	1,56± 0,13	1,63± 0,12	1,51 ± 0,19
- середня машинна	1,59± 0,13	1,72± 0,14	1,56 ± 0,22
- максимальна	3,32± 0,14	3,5 ± 0,13	3,2 ± 0,26
Жирність молока, %	3,77± 0,18	3,75± 0,21	3,6 ± 0,25

відмінності за середньою швидкістю доїння, тривалістю і кількістю молока при машинному додої. При цьому слід відмітити вищу ефективність

Незначні відхилення показників динаміки молоковиведення пояснюється однаковим характером дії та малою різницею між режимами роботи апарата за кількістю подразнень рецепторів дійок, які виникають від зміни частоти пульсів між парами доїльних стаканів. Кращі показники молоковиведення при $\Delta n = 0,2$ Гц пояснюються фізіологічними особливостями процесу, зокрема, співпаданням частоти циклів дослідного апарата з періодами внутрішніх скорочень гладко-м'язової тканини вимені та дійок. Останнє узгоджується з результатами досліджень [18] і має фізіологічне пояснення в працях [8].

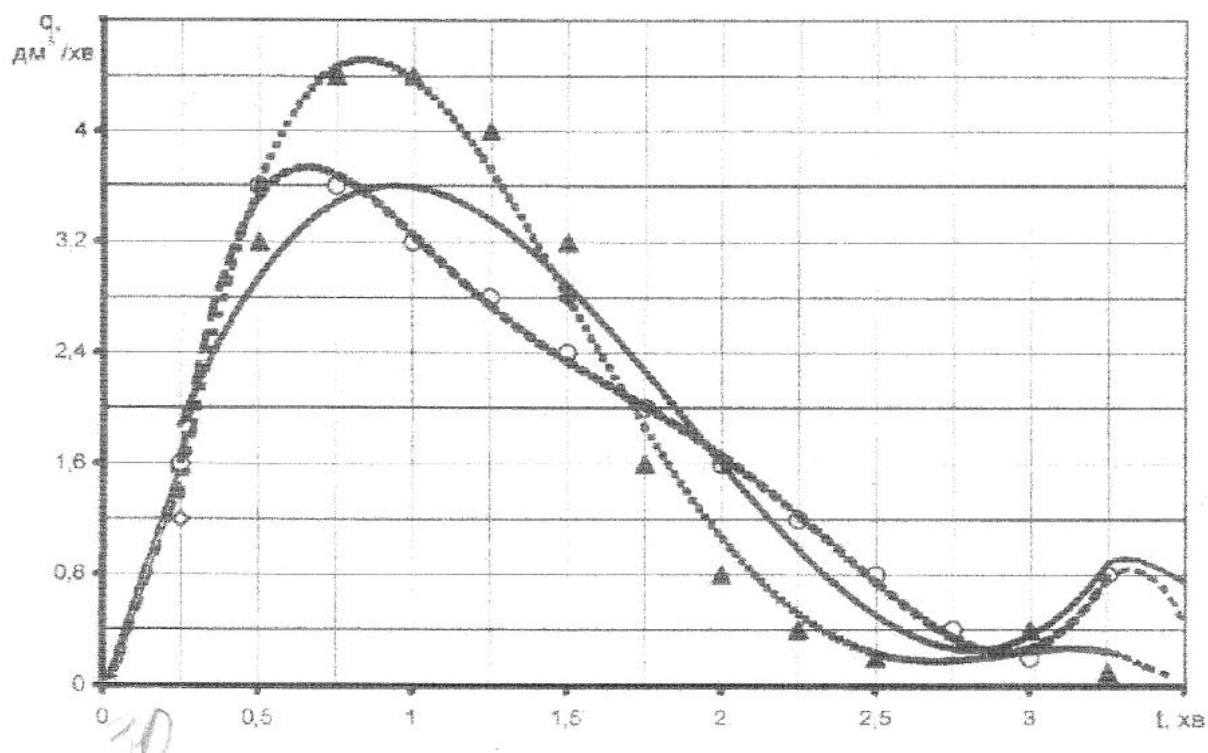


Рис. 5.1 - Динаміка виведення молока доїльним апаратом попарно-комбінованого типу при $\Delta n = 0,1$ Гц
0,2 Гц
0,3 Гц

Отже, кращий режим роботи доїльного апарата за показниками молоковиведення відповідає різниці частоти пульсації 0,2 Гц. В зв'язку з цим, подальше порівняння показників динаміки молоковиведення режимів роботи

дослідного з сучасними доїльними апаратами проводили, саме стосовно цього варіанту.

5.2.3. Порівняльна динаміка виведення молока доїльними апаратами з одночасною, попарною (М-66) та попарно-комбінованим режимами роботи доїльних стаканів

Результати попередніх досліджень [18] показали, що криві динаміки І виведення молока (рис. 5.2) вказують на переваги доїльного апарата попарно-комбінованої дії за рівномірністю і швидкістю доїння порівняно з апаратами, відповідно, АДУ-1 та М-66. Для дослідного апарата площа на діаграмі, що означає кількість видоєного молока при машинному доїнні більше. Графічно підтверджується, що дослідний апарат має меншу максимальну інтенсивність доїння порівняно з АДУ-1, але більшу ніж апаратом М-66. Проте характер молоковіддачі нового доїльного апарата свідчить про більш тривалий час

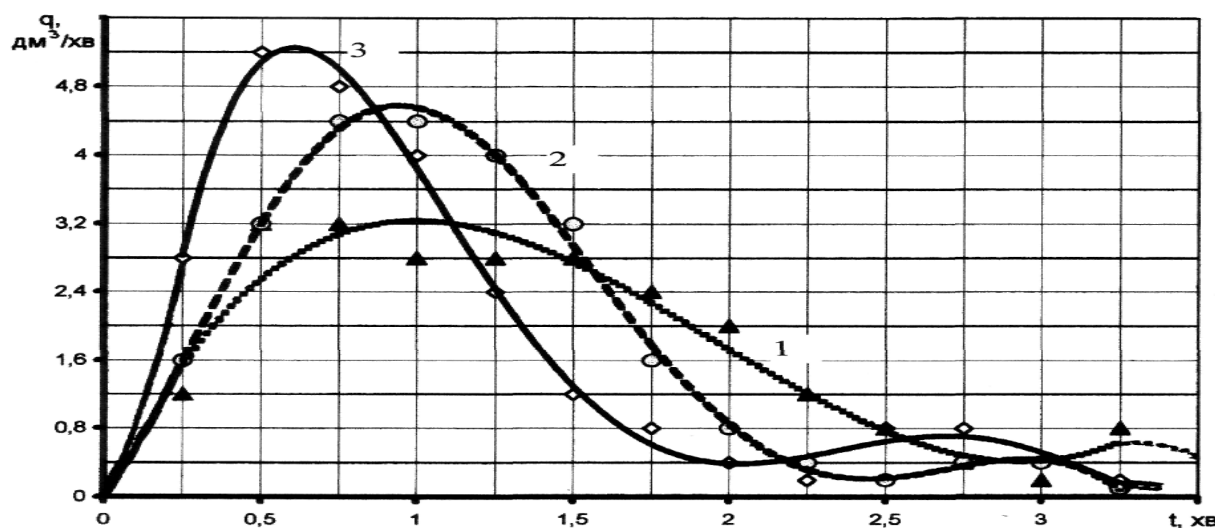


Рис. 5.2 - Динаміка виведення молока доїльними апаратами з різними режимами роботи доїльних стаканів: 1 - попарної дії (М-66); 2 - попарно-комбінованого типу; 3 - одночасної дії (АДУ-1)

забезпечення високої середньої швидкості доїння, що свідчить про кращу стабільність виведення молока новим апаратом, останнє підтверджується і даними таблиці похвилинного виведення молока (табл. 5.2.)

Таблиця 5.2 - Інтенсивність виведення молока різними доїльними апаратами доїнні корови „Ромона”

Показники	Доїльні апарати		
	АДУ-1	М-66	Дослідний
Виведено молока за перші 0,5 хв в % від удою 1-ої хв.	47	46	36
Виведення від загального удою, %:			
1-шу хв.	71	46	58
2-гу хв.	20,5	39	37
3-тю хв.	8,5	15	5

Ці дані свідчать, що інтенсивність виведення молока дослідним апаратом за перші 30с менша на 23,4 % і за першу хвилину на 18, 3% порівняно з апаратом АДУ-1. Порівняно з доїльним апаратом М-66 новий апарат перші 30с на 22 % поступається за інтенсивністю виведення молока, проте за першу хвилину переважає його на 26 % порівняно М-66. За другу хвилину інтенсивність виведення молока дослідним апаратом на 5,1 % нижче порівняно з апаратом М-66 та більше на 80,5 % ніж АДУ-1.

Отже, доїльний апарат попарно-комбінованого типу зберігає високу інтенсивність виведення молока (характерно для доїльних апаратів одночасної дії) на протязі тривалого основного часу доїння, що характеризує попарну дію доїльних стаканів.

5.3. Порівняльна виробнича перевірка дослідного та контрольних доїльних апаратів

Оцінку доїльних апаратів з різними режимами дії доїльних стаканів здійснювали за показниками динаміки виведення молока – тривалість та кількість молока при машинному доїнні і додоюванні, повнота видоювання, інтенсивність доїння та тривалість холостого доїння. Вказані показники

опосередковано характеризують стимулюючу здатність режиму роботи доїльного апарата.

Ефективність доїльного апарата попарно-комбінованого типу визначали шляхом порівнянь названих показників з відповідними показниками серійних доїльних апаратів одночасної (АДУ-1) та попарної (ІНТЕРПУЛЬС - 90) дії.

5.3.1. Аналіз результатів виведення молока з окремих часток вимені

За умови машинного доїння корів, його тривалість, має особливо велике значення, оскільки від того наскільки швидко видоює апарат вим'я залежить продуктивність праці оператора. Доведено, що частки вим'я функціонально розвинені неоднаково, а отже і тривалість їх видоювання різна. Це підтверджується і результатами наших досліджень (табл. 3.7). Як правило, найменша тривалість доїння, як за умови автоматичного видоювання, так і при врахуванні результатів машинного додою, була у лівій передній (ЛП) частці. Інші частки, залежно від тварини, видоювалися довше на 5,3-67,9 % часу. Проте у корови Орша найшвидше видоювалася права передня (ПП) частка, хоча різниця з (ЛП) статистично і не вірогідна. Інші частки видоювалися довше на 2,7-21,5 % часу. Застосування операції машинне додоювання збільшує тривалість доїння, залежно від частки і корови, на 9,4-32,3 % часу.

На застосування апарата з попарно-комбінованою дією корови реагували по різному (Додаток А). За умови автоматичного видоювання, в одних (Рузана і Орша) тривалість видоювання часток зменшувалася (на 4,9-24,4 %), в інших (Лелека) залишалася практично на одному рівні (2,8-5,0 %), а в третіх, навпаки, зростала на 4,6-47,9 %. При цьому, як і при використанні апарата АДУ-1, найшвидше видоювалася ЛП частка. В інших тривалість видоювання була більшою на 3,0-99,1 %. У корови ж Орша найшвидше видоювалася ПП частка, а інші довше на 9,4-44,0% часу. Виконання операції машинне додоювання збільшувало тривалість видоювання часток на 11,9-31,3 % часу.

Практично подібно до змін тривалості видоювання часток змінювалися і надої з них (табл. 3.8). Так, при використанні апарата АДУ-1, за умови автоматичного доїння, у корів Рузана, Лелека і Цукерна найменший надій був

у ЛП частці, що менше порівняно з іншими на 5,9-217,8 %. У корів же Перепілка і Орша найменше молока одержували з ПП частки. У інших частках його було більше на 2,2-46,8 %. За рахунок виконання операції машинне додоювання надій по частках зростав на 0,6-6,4 %.

При застосуванні апарата попарно-комбінованої дії найменшу кількість молока з ЛП частки одержували у корів Рузана, Орша, Лелека та Цукерна. Порівнюючи з нею в інших частках молока було більше на 0,9-230,1 %. У корови Перепілка найменшу кількість молока одержували з ПП частки і порівнюючи з іншими це менше на 12,8-39,3 %. Виконання операції машинне додоювання надій по частках збільшувало на 0,8-11,1 %.

Доїння корів апаратом попарно-комбінованої дії збільшувало величину надою по частках практично в усіх корів. За умови автоматичного видоювання це зростання становило від 3,0- до 47,0 %. У корови ж Рузана молока одержували менше, залежно від частки, на 5,9-11,2 %. Аналогічна картина з надоями спостерігається і після виконання операції машинне додоювання. Тобто, надої зростали залежно від корови і частки від 3,4 до 43,4 %, а у Рузани відповідно на 6,2-12,4 % були меншими.

