

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему:

Підвищення ефективності роботи доїльного апарату попарної дії

Виконав: студент 2 курсу, групи МГІЗ-1-22

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Шеременко Євгеній Сергійович

Керівник: _____ Івлєв Віталій Володимирович

Рецензент: _____ Астіон Василь Миколайович

Дніпро 2024

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«26» грудня 2023 р.

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

Шеременку Євгенію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності роботи доїльного апарату попарної дії

керівник роботи Івлєв Віталій Володимирович, к.т.н.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від
«26» грудня 2023 року № 4084

2. Строк подання студентом 12.02.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Аналіз стану питання процесів та обладнання для доїння корів, зокрема доїльних апаратів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз стану питання. 2. Теоретичні дослідження доїльного апарата з верхнім відводом молока з колектора. 3. Програма та методика експериментальних досліджень. 4. Експериментальні дослідження оптимізованого доїльного апарата. 5. Охорона праці. 5. Економічне обґрунтування удосконаленого доїльного апарата. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і задачі. (2 аркуші, А4). 2. Теоретичні дослідження процесу (2 аркуші, А4).
 3. Експериментальні дослідження процесу (3 аркуші, А4). 4. Охорона праці при роботі з доїльним апаратом (1 аркуш, А4). 5. Економічні показники розробки (1 аркуш, А4). 6. Висновки (1 аркуш, А4).

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 26.12.2023 р. _____.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 02.01.2024 р.	
2	Теоретичний	до 09.01.2024 р.	
3	Експериментальний	до 18.01.2024 р.	
4	Охорона праці	до 21.01.2024 р.	
5	Економічний	до 29.01.2024 р.	
6	Демонстраційна частина	до 12.02.2024 р.	

Студент

(підпис)

Шеременко Є.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Івлєв В.В.

(прізвище та ініціали)

№ п/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Номер аркуша	Примітка
			<u>Текстові документи</u>			
1	A4		Пояснювальна записка	79		
			<u>Демонстраційні матеріали</u>			
2	A4		Мета і задачі досліджень.	2	2,3,4	
3	A4		Теоретичні дослідження	2	5,6	
4	A4		Експериментальні дослі-	3	7,8,9	
5	A4		Охорона праці	1	10	
6	A4		Економічна частина	1	11	
7	A4		Висновки	1	12	
46ДРО23.000.000РД						
Вм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		
Розробив	Шеременко				літера	аркуш
Перевірів	Івлєв				3 80	
Т. контр					МгАІз-1-22, ДДАЕУ	
Н. контр.	Івлєв					
Затверд.	Дудін					

АНОТАЦІЯ

Шеременко Є.С. Підвищення ефективності роботи доїльного апарату парної дії /Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

Робота включає п'ять розділів: огляд, теоретична основа, програма та методика експериментальних досліджень, отримані результати, а також вивчення питань охорони праці та аспекти економіки. В результаті проведених досліджень був розроблений доїльний апарат, що включає колектор з верхнім відведенням молока. Робота містить загальні висновки, бібліографічний список із 47 джерел та додатки.

Ключові слова: *доїння, молоковідведення, доїльний апарат, колектор*

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Аналіз стану питання	9
1.1 Аналіз конструкцій доїльних апаратів	9
1.2 Способи і обладнання для доїння високопродуктивних корів	21
1.3 Аналіз теоретичних досліджень параметрів доїльних апаратів	31
1.4 Висновки. Мета та задачі досліджень	34
2 Теоретичні дослідження доїльного апарата з верхнім відводом молока з колектора	36
2.1 Теоретичні передумови	36
2.2 Розробка конструкційно-технологічної схеми доїльного апарата	36
2.3 Визначення діаметра отвору для подачі повітря в колектор	37
2.4 Теоретичне обґрунтування діаметра відповідної трубки та колектора	43
2.5 Висновки	48
3 Програма та методика експериментальних досліджень	49
3.1 Програма досліджень	49
3.2 Методика лабораторних досліджень	49
3.2.1 Лабораторна установка	49
3.2.2 Вибір факторів, що впливають на пропускну здатність доїльного апарата	51
3.2.3 Планування багатфакторного експерименту	52
3.3 Висновки	54

4	Експериментальні дослідження оптимізованого доїльного апарата	55
4.1	Вплив подачі повітря в колектор на характеристики роботи доїльного апарата	55
4.2	Вплив діаметра відвідної трубки на характеристики роботи доїльного апарата	56
4.3	Вплив вакуумметричного тиску на характеристики роботи доїльного апарата	57
4.4	Результати багатofакторного експерименту	58
4.5	Визначення відстані від дна камери колектора до відвідної трубки	63
4.6	Висновки	64
5	Охорона праці	66
5.1	Охорона праці при дослідженнях удосконаленого доїльного апа- рату	65
5.2	Правила охорони праці при доїнні корів	66
5.3	Безпека у надзвичайних ситуаціях. Система цивільного захисту ДДАЕУ	67
5.4	Висновки	69
6	Економічне обґрунтування удосконаленого доїльного апарата	70
6.1	Вихідні дані	70
6.2	Розрахунок показників економічної ефективності	71
6.3	Висновки	72
	Загальні висновки	73
	Бібліографія	75

Вступ

З постійним ростом продуктивності корів доїння вітчизняними апаратами стає неефективним, тому що вітчизняні апарати, не дивлячись на свою надійність і перевірку часом, у сучасних умовах найчастіше не справляються зі своїми завданнями. Так, за інтенсивної молоковіддачі в корів може виникати переповнення молочної камери колектора, зворотний відтік молока, спадання підвісної частини з вим'я, дестабілізація вакууму в підійковій камері доїльних стаканів, наповзання доїльних стаканів. Усе це негативно впливає на здоров'я вим'я корови і якість одержуваного молока.

Крім цього при використанні доїльних апаратів з низькою пропускнуою здатністю на високоудійних коровах спостерігається неповне видоювання тварини, що приводить до зниження продуктивності корів. На сьогодні є кілька виходів з ситуації що склалася: трикратне доїння, яке приводить до додаткових працевитрат, енерговитрат і економічно не вигідно, або перехід на дороге закордонне обладнання, складне в обслуговуванні і з низькою ремонтпридатністю через відсутність запчастин, що вимагає спеціалізованого обслуговування. Також політика імпортозаміщення і ріст курсу валют ускладнює і здорожує використання закордонного доїльного обладнання. Тому актуальне завдання створення такого доїльного апарата, який забезпечував би високу швидкість видоювання при стабільному вакуумі під діями вим'я корови і не наносив шкоди здоров'ю тварини. Доїльний апарат повинен відповідати не лише сучасним технічним і технологічним вимогам, але і фізіологічним особливостям тварини.

Актуальність та необхідність удосконалення доїльного апарата попарної дії має включати наступні задачі:

Підвищення продуктивності. Удосконалення технічних характеристик доїльного апарата може сприяти підвищенню продуктивності удою тварин. Використання попарної дії може поліпшити ефективність доїння та збільшити кількість видоїного молока.

Зменшення трудовитрат. Модернізація доїльного процесу через впровадження попарної дії може допомогти зменшити трудові витрати на доїння. Автоматизований та ефективний процес доїння забезпечує економію часу та праці, що важливо в аграрному секторі.

Покращення якості молока. Застосування нових технологій у доїльних апаратах може позитивно вплинути на якість видоєного молока. Зменшення стресу для тварин, більш ефективного видалення молока та збереження його якості - це важливі аспекти для виробників молока.

Економія ресурсів. Удосконалення доїльного апарата може сприяти раціональному використанню електроенергії, води та інших ресурсів. Це важливо в контексті сталого розвитку та оптимізації витрат у сільському господарстві.

Відповідність стандартам та вимогам. Актуалізація доїльного апарата може також бути важливою з точки зору відповідності стандартам та нормативам у галузі тваринництва, забезпечуючи дотримання вимог щодо умов утримання та доїння тварин.

У зв'язку з вищесказаним, метою дипломної роботи є оптимізація конструкційно-технологічних параметрів двотактного доїльного апарата шляхом обґрунтування конструкції колектора з верхнім відводом молока.

1 Аналіз стану питання

1.1 Аналіз конструкцій доїльних апаратів

Сьогодні на фермах нашої країни використовуються різноманітні конструкції доїльних апаратів як вітчизняного виробництва, так і закордонного. На рис. 1.1 представлена класифікація доїльних апаратів, запропонована Ульяновим В. М. і Коледовим Р.А.



Рисунок 1.1 – Класифікація доїльних апаратів

Переважає більшість доїльних апаратів, використовуваних на сьогодні, можна розділити за принципом роботи, по характеру сили, використовуваної

для відбору молока, по приводу виконавчого органу, по режиму роботи і по характеру відводу молока з колектора. За принципом роботи діляться на: двотактні, тритактні, чотиритактні і безперервного відсмоктування. Ці доїльні апарати відрізняються кількістю тактів: двотактні мають такт ссання і такт стиску, тритактні – ссання, стиск, відпочинок (рис. 1.2), чотиритактні – ссання, відпочинок, стиск, відпочинок.

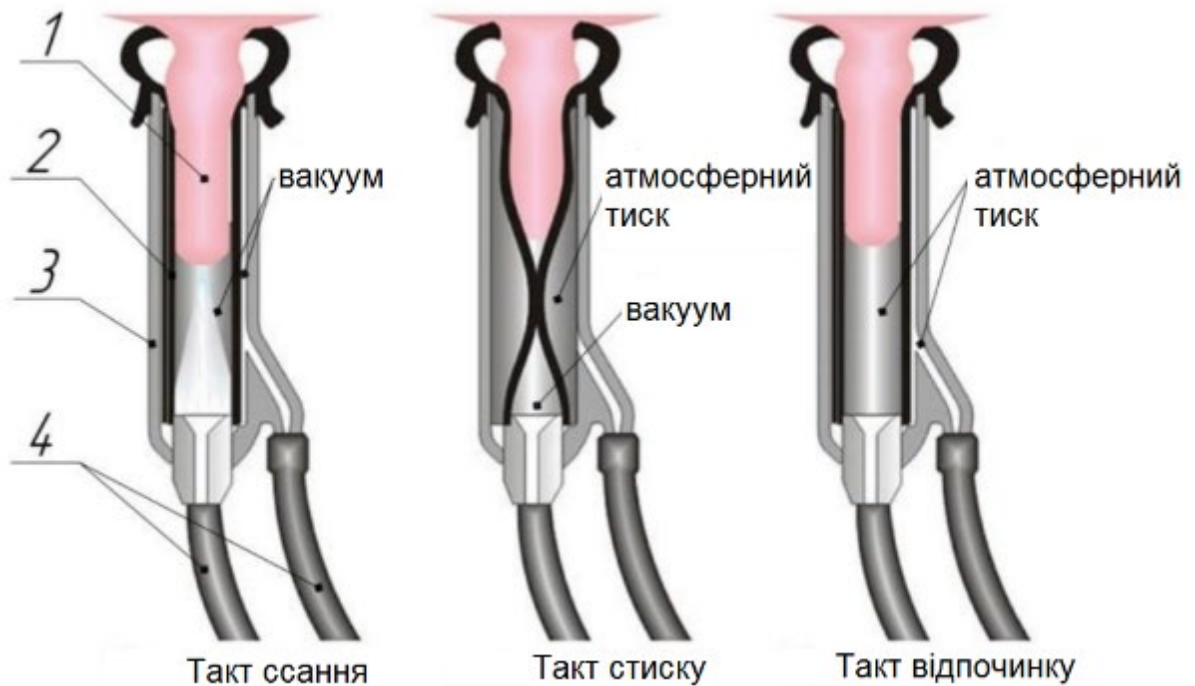


Рисунок 1.2 – Схема роботи двокамерних доїльних стаканів: 1 – дійка вим'я корови; 2 – дійкова гума; 3 – гільза; 4 – молочний і вакуумний патрубки

По характеру сил, що витягають молоко апарати підрозділяють на відсмоктуючі та вичавлюючі. По приводу виконавчого органу апарати діляться на почетвертної, попарної і синхронної дії. По режиму роботи апарати бувають із постійними і регульованими параметрами. Більшість доїльних апаратів, використовуваних на фермах, це доїльні апарати, що працюють за принципом сосання молока з вим'я корови за допомогою вакууму в піддійковій камері доїльного стакану. Дослідженням таких доїльних апаратів займалися багато вчених.

Сьогодні на багатьох фермах України широко використовуються двотактні доїльні апарати вітчизняного виробництва синхронного доїння: ДА- 2М, АДУ-1М, АДУ-1-03, АДУ-1-04, а також апарати попарної дії: «Нурлат» (рис. 1.3), «Дояр», зустрічаються також тритактні - «Волга». Широко використовуються закордонні доїльні апарати System Happel (Німеччина), Westfalia Surge (Німеччина), SAC (Данія), Delaval (Швеція) та інші.



Рисунок 1.3 - Загальний вид доїльного апарата «Нурлат»: а – виконання для доїння в молокопровід; б – виконання для доїння у відро

Двотактний доїльний апарат (рис. 1.4) складається з: доїльних стаканів 1, вакуумного і молочного шлангів 2,5, колектора 3, пульсатора 4 і ручки перехідника 6. У випадках доїння в доїльне відро ручка-перехідник 6 відсутня. Молочний і вакуумний шланги 2 і 5 служать для транспортування відповідно молока в молокопровід або доїльне відро, вакууму з вакуумпровода в підвісну частину доїльного апарата. Колектор 3 доїльного апарата призначений для збору молока від доїльних стаканів 1 і подальшого транспортування його в молокопровід або

доїльне відро за допомогою молочного шлага 5. Також на колекторі розташовується розподільник вакууму, за допомогою якого змінний вакуум передається від пульсатора в міжстінні камери доїльних стаканів. На колекторі є клапан для відключення доїльних стаканів від вакууму при знятті, а також при спаданні із дійок вим'я.

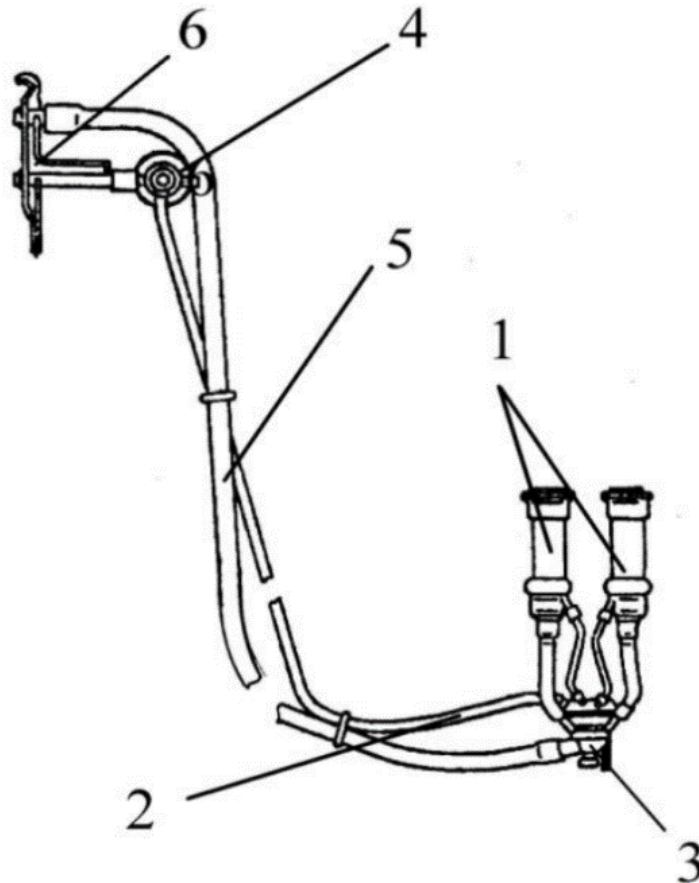


Рисунок 1.4 – Схема двотактного доїльного апарата: 1 - доїльний стакан; 2 - шланг змінного вакууму; 3 – колектор; 4 - пульсатор; 5 - молочний шланг; 6 – ручка-перехідник молоко-вакуумного крана.

Пульсатор 4 доїльного апарата служить для перетворення постійного вакууму в змінний. Завдяки пульсатору відбувається зміна тактів стиску й ссання. У міжстінну камеру доїльного стакана поперемінно надходить атмосферний тиск і вакуум.

Незважаючи на широке поширення двотактних доїльних апаратів їм властиві істотні недоліки, зокрема, наповзання доїльних стаканів на соски вим'я корови. У результаті наповзання можливо перетискання доїльним стаканом діжок вим'я корови, що передчасно зупиняє процес доїння, у результаті якого виникає неповне видоювання, і відбувається порушення кровообігу у вимені корови. Під час доїння при швидкому спорожнюванні молочної цистерни є шанс поширення вакууму на внутрішню область діжки і у порожнину вим'я, що є причинами запалень і маститів, виникає явище «сухого» доїння. При інтенсивній молоковіддачі у високопродуктивних порід корів може спостерігатися переповнення молокозбірної камери колектора, зворотний відтік молока і коливання вакууму під діжками. Такі апарати вимагають високої уваги операторів доїння і строгого дотримання всіх зоотехнічних норм і правил машинного доїння. Як альтернатива двотактним доїльним апаратам ще наприкінці 30-х років В.Ф. Корольовим, А. А. Матюгиним та І. Н. Красновим була запропонована конструкція тритактного доїльного апарата. Відмінністю даного апарата від двотактного виконання є конструкція колектора. Колектор тритактного доїльного апарата (рис. 1.5) має додаткову гнучку мембрану 1, клапан 2, які з'єднуються між собою штоком 3. Між мембраною і клапаном утворюється камера постійного атмосферного тиску 4, з отворами 5 для сполучення з атмосферою. Така конструктивна особливість колектора при доїнні дозволяє додати ще один такт – такт відпочинку. Такт відпочинку настає коли з пульсатора через розподільник вакууму сполучений з колектором подається атмосферний тиск, мембрана прогинається, штовхаючи шток із клапаном униз, що забезпечує подачу повітря під діжки вим'я корови.

Є думка, що застосування тритактних доїльних апаратів нешкідливо для тварин, а їх використання веде до зниження захворюваності корів маститами. У той же час тритактні доїльні апарати мають ряд істотних недоліків, до яких відносять збільшення часу доїння через меншу пропускну здатність доїльного апарата, що в сучасних умовах росту продуктивності корів критично і не задовольняє зоотехнічним нормам. Також недоліками тритактного доїльного апарата

при його роботі є висока обсіміненість бактеріями молока через збільшення часу контакту молока з атмосферним повітрям, збільшення витрати енергії через додаткову витрату повітря, а також «мокре» доїння, яке являє собою обмивання діжок вим'я тварини молоком, що може спровокувати захворювання вим'я в корів.