Загальна тенденція зміни показників по частках вим'я залишається притаманною і для показника інтенсивності молоковиведення (табл. 3.9). Так, при доїнні корів апаратом з пульсатором АДУ-1 за умови автоматичного видоювання найменшу інтенсивність молоковиведення (за винятком Перепілки, Рузани) мали ЛП частки. Порівнюючи з іншими частками це менше на 0,6-111,2 %. У корови Рузана інтенсивність молоковиведення по частках була практично однаковою, а у Перепілки найменша в ПП частці, що порівнюючи з іншими менше на 17,0-37,5 %. Після врахування результатів машинного додоювання значення показника зменшується на 7,8-26,0 %.

При використанні пульсатора попарно-комбінованої дії інтенсивність молоковидення була, як правило, більшою, хоча вказана різниця була не завжди суттєвою (2,8-24,1 %).

Оцінюючи характер змін технологічних ознак вим'я у піддослідних тварин залежно від типу пульсатора в цілому за добу можна відзначити певні індивідуальні особливості (табл. 3.10). Так, тривалість доїння апаратом з пульсатором попарно-комбінованої дії у корів Рузана, Орша і Лелека зменшувалася на 0,2-8,9 %. При цьому, у Рузани паралельно зменшувався на 1,4 кг надій, в той же час у Орші і Лелеки надої зростали на 1,2-2,7 кг. Доїння корів Перепілка і Цукерна апаратом попарно-комбінованої дії призводило до зростання (на 5,7-12,2 %) тривалості доїння і паралельно добового надою – на 1,3 і 5,1 кг. За показником інтенсивності молоковидення кращі результати у корів Орша, Лелека і Цукерна були при використанні апарата попарно-комбінованої дії. У Рузани і Перепілки значення показника були практично однаковими.

Важливого значення при оцінці доїльних апаратів і придатності корів до машинного доїння надають показникові одночасності видоювання часток (тривалості холостого доїння). Як показали результати (табл. 3.11) дослідження при використанні апарата попарно-комбінованої дії спостерігається тенденція до зростання тривалості холостого доїння, хоча за значенням параметра жодна із корів не відповідала існуючим мінімальним вимогам.

Поряд із цим для апарата важливо наскільки повно він видоює вим'я без виконання додаткових, стимулюючих молоковидення, операцій. Проведені дослідження (Додаток А) показали узагальнюючі результати (табл. 3.11), що при видоюванні вим'я апаратом АДУ-1 видосність вим'я машиною (за винятком Цукерна) становила більше 98 %. При цьому задні частки видоювалися навіть дещо краще ніж передні. При використанні апарата попарно-комбінованої дії видосність вим'я була дещо гіршою 94,7-98,7 %, а задні частки видоювалися набагато гірше. Це чітко простежується за результатами машинного додоювання, величина якого у трьох корів становила

0,5 кг і більше. Хоча якщо говорити про тривалість машинного додоювання то спостерігається тенденція до його скорочення.

На основі результатів проведених досліджень розроблені і затверджені Міністерством АПК України „Рекомендації з оцінки технологічності вим'я у молочних корів [50] та „Правила машинного доїння корів”[45].

5.3.2. Порівняльна ефективність роботи дослідного і контрольних апаратів

Порівняльну оцінку різних способів машинного доїння здійснювали за показниками динаміки молоковиведення з усього вимені.

Таблиця 5.3 - Порівняльна ефективність доїльних апаратів з одночасною та комбінованим способом доїння

Показники	Варіанти апарата		Різниця	
	АДУ-1	Комбінований	абсолютна	%
Надій, кг:				
- машинний	$5,65 \pm 0,16$	$6,35 \pm 0,15$	+0,7	12,4
- машинного додоювання	$0,122 \pm 0,02$	$0,136 \pm 0,02$	+0,01	11,5
- сумарний разовий	$5,77 \pm 0,18$	$6,49 \pm 0,16$	+0,72	12,5
Тривалість, хв.:				
- машинного доїння	$3,75 \pm 0,18$	$3,8 \pm 0,17$	+0,05	1,3
- машинного додоювання	$0,63 \pm 0,06$	$0,57 \pm 0,07$	-0,06	9,5
- сумарне	$4,38 \pm 0,23$	$4,37 \pm 0,18$	-0,01	0,2
Холосте доїння, хв	$1,4 \pm 0,1$	$1,43 \pm 0,1$	+0,03	2,1
Інтенсивність доїння, кг/хв				
- середня загальна	$1,32 \pm 0,09$	$1,49 \pm 0,1$	+0,17	12,9
- середня машинна	$1,51 \pm 0,1$	$1,67 \pm 0,09$	+0,16	10,6

Порівняно з апаратом Інтерпульс-90 попарної дії стаканів різниця в показниках машинного і разового удоїв була незначною 6,4 кг при 6,49 кг комбінованим апаратом. Проте тривалість разового доїння новим апаратом скорочується на 7,4 %, холостого доїння - на 5,9 %, а машинного додоювання на 29,4 %. Зменшення тривалості доїння новим апаратом в свою чергу підвищує середні показники машинної і загальної інтенсивності доїння відповідно на 9,6 та 3,7 %.

Таблиця 5.4 - Ефективність доїльних апаратів з попарною та попарно-комбінованою дією стаканів

Показники	Варіанти апарата		Різниця	
	Інтерпульс-90	Комбінований	абсолютна	%
Надій, кг:				
- машинний	6,28 ± 0,2	6,35 ± 0,15	+0,7	1,1
- машинного додоювання	0,12 ± 0,03	0,136 ± 0,02	+0,01	11,5
- сумарний разовий	6,4 ± 0,21	6,49 ± 0,16	+0,09	1,4
Тривалість, хв.:				
- машинного доїння	3,9 ± 0,2	3,8 ± 0,17	-0,1	2,6
- машинного додоювання	0,82 ± 0,1	0,57 ± 0,07	-0,25	29,4
- сумарне	4,72 ± 0,2	4,37 ± 0,18	-0,35	7,4
Холосте доїння, хв	1,52 ± 0,08	1,43 ± 0,1	-0,09	5,9
Інтенсивність доїння, кг/хв				
- середня загальна	1,36 ± 0,1	1,49 ± 0,1	+0,13	9,6
- середня машинна	1,61 ± 0,08	1,67 ± 0,09	+0,06	3,7

Результати порівняльної оцінки свідчать, що попарно-комбінований спосіб доїння порівняно з відомими апаратами одночасної і попарної дії доїльних стаканів має переваги щодо величини надою та тривалості технологічного процесу.

Крім цього, дослідженнями встановлено, що доїльний апарат з попарно-комбінованим режимом роботи, як і апарати АДУ-1 та Інтерпульс-90, не забезпечують одночасного виведення молока з передніх і задніх долей вимені, внаслідок чого має місце "холосте" доїння вимені (див. табл. 3.12, 3.13). Обумовлено це однаковою величиною співвідношення тактів ссання і стиску в доїльних стаканах передніх і задніх долей вимені, яке в досліджувальних апаратах складає 2:1. Місткість передніх долей менша ніж задніх і тому передні долі вимені видоюються швидше ніж задні.

Тривалість холостого доїння окремих долей вимені в апаратах з попарно-комбінованим режимом складає 1,43 хв, АДУ-1 -1,4 хв, а Інтерпульс-90 – 1,52 хв.

Таким чином, результати порівняльної оцінки свідчать, що дослідний доїльний апарат в порівнянні з апаратами одночасної і попарної дії має ряд суттєвих переваг.

Значна тривалість холостого доїння окремих долей вимені може викликати захворювання їх на мастит [8,23,43]. Тому необхідно забезпечити в процесі доїння одночасне видоювання всіх четвертей вимені. Для цього потрібно внести корективи в режим роботи апарата попарно-комбінованої дії і уточнити окремі його параметри.

5.4. Рекомендації виробництву вдосконаленого зразка доїльного апарата попарно-комбінованої дії

5.4.1. Вдосконалення конструкції доїльного апарата

Одночасне видоювання передніх та задніх долей вимені апаратом можливе при забезпеченні в окремих парах доїльних стаканів різної відсмоктувальної здатності. Це раціонально забезпечити шляхом зміни співвідношенням тактів ссання і стиску. При збільшенні тривалості такту ссання відсмоктувальна здатність підвищується і навпаки. Тому в апараті попарно-комбінованої дії співвідношення тактів ссання і стиску для передніх долей зменшуємо до 1:1, а для задніх залишаємо без зміни - 2:1. Внаслідок цього відсмоктувальна здатність доїльних стаканів для передніх долей вимені буде значно меншою ніж для задніх, що вирівнює час видоювання передніх і задніх долей та суттєво зменшить тривалість холостого доїння окремих долей вимені.

Розроблений раніше, дослідний зразок апарата попарно-комбінованої дії забезпечував, аналогічно кращим зарубіжним зразкам, окреме видоювання лівих і правих долей вимені. Для забезпечення, вище обґрунтованого режиму роботи, змінено конструкцію повітряної камери колектора апарата, таким чином, що забезпечує в стаканах для передніх і задніх долей відповідні співвідношення тактів 1:1; 2:1.

Режим роботи апарата забезпечує блок з двох пульсаторів кожен з яких працює з відповідною частотою пульсації і співвідношення тактів. Один пульсатор залишався без конструктивних змін і забезпечує.

При цьому, співвідношення тактів 2:1. Другий пульсатор повинен забезпечити співвідношення тактів 1:1. Для цього використали пульсатор доїльного апарата М-59 фірми "Імпульс" НДР з окремим його доопрацюванням. Решта вузлів і деталей апарата залишились без змін.

5.4.2. Результати виробничих досліджень вдосконаленого доїльного апарата попарно-комбінованої дії

Вдосконалений доїльний апарат попарно-комбінованої дії забезпечує якісне видоювання всіх четвертей вимені, при цьому корови поводитись спокійно. Через це підготовчий період тривав всього один день. Після чого параметри динаміки молоковіддачі були стабільними і це дозволило розпочати обліковий період.

В результаті виконаних досліджень встановлено (табл. 5.5), що вдосконалений апарат забезпечує швидке (4,29 хв) і повне (20,15 кг) видоювання всіх четвертей вимені. Найбільша тривалість видоювання вимені (5,56 хв) була вранці, а найменша (3,42 хв) в обід. Обумовлено це різною величиною разового надою, яка, відповідно, складає 10, 45 і 4.2 кг.

Середні тривалості видоювання передніх і задніх долей вимені відрізняються між собою незначно і відповідно дорівнює 3,63 і 4,09 хв., а їх різниця не перевищує 0,46 хв, що складає 11,2 %.

Тривалість холостого доїння окремих долей вимені при доїнні корів вранці, в обід і ввечері відрізняються між собою, відповідно, дорівнюють 0,91, 0,72 і 0,82 хв. Середня величина холостого доїння протягом доби складає 0.84 хв. Суттєве зниження тривалості холостого доїння отримано за рахунок зменшення інтенсивності видоювання передніх долей вимені (0,78 кг/хв.) по відношенню до задніх (0.92 кг/хв.). Незважаючи на те, що інтенсивність видоювання передніх долей нижча ніж задніх середня інтенсивність видоювання досить висока - 1,57 кг/хв.

Таким чином, уточнення параметрів доїльного апарата попарно-комбінованої дії дозволило суттєво зменшити тривалість холостого доїння і забезпечує, при цьому, достатньо високу інтенсивність доїння вимені.

Таблиця 5.5 - Динаміка виведення молока апаратом з попарно-комбінованим режимом робіт доїльних стаканів при співвідношенні тактів в передніх долях 1:1 і задніх 2:1

Показники	Частки вимені				Всього по вимені
	Ліва передня	Права передня	Ліва задня	Права задня	
Тривалість доїння, хв.					
- ранок	5,0	4,65	5,56	5,56	5,56
- обід	3,06	2,7	2,95	3,42	3,42
- вечір	3,38	3,01	3,2	3,9	3,9
- середня	3,8	3,45	3,9	4,29	4,29
- холостого	-				0,84
Надій, кг					
- ранок	2,352	2,09	3,145	2,862	10,45
- обід	1,013	0,857	1,133	1,197	4,2
- вечір	1,21	1,026	1,693	1,571	5,5
- середня	1,53	1,32	1,99	1,88	6,72
Інтенсивність доїння, кг/хв.					
- ранок	0,47	0,45	0,57	0,52	1,88
- обід	0,33	0,32	0,38	0,35	1,23
- вечір	0,36	0,34	0,53	0,4	1,41
- середня:	0,4	0,38	0,49	0,43	1,57
-по часткам	0,78		0,92		1,7

Порівняльну оцінку основних параметрів роботи здійснювали між апаратами АДУ-1 (одночасної дії стаканів), Інтерпульс-90 (попарної дії), дослідного та вдосконаленого доїльного апарата попарно-комбінованої дії з співвідношенням тактів в обох парах 2:1 та 1:1 і 2:1.

Ефективність роботи апаратів оцінювали, порівнюючи між собою, величини разового надою, тривалості та інтенсивності доїння і величину холостого доїння окремих долей вимені (табл. 3.15).

Встановлено, що незначній різниці в величинах разового надою, що не перевищує 8,6% від середнього значення, загальна тривалість разового доїння знаходиться в межах (4,29-4,72) хв. Найбільша тривалість доїння в апарата Інтерпульс-90 - 4,72 хв, а найменша - в удосконаленого апарата попарно-комбінованої дії - 4,29 хв. Разовий надій і тривалість доїння суттєво впливають на інтенсивність доїння, яка в досліджувальних апаратах коливається в межах (1,32-1,57) кг/хв. Найбільшу інтенсивність доїння забезпечив апарат АДУ-1 (1,32 кг/хв.), а найвищу 1,57 кг/хв. –

вдосконалений апарат попарно-комбінованої дії. Обумовлено це зниженням тривалості холостого доїння окремих четвертей вимені на 13,1%, що суттєво зменшило тривалість доїння і, відповідно, його інтенсивність.

Тривалість холостого доїння окремих четвертей вимені в апаратів АДУ-1, Інтерпульс-90 і дослідного доїльного апарата попарно-комбінованої дії суттєво не відрізняється і дорівнює (1,4-1,53) хв., що складає (32-32,7)% загального часу доїння. Вдосконалений апарат попарно-комбінованої дії, внаслідок зміни співвідношення тактів в доїльних стаканах для передніх і задніх четвертей вимені, забезпечує виведення молока з значно меншою тривалістю холостого доїння.

Таблиця 5.6 - Показники виведення молока апаратами з різними режимами роботи

Показники	Варіанти режимів			
	АДУ-1	Інтерпульс-90	Попарно-комбінований з співвідношенням тактів	
			2:1/2:1	1:1/2:1
Надій, кг	5,77 ± 0,18	6,4 ± 0,21	6,49 ± 0,16	6,72 ± 0,2
Загальна тривалість доїння, хв.	4,38 ± 0,23	4,72 ± 0,2	4,37 ± 0,18	4,29±0,15
Тривалість холостого доїння:				
с	1,4 ± 0,1	1,52 ± 0,08	1,43 ± 0,1	0,84±0,07
%	32,0	32,2	32,7	19,6
Інтенсивність доїння, кг/хв.	1,32 ± 0,09	1,36 ± 0,08	1,45 ± 0,1	1,57±0,09

Величина холостого доїння окремих четвертей зменшилась з 1,43 хв до 0,84 хв, що складає + 9,6% від загального часу доїння корови. Тоді як в інших варіантах апаратів ця величина дорівнює (32-32,7)%.

Таким чином, вдосконалення конструкції апарата попарно-комбінованої дії дозволило зменшити тривалість холостого доїння окремих четвертей вимені і суттєво підвищити середню інтенсивність доїння.

5.4.3. Техніко-технологічна ефективність вдосконаленого апарата попарно-комбінованої дії

Ефективність вдосконаленого апарата попарно-комбінованої дії обумовлена суттєвим покращенням технологічних показників процесу доїння (див. табл. 3.5, 3.6). Так середня тривалість холостого доїння знизилась до 0,84 хв. Внаслідок цього зменшилось негативне подразнення окремих четвертей і вимені в цілому, що позитивно впливає на інтенсивність молоковіддачі, яка збільшилась до 1,57 кг/хв., що дозволяє підвищувати продуктивність праці оператора машинного доїння і, відповідно, пропускну здатність доїльної установки.

Пропускна здатність доїльної установки залежить від кількості операторів, що її обслуговують, числа доїльних апаратів, з якими працює один оператор та тривалості циклу доїння однієї корови

$$W_y = \frac{60 \cdot n_{\partial.a} \cdot N_{on}}{t} \quad (3.35)$$

де N_{on} – кількість операторів, чол.;

$n_{\partial.a}$ - кількість апаратів, що обслуговує один оператор, шт;

t - тривалість циклу доїння однієї корови, хв.

Зменшення часу доїння однієї корови знизить тривалість циклу доїння, який визначається наступною залежністю:

$$t = t_o + t_p + t_n \quad (3.36)$$

де t_o – тривалість доїння однієї корови, хв;

t_p – тривалість ручних та машинно ручних операцій, хв;

t_n – тривалість переходів від корови до корови, хв.

Середня тривалість ручних операцій та переходів від корови до корови при їх доїнні в стійлах в молокопровід складає, згідно експериментальних даних, 1,85хв.

Техніко-технологічні показники доїння корів в стійлах доїльної установкою укомплектованого апаратами АДУ-1, Інтерпульс-90, попарно-комбінованої дії та вдосконаленим попарно-комбінованої дії при разовому надої від корови 7 кг показують (табл. 5.7), що вдосконалений апарата попарно-комбінованої дії характеризується найменшою величиною тривалості циклу (6,22 хв). Внаслідок цього збільшилась пропускна здатність доїльної установки до 114,3 корови за годину, в порівнянні з установкою укомплектованого серійними вітчизняними апаратами АДУ-1, складає 13,5%.

Таблиця 5.7 - Ефективність доїння корів в стійлах установкою з молокопроводом при разовому надої 7 кг від корови

Показники	Варіанти доїльного апарата			
	АДУ-1	Інтерпульс-90	попарно-комбінованої дії	вдосконалений попарно-комбінованої дії
Тривалість доїння корови, хв.	5,3	5,15	4,9	4,45
Тривалість циклу доїння корови, хв.	7,15	7,0	6,75	6,22
Пропускна здатність установки, кор/год	100,7	102,8	106,7	114,3
Підвищення пропускної здатності, %	-	2,1	5,96	13,5

Отже, зменшення тривалості холостого доїння зменшує негативну дію апарата на вим'я корови, що в свою чергу менше подразнює вим'я. Зменшення подразнень вимені знижує вірогідність захворювання корів маститом, що суттєво підвищить продуктивність корів і знизить витрати на їх лікування.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз існуючих засобів доїння корів показав, що доїльні апарати з одночасною та попарною дією доїльних стаканів мають суттєві недоліки. Перші визначаються нерівномірністю виведення молока, а другі низькою його інтенсивністю.

2. Попарно-комбінований режим роботи доїльного апарата забезпечує за період кожного циклу такі фази: одночасного ссання в обох парах доїльних стаканів, такту ссання в одній із пар при такті стиску в іншій, а також одночасного такту стиску в обох парах стаканів. Завдяки цьому він забезпечує поєднання режимів роботи доїльних стаканів з ознаками доїльних апаратів як з одночасною так і з попарно-синхронною дією доїльних стаканів. Додаткові параметри, що характеризують режим роботи такого варіанту доїльного апарату: різниця частоти пульсації між парами доїльних стаканів, тривалість та частота циклів чергування відмічених фаз, а також тривалість самих фаз за період циклу.

3. Одержані теоретичні і експериментальні залежності, які свідчать, що тривалість циклу доїльного апарату попарно-комбінованого типу залежить від різниці частоти пульсації в парах доїльних стаканів і змінюється за гіперболічним законом, співвідношення тривалості фаз одночасної та попарної дії стаканів в межах циклу змінюється за лінійним законом.

4. Відношення тривалості такту ссання до такту стиску в кожній із пар доїльних стаканів впливає на тривалість фаз одночасної та попарної дії доїльних стаканів. Раціональна величина вказаного відношення знаходиться в межах 2,0...2,1.

Обґрунтована схема виготовлено дослідний зразок доїльного апарата попарно-комбінованого дії.

4. Розроблена конструктивно-функціональна схема та виготовлено лабораторний стенд для експериментальних досліджень доїльних апаратів з

різними режимами роботи стаканів.

5. Лабораторними дослідженнями встановлено, що режим роботи доїльного апарата попарно-комбінованого типу характеризується, при вакуумметричному тиску 50,6 кПа, співвідношенні тактів ссання до стиску 2,33 та частоті пульсації в одній парі стаканів 1 Гц і $\Delta n = 0,2$ Гц, і подачі молока 3 кг/хв меншою величиною вакуумметричного тиску в молокозбірній камері колектора на 2...3 кПа у фазі одночасних тактів ссання та стиску в обох парах стаканів порівняно режиму роботи апарата з одночасною дією; зменшенням коливань тиску P_v на 5...7 кПа у фазі тактів ссання в одній при стиску в іншій порівняно режиму роботи апарата з попарною дією доїльних стаканів та наближення кривої молоковиведення до лінійної.

6. Режим роботи апарата попарно-комбінованого типу характеризується зміною величини вакуумметричного тиску в молокозбірній камері колектора на протязі циклу. Частота пульсації та співвідношення тактів в міжстінковій камері для кожної пари доїльних стаканів залишились незмінними на протязі циклу і часу доїння.

Тривалість циклічних подразнень створені режимом роботи доїльного апарата складає 7...15 с. (при різниці частоти пульсації $\Delta n = 0,1...0,2$ Гц).

7. Виробничими дослідженнями встановлено, що попарно-комбінований спосіб доїння порівняно з відомими апаратами одночасної (АДУ-1) і попарної (Інтерпульс-90) дії доїльних стаканів збільшує разовий надій до 12,5 %, зменшує тривалість доїння до 7,4 %.

8. Існуючі та дослідний доїльний апарати не забезпечують одночасного видоювання передніх і задніх долей вимені. Тривалість холостого доїння окремих долей вимені знаходиться в межах (1,4 -1.52) хв., що складає (32-32,7)% часу доїння однієї корови.

9. Обґрунтовані параметри, розроблена конструкція вдосконаленого апарата попарно-комбінованої дії. Співвідношення тактів для передніх і задніх долей вимені, відповідно, складає 1:1 і 2:1. Частота пульсації, при, цьому дорівнює 1,0 і 1,2 Гц.

10. Встановлено, що вдосконалений апарата попарно-комбінованої дії забезпечує повне і швидке виведення молока з вимені. Середня інтенсивність видоювання вимені дорівнює 1,57 кг/хв., а тривалість холостого доїння зменшилась до 0,84 хв, що складає 19,6 % тривалості доїння.

11. Використання вдосконаленого апарата попарно-комбінованої дії в порівнянні з апаратом АДУ-1 збільшує пропускну здатність доїльної установки з молокопроводом на 13.5 %.

12. Розроблені пропозиції з модернізації існуючих доїльних апаратів для доїння в попарно-комбінованому режимі.

13. Підготовлені вихідні вимоги на доїльний апарат попарно-комбінованої дії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. А.с. 1568952. МКИ А 01 J 5/02 Способ машинного доения /А.Д.Лопатин (СССР). Заявлено: 11.01.89, Опубл. 07.06.90, бюл. № 21. – 3 с.
2. А.с. 1794418. МКИ А 01 J 5/02 Устройство для доения животных И.И. Гриневича (СССР). Заявлено: 09.07.92, Опубл. 15.02.93, бюл. №7. – 3 с.
3. А. С. 1 551 297 СССР, М. кл. А 01 J 7 / 00. Пневматический пульсатор доильного аппарата / А. И. Фененко, С. П. Лищинский, А. М. Миропольский (СССР); УНИИМЭСХ (СССР). – № 4452355 / 30 – 15; заявл. 29.06.88 ; опубл. 23.03.90, Бюл. № 11.
4. Админ Е.И. Совершенствовать машинное доение коров // Зоотехния. – 1984. - №4 – С.23-26.
5. Аббасов С. Г. Повышение скорости доения и жирности молока путем научно обоснованного подбора массы коллектора и доильных стаканов / С. Г. Аббасов, К. А. Джалалов // Научные основы повышения производительности сельскохозяйственной техники. – М., 1981. – С. 3-7.
6. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер. – 2-е изд., перераб. и дополн. – М. : Наука, 1976. – 279 с.
7. Алексеев Н. П. Физиологические особенности молоковыделительного процесса при сосании, ручном и машинном доении / Н. П. Алексеев, В. И. Киренков // VI Всесоюзный симпозиум по машинному доению сельскохозяйственных животных : тез. докл. – М., 1983. – Ч. 1. – С. 9-10.
8. Бабкин В.П. Исследование процесса доения коров и пути дальнейшего совершенствования доильных машин: Дис.. канд. техн. наук. – Харьков, 1962. – 191 с.
9. Бабкин В.П., Кравченко В.С.. Результаты лабораторных исследований различных типов доильных аппаратов // Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства. – зерноград: 1969. – С. 185 – 193.