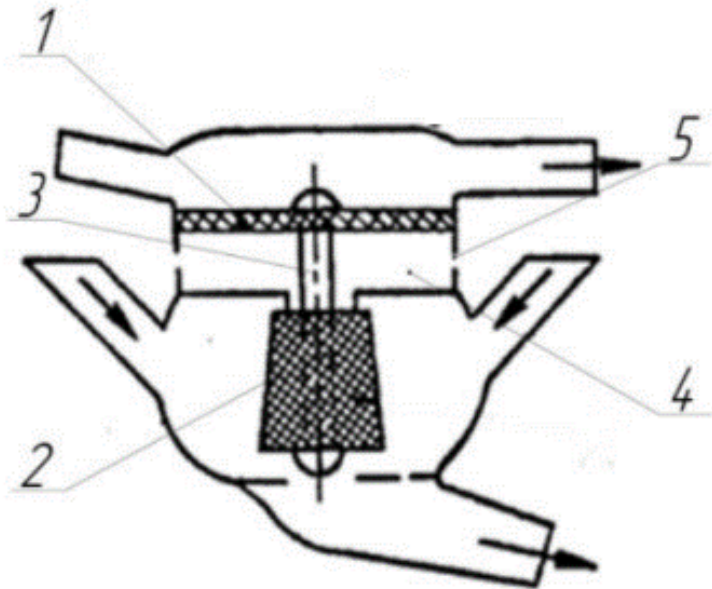


Рисунок 1.5 – Схема колектора тритактного доїльного апарата: 1 – мембрана; 2 – клапан; 3- шток; 4- камера постійного атмосферного тиску; 5 – отвори

Як проміжний варіант доїльних апаратів між апаратами двотактного і тритактного виконання – це низьковакуумний доїльний апарат АДУ 1-03, особливістю роботи якого є короткочасний періодичний пуск великої порції повітря в молокозбірну камеру колектора, який здійснюється з настанням такту стиску.

Такий режим роботи доїльного апарата забезпечує стабільність вакуумного режиму при такті ссання і зниження вакууму при такті стиску. Це, на думку розроблювачів, позитивно впливає на здоров'я вим'я корови, забезпечує найбільш повне молоковиведення, сприяє гарному роздою корів. Загальний рівень вакуумметричного тиску в молочній і вакуумній лініях установок при доїнні АДУ 1-03 знижується до 45 кПа, що знижує ще і енерговитрати.

На даний час широке поширення одержали доїльні апарати попарного доїння, які попарно видоюють ліві і праві (або передні і задні) частки вим'я корови. Такий процес доїння досягається завдяки пульсатору, який одночасно подає в міжстінну камеру однієї пари стаканів вакуум, а в іншій - повітря. До таких апаратів належать «Дояр» (ВАТ «Ніжинсільмаш»), АДС 25.00 (Гомельагрокомплект), UNIFLOW3 (SAC), MU100 (Delaval) та інші. У цих доїльних апаратів більш складна конструкція, але це можна виправдати більш сильною стимуляцією за рахунок попарної зміни тактів, меншим коливанням вакууму при інтенсивному молоковиведенні, меншим гідравлічним опором у молочному шлангу.



Рисунок 1.6 – Доїльний апарат «Дояр»

У доїльному апараті «Дояр» використовуються трикамерні доїльні стакани із силіконовими придійковими і прозорими гільзами, що дозволяють візуально контролювати процес молоковидедення (рис. 1.6). Придійкові складові виконані з силікону і створюють масаж дійки і вим'я корови під час доїння.

Westfalia Separator (ФРН) розробила доїльний апарат, оснащений електронним пульсатором «STIMOPULS C», що передбачає використання процесу стимуляції дійок вим'я при доїнні з урахуванням процесу молоковіддачі корови під час доїння, а також мінливі індивідуальні особливості тварин у проміжку між отеленнями. Він здійснює стимуляцію високою частотою 300 пульсацій хв⁻¹ доїльної гуми на початку доїння (60 с) і відключення пульсаторів у такті стиску наприкінці доїння. Також конструкція доїльного стакана апарата «BIO-MILKER» фірми Westfalia Separator (рис. 1.7) під час такту стиску дозволяє стимулювати процес молоковіддачі в корів і тим самим збільшити продуктивність корів на 5 %.

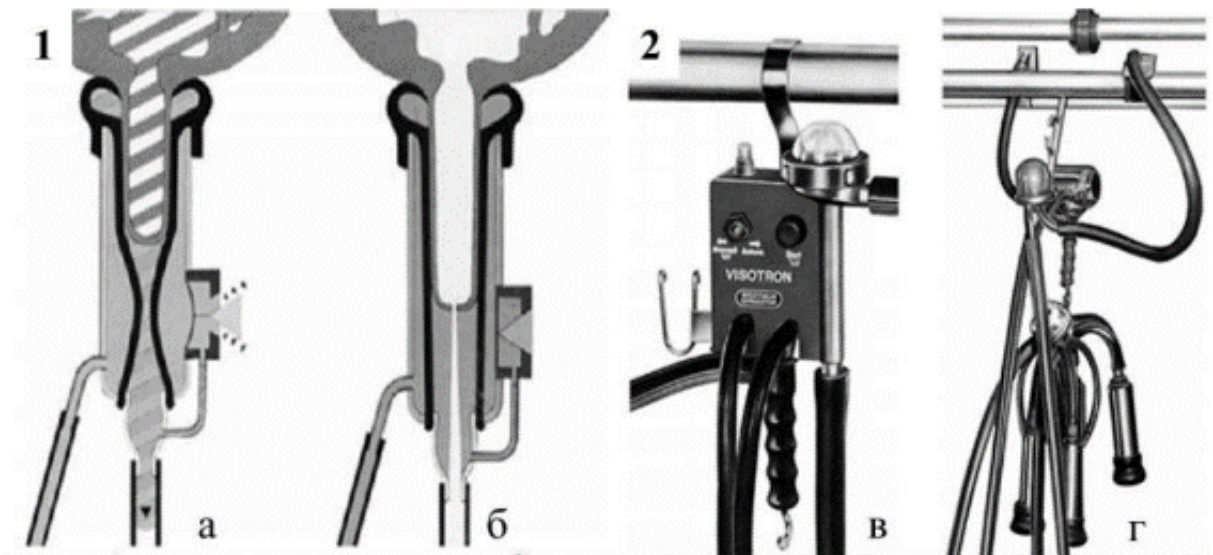


Рисунок 1.7 - Доїльне обладнання фірми Westfalia: 1 - Схема роботи доїльного стакана «BIO-MILKER»: а – стимуляція; б – молоковіддача; 2 - доїльні апарати фірми Westfalia Separator с пульсатором: а- «VISOTRON»; б - «VACUPULS-CONSTANT»

Відмінною рисою доїльних апаратів попарної дії з регульованими параметрами, таких як «Дуовак» (Delaval), «Нурлат» (РФ) є наявність приймача і блоку керування. Приймач і блок керування об'єднані з пульсатором у єдиний вузол. Приймач аналізує темп молоковіддачі, а блок керування встановлює необхідний режим доїння і регулює тиск під діями вим'я корови, установлюючи високий або низький вакуумметричний тиск. Зміна вакууму в підійковій камері доїльних стаканів запобігає наповзанню, забезпечує більш повне видоювання, знижує ризик захворювання вим'я корови через вплив вакууму. Недоліком доїльних апаратів є їхня складна конструкція і низька надійність.

Доїльний апарат SAC «UNICO 1», відмінними рисами якого є плаваюча конструкція розподільника змінного вакууму, який вільно переміщається по стрижню колектора, дозволяючи уникнути перегинів патрубків, і наявність обладнання для зняття доїльного апарата з вим'я корови по закінченню доїння.

Фірма «Імпульс» випускає доїльний апарат M901/1, який контролює подачу молока з кожної чверті вим'я, як візуально - через прозорі шланги, так і по приладу, що враховує удій за 1 хвилину і за 15 секунд з виводом результатів на цифрове табло. Процесами доїння управляє прилад МА-1/2 («Фізіо-Матік»). Доїльний апарат M901/1 автоматично робить масаж вим'я перед доїнням, переходить на машинне доїння і додоювання, видає команду на припинення доїння після закінчення молоковіддачі.

Поряд із представленими вище доїльними апаратами існують апарати витискаючо-вискмукуючої дії. У цих доїльних апаратах для виділення молока використовується надлишковий тиск повітря на поверхню дійки. Перша доїльна машина такої дії це «Шарплес». Під час доїння при такті стиску в міжстінні камери доїльних стаканів подається надлишковий тиск, що повинно сприяти нормалізації кровообігу в дійках, порушеного під час такту ссання. Однак необхідність додаткового трубопроводу з надлишковим тиском для функціонування даної машини зводить усі переваги нанівець.

Доїльний апарат «Доярка» також витискаючо-висмоктуючої дії. Він складається із двокамерних доїльних стаканів, виготовлених у вигляді конусоподібної трубки, що розширюється знизу нагору. Під час доїння в підійковій камері доїльного стакана підтримується низький вакуум, а в міжстінній камері - високий, при такті відпочинку міняється на надлишковий тиск при такті вижимання.

Багато спроб створення доїльних апаратів, що імітують ручне доїння, успіхом так і не увінчалися. Це викликане істотним недоліком даних типів доїльних апаратів: при доїнні під час такту відпочинку надлишковий тиск вичавлює знизу нагору не тільки кров, відновлюючи кровообіг, але і молоко, що перебуває в дійці (зворотний відтік), що неприпустимо через гальмування молоковіддачі і можливості зараження цистерни вим'я маститами.

Крім доїльних апаратів, що серійно випускаються, існує безліч експериментальних зразків, які відрізняються як по конструкції, так і за принципом роботи. Цікаві доїльні апарати з однокамерними доїльними стаканами, які прості у виконанні, не мають соскової гуми, а виконані у вигляді конуса із прозорого матеріалу із присоском у верхній частині. У перших доїльних апаратах з однокамерними доїльними стаканами застосовувався принцип безперервного ссання. Пізніше був розроблений доїльний апарат «Стимул», який мав на кінцях однокамерних доїльних стаканів гофровані гумові придійки, які під час такту ссання скорочувалися по довжині, тим самим кінець дійки виявлявся поблизу конусної частини стакана. Під час такту відпочинку придійки подовжується, тим самим віддаляючи сосок від конусної частини стакана. На думку авторів, така конструкція повинна була стимулювати молоковіддачу, а також обмежувати наповнення стаканів і гарантувати чисте і повне видоювання.

Однак практичне їхнє застосування виявило, що конусна частина стакана віджимає кінець дійки при такті ссання, тим самим віджимаючи сфінктер дійки і обмежуючи молоковіддачу. Незважаючи на доведену недоцільність застосування доїльних апаратів даного типу, були спроби їх розробки і у цей час. Так, А. А. Ганаєвим був запропонований доїльний апарат «Світанок», якому були

властиве ті ж недоліки. Ульянов В.М. і Карпов Ю.Н. запропонували конструкцію доїльного апарата зі стимулюючою дією і одночасним його відключенням по завершенню молоковіддачі. Відмінною рисою є конструкція пульсатора з використанням термосильфона, який на початку доїння при нагріванні від молока включає доїльний апарат. Наприкінці доїння, коли молоковіддача мінімальна, він остигає і виключає доїльний апарат на такті стиску, що дозволяє підвісній частині залишатися на дійках вим'я корови, а зімкнута соскова гума забезпечує захист дійок від холостого доїння при перетримуванні.

Учені Г.Е. Литман, Н.А. Петухов, Р.С. Петухова розробили доїльний апарат АДС-1 зі стимулюючими імпульсами. У серійне виробництво запущений під маркою АДУ-1-04. Його відмінна риса полягає в конструкції пульсатора, який забезпечує при такті ссання пульсації, основну $65...70 \text{ хв}^{-1}$, на яку накладалася додаткова пульсація у $8...10$ раз перевищуюча основну. Розробники вважали, що мікроколивання під час доїння не поступаються ручному масажу і сприяють підвищенню молоковіддачі.

Існують доїльні апарати безперервного сосання, до яких відноситься апарат «Темп». Принцип роботи даного доїльного апарата полягає в тому, що в робочих камерах пульсатора значення тиску і розрядження не досягають своїх максимальних значень, тому соскова гума не замикається і не розмикається повністю, а робить скорочення з малою амплітудою. Доїльний апарат має високу швидкість доїння, однак під час роботи даного апарата відбувається значне наповнення доїльних стаканів на дійки вим'я корови, що, у свою чергу, порушує кровообіг дійок.

Запропонований Є.А. Келипсом доїльний апарат у процесі доїння змінює принцип роботи. На початку доїння даний апарат працює по тритактному принципу, а потім переходить у двотактний. До цієї групи можна віднести також доїльний апарат, який у процесі доїння переходить із двотактного режиму на безперервне відсмоктування молока. Цікавість представляє доїльний апарат, що сполучає в собі роботу апаратів АДУ 1-04 (з вібропульсатором) і ДА-2М (двотактного) – апарат з керованою стимуляцією. До припуску коровою молока на

початку доїння він працює за принципом АДУ 1-04 з мікропульсацією дійкової гуми, а під час інтенсивної молоковіддачі, відбувається перехід на режим звичайного двотактного апарата. Наприкінці інтенсивної молоковіддачі апарат з керованою стимуляцією знову переходить на режим з мікропульсаціями дійкової гуми. Такий принцип роботи комбінує в собі позитивні якості АДУ 1-04, стимулюючи рефлекс молоковіддачі на початку і кінці доїння, і також швидко як ДА-2М відсмоктує молоко в основний час доїння.

Існує цілий ряд доїльних апаратів з різними обладнаннями для масажу вим'я. В.Ф. Корольов описує доїльний апарат з гофрованими трубками, при подачі в міжстінні камери доїльних стаканів вакууму гофрована трубка буде стискуватися, а при подачі повітря - розтискатися, через що створюються коливання підвісної частини. При збігу частот власних коливань зі змушеними коливаннями можливий резонанс, що викликає новий фізіологічний ефект стимулювання молоковіддачі.

Такі фірми як Delaval (Швеція), S.A. Christensen (Данія), Westfalia, Impulsa Gmbh (Німеччина), Voumatic випускають доїльні апарати з маніпуляторами, які мають як постійні параметри доїння, так і підлаштовуються під інтенсивність молоковіддачі корів. Доїльний апарат MU 350 «Мілкмастер» від «Delaval» під час доїння підлаштовується під потік молока. На початку і кінці доїння забезпечується низький вакуум рівний 33 кПа, а пульсації підтримуються на рівні 50 пульсацій у хвилину, що стимулює молоковіддачу в корови, а в момент інтенсивної молоковіддачі апарат перлаштовується на нормальний режим роботи з вакуумом 50 кПа і частотою пульсацій 60 у хвилину. По завершенню процесу доїння маніпулятор автоматично знімає підвісну частину з вим'я корови, що виключає сухе доїння. Розробка і створення багатофункціональних доїльних апаратів веде до неминучого ускладненню їх технічної складової і обслуговування, підвищенню ціни. У той же час багатофункціональні апарати сприяють повному і нешкідливому для корів видоюванню молока.

З приведенного огляду випливає, що конструкції доїльних апаратів і, зокрема, їх підвісної частини далекі від досконалості. За основу при розробці доїльної техніки слід приймати фізіологічну адаптивність її до організму тварин. Тому що підвісна частина доїльного апарата безпосередньо контактує з організмом тварини, то на неї слід звертати особлива увага. Підвісна частина - найважливіший вузол доїльного апарата. Тому від конструкції підвісної частини, її пропускної здатності, маси, технічного і санітарного стану залежить швидкість і повнота видоювання, якість молока, здоров'я молочної залози корови і витрати ручної праці.

Перспективним напрямком у створенні доїльних апаратів на сьогодні є розробка доїльних апаратів, що справляються з більшими потоками молока від високоудійних корів, що забезпечують повне і безпечне видоювання, при цьому маючи стабільний вакуум під діями вим'я корови. Така конструкція дозволить скоротити ризик захворюваності корів, дозволить швидко видоювати високопродуктивних корів, запобігатиме наповзанню і спаданню доїльних стаканів з вим'я корови.

1.2 Способи і обладнання для доїння високопродуктивних корів

На сьогодні у результаті покращення порід великої рогатої худоби, способів утримання і збалансованих раціонів кормів у молочному тваринництві спостерігається ріст продуктивності корів (рис. 1.8).

Ріст продуктивності корів змушує використовувати високоефективне сучасне доїльне обладнання, зокрема, необхідні доїльні апарати з високою пропускною здатністю, що справляються з більшими потоками молока, забезпечуючи повне видоювання, не наносячи негативних наслідків для здоров'я корови. Один з найпоширеніших способів збільшення пропускної здатності доїльних апаратів полягає в збільшенні об'єму колектора, а зокрема молокозбірної камери. За де-

яким даними, зі збільшенням об'єму молокозбірної камери колектора стабілізуються вакуумні режими в піддійкових камерах доїльних стаканів, що позитивно впливає на пропускну здатність доїльного апарата.

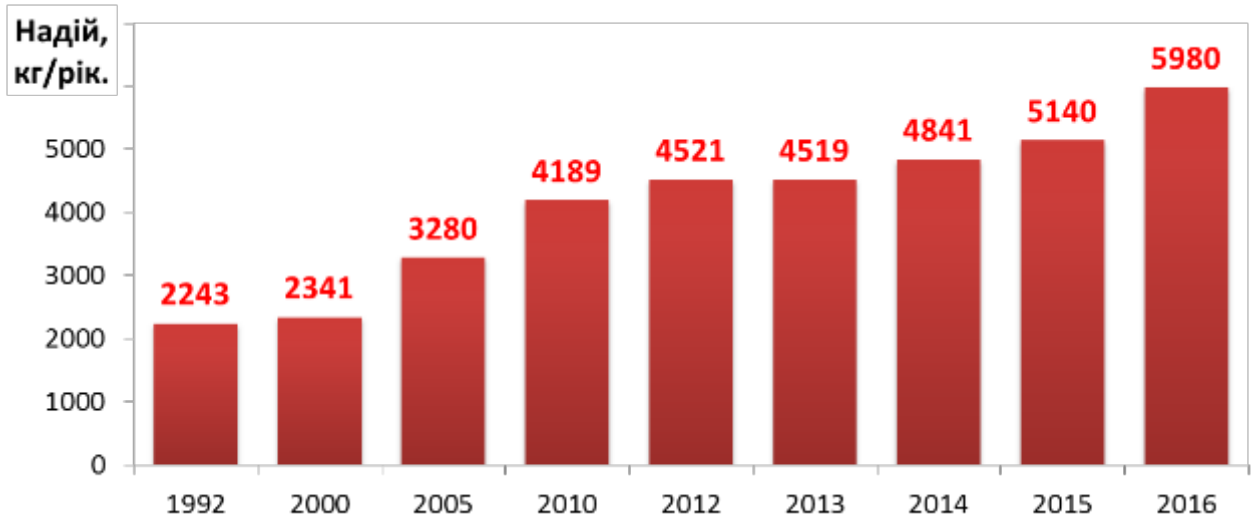


Рисунок 1.8 – Ріст продуктивності корів в Україні

На ринку спостерігаються тенденції збільшень молокозбірних камер доїльних апаратів закордонними компаніями. Так, можна спостерігати збільшення об'єму молокозбірної камери колектора в таких закордонних фірм як Delaval (до 450 см³), SURGE (до 600 см³), S.A.C. (490 см³), G.E.A.(Westfalia) (до 450 см³) і т. д. У вітчизняних доїльних апаратів і апаратів зроблених у країнах СНД значного збільшення об'єму молокозбірної камери колектора не спостерігається: ДА-2М – 105 д см³, УІД 07.000 – 380 см³, АДС-25 від 250 до 350 см³ і т.д. Великий об'єм колектора дозволяє запобігти перехресному поширенню маститу між чвертями вим'я і забезпечити стабільний відтік молока з колектора.