10. Базаров М.К. Автоматическое регулирование процесса доения коров // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1969. - № 11. – С 22-24.
11. Бабкин В. П. Исследование доильного аппарата ДАП-2 / В. П. Бабкин // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1965. – № 1. – С. 22-24.
12. Бабкин В. П. Исследование процесса доения коров и пути дальнейшего совершенствования доильных машин : дис. ... канд. техн. наук / В. П. Бабкин. – Харьков, 1962. – 191 с.
13. Бабкин В. П. Механизация доения и первичной обработки молока / В. П. Бабкин, Т. А. Меренкова, А. Ф. Самургашьян. – М. : Колос, 1970. – 180 с.
14. Бабкин В. П. Результаты лабораторных исследований различных типов доильных аппаратов / В. П. Бабкин, В. С. Кравченко // Механизация и электрификация сельского производства. – зерноград, 1969. – С. 185-193.
15. Барабашук В. И. Планирование эксперимента в технике / В. И. Барабашук, Б. П. Кренденцер, В. И. Мирошниченко. – К. : Техника, 1984. – 200 с.
16. Баранович С. М. Обґрунтування параметрів пульсатора доїльного апарата з регульованою тривалістю такту ссання : дис. ... канд. техн. наук /С.М. Баранович. – Львів, 2015. – 28 с.
17. Бинев Р. Э. О причинах изменения производительности вакуумных насосов УВУ-60 / Р. Э. Бинев, А. И. Гуков, Е. В. Ревякин // Комплексная механизация и автоматизация сельскохозяйственного производства. – Ростов-н/Д, 1976. – С. 69-72.
18. Богданов Г.О. Рекомендації з оцінки технологічності вим'я у корів [Текст] / Г.О. Богданов, Ю.Ф. Мельник, В.І. Костенко та ін. // Видавничий центр НАУ. – Київ. - 2004.- 16с
19. Вальдман Э. К. Физиология машинного доения коров / Э. К. Вальдман. – Л. : Колос, 1977. – 190 с.

20. Веденяпин Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. В. Веденяпин. – 3-е изд., дополн. и перераб. – М. : Колос, 1973. – 199 с.
21. Велиток И. Г. Технологические факторы производства молока / И. Г. Велиток // Сельское хозяйство. – 1987. – № 2. – 64 с.
22. Велиток И. Г. Технология машинного доения коров / И. Г. Велиток. – М. : Колос, 1975. – 248 с.
23. Велиток И. Г. Физиология молокоотдачи при машинном доении / И. Г. Велиток. – К. : Урожай, 1974. – 118 с.
24. Вершинин В. И. Планирование и математическая обработка результатов химического эксперимента : учеб. пособие / В. И. Вершинин, Н. В. Перцев. – Омск : Изд-во ОмГУ, 2005. – 217 с.
25. Викторова Н. Н. Облегченный доильный аппарат с оптимальными параметрами / Н. Н. Викторова, А. Н. Козлов // VI Всесоюзный симпозиум по машинному доению коров : тез. докл. – М., 1983. – Ч.2. – С. 9-11.
26. Влияние высоты вакуума и продолжительности доения на состояние вымени / Мокри Р., Халл Х. [и др]; пер. с англ. А. Я. Злотина // Сборник иностранной сельскохозяйственной информации. – 1957. – № 4.
27. Ганелин А. Основные тенденции в развитии машин и оборудования для доения коров / А. Ганелин, А. Яремин // Техника в сельском хозяйстве. – 1973. – № 2. – С. 21-26.
28. Гарькавый Ф. Л. Селекция коров и машинное доение / Ф. Л. Гарькавый. – М. : Колос, 1974. – 123 с.
29. Гельштейн З. И. Исследование колебательной системы доильного аппарата : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. технич. наук / З. И. Гельштейн. – Краснодар, 1970. – 28 с.
30. Голиков А. Н. Новое в физиологии нервной системы сельскохозяйственных животных / А. Н. Голиков, Е. И. Любимов. – М. : Колос, 1977. – 192 с.
31. Горм С.Я. Отсасывающая способность доильного аппарата //

Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1970. - № 12. – С 21-23.

32. Горм С.Я. Рациональные принципы совершенствования доильных машин // Материалы 4 Всесоюзного симпозиума по физиологическим основам машинного доения. - Алма – Ата: - 1975. – С. 36-40.

33. Городецкая Т. К. О влиянии вакуума на ткани молочной железы коровы / Т. К. Городецкая // Физиологические основы машинного доения. – Боровск, 1974. – С. 74-75.

34. Гриневич И. И. Доение коров с увеличенной частотой пульсации резины доильных стаканов / И. И. Гриневич // Зоотехния. – 1993. – № 3. – С. 14-16.

35. Деклараційний патент на винахід 53890А Україна, А01J5/04. Пневмомембранний пульсатор попарного доїння / Сиротюк В. М., Сиротюк С. В., Баранович С. М. – № 2002010477 ; заявл. 18.01.02 ; опубл. 17.02.03, Бюл. №2.

36. Дикий Н.А., Халатов А.А. Основы научных исследований. – К.: Вища школа, 1985. – 223 с.

37. Дмитрів І.В., Обґрунтування режиму роботи і конструкційно-технологічних параметрів адаптивного пневмоелектромагнітного пульсатора доїльного апарата : дис. ... канд. техн. наук /І.В. Дмитрів. – Глеваха, 2015. – 24 с.

38. Дриго В. А. О совершенствовании молоковакуумной системы доильных установок / В. А. Дриго, Д. Э. Кунц, А. И. Фененко // Физиологические основы машинного доения : материалы III Всесоюз. симп. по физиологическим основам машинного доения. – Боровск, 1974. – С. 125- 126.

39. Доїльний апарат Патент України [Текст] / Ревенко І.І., Ліщинський С.П., Заболотько О.О. – № 25523. заявка 2007 5/2,5 – Бюл. - № 12

40. Ермолаев Л. М. Проникновение вакуума в цистерну соска / Л. М. Ермолаев // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1972. – № 8. – С. 26-29.

41. Ермолаев Л. М. Функциональная обусловленность скорости доения / Л. М. Ермолаев // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1975. – № 5. – С. 24-25.
42. Жилов И. В. Исследование процесса доения с непрерывным отсасыванием молока из вымени / И. В. Жилов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1968. – № 3. – С. 14-16.
43. Заболотько О. О. Обґрунтування параметрів доїльного апарата попарно-комбінованого типу : дис. ... канд. техн. наук / О. О. Заболотько. – К., 2000. – 150 с.
44. Заболотько О.О. Результати виробничої перевірки доїльного апарата попарної дії // Зб. наук. праць НАУ: Механізація сільськогосподарського виробництва. – К., 1998. – Т 4.
45. Заболотько О.О. Результати виробничої перевірки доїльного апарата попарної дії [Текст] / О.О. Заболотько// Зб. наук. праць НАУ: Механізація сільськогосподарського виробництва. – К. – 1998. – Том 4. – С.213-219.
46. Заболотько О.О. Попарно-комбінований спосіб доїння корів [Текст] / О.О. Заболотько // Наук. вісник НАУ. – 2005. – Вип. 73. – С. 215– 220.
47. Заболотько О.О. Дослідження процесу виведення молока доїльними апаратами / О.О. Заболотько // Вісник Львівського національного аграрного університету. – 2005. – Вип. 7. – С. 102-106.
48. Заболотько О.О. Чи купувати доїльні апарати [Текст] / О.О. Заболотько // Газета «Порадниця» – 2005. – № 45 (455). – С. 3.
49. Заболотько О.О. Удосконалення засобів машинного доїння [Текст] / О.О. Заболотько, С.П. Ліщинський, В.І. Ребенко // Вісник Сумського державного аграрного університету (СДАУ), Серія Механізація та автоматизація виробничих процесів. – 2008. – Вип. 1 (17). – С. 60– 64.
50. Заболотько О.О. Аналіз ефективності режимів роботи доїльних апаратів різної конструкції [Текст] / О.О. Заболотько, С.П. Ліщинський // Вісник ХДТУСГ імені Петра Василенка. – 2009. – Вип. 79. – С. 11– 18.

51. Заболотько О.О. Аналіз параметрів виведення молока доїльними апаратами. [Текст] / О.О. Заболотько, П.Д. Дарчик // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь. – 2013. – Вип. 13, том 1. – С. 45-49.
52. Заболотько О.О. Виробнича перевірка доїльних апаратів з різними режимами роботи керуючої ланки [Текст] / О.О. Заболотько, В.М. Демченко// Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К. – 2015. – Вип. 212/2. – С.203-209
53. Залыгин А.Г. Исследование дозирования комбикормов при раздаче. В сб.: Исследование и конструирование машин для животноводства и кормоприизводства. труды ВНИИживмаш, вып. 6, -К.: 1981. с. 85-87.
54. Звиняцковский В.Г. Влияние жесткости сосковой резины на процесс доения // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1971. - № 6. – С 21-23.
55. ИСО 5707 – 83 Доильные установки. Конструкция и эксплуатация. Введ. 01.01.83. – М.: Изд-во стандартов, 1987.–с 43
56. Кавешникова К.И. Молокоотдача дойных коров при различных параметрах доильных машин // Животноводство. – 1960. - № 7. – с. 15 – 17.
57. Кавешникова К.И., Касимов З.П., Туманова Э.Б. Физиологические основы лактации коров и машинное доение. – Л.: Лениздат, 1972. – 29 с.
58. Зайцев В. Г. Колебания в вымени при машинном доении коров / В. Г. Зайцев // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1977. – № 6. – С. 15-17.
59. Звиняцковский В. Г. Преддоильная подготовка вымени коровы / В. Г. Звиняцковский, Л. И. Сорокина, В. И. Зинковский // Зоотехния. – 1985. – № 7. – С. 17-19.
60. Изучение функции молочной железы коров при 2-х и 3-х кратном доении и кормлении : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. с.-х. наук / В. В. Кулик. – Кишинев, 1962 – С. 19.

61. Искадарян М. И. Доильные установки и пути их улучшения / М. И. Искадарян, В. Г. Звиняцковский, А. С. Астахов // Обзорная информация / ЦНИИТЭИ. – М., 1970. – С. 3.
62. Кавешникова К. И. Физиологическая характеристика молокоотдачи у коров при машинном доении / К. И. Кавешникова // Физиологические механизмы машинного доения. – М. ; Л. : Наука, 1964. – С. 20-31.
63. Кавешникова К. И. Физиологические основы лактации коров и машинное доение / К. И. Кавешникова, З. П. Касимов, Э. Б. Туманова. – Л. : Лениздат, 1972. – 29 с.
64. Карташов Л. П. Машинное доение коров / Л. П. Карташов, Ю. Ф. Куранов. – М. : Высш. шк., 1980. – 223 с.
65. Карташов Л. П. Машинное доение коров / Л. П. Карташов. – М. : Колос, 1982. – 301 с.
66. Карташов Л. П. Элементы расчета основных показателей доильных аппаратов / Л. П. Карташов. – Оренбург, 1969. – 13 с.
67. Керимов Н. Б. Усовершенствованный коллектор для доильных установок / Н. Б. Керимов // Техника в сельском хозяйстве. – 1974. – № 11. – С. 30-31.
68. Ковалев Ю. Н. От амфоры до тетрапака / Ю. Н. Ковалев. – М. : Колос, 1983. – 155 с.
69. Кокорина Э. П. Оптимальные параметры вакуумного доильного аппарата / Э. П. Кокорина, К. И. Кавешникова, Т. К. Щербакова // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1973. – № 5. – С. 25-28.
70. Колектор доїльного апарата Патент України [Текст] / Ревенко І.І., Ліщинський С.П., Заболотько О.О. – № 28966 ; заявка Опубл. 25.12.2007 5/2,5
71. Комаров В. И. Определение длительности тактов в доильном аппарате / В. И. Комаров // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1975. – № 5. – С. 21-23.