Однак збільшення об'єму колектора веде до збільшення розмірів і маси підвісної частини доїльного апарата, що негативно відбивається на фізіологічній пристосованості доїльного апарата до вим'я корови. В літературі немає однозначного обґрунтування об'єму колектора (молокозбірної камери) доїльного апарата. В основному в літературі представлені дані по добору діаметрів трубок

і шлангів, які підбираються експериментально. Однак правильний добір діаметрів трубок і шлангів впливає на пропускну здатність доїльного апарата. По даним угорських учених, падіння розрідження в доїльному апараті можна звести до мінімуму, якщо збільшити d_T до 11 мм, $d_{ш}$ - 15 мм, а об'єм колектора до 300 см³. Пропонується магістральні трубопроводи розташовувати нижче рівня вим'я. При доїнні на установках із зазначеними удосконаленнями тривалість доїння скорочується, знижується машинне додоювання, захворюваність клінічним маститом зменшується на 50 - 70%. При рівності чисел Фруда в шлангах і трубках, крім проміжних перетворень, будемо мати:

$$\frac{d_{ш}}{d_T} = 1,74, \quad (1.1)$$

де $d_{ш}$ – діаметр шланга, мм;

d_T – діаметр трубок, мм

Таке співвідношення діаметрів трубок і шлангів прийняте у вітчизняному машинобудуванні, однак у закордонних виробників це співвідношення коливається від 1,44...1,81 (табл. 1.1). Збільшення діаметрів шлангів і трубок суттєво впливає на стабільність вакуумних режимів доїльного апарата і падіння розрідження, але збільшення потрібно робити одночасно для шланга і трубок, керуючись відношенням (1.1), інакше це не дасть бажаних результатів.

Транспортуюча здатність доїльного апарата не завжди відповідає інтенсивності доїння, при максимальній молоковіддачі корів при доїнні типовими доїльними апаратами може виникнути зворотний відтік молока або «мокре» доїння. Це виникає через переповнення молочної камери і шлангів молоком, величина і рівень стабільності розрідження знижуються. Створюються умови для зворотно-поступального руху молока в молочному шлангу зі зниженням його якості і захворюванні тварин. Щоб знизити ймовірність виникнення цих явищ забезпечують впуск повітря в колектор. Колектор доїльного апарата виступає в

ролі змішувача молока і повітря, з якого, що надалі вийшов суміш виводиться в молокопровід або доїльне відро.

Таблиця 1.1 – Співвідношення діаметрів молочних трубок і шлангів доїльних апаратів вітчизняного і закордонного виробництва

Марка доїльного апарата	d_t , мм	$d_{ш}$, мм	$d_{ш}/d_t$
Розрахункове	-	-	1,74
«Волга»	8	14	1,75
АДУ - 1	8	14	1,75
«Alfa-laval»	9	14	1,56
«De-laval»	8,5	15	1,76
«Манус»	8	14,5	1,81
«Милка»	9	15,2	1,69
«Ельфа»	8	11,5	1,44
Імпульс – М59	8	14	1,75
ДПР - 2	10	18	1,8

Подача повітря в колектор позитивно позначається на пропускній здатності доїльного апарата. При цьому кожному типу доїльних апаратів відповідає своя оптимальна подача повітря. Так, для вітчизняного апарата АДУ-1 вона лежить у межах 3,2-6,6 л/хв, у закордонних апаратів виробництва Швеції і Англії 4-11 л/хв, а в пульсоколектора апарата ДА-50 на холостому ходу досягає 27 л/хв.

За структурою молокоповітряної суміші її рух по молочному шлангові під час доїння можна розділити на 3 основні (рис. 1.9): кільцева, коркова (снарядна) і бульбашкова.

Слід звернути увагу, що чіткої межі між структурами руху немає. Так, при збільшенні подачі повітря при постійній інтенсивності молоковіддачі або при

зменшенні подачі молока і незмінному надходженні повітря спостерігається перехід від кільцевої структури в коркову і бульбашкову. При зворотних маніпуляціях з повітрям і молоком спостерігається зворотні переходи структур. При невеликих утриманнях молока при плинні вертикально в молочному шлангу спостерігається кільцева структура потоку, у якій пульсації незначні. Зі збільшенням кількості молока збільшуються безладні збурювання в результаті турбулентного руху повітря і молока. На поверхні плівки з'являються хвилі.

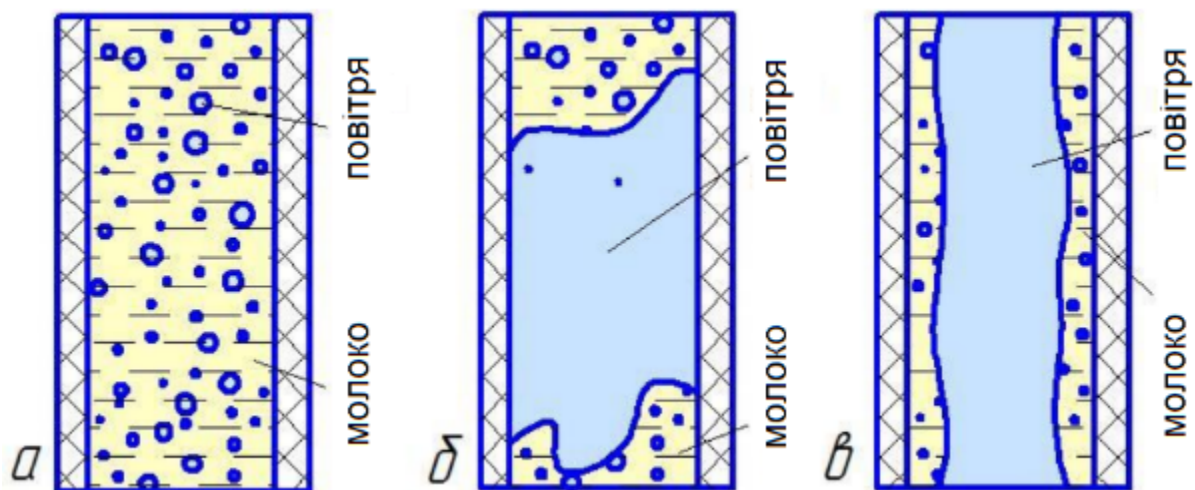


Рисунок 1.9 - Структури потоку молокоповітряної суміші: а- бульбашкова (диспергована); б – коркова (снарядна); в – кільцева

У молоці при збільшенні відносної швидкості повітря збурювання збільшуються так, що частки молока зміщаються щодо первісного положення, на поверхні утворюються хвилі. Причому швидкість руху повітря на гребені хвилі вище, ніж у западин. За законом збереження енергії, це викликає різні тиски, поверхневі хвилі мають малу частоту і амплітуду. При значних швидкостях повітря спостерігається експонентний ріст амплітуди в часі а поверхня стає нестійкою. Нестійка хвильова поверхня, ріст амплітуди і зниження вмісту повітря спричиняє виникнення коркової структури. При кільцевій структурі руху молоко притискається до стінок молочного шланга, а повітря рухається в центрі

струменем, у якому розпилена частина молока. У міру руху суміші нагору, рідка плівка стає тонше, зростають гідравлічні опори, знижується швидкість плинину. При наближенні до критичної швидкості рух на поверхні рідкої плівки вповільнюється, виникає два види хвиль, одні спрямовані нагору, а інші вниз. При критичній швидкості амплітуда хвиль досягає максимальних значень, їх рух зупиняються і з'являються пульсації, розташування їх по шлангові хаотичне. Спостерігається ефект «захливання», при якому рідка складова структури починає рухатися у зворотну сторону, внаслідок швидкості, що змінилася, руху повітря і збільшення гідравлічних опорів.

Швидкість повітря, при якій відбувається це явище, називається критичною швидкістю по перекиданню. Якщо швидкість повітря вище критичної, то все молоко у вигляді водянистої плівки рухається нагору, якщо швидкість нижче критичної, спостерігається стовщення плівки, виникнення рідких перемичок – відбувається зміна режиму на пульсаційний. Кільцева структура плинину властива всім доїльним апаратам. Найчастіше спостерігається спочатку доїння, коли кількість молока невелика і у заключній стадії процесу додоювання. При виникненні даної структури плинину в процесі транспортування молока, втрати розрідження незначні, однак збільшується час відведення молока. Це веде до неефективної роботи доїльного встаткування і зниженню якості молока. Тому кільцеву структуру руху суміші слід уникати або мінімізувати. Корковий або снарядний плин – найпоширеніша структура плинину суміші. Для цього плинину характерно періодичний рух циліндричних міхурів повітря, діаметр яких обмежується діаметром шланга, а довжина не обмежена. Слідом за повітряним міхуром впливає молочна пробка, що містить у собі дрібні пухирці повітря. При проштовхуванні пробки різко падає розрядження в підійковій камері доїльних стаканів, що може викликати високоамплітудні пульсації. Число таких пробок тим більше, чим менше кількість повітря. Зі зменшенням його кількості коливання розрідження ростуть.