72. Королев В. Ф. Доильные машины / В. Ф. Королев. – М. : Машиностроение, 1969. – 277 с.
73. Королев В. Ф. Попытки усовершенствовать доильные машины / В. Ф. Королев // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1972. – № 8. – С. 23-26.
74. Королев В. Ф. Сравнительная оценка доения аппаратами различной конструкции / В. Ф. Королев // Физиологические механизмы машинного доения. – М. ; Л. : Наука, 1964. – С. 90-98.
75. Королев В. Ф. Эволюция технических средств доения коров / В. Ф. Королев // Научные труды. – М. : ВИЭСХ, 1980. – Т. 51. – С. 133-139.
76. Краснов И. Н. Доильные аппараты / И. Н. Краснов. – Ростов : Ростов. ун-т, 1974. – 226 с.
77. Краснов И. Н. К определению предельной частоты пульсации доильных аппаратов / И. Н. Краснов // Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства. – зерноград, 1969. – Вып. 12. – С. 194-203.
78. Краснов И. Н. Научно-технические основы проектирования и совершенствования конструкции доильных аппаратов : дис. ... доктора техн. наук / И. Н. Краснов. – Волгоград, 1975. – 305 с.
79. Крейлис М. Л. Физиология молокоотдачи и практика доения коров : дис... . доктора биол. наук / М. Л. Крейлис. – Сигулда, 1983. – 365 с.
80. Курочкин А. А. О некоторых параметрах доильных аппаратов / А. А. Курочкин, В. М. Комков // VI Всесоюзный симпозиум по машинному доению сельскохозяйственных животных : тез. докл. – М., 1983. – Ч. 2. – С. 51-53.
81. Кэлпис Э. А. О связи между характеристикой рабочих параметров доильного аппарата и качеством доильных раздражителей вымени / Э. А. Кэлпис, Э. А. Матисан ; Латв. с.-х. акад. – Елгава, 1970. – Вып. 27 – С. 95-105.
82. Кэмпбелл Д. Р. Производство молока / Д. Р. Кэмпбелл,

Р. Т. Маршал : пер. с англ. – М. : Колос, 1980. – 670 с.

83. Ландау Л.Д. Теоретическая физика : в 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : Наука, 1988– . – Т. 6 : Гидродинамика. – 1988. – 736 с.

84. Лауре А. Р. Современное состояние конструирования доильных аппаратов / А. Р. Лауре // VI Всесоюзный симпозиум по машинному доению сельскохозяйственных животных : тез. докл. – М., 1983. – Ч. 2. – С. 53-55.

85. Ліщинський С.П. Взаємозв'язок робочих параметрів доїльного апарата [Текст] / С.П. Ліщинський, О.О. Заболотько // Зб. наук. праць НАУ: Механізація сільськогосподарського виробництва. – К. – 1997. – Том 3. – С. 145-149.

86. Ліщинський С.П. Результати оцінки техніко-економічних показників використання обладнання для доїння і охолодження молока [Текст] / С.П. Ліщинський, О.О. Заболотько // Науковий вісник НУБіП України, серія "Техніка і енергетика АПК". – 2010. – Вип. 144, ч. 4. – С. 272– 280.

87. Ліщинський С.П. Рейтинг доїльних установок [Текст] / С.П. Ліщинський, О.О. Заболотько // Міжвідомчий тематичний науковий збірник – Глеваха. – 2010. – Вип. 84. – С. 172– 177.

88. Ліщинський С.П. Оцінка ефективності використання обладнання для доїння і охолодження молока [Текст] / С.П. Ліщинський, О.О. Заболотько, А.Д.Лисун, О.В. Кирданов // Науковий вісник НУБіП України №144, ч.1. – С. 204– 212.

89. Ліщинський С.П. Параметри виведення молока доїльними апаратами різної конструкції [Текст] / С.П. Ліщинський, О.О. Заболотько // Науковий вісник НУБіП України, серія "Техніка і енергетика АПК". – 2010. – Вип. 144, ч. 2. – С. 224– 228.

90. Ліщинський С.П. Оценка оборудования для доения и охлаждения молока [Текст] / С.П. Ліщинський, О.О. Заболотько // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2011. – Вип. 84. – С. 88-93.

91. Лищинский С. П. Обоснование режима работы пульсоколлектора

доильного аппарата / С. П. Лищинский, А. И. Фененко // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1979. – № 10. – С. 63-66.

92. Ліщинський С. П. Взаємозв'язок робочих параметрів доїльного апарата / С. П. Ліщинський, О. О. Заболотько // Збірник наукових праць НАУ : Механізація сільськогосподарського виробництва. – 1997. – Т. 3. – С. 81-84.

93. Ліщинський С. П. Дослідження і обґрунтування режимів роботи доїльного апарата з суміщеною молокопровідною лінією : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / С. П. Ліщинський. – К., 1982. – 18 с.

94. Любин Н. А. Влияние пониженного уровня вакуума доильного аппарата на генерацию нервных импульсов в рецепторах сосков / Н. А. Любин, С. Я. Горм // VI Всесоюзный симпозиум по машинному доению сельскохозяйственных животных : тез. докл. – М., 1983. – Ч. 2. – С. 52-54.

95. Любін Н. А. Фізіологія лактації. Фізіологічні основи машинного доїння корів / Н. А. Любін – К. : УГСХА, 2004.

96. Матвеев С. В. О процессе сосания молока теленком / С. В. Матвеев // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1976. – № 11. – С. 24-25.

97. Машинне доїння корів і первинна обробка молока: Посібник для підготовки кадрів масових професій / А. І. Фененко, С. П. Москаленко, В. Д. Роговий, К. Ф. Слободяник ; за ред. А. І. Фененка. – К. : Урожай, 1984. – 22 с.

98. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследовании сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. – Л. : Колос, 1972. – 200 с.

99. Методика статистической обработки эмпирических данных : РТМ 44-62. – М. : Изд-во стандартов, 1966. – 100 с.

100. Миропольский А. М. Обоснование режима работы доильного аппарата с совмещенной молоковоздушной линией и параметров дросселирующего устройства : дис. ... канд. техн. наук / А. М. Миропольский. – Глеваха, 1988. – 197 с.

101. Мишин Ф. А. Исследование и обоснование параметров и режимов работы доильного аппарата попарного действия : автореф. дис. . канд. техд. наук / Ф. А. Мишин. – зерноград : Всерос. науч.-ислед. и проект.-технол. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва, 1982. – 26 с.

102. Мухелишвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. Основные уравнения плоская теория упругости кручения и изгиб / Н. И. Мухелишвили. – М. : Изд-во АН СССР, 1954. – 650 с.

103. Мутовина В. И. Борьба с маститами коров / В. И. Мутовина. – М. : Изд-во. с.-х. лит., журн., плакатов, 1963. – 86 с.

104. Ніщенко І. О. Визначення параметрів мембрани пульсатора доїльного апарата / І. О. Ніщенко, С. М. Баранович // Вісник Львівського державного аграрного університету : агроінженерні дослідження. – 2007. – №11. – С. 95-98.

105. Новикова Р. И. Влияние пониженного уровня вакуума доильного аппарата на генерацию нервных импульсов в рецепторах сосков / Р. И. Новикова // VI Всесоюзный симпозиум по машинному доению сельскохозяйственных животных: тез. докл. – М., 1983. – Ч. 1. – С. 57-58.

106. Оберемченко А. И. Исследование динамических процессов доильных машин с целью обоснования оптимальных параметров вакуумных установок / А. И. Оберемченко // Физиологические основы машинного доения. – Боровск, 1974. – С. 154-156.

107. Овсянников И. К. Основы опытного дела в животноводстве / И. К. Овсянников. – М. : Колос, – 1976. – С. 69-71.

108. Павловський М. А. Теоретична механіка : підручник / М. А. Павловський. – 2-ге вид., стереотип. – К. : Техніка, 2004. – 512 с.

109. Пат. 2 056 100 RU , UA. кл. 6 A01 J5 / 08. Доильный стакан / А. И. Фененко, Г. Г. Черноног, М. В. Андрейчук [и др.] (RU, Украина) ; ИМЭСХ УААН (RU, Украина). – № 5042320/15 ; заявл. 19.05.92 ; опубл. 20.03.96, Бюл. № 8.

110. Пат. 44525 Україна, МПК A01C7/08. Пневмоімпульсний висівний

апарат сівалки для точного землеробства / М. О. Свірень, А. І. Бойко, В. В. Амосов, В. В. Федорчак ; заявник і патентотримач Кіровоградський національний технічний університет. – № U200903242 ; заявл. 06.04.09 ; опубл. 12.10.09, Бюл. №19.

111. Пат. 52 180 Україна, UA. кл. АО 1 J / 10. Пульсатор доїльного апарата / Д. О. Римар, А. І. Фененко, Г. П. Хільчевський (Україна) ; ННЦ «ІМЕСГ» УААН (Україна). – № 2002031921 ; заявл. 7.03.02 ; опубл. 16.12.02, Бюл. № 12.

112. Пат. 82682 C2 Україна (UA), МПК 7 A01J5/00. Пульсатор доїльного апарата / А. І. Фененко, Д. О. Римар, В. А. Карначова (Україна) ; ННЦ «ІМЕСГ» УААН (Україна). – № a200507424 ; заявл. 25.07.05; опубл. 15.11.05, Бюл. № 11.

113. Пейнович Г.Г., Резник Е.И. Физиологическое обоснование машинного доения коров: Дис...канд. биол. наук. – М., 1956.- 19 с.

114. Петухов Р.С. Влияние изменения частоты пульсов доильного аппарата на молоковыделение и состояние вымени коровы // В сб.: Физиологические основы машинного доения коров. – Боровск, 1974. – С. 148-151.

115. Петруша Е. З. Особенности молокоотдачи в отдельных долях вымени коровы при различных режимах подготовки к доению / Е. З. Петруша // VI Всесоюзный симпозиум по машинному доению сельскохозяйственных животных : тез. докл. – М., 1983. – Ч. 1. – С. 63-64.

116. Петухова Р. С. Влияние изменения частоты пульсации доильного аппарата на молоковыведение и состояние вымени коровы / Р. С. Петухова, Э. М. Желтоватых // Физиологические основы машинного доения. – Боровск, 1974. – С. 148-149.

117. Правила машинного доїння корів / [А. І. Фененко, С. П. Москаленко, М. А. Остапенко та ін.]. – К. : Національний науковий центр „ІМЕСГ”, 2004. – 37 с.

118. Применение математических методов в исследовании процессов сельскохозяйственного производства : метод. пособие / под ред. Ф. П.

Полупанова. – К., 1969. – 149 с.

119. Радоманский В. М. Стабилизация режима работы пульсатора / В. М. Радоманский, А. В. Балашова // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1974. – № 4. – С.

120. Реклейтис Г. Оптимизация в технике / Г. Реклейтис, А. Рейвиндрап, К. Регсдел ; пер. с англ. – М. : Мир, 1986. – 100 с.

121. Ревенко І.І. Обґрунтування режиму роботи доїльного апарата [Текст] / І.І. Ревенко, С.П. Ліщинський, О.О. Заболотько // Науковий вісник НАУ. – 1998. – Вип. 20. – С. 51– 54.

122. Ревенко І.І. Експериментальне визначення параметрів доїльного апарата попарно-комбінованого типу [Текст] / І.І. Ревенко, С.П. Ліщинський, О.О. Заболотько // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. – Львів – 1999. – С. 351– 354.

123. Ревенко І.І. Визначення режимів роботи доїльного апарата попарно-комбінованого типу [Текст] / І.І. Ревенко, С.П. Ліщинський, О.О. Заболотько // Науковий вісник НАУ. – 2000. – Вип. 33. – С. 297– 300.

124. Ревенко І.І. Аналіз режимів роботи доїльного апарата попарно-комбінованої дії [Текст] / І.І. Ревенко, С.П. Ліщинський, О.О. Заболотько // Вісник ХДТУСГ. – Харків. — 2001. – Вип. 8. – С. 98 – 101

125. Ревенко І.І. Дослідження процесу виведення молока доїльними апаратами [Текст] / І.І. Ревенко, С.П. Ліщинський, О.О. Заболотько // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. – Львів – 2003. – Вип. 7. – С. 102– 106.

126. Ревенко І.І. Результати виробничої перевірки доїльних апаратів зрізними режимами роботи [Текст] / І.І. Ревенко, С.П. Ліщинський, О.О. Заболотько // Вісник ХДТУСГ. – Харків. — 2003. – Вип. 21. – С. 434 – 437

127. Ревенко І.І. Результати виробничої перевірки доїльних апаратів з різними режимами роботи. [Текст] / І.І. Ревенко, О.О. Заболотько, С.П. Ліщинський // Вісник ХДТУСГ. – 2006. – Вип. 20. – С. 51– 54.

128. Ревенко І.І. Доїльний апарат попарно-комбінованого типу [Текст] /

І.І. Ревенко, С.П. Ліщинський, О.О. Заболотько // Вчені технічного інституту-виробництву. Аграрна інженерія в умовах глобалізації. – 2008. – С. 102–103.