Коркова структура характерна тим, що пропускна здатність доїльного апарата явно нижче інтенсивності доїння. При даному режимі спостерігається

зворотний відтік молока, переповнення колектора і молочного шланга молоком, найнижча стабільність вакууму і саме більше навантаження на вим'я корови. При зниженні вмісту повітря в суміші спостерігається руйнування великих повітряних міхурів на більш дрібні, плин переходить у бульбашковий з більшою частотою пульсацій і меншою амплітудою. Спостерігається більш рівномірний розподіл повітряних пухирців у молоці по всій довжині шланга. У даному потоці вже немає чіткого поділу повітряних і молочних пробок. Зберігаючи деякі властивості коркової структури, бульбашкова за своїми властивостями наближена до гомогенної (однорідної).

Початок бульбашкової структури - це початок автотурбулентного руху, існування якого доведено теоретично і експериментально]. При бульбашковій структурі збільшуються частота пульсації тиску, потік стає турбулентним, але при цьому зберігає властивості макротурбулентного. Бульбашкова структура залежить від тиску, масової швидкості і масового утримання повітря. При цьому рух суміші молока і повітря від колектора до молокоприймача характеризується змінною кількістю складових суміші, обумовлених молоковіддачею тварини, падінням розрядження і чергуванням тактів. За рахунок насичення молока повітрям (аерації молока) у колекторі і молочному шлангу спостерігається зниження щільності суміші і зменшення падіння розрядження. З аерацією молока в потоці молока утворюються додаткові сили, що впливають на потік суміші. Транспортування молока з колектора по молочному шлангові до молокопроводу або доїльного відра, пов'язана з утвором молоко-повітряної суміші, яка має як позитивні сторони, так і негативні.

Враховуючи вищесказане можна зробити висновок, що бульбашкова або диспергована структура руху суміші найбільш краща при витягуванні молока. При насиченні в колекторі молока повітрям різко знижується щільність за рахунок утворення молоко-повітряної суміші, що забезпечує підйом суміші до молокопроводу при менших втратах розрядження і стабільності вакууму та зі збільшеною швидкістю. У свою чергу, підвищена швидкість суміші може згубно позначитися на якості молока. Рух молоко-повітряної суміші може досягти

критичної швидкості потоку, при якій буде відбуватися аерація потоку (спінювання молока, насичення повітря краплями молока).

На думку вчених, що займаються даними питаннями, поглинання повітрям часток молока починається при швидкості потоку перевищуючої 1 м/с. А надмірне насичення суміші повітрям у колекторі загрожує високою обсімененістю молока бактеріями через контакт із повітрям або спаданням підвісної частини доїльного апарата з вим'я корови. При проектуванні доїльного апарата слід урахувувати ці фактори і використовувати лише позитивні сторони насичення молока повітрям. Від щільнішої нерівномірності виникає додаткова сила, що сприяє витоку молока з колектора, що підвищує пропускну здатність доїльного апарата. Щоб максимально задіяти цю силу, необхідний верхній відвід молока з колектора, це буде також знижувати падіння розріджень на переміщення молока в молокопровід. Така думку розділяють розроблювачі доїльних апаратів фірми Delaval.

По їхнім даним верхня евакуація молока з колектора справляється з потоками молока до 15 л/хв. Це дуже важливо в сучасних умовах молочного тваринництва, коли надій від однієї корови досягає 8 і більш тон молока на рік. Використовуване сьогодні обладнання найчастіше не справляється з інтенсивністю молоковіддачі. У результаті чого спостерігаються такі явища як «мокре» доїння, спадання підвісної частини доїльного апарата, нестабільність вакууму під діями вим'я корови. Усе це згубно позначається не тільки на якості молока і здоров'ї вим'я корів, але і значно збільшують час доїння, а, відповідно і витрати праці. Неповне видоювання веде до зниження продуктивності корів, що також негативно позначається на економічних показниках підприємства. Нестабільний вакуум під діями вим'я корови також веде до ефекту «сплескування» дійкової гуми, який, у свою чергу, веде до наповзання підвісної частини доїльного апарата, що негативно позначається на кровообігу і стані вим'я в цілому.

Компанія Delaval однієї з перших запропонувала використання доїльних апаратів з колекторами з верхнім відводом молока. Лінійка апаратів МС- 53, 73,

93 призначена спеціально для видоювання високопродуктивних порід корів (рис. 1.10).

Використання колектора з верхньою евакуацією молока забезпечує виробникам молока можливість роботи з більшими потоками молока при мінімальних коливань рівня вакууму на кінцях дійок. Це важливо для підтримки здоров'я вим'я і якості молока. Вага даних доїльних апаратів варіюється залежно від моделі від 2,1 до 2,4 кг, що може вплинути на наповнення доїльного апарата на вим'я корови. Оголошена виробником пропускна здатність до 15 літрів молока у хвилину, а об'єм молокозбірної камери варіюється від 350 до 450 мілілітрів. Недоліком конструкції даних апаратів є наявність клапана в районі вихідного молочного патрубку, від чого створюється перешкода і знижується пропускна здатність. Аналогічна, але більш проста і ефективна конструкція доїльного апарата з верхнім відводом молока з колектора (рис. 1.11) була запропонована Ульяновим В. М.



Рисунок 1.10 - Модельний ряд фірми De-Laval - Mc53, Mc73, Mc 93

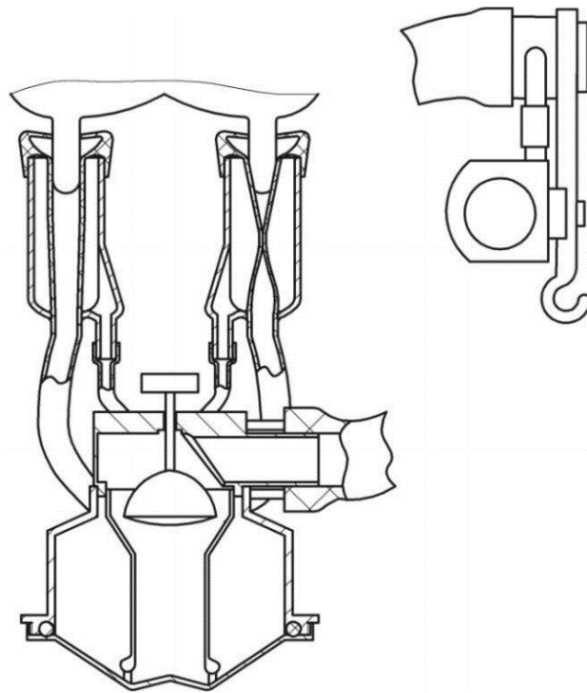


Рисунок 1.11 - Схема колектора запропонованого Ульяновим В.М.

Кузьмінім А.Е. була запропонована конструкція колектора доїльного апарата (рис. 1.12) з поліпшеним режимом роботи при транспортуванні молока.

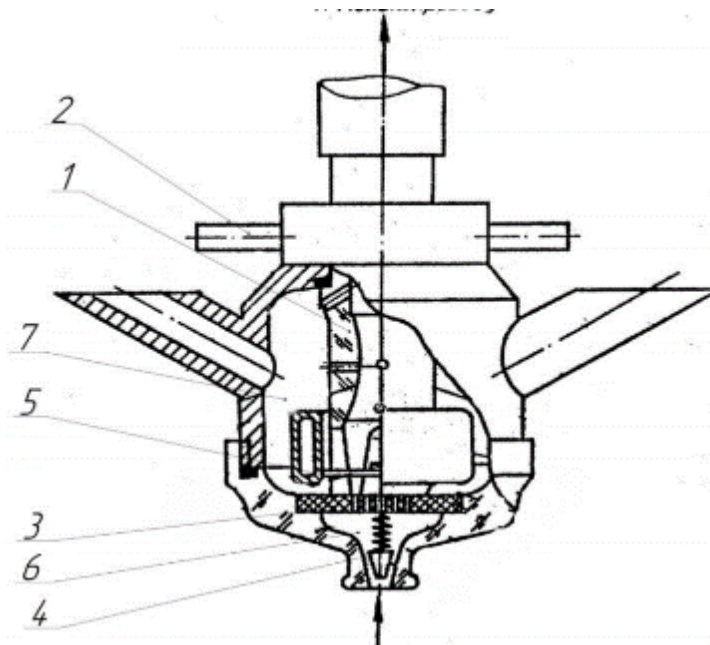


Рисунок 1.12 - Схема колектора доїльного апарата: 1 - молочний патрубок; 2 - розподільник вакууму; 3 - сіточка; 4 - підпружинений повітряний клапан; 5 – поплавок; 6 - повітряна камера; 7 – молокозбірна камера.

Особливістю даної конструкції є колектор. Його вихідний молочний патрубок розташований вертикально з радіальними отворами, нижній його кінець виконаний біля дна молокозбірної камери камери. У нижній частині колектора розташовується повітряна камера, відділеної від молочної камери сіточкою, через яку при доїнні надходить повітря. Сіточка необхідна для розбивки кульок повітря на більш дрібні. Під сіточкою розташований підпружинений повітряний клапан, з'єднаний з поплавцем і регулюючий подачу повітря залежно від молоковіддачі. По задуму авторів кульки повітря, піднімаючись по трубці колектора, будуть захоплювати за собою молоко, тим самим збільшуючи пропускну здатність доїльного апарата, стабілізуючи вакуумні режими під час інтенсивної молоковіддачі. Недоліками даного колектора є відсутність у конструкції доїльного апарата клапана, що відключає роботу, складність конструкції, наявність сіточки і отворів у трубці, що може призвести до її забивання пластівцями молочного жиру, ускладнення промивання.