129. Ревенко І.І. Спосіб машинного доїння сільськогосподарських тварин [Текст] / І.І. Ревенко, О.О. Заболотько, С.П. Ліщинський // Вчені технічного інституту-виробництву. Аграрна інженерія в умовах глобалізації. – 2008. – С. 101–102.

130. Ревенко І.І. Вдосконалення процесу і засобів машинного доїння корів [Текст] / І.І. Ревенко, О.О. Заболотько., С.П. Ліщинський // Пропозиція. – 2005. – № 11 – С. 116–119.

131. Римар Д. О. Обґрунтування конструктивних параметрів і режимів роботи генератора імпульсів тиску доїльного апарата / Д. О. Римар // Механізація та електрифікація сільського господарства : міжвідом. темат. наук. зб. – Глеваха : ННЦ “ІМЕСГ”, 2003. – Вип. 87. – С. 219-224.

132. Римар Д. О. Обґрунтування параметрів генератора імпульсів тиску доїльного апарата попарної дії : дис. ... канд. техн. наук / Д. О. Римар. – К., 2006. – 157 с.

133. Римар Д. О. Одночасний та попарний режими роботи доїльних апаратів / Римар Д. О. // Науково-технічний бюлетень ІТ УААН. – Харків, 2003. – № 85. – С. 92-95.

134. Римар Д. О. Покращення процесу доїння за рахунок удосконалення конструктивної схеми доїльного апарата / Д. О. Римар // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України : зб. наук. праць. – Дослідницьке : УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2005. – Вип. 8 (22), кн. 2. – С. 27-33.

135. Руководство пользователя и технические характеристики: USB-6008/6009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : ftp://ftp.ni.com/pub/branches/russia/daq/ni_usb_6008_6009.pdf.

136. Рязанкин К. Г. Характеристика соотношений в работе отдельных долей и всего вымени коров в связи с воздействием внешних условий : дис. ...

канд. биол. наук / К. Г. Рязанкин. – М., 1955. – 130 с.

137. Свирень Н. О. Приложение законов гидродинамики к особенностям пневматических высевающих аппаратов / Н. О. Свирень, Н. Н. Петренко // Збірник наукових праць Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування : Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 1998. – № 2. – С. 177-180.

138. Сержане М. К. Изменение выведения молока и молочного жира, начиная доение в разных стадиях молокоотдачи / М. К. Сержане // Труды Латвийской сельскохозяйственной академии. – Елгава, 1970. – Вып. 27. – С. 89-93.

139. Силинып А. В. Исследования процесса машинного доения коров при помощи рентгенографии / А. В. Силинып // Физиология и механизация машинного доения коров. – Рига ; Звайгэне, 1968. – С. 255-262.

140. Сиротюк В. М. Апаратно-програмний комплекс для дослідження доїльних апаратів попарної дії / В. М. Сиротюк, С. М. Баранович // Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження. – 2008. – №12, т. 1. – С. 314-317.

141. Сиротюк В. М. Машины та обладнання для тваринництва : навч. посіб. / В. М. Сиротюк. – Львів : Магнолія плюс, видавець В. М. Піча, 2004. – 200 с.

142. Сиротюк В. М. Обґрунтування деяких параметрів пневмомембранних пульсаторів для доїльних апаратів / В. М. Сиротюк, С. В. Сиротюк, С. М. Баранович // Вісник Львівського державного аграрного університету: агроінженерні дослідження. – 2003. – №7. – С. 117-122.

143. Сиротюк В. М. Пневмомембранний пульсатор для доїльного апарата попарної дії / В. М. Сиротюк, С. М. Баранович // Вчені Львівського національного аграрного університету виробництву. – Львів : ЛНАУ, 2008. – Вип. 8. – С. 167-168.

144. Сиротюк В. М. Силовий аналіз пневмомембранного пульсатора

попарної дії для доїльного апарата / В. М. Сиротюк, С. В. Сиротюк, С. М. Баранович // Матеріали XII Міжнародного (І Українського) симпозиуму з проблем машинного доїння корів, 11-14 травня 2004 р. – Глеваха, 2005. – С. 134-138.

145. Сиротюк В. М. Сучасні тенденції розробки пульсаторів доїльних апаратів / В. М. Сиротюк, С. В. Сиротюк, С. М. Баранович // Вісник Львівського державного аграрного університету : агроінженерні дослідження. – 2004. – №8. – С. 177-186.

146. Скраманис А. А. Вопросы теории пневматических пульсаторов доильных аппаратов / А. А. Скраманис // Физиология и механизация доения коров. – Рига, 1968. – С. 267-271.

147. Соколов А. Г. О регулировании вакуума при доении / А. Г. Соколов, Г. С. Талалаев // Сельскохозяйственное производство нечерноземной зоны. – 1963. – №4.

148. Спосіб машинного доїння корів. Патент України [Текст] / Ревенко І.І., Ліщинський С.П., Заболотько О.О. – № 6028; заявка 2005 5/1, Бюл. №8

149. Спосіб попарно-комбінованого машинного доїння Патент України [Текст] / Ревенко І.І., Ліщинський С.П., Заболотько О.О. – № 200509457; заявка 2006 5/1, Бюл. №1

150. Тимошенко В. Н. Влияние способа доения на раздой первотелок / В. Н. Тимошенко // Зоология. – 1998. – № 2. – С. 23-26.

151. Тревис Дж. LabVIEW для всех / Джеффри Тревис ; пер. с англ. Н. А. Клушина; под ред. В. В. Шаркова, В. А. Гурьева. – М. : ДМК Пресс ; ПриборКомплект, 2005. – 544 с.

152. Унифицированный доильный аппарат / В. А. Дриго, Г. Р. Залцманис, Д. Э. Кунц [и др.] // Всесоюзный симпозиум по машинному доению : тез. докл. – М., 1979. – Ч. 2. – С. 35-36.

153. Фененко А. И. Конструктивные особенности и эксплуатация молочной линии для доения коров / А. И. Фененко // Техника в сельском хозяйстве. – 1965. – Ч. 2. – С. 21-25.

154. Фененко А. І. Механізація доїння корів. Теорія і практика : монографія / А. І. Фененко. – К., 2008. – 198 с.
155. Физиологические основы машинного доения // Материалы III Всесоюзного симпозиума по физиологическим основам машинного доения. – Боровск, 1972. – 220 с.
156. Физиологические основы производства молока при потоково-цеховой системе / [М. Г. Василив, В. О. Величко, К. Ф. Слободянык, О. Ф. Садик]. – Л., 1985. – С. 38-43.
157. Физиологическое обоснование машинного доения коров : дис.... канд. биол. наук / М. Л. Паткович. – М., 1956. – 190 с.
158. Филипов А. Оценка колебаний вакуума в доильных машинах / А. Филипов, В. Жирнов // Техника в сельском хозяйстве. – 1974. – № 4. – С. 45-46.
159. Хитров А. Н. Совершенствование доильных систем / А. Н. Хитров // Обзор. – М., 1978. – С. 5-6.
160. Delwiche M. I. Fnflisis of instantaneons Milk Flow Rate Patterns / Delwiche M. I., Skott N. R., Drost C. I. // Trans. AS AE. – 1982. – 25, № 2. – P. 475-487.
161. Deutsches patentamt DE3722363A1. A01J5/12. Wechseltakt-Membranpulsator mit Phasenverschiebung / Spillecke, Volkmar. Dipl.-Ing., ODR 7904 Elsterwerda, DD; Milde, Klaus, Dipl.-Ing., DDR 7901 Maasdorf, DD; Tutte, Alfred, DDR 7907 Plessa, DD. – 18.08.86.
162. Hanel A. Doppelpulsleitungen mim Zentralpulsator - Untersuchungen über leitung-stangen, Leitungsguerschnite und Tarktzanlen / A. Hanel // Deutsche Agrartechnik. – 1966. – N 7. – S. 307-308.
163. Hoffmann H.W. Ein neues Verfahren zum Abschalten der Melkzeuge gegen ende des Meltaktes / Hoffmann H.W., Wehowsky G. // Deutsche Agrartechnik. – 1966. – N 5. – S. 242-243.
164. Larsson M. Triovak 600 : Nytt mjolkningsystem from Alfa-Laval / M. Larsson // Tractor Joumai. – 1983. – Vol. 35, № 6. – P. 30-31.

165. Milk flow patterns and machine milking // Trans. ASAE. St. Joseph Michigan. – 1980. – 5.23. – P. 1283-1286.
166. Ordolff D. Melktechnik auf der DLG. - Aus - Stellung. 1980. // Landtechnik. – 1982. – Bd. 37, № 9. – P. 401-405.
167. Rabold K. Milchgewinnung auf der DLG / K. Rabold // Austeilung München. – 1982. – Dd. 20, № 4. – P. 124-127.
168. Römer S. Weiterentwicklung der Melkautomatisierungseinrichtung MAI für Melkstandaulager / S. Römer // Land und Nahrungsgutertechn. DDR. – 1973. – 12, № 10. – P. 196-198.
169. Syrotiuk V. M. Analysis of constructions of pneumatic membrane pulsers of pair action and substantiation of their operation modes / V. M. Syrotiuk, S. M. Baranovych, S. V. Syrotiuk // Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin, 2011. – T. 13D. – P. 309-317.

ДОДАТКИ

Результати виробничої перевірки на груп-коровах (період 10 нів)

назва	ча с до їн ня		тривалість доїння, с.				сумарн. тривалість доїння				тривалість додою.		маш. доїн.	додоюван ня	сумарн.		
корови			продуктивн. без додоювання, г				сумарн. продуктивн.				продуктивн. додоювання				тривалість,с\удій,кг	q,маш кг/хв	q,сер., кг/хв
		лп	пп	лз	пз	лп	пп	лз	пз	лп	пп	лз	пз				
Рузана	р	305	325	330	410	335	355	360	460	30	30	30	50	410	50	460	
		1900	2000	2250	2500	1950	2000	2250	2550	50	0	0	50	8,65	0,1	8,75	1,266
1	о	175	180	205	280	205	210	235	310	30	30	30	30	280	30	310	
дослідн		1100	1150	1250	1600	1100	1150	1250	1650	0	0	0	50	5,1	0,05	5,15	1,093
	в	155	155	150	255	185	185	180	285	30	30	30	30	255	30	285	
		950	950	1100	1300	950	950	1100	1350	0	0	0	50	4,3	0,05	4,35	1,012
перепілка	р	210	205	270	230	260	235	300	260	50	30	30	30	270	30	300	
		2150	1950	2600	2500	2200	1950	2600	2550	50	0	0	50	9,2	0,1	9,3	2,044
	о	130	145	175	175	160	175	205	205	30	30	30	30	175	30	205	
		1100	1000	1450	1400	1100	1050	1450	1400	0	50	0	0	4,95	0,05	5	1,697
	в	120	150	145	140	150	180	175	170	30	30	30	30	150	30	180	
		850	750	1150	1100	900	750	1200	1150	50	0	50	50	3,85	0,15	4	1,54
ірша	р	200	205	255	255	230	235	285	285	30	30	30	30	255	30	285	
		2150	2150	2650	3050	2150	2150	2700	3100	0	0	50	50	10	0,1	10,1	2,353
	о	145	130	150	150	175	170	190	180	30	40	40	30	150	40	190	
		950	850	1200	1200	1000	900	1250	1250	50	50	50	50	4,2	0,2	4,4	1,389
	в	130	30	130	30	160	80	165	85	30	50	35	55	130	35	165	
		850	850	1050	1300	850	900	1100	1300	0	50	50	0	4,05	0,1	4,15	1,869
лелека	р	175	225	230	230	215	255	265	265	40	30	35	35	230	35	265	
		1150	2450	3250	3100	1200	2500	3300	3150	50	50	50	50	9,95	0,2	10,15	2,596
	о	110	145	180	180	145	175	210	210	35	30	30	30	180	30	210	
		600	1100	1900	1650	650	1150	1950	1650	50	50	50	0	5,25	0,15	5,4	1,75
	в	80	115	115	110	110	145	145	140	30	30	30	30	115	30	145	
		400	950	1300	1150	450	950	1300	1200	50	0	0	50	3,8	0,1	3,9	1,983
цукерта	р	195	380	225	360	225	430	255	390	30	50	30	30	380	50	430	

		1150	4200	1950	3800	1200	4250	2000	3850	50	50	50	50	11,1	0,2	11,3	1,753	1,577
	о	110	225	185	200	140	270	215	230	30	45	30	30	225	45	270		
		600	1950	1000	1900	650	2050	1050	1950	50	100	50	50	5,45	0,25	5,7	1,453	1,267
	в	105	240	145	160	135	270	175	190	30	30	30	30	240	30	270		
		450	1450	750	1500	500	1550	800	1500	50	100	50	0	4,15	0,2	4,35	1,038	0,967
		156,3	190,3	192,7	211,0	188,7	224,7	224,0	244,3	32,3	34,3	31,3	33,3	229,7	35,0	264,7	1,7	1,5
		1090,0	1583,3	1656,7	1936,7	1123,3	1616,7	1686,7	1973,3	33,3	33,3	30,0	36,7	6,3	0,1	6,4		
Рузана	р	300	320	295	430	330	370	325	460	30	50	30	30	430	30	460		
		1900	2000	2200	2550	1900	2050	2200	2600	0	50	0	50	8,65	0,1	8,75	1,207	1,141
2	о	200	170	190	240	230	200	220	270	30	30	30	30	240	30	270		
дослідн		1050	1150	1250	1550	1050	1150	1300	1600	0	0	50	50	5	0,1	5,1	1,25	1,133
	в	175	160	170	220	205	190	200	250	30	30	30	30	220	30	250		
		750	800	900	1100	750	850	950	1100	0	50	50	0	3,55	0,1	3,65	0,968	0,876
перепілка	р	215	200	250	265	245	230	290	295	30	30	40	30	265	30	295		
		2250	2010	2650	2700	2300	2050	2650	2700	50	40	0	0	9,61	0,09	9,7	2,176	1,973
	о	135	125	135	145	165	155	165	175	30	30	30	30	145	30	175		
		1100	1000	1350	1400	1150	1000	1400	1400	50	0	50	0	4,85	0,1	4,95	2,007	1,697
	в	105	125	150	165	145	155	190	195	40	30	40	30	165	30	195		
		650	600	950	1000	650	600	1000	1050	0	0	50	50	3,2	0,1	3,3	1,164	1,015
ірша	р	190	160	245	205	220	200	285	235	30	40	40	30	245	40	285		
		2200	1900	2650	3000	2250	1950	2700	3050	50	50	50	50	9,75	0,2	9,95	2,388	2,095
	о	45	95	120	150	85	125	170	190	40	30	50	40	150	40	190		
		350	900	1300	1450	400	900	1400	1500	50	0	100	50	4	0,2	4,2	1,6	1,326
	в	30	30	130	30	60	80	170	70	30	50	40	40	130	40	170		
		900	900	1000	1200	900	950	1050	1250	0	50	50	50	4	0,15	4,15	1,846	1,465
лелека	р	155	205	265	225	185	235	295	255	30	30	30	30	265	30	295		
		1200	2350	3300	3100	1200	2350	3350	3150	0	0	50	50	9,95	0,1	10,05	2,253	2,044
	о	125	150	180	165	155	180	210	195	30	30	30	30	180	30	210		
		650	1350	2000	1750	650	1350	2000	1750	0	0	0	0	5,75	0	5,75	1,917	1,643
	в	110	130	140	135	140	160	170	165	30	30	30	30	140	30	170		
		500	1150	1500	1400	500	1200	1550	1400	0	50	50	0	4,55	0,1	4,65	1,95	1,641
цукерта	р	180	420	230	320	220	450	265	360	40	30	35	40	420	30	450		
		1350	4500	2150	4100	1400	4500	2200	4150	50	0	50	50	12,1	0,15	12,25	1,729	1,633
	о	115	240	160	180	160	285	190	210	45	45	30	30	240	45	285		
		600	2150	950	1750	650	2250	1000	1800	50	100	50	50	5,45	0,25	5,7	1,363	1,2
	в	150	190	160	180	180	225	200	210	30	35	40	30	190	35	225		

корови	час доїня	продуктивн. без додоювання, г				сумарн. продуктивн. , гр.				продуктивн. додоювання, гр				тривалість, с\удій, кг				
		лп	пп	лз	пз	лп	пп	лз	пз	лп	пп	лз	пз					
АДУ-1	р	310	330	380	430	340	360	410	460	30	30	30	30	430	30	460		
РУЗАНА		2000	2150	2300	2700	2000	2150	2300	2700	0	0	0	0	9,15	0	9,15	1,277	1,193
1	о	175	170	190	195	205	200	225	215	30	30	35	20	195	30	225		
		1000	950	1100	1150	1100	1000	1100	1150	100	50	0	0	4,2	0,15	4,35	1,292	1,16
	в	165	150	170	195	195	180	200	225	30	30	30	30	195	30	225		
		800	850	950	1200	800	850	950	1200	0	0	0	0	3,8	0	3,8	1,169	1,013
перепілка	р	220	230	250	210	250	260	280	250	30	30	30	40	250	30	280		
		2050	1750	2100	2350	2050	1800	2150	2400	0	50	50	50	8,25	0,15	8,4	1,98	1,8
	о	140	180	210	190	180	210	250	280	40	30	40	90	210	70	280		
		950	850	1250	1150	1000	850	1300	1150	50	0	50	0	4,2	0,1	4,3	1,2	0,921
	в	120	110	120	130	150	140	150	165	30	30	30	35	130	35	165		
		700	650	1050	900	700	650	1050	950	0	0	0	50	3,3	0,05	3,35	1,523	1,218
ірша	р	175	155	255	215	205	185	285	245	30	30	30	30	255	30	285		
		2400	2200	2800	3050	2400	2200	2800	3100	0	0	0	50	10,45	0,05	10,5	2,459	2,211
	о	135	150	285	45	166	195	305	150	31	45	20	105	285	20	305		
		550	900	1150	150	650	950	1200	200	100	50	50	50	2,75	0,25	3	0,579	0,59
	в	165	145	160	160	255	240	250	245	90	95	90	85	165	90	255		
		800	750	1000	1100	850	800	1000	1150	50	50	0	50	3,65	0,15	3,8	1,327	0,894
лелека	р	145	240	250	235	175	270	280	265	30	30	30	30	250	30	280		
		950	2100	2250	2650	950	2100	2250	2700	0	0	0	50	7,95	0,05	8	1,908	1,714
	о	70	135	95	95	100	165	150	125	30	30	55	30	135	30	165		
		100	800	300	200	100	800	300	200	0	0	0	0	1,4	0	1,4	0,622	0,509
	в	120	125	130	125	170	155	160	155	50	30	30	30	130	40	170		
		400	950	1300	1150	450	950	1350	1150	50	0	50	0	3,8	0,1	3,9	1,754	1,376
цукерта	р	260	475	225	380	290	505	255	410	30	30	30	30	475	30	505		
		1250	3800	1950	3550	1250	3850	1950	3550	0	50	0	0	10,55	0,05	10,6	1,333	1,259
	о	165	230	150	190	250	305	230	250	85	75	80	60	230	75	305		
		550	1550	800	1450	650	1650	850	1500	100	100	50	50	4,35	0,3	4,65	1,135	0,915
	в	120	165	205	205	185	230	255	250	65	65	50	45	205	50	255		
		500	1350	650	1450	550	1500	750	1500	50	150	100	50	3,95	0,35	4,3	1,156	1,012
		165,7	199,33	205	200	207,73	240	245,67	246	42,067	41	40,7	46	236	41,33	277,33	1,381	1,186
		1000	1440	1396,7	1613,3	1033,33	1473,3	1420	1640	33,3	33	23,3	26,67	5,45	0,117	5,567		
Рузана	р	325	335	370	420	355	365	400	455	30	30	30	35	420	35	455		

АДУ-1		2050	2200	2250	2600	2050	2200	2250	2700	0	0	0	100	9,1	0,1	9,2	1,3	1,213
2	о	190	220	230	275	220	250	260	305	30	30	30	30	275	30	305		
		1000	1150	1250	1550	1000	1150	1300	1600	0	0	50	50	4,95	0,1	5,05	1,08	0,993
	в	170	195	130	245	200	225	160	275	30	30	30	30	245	30	275		
		950	950	1150	1200	950	1000	1150	1250	0	50	0	50	4,25	0,1	4,35	1,041	0,949
перепілка	р	215	210	235	250	245	240	280	265	30	30	45	15	250	30	280		
		1850	1750	2450	2250	1850	1750	2500	2250	0	0	50	0	8,3	0,05	8,35	1,992	1,789
	о	135	120	145	130	180	150	175	160	45	30	30	30	145	35	180		
		950	850	1250	1150	1000	850	1250	1150	50	0	0	0	4,2	0,05	4,25	1,738	1,417
	в	110	110	120	120	140	140	150	175	30	30	30	55	120	55	175		
		800	700	1100	1000	800	700	1100	1050	0	0	0	50	3,6	0,05	3,65	1,8	1,251
ірша	р	180	165	220	235	220	195	255	265	40	30	35	30	235	30	265		
		1950	1800	2300	2700	2000	1800	2350	2750	50	0	50	50	8,75	0,15	8,9	2,234	2,015
	о	120	120	165	130	160	150	215	160	40	30	50	30	165	50	215		
		1000	1000	1300	1400	1050	1050	1350	1450	50	50	50	50	4,7	0,2	4,9	1,709	1,367
	в	130	125	105	130	160	175	135	160	30	50	30	30	130	45	175		
		850	800	950	1200	900	850	1000	1200	50	50	50	0	3,8	0,15	3,95	1,754	1,354
лелека	р	170	225	275	250	200	255	305	280	30	30	30	30	275	30	305		
		1100	2250	3250	2850	1100	2300	3300	2850	0	50	50	0	9,45	0,1	9,55	2,062	1,879
	о	105	140	175	170	135	170	205	205	30	30	30	35	175	30	205		
		500	1200	1750	1450	500	1250	1800	1500	0	50	50	50	4,9	0,15	5,05	1,68	1,478
	в	85	115	155	140	115	185	185	170	30	70	30	30	155	30	185		
		450	1050	1600	1400	450	1100	1600	1450	0	50	0	50	4,5	0,1	4,6	1,742	1,492
цукерта	р	110	100	230	300	140	130	260	330	30	30	30	30	300	30	330		
		450	900	1800	1950	500	950	1850	2000	50	50	50	50	5,1	0,2	5,3	1,02	0,964
	о	115	235	145	195	145	265	175	225	30	30	30	30	235	30	265		
		600	1800	830	1600	650	1850	850	1650	50	50	20	50	4,83	0,17	5	1,233	1,132
	в	140	190	145	185	170	240	175	215	30	50	30	30	190	50	240		
		450	1500	750	1350	500	1550	750	1400	50	50	0	50	4,05	0,15	4,2	1,279	1,05
		153,3	173,67	189,67	211,67	185,66	209	222,33	243	32,33	35	32,7	31,33	221	36	257	1,578	1,35
		996,7	1326,7	1598,7	1710	1020	1356,7	1626,7	1750	23,33	30	28	40	5,632	0,121	5,75		
Рузана	р	300	330	360	445	330	360	390	475	30	30	30	30	445	30	475		
АДУ-1		1900	2100	2250	2650	1950	2100	2250	2650	50	0	0	0	8,9	0,05	8,95	1,2	1,131
3	о	230	240	215	330	260	270	245	360	30	30	30	30	330	30	360		
		1400	1400	1600	1900	1450	1400	1600	1900	50	0	0	0	6,3	0,05	6,35	1,145	1,058
	в	180	185	175	260	210	215	205	290	30	30	30	30	260	30	290		