1.3 Аналіз теоретичних досліджень параметрів доїльних апаратів

Виведення молока з вим'я корови не можна описати як повністю фізичний процес, тому що в ньому присутня біологічна ланка – тварина, яка підкоряється не лише фізичним, але і біологічним законам. Ю.С. Каранаєв пропонує описувати процес молоковиведення виразом, який встановлює зв'язок факторів, що впливають на інтенсивність молоковиведення при доїнні доїльним апаратом:

$$Q_c = \frac{60}{n} \cdot \alpha_X \cdot \varphi_X \cdot \gamma \cdot S_{CP} \cdot \mu_X \cdot 44,3 \sqrt{H_B - H_{ДП} - H_{ОБЩ}}, \quad (1.2)$$

де Q_c – кількість молока, виведеного за один такт доїльного стакана при наявності рефлексу молоковіддачі, кг;

n – число пульсацій доїльного апарата за одну хвилину;

α_X – коефіцієнт використання такту ссання;

γ – щільність молока, кг/м³;

φ_X – коефіцієнт, що враховує відносну тривалість такту ссання;

S_{CP} – середня площа перерізу вивідного каналу сфінктера дійки, м²;

μ_X – коефіцієнт втрати потоку молока;

H_B – активний напір молока під сфінктером дійки, м;

$H_{ДП}$ – напір, створюваний вакуумом у піддійковому просторі доїльного стакана, м;

$H_{Общ}$ – втрати напору, м.

Вираз (1.2) не охоплює весь процес молоковиведення при доїнні, а охоплює лише видалення молока з вим'я при такті ссання і має велика кількість коефіцієнтів, що утрудняє застосування.

Оцінку роботи доїльного апарата Н.П. Пронічев пропонує проводити по відведенню молока з вим'я тварини, використовуючи при цьому критерій імпульсу сили, значення величини якого він пропонує визначати по формулі:

$$I_{Ц} = \sum_0^{ng} I_C = \left[\frac{\pi \cdot d_{CP.Ц.}^2}{4} \cdot \int_t^{t+t_{Ц}} P_{Ц}(t) dt + \frac{\pi \cdot d_{CP.Ц.}^2}{4} \cdot \int_t^{t+t_{Ц}} P_P(t) dt \right] \cdot ng, \quad (1.3)$$

де $d_{CP.Ц.}$ – середній діаметр цистерни дійки, м;

$t_{Ц}$ – час дії сили, с;

t_c – тривалість такту ссання в робочому циклі доїльної стакана, с;

$P_{Ц}$ – тиск молока всередині цистерни, кПа;

d_P – внутрішній діаметр дійкової уми, м;

P_P – тиск в піддійковій камері доїльного стакана, кПа;

$n_{Ц}$ – число робочих циклів доїльного апарата за період доїння.

Робота доїльного апарата вважається тим ефективніше, чим менше значення імпульсу сили. При цьому, щоб здійснити розрахунок по формулі 1.3 потрібно одержати експериментальні дані по зміні цистерного і вакууметричного тиску в процесі доїння, що викликає утруднення і складність.

С.А. Соловйов і Л.П. С.А. Соловйов і Л.П. Карташов представляють виведений об'єм молока як функцію від рівня рідини в молочній цистерні, оскільки витікання молока з вивідного каналу здійснюється по ламінарному режиму:

$$V_{\text{вийс}}(H') = \pi H(2R - H) \sqrt{\frac{2(\rho g H + (p_{\text{вв}} - p_{\text{вн}}))}{\rho(\pi^2 H^2 (2R - H)^2 - \pi^2 d_e^4 / 16)}} \cdot \frac{\pi d_e^2}{4}, \quad (1.4)$$

де $V_{\text{вийс}}(H')$ – об'єм молока, виведений з молочної цистерни в одиницю часу, м³/с;

H' – рівень рідини в молочній цистерні, м;

R – радіус півсфери, прийнятої за геометричну модель частки вим'я, м;

ρ – щільність молока, кг/м³;

$p_{\text{вн}}, p_{\text{вв}}$ – відповідно вакуум біля каналу дійки, тиск всередині вим'я, Па;

d_e – діаметр молочного каналу дійки, м.

У дану (1.4) залежність входить велика кількість експериментальних даних, які залежать від багатьох факторів, розрахунки по ній ускладнені.

Ю.С. Каранаєв запропонував теоретичну залежність для визначення швидкості молоковиведення за такт ссання:

$$v = \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot g \left(H + \frac{P_{\text{вн}}}{P_{\text{раз}}} - H_1 - H_2 - H_3 \right)}, \quad (1.5)$$

де φ – швидкісний коефіцієнт;

g – прискорення вільного падіння;

$P_{\text{вн}}$ – тиск всередині вим'я;

$P_{\text{роз}}$ – розрідження в піддійковому просторі;

H – статичний тиск у вим'ї;

H_1, H_2, H_3 – середні втрати напору на розкриття сфінктера дійки, на подолання гідроопору в каналі сфінктера дійки, в'язкість молока.

Кузьмін А. Е. пропонує формулу для подачі молока:

$$Q = \mu \cdot f \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \cdot z \cdot n, \quad (1.6)$$

де μ – коефіцієнт витікання молока з отвору соскового каналу;

f - площа перерізу каналу;

H - середнє значення сумарного напору;

g - прискорення вільного падіння;

z - число дійок, що приймають участь у доїнні;

n - частота пульсацій.

Із представлених вище досліджень видно, що для розрахунків по запропонованих математичних виразах необхідно попередньо одержати експериментальні дані для отримання деяких величин. Не дивлячись на численні дослідження інтенсивності молоковіддачі, молоковиведення і пропускної здатності доїльних апаратів при доїнні, стабілізації вакууму, дане питання вимагає подальшого розгляду.

1.4 Висновки. Мета та задачі досліджень

З постійним ростом продуктивності корів доїння вітчизняними апаратами стає неефективним, тому що вітчизняні апарати, не дивлячись на свою надійність і перевірку часом, у сучасних умовах найчастіше не справляються зі своїми завданнями. Так, за інтенсивної молоковіддачі в корів може виникати переповнення молочної камери колектора, зворотний відтік молока, спадання підві-

сної частини з вим'я, дестабілізація вакууму в підійковій камері доїльних стаканів, наповзання доїльних стаканів. Усе це негативно впливає на здоров'я вим'я корови і якість одержуваного молока.

Крім цього при використанні доїльних апаратів з низькою пропускнуою здатністю на високоудійних коровах спостерігається неповне видоювання тварини, що приводить до зниження продуктивності корів. На сьогодні є кілька виходів з ситуації що склалася: трикратне доїння, яке приводить до додаткових працезатрат, енерговитрат і економічно не вигідно, або перехід на дороге закордонне обладнання, складне в обслуговуванні і з низькою ремонтпридатністю через відсутність запчастин, що вимагає спеціалізованого обслуговування. Також політика імпортозаміщення і ріст курсу валют ускладнює і здорожує використання закордонного доїльного обладнання. Тому актуальне завдання створення такого доїльного апарата, який забезпечував би високу швидкість видоювання при стабільному вакуумі під діями вим'я корови і не наносив шкоди здоров'ю тварини. Доїльний апарат повинен відповідати не лише сучасним технічним і технологічним вимогам, але і фізіологічним особливостям тварини.

У зв'язку з вищесказаним, метою дипломної роботи є оптимізація конструкційно-технологічних параметрів двотактного доїльного апарата шляхом обґрунтування конструкції колектора з верхнім відводом молока. Щоб досягти зазначеної мети ставляться наступні завдання дослідження:

- провести аналіз існуючих конструкцій доїльних апаратів, виявити напрямки їх удосконалювання, що забезпечує збільшення пропускнуої здатності і розробити конструктивно-технологічну схему доїльного апарата з верхнім відводом молока з колектора;
- теоретично обґрунтувати параметри доїльного апарата з верхнім відводом молока з колектора;
- експериментально обґрунтувати і виявити раціональні параметри роботи доїльного апарата з верхнім відводом молока з колектора;
- провести аналіз розробленого апарата з точки зору охорони праці;
- виконати техніко-економічну оцінку.

2 Теоретичні дослідження доїльного апарата з верхнім відводом молока з колектора

2.1 Теоретичні передумови

На підставі аналізу, представленого в першому розділі, можна зробити висновок, що більшість сучасних виробників доїльного обладнання для підвищення пропускної здатності доїльних апаратів і стабілізації вакуумних режимів при доїнні ідуть шляхом збільшення об'єму молокозбірної камери колектора. Такий підхід з погляду фізіології тварин не виправданий, тому що веде до підвищення навантаження на вим'я корови. Найбільш перспективним, на нашу думку, є зміна напрямку відводу молока з колектора на верхній, що значно збільшить пропускну здатність доїльного апарата і стабілізує вакуум під діями вим'я корів при доїнні за рахунок виникнення додаткових підймальних сил, не збільшуючи при цьому розмірів підвісної частини доїльних апаратів.

2.2 Розробка конструкційно-технологічної схеми доїльного апарата

На підставі приведених даних, доцільна розробка доїльного апарата з верхнім відводом молока з колектора, що забезпечить його високу здатність при доїнні. Нами пропонується конструкція доїльного апарата з верхнім відводом молока з колектора, який забезпечить швидке та стабільне молоковиведення при стабільному вакуумному режимі, тим самим, вирішуючи усі представлені вище негативні характеристики доїльних апаратів.

Таким чином, основна відмінність удосконаленого доїльного апарата – змінена конструкція колектора. Нами пропонується модернізувати існуючий колектор доїльного апарата АДУ-1, згідно приведеної на рис. 2.1 схеми.