		850	900	950	1200	900	950	1000	1250	50	50	50	50	3,9	0,2	4,1	0,9	0,848
перепілка	p	120	180	130	140	150	215	160	170	30	35	30	30	180	35	215		
		2050	1800	2700	2650	2050	1850	2700	2650	0	50	0	0	9,2	0,05	9,25	3,067	2,581
	o	125	145	155	150	155	175	185	180	30	30	30	30	155	30	185		
		1050	900	1300	1300	1050	950	1300	1300	0	50	0	0	4,55	0,05	4,6	1,761	1,492
	в	140	115	145	120	185	145	175	175	45	30	30	55	145	40	185		
		900	800	1250	1050	950	800	1300	1100	50	0	50	50	4	0,15	4,15	1,655	1,346
ірша	p	180	170	200	215	210	200	230	260	30	30	30	45	215	45	260		
		2050	1850	2250	2600	2050	1850	2300	2650	0	0	50	50	8,75	0,1	8,85	2,442	2,042
	o	135	135	120	180	180	165	165	225	45	30	45	45	180	45	225		
		900	850	1000	1250	950	900	1050	1300	50	50	50	50	4	0,2	4,2	1,333	1,12
	в	130	150	135	145	160	180	165	175	30	30	30	30	150	30	180		
		850	900	1100	1100	850	900	1100	1100	0	0	0	0	3,95	0	3,95	1,58	1,317
лелека	p	190	225	240	235	210	255	280	265	20	30	40	30	240	40	280		
		1100	2250	3350	2850	1100	2250	3400	2900	0	0	50	50	9,55	0,1	9,65	2,388	2,068
	o	120	170	155	165	155	200	185	200	35	30	30	35	170	30	200		
		500	1200	1650	1300	550	1200	1650	1350	50	0	0	50	4,65	0,1	4,75	1,641	1,425
	в	75	120	155	150	105	150	185	180	30	30	30	30	155	30	185		
		500	1100	1650	1500	500	1150	1650	1500	0	50	0	0	4,75	0,05	4,8	1,839	1,557
цукерта	p	120	95	110	270	150	95	140	300	30	0	30	30	270	30	300		
		800	2150	1150	2900	800	2250	1200	2950	0	100	50	50	7	0,2	7,2	1,556	1,44
	o	50	50	170	75	100	125	215	100	50	75	45	25	170	45	215		
		450	1500	850	1500	500	1750	950	1550	50	250	100	50	4,3	0,45	4,75	1,518	1,326
	в	100	210	175	180	130	250	225	210	30	40	50	30	210	40	250		
		450	1500	650	1450	450	1600	700	1450	0	100	50	0	4,05	0,15	4,2	1,157	1,008
		146,3	168	176	204	179,33	200	210	237,67	33	32	34	33,67	218,33	35,33	253,66	1,679	1,451
		1050	1413,3	1580	1813,3	1073,33	1460	1610	1840	23,33	47	30	26,67	5,857	0,127	5,98		
Рузана	p	315	315	325	405	345	345	355	435	30	30	30	30	405	30	435		
інтерпульс -90		2050	2050	2400	2750	2050	2050	2450	2750	0	0	50	0	9,25	0,05	9,3	1,37	1,283
1	o	170	170	215	255	215	220	245	255	45	50	30	0	255	0	255		
		1050	1150	1350	1600	1100	1150	1400	1600	50	0	50	0	5,15	0,1	5,25	1,212	1,235
	в	175	150	230	235	205	180	260	265	30	30	30	30	235	30	265		
		950	1000	1150	1300	950	1000	1150	1300	0	0	0	0	4,4	0	4,4	1,123	0,996
перепілка	p	265	220	275	250	295	250	305	285	30	30	30	35	275	30	305		

		2600	2100	3050	2900	2600	2150	3050	2950	0	50	0	50	10,65	0,1	10,75	2,324	2,115
	о	130	135	140	160	160	165	170	190	30	30	30	30	160	30	190		
		1100	1050	1250	1300	1100	1050	1250	1350	0	0	0	50	4,7	0,05	4,75	1,763	1,5
	в	120	130	140	185	150	160	170	215	30	30	30	30	185	30	215		
		1150	900	1450	1400	1150	900	1450	1450	0	0	0	50	4,9	0,05	4,95	1,589	1,381
ірша	р	175	185	235	225	210	215	290	255	35	30	55	30	235	55	290		
		2200	2000	2650	2800	2250	2050	2700	2850	50	50	50	50	9,65	0,2	9,85	2,464	2,038
	о	125	130	100	150	165	170	130	180	40	40	30	30	150	30	180		
		950	900	1050	1200	1000	950	1050	1200	50	50	0	0	4,1	0,1	4,2	1,64	1,4
	в	55	115	95	155	85	145	140	185	30	30	45	30	155	30	185		
		400	850	1100	1150	450	850	1150	1200	50	0	50	50	3,5	0,15	3,65	1,355	1,184
лелека	р	200	200	275	245	230	230	305	275	30	30	30	30	275	30	305		
		1150	2350	3650	3150	1150	2350	3700	3150	0	0	50	0	10,3	0,05	10,35	2,247	2,036
	о	105	125	145	125	165	170	190	170	60	45	45	45	145	45	190		
		600	1000	1600	1400	650	1100	1650	1450	50	100	50	50	4,6	0,25	4,85	1,903	1,532
	в	95	135	145	140	125	165	175	170	30	30	30	30	145	30	175		
		550	1250	1550	1500	550	1250	1550	1500	0	0	0	0	4,85	0	4,85	2,007	1,663
цукерта	р	130	290	200	350	160	320	230	380	30	30	30	30	350	30	380		
		650	2250	2050	3700	700	2250	2050	3700	50	0	0	0	8,65	0,05	8,7	1,483	1,374
	о	95	200	170	195	145	230	200	225	50	30	30	30	200	30	230		
		500	1300	700	1550	550	1350	750	1600	50	50	50	50	4,05	0,2	4,25	1,215	1,109
	в	150	200	185	200	205	240	215	250	55	40	30	50	200	50	250		
		600	1700	900	1600	650	1750	950	1650	50	50	50	50	4,8	0,2	5	1,44	1,2
		153,7	180	191,67	218,33	190,66	213,67	225,33	249	37	34	33,7	30,67	224,667	32	256,667		
		1100	1456,7	1726,7	1953,3	1126,67	1480	1753,3	1980	26,667	23	26,7	26,67	6,23	0,103	6,34	1,697	1,483
Рузана	р	265	285	325	415	295	315	355	445	30	30	30	30	415	30	445		
інтерпульс -90		2200	2700	2700	3050	2200	2700	2700	3050	0	0	0	0	10,65	0	10,65	1,54	1,436
2	о	205	175	245	260	235	205	275	280	30	30	30	20	260	20	280		
		1100	1100	1300	1500	1100	1100	1300	1550	0	0	0	50	5	0,05	5,05	1,154	1,082
	в	155	170	195	235	185	200	225	265	30	30	30	30	235	30	265		
		900	950	1100	1300	950	1000	1100	1350	50	50	0	50	4,25	0,15	4,4	1,085	0,996
перепілка	р	200	180	200	260	230	210	240	295	30	30	40	35	260	35	295		
		2600	2200	3100	3000	2600	2200	3150	3050	0	0	50	50	10,9	0,1	11	2,515	2,237
	о	135	135	155	215	165	165	185	280	30	30	30	65	215	65	280		
		1200	950	1550	1150	1200	950	1600	1300	0	0	50	150	4,85	0,2	5,05	1,353	1,082

	в	130	135	130	160	160	175	160	190	30	40	30	30	160	30	190		
		1050	900	1350	1450	1100	950	1350	1500	50	50	0	50	4,75	0,15	4,9	1,781	1,547
ірша	р	100	180	175	170	135	210	210	215	35	30	35	45	180	35	215		
		1550	1600	2650	2900	1600	1650	2700	2950	50	50	50	50	8,7	0,2	8,9	2,9	2,484
	о	125	105	150	160	155	135	180	190	30	30	30	30	160	30	190		
		950	900	1250	1400	1000	950	1250	1400	50	50	0	0	4,5	0,1	4,6	1,688	1,453
	в	125	125	130	145	155	155	180	175	30	30	50	30	145	35	180		
		900	850	1100	1250	950	900	1150	1300	50	50	50	50	4,1	0,2	4,3	1,697	1,433
лелека	р	150	170	225	255	180	200	260	285	30	30	35	30	255	30	285		
		1200	2300	3350	3400	1200	2300	3400	3450	0	0	50	50	10,25	0,1	10,35	2,412	2,179
	о	105	165	175	170	135	195	225	200	30	30	50	30	175	50	225		
		600	1150	1900	1750	600	1200	1950	1750	0	50	50	0	5,4	0,1	5,5	1,851	1,467
	в	120	140	160	150	155	175	190	180	35	35	30	30	160	30	190		
		500	1200	1600	1400	550	1250	1650	1450	50	50	50	50	4,7	0,2	4,9	1,763	1,547
цукерта	р	60	270	210	375	95	300	245	405	35	30	35	30	375	30	405		
		400	2200	2150	4000	450	2200	2200	4000	50	0	50	0	8,75	0,1	8,85	1,4	1,311
	о	155	200	170	190	185	240	200	230	30	40	30	40	200	40	240		
		600	2150	950	1900	650	2250	1000	1950	50	100	50	50	5,6	0,25	5,85	1,68	1,463
	в	160	215	150	200	190	215	180	245	30	0	30	45	215	30	245		
		700	1750	800	1600	750	1850	850	1650	50	100	50	50	4,85	0,25	5,1	1,353	1,249
		146	176,67	186,33	224	177	206,33	220,67	258,67	31	30	34,3	34,67	227,33	34,67	262		
		1097	1526,7	1790	2070	1126,66	1563,3	1823,3	2113,3	30	37	33,3	43,33	6,48	0,143	6,62	1,75	1,53
Рузана	р	320	345	500	430	350	375	530	430	30	30	30	0	500	30	530		
інтерпульс -90		2000	2200	3000	2600	2100	2200	3000	2600	100	0	0	0	9,8	0,1	9,9	1,176	1,121
3	о	180	195	230	230	210	225	260	260	30	30	30	30	230	30	260		
		1000	900	1350	1150	1000	950	1350	1150	0	50	0	0	4,4	0,05	4,45	1,148	1,027
	в	145	165	235	220	175	195	265	250	30	30	30	30	235	30	265		
		800	800	1200	1000	850	800	1200	1000	50	0	0	0	3,8	0,05	3,85	0,97	0,872
перепілка	р	225	260	270	285	955	290	300	315	730	30	30	30	285	670	955		
		1850	2450	3000	2950	1900	2450	3000	2950	50	0	0	0	10,25	0,05	10,3	2,158	0,647
	о	30	130	160	30	60	160	210	85	30	30	50	55	160	50	210		
		800	900	1200	1300	850	900	1250	1350	50	0	50	50	4,2	0,15	4,35	1,575	1,243
	в	120	110	170	170	150	140	210	200	30	30	40	30	170	40	210		
		850	1000	1200	1300	850	1000	1250	1350	0	0	50	50	4,35	0,1	4,45	1,535	1,271
ірша	р	195	85	270	255	225	115	300	305	30	30	30	50	270	35	305		

		2150	1150	3000	2600	2200	1150	3050	2650	50	0	50	50	8,9	0,15	9,05	1,978	1,78
	о	140	125	155	140	170	155	205	170	30	30	50	30	155	50	205		
		800	800	1150	1050	850	850	1200	1100	50	50	50	50	3,8	0,2	4	1,471	1,171
	в	120	115	130	115	150	155	160	185	30	40	30	70	130	55	185		
		750	800	1000	900	750	850	1050	1000	0	50	50	100	3,45	0,2	3,65	1,592	1,184
лелека	р	210	215	280	260	240	250	320	300	30	35	40	40	280	40	320		
		1300	2650	3800	3300	1300	2700	3800	3350	0	50	0	50	11,05	0,1	11,15	2,368	2,091
	о	170	115	135	145	200	145	165	175	30	30	30	30	170	30	200		
		1250	500	1450	1450	1250	500	1450	1500	0	0	0	50	4,65	0,05	4,7	1,641	1,41
	в	145	110	130	155	195	140	160	185	50	30	30	30	155	40	195		
		1100	500	1450	1450	1150	500	1450	1500	50	0	0	50	4,5	0,1	4,6	1,742	1,415
цукерта	р	305	155	520	365	335	185	555	395	30	30	35	30	520	35	555		
		2850	1050	4100	2150	2850	1050	4150	2150	0	0	50	0	10,15	0,05	10,2	1,171	1,103
	о	225	60	195	135	255	90	225	165	30	30	30	30	225	30	255		
		1300	400	1550	750	1350	450	1600	800	50	50	50	50	4	0,2	4,2	1,067	0,988
	в	260	155	195	165	310	185	245	195	50	30	50	30	260	50	310		
		1650	550	1550	700	1750	600	1600	750	100	50	50	50	4,45	0,25	4,7	1,027	0,91
		186	156	238,33	206,67	265,33	187	274	241	79,33	31	35,7	34,33	249,667	81	330,666	1,508	1,215
		1363	1110	2000	1643,3	1400	1130	2026,7	1680	36,667	20	26,7	36,67	6,11	0,12	6,2367		

Наукове видання

ЗАБОЛОТЬКО Олег Олександрович

ОСИПОВА Тетяна Юріївна

**ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ДОЇЛЬНОГО
АПАРАТА ПОПАРНО-КОМБІНОВАНОГО ТИПУ**

Монографія

Формат 60x84/16. Тираж 300. Ум. друк. арк. 15,4. Зам. №1484

Виготовлено ТОВ «ЦП»Компри»

03150, Київ, вул. Предмлавинская, 28

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єкта видавничої справи ДК №4131 від 04.08.2011 р.