Виходячи з приведеної схеми, основні конструкційні параметри колектора, які необхідно обґрунтувати: діаметра отвору для подачі повітря, діаметр відповідної трубки та колектора.

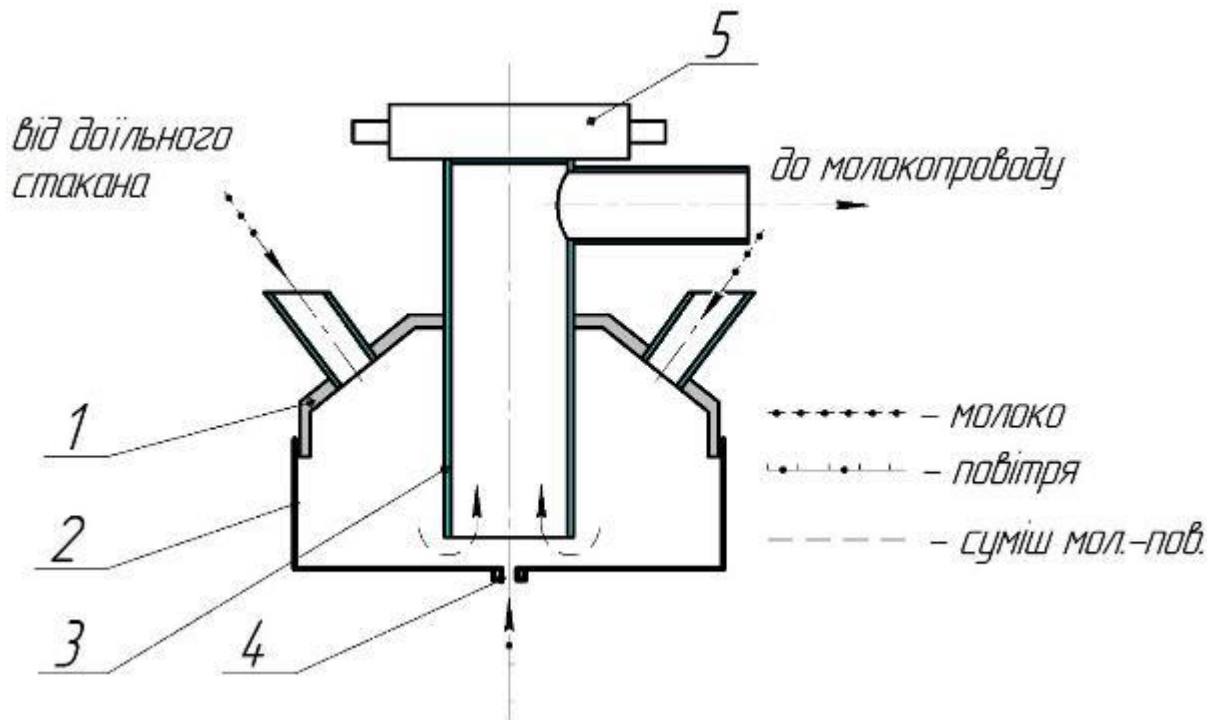


Рисунок 2.1 – Схема удосконаленого колектора: 1 – верхня кришка; 2 – нижня кришка; 3 – трубка для відводу молока; 4 – отвір для подачі повітря; 5 - повітроділяюча камера колектора

2.3 Визначення діаметра отвору для подачі повітря в колектор

Колектор – основна ланка в ланцюзі гідравлічного контуру, де відбувається формування молочно-повітряної суміші. Згідно даним, максимальна кількість повітря, що надходить у колектор, повинна скласти 14 л/хв, причому введення повітря повинно здійснюватися через спеціальний отвір, щоб виключити пульсацію руху молока.

Повітря, що проходить через шар рідини, може створювати неоднорідну газорідну систему з барботажем і струминним режимами. Таким чином, подача повітря в колектор при доїнні вакуумним доїльним апаратом дуже важлива. Відомо, що вона визначає якість молока, характер доїння, структуру потоку молокоповітряної суміші, а також впливає на стабільність вакуумного режиму під діями вим'я корови. Самий несприятливий режим роботи доїльного

апарата спостерігається без впуску повітря в колектор. При впуску повітря від 2 до 6 л/хв стабільність роботи підвищується, однак спостерігаються коливальні рухи рідини в молочному шлангу, що несприятливо позначається на якості молока. При подачі повітря в колектор понад 8 л/хв з'являється ризик спадання підвісної частини з вим'я корови, і підвищується обсіміненість молока бактеріями. Тому оптимальним рекомендується вважати витрату повітря колектором від 6 до 8 л/хв. Причому чим вище молоковідача в корови, тим вище витрата повітря. У свою чергу, подача повітря в колектор буде перебувати в прямій залежності від діаметра отвору для подачі повітря в колектор. Тому розрахунки будуть зводитися до знаходження діаметра отвору. За даними У.Г. Уитлстоуна ефективним є отвір для впуску повітря в колектор діаметром 0,8 мм. Для знаходження діаметра отвору скористаємося схемою (рис. 2.2).

Розглянемо рух потоку повітря через отвір у дні колектора. Приймаємо, що в колекторі сталий рух молока. Повітря надходить у колектор і разом з молоком видаляється через трубку, висотою підняття трубки від дна колектора для простоти розгляду нехтуємо.

Тиск над отвором, через який відбувається впуск повітря в колектор буде:

$$p_m = p + \rho_{\text{сум}} g z, \quad (2.1)$$

де p – абсолютний тиск середовища в колекторі, кПа;

z – висота стовпа суміші (повітря і молока) над отвором, м;

$\rho_{\text{сум}}$ – щільність суміші повітря й молока, кг/м³;

G – прискорення вільного падіння, м/с².

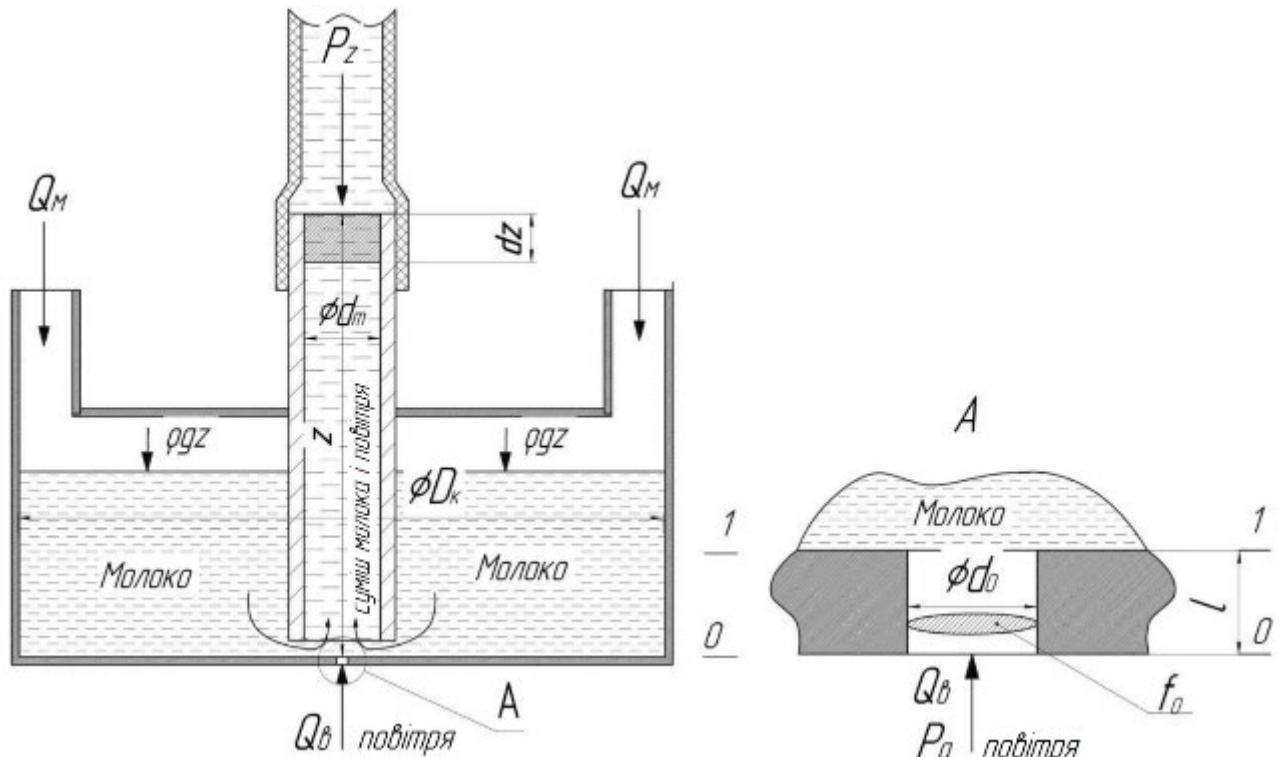


Рисунок 2.2 – Схема до розрахунків діаметра отвору для впуску повітря в колектор

Ізолюємо масу повітря між перерізами (0-0) і (1-1). У перерізі (0-0) діє сила від атмосферного тиску p_a , спрямована усередину ізольованої маси повітря ($P_1 = p_a f_0$), у перерізі (1-1) діє сила від тиску p_m , рівна ($P_1 = p_m f_0$), у центрі перерізу на ізольовану масу повітря діє сила ваги:

$$F_g = f_0 \cdot l \cdot \rho_n \quad (2.2)$$

де f_0 - площа перерізу отвору для впуску повітря в колектор, м^2 ;

l – довжина перерізу рівна товщині корпусу колектора, м;

ρ_n – щільність повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Силу тертя, що діє на стінках перерізу, замінимо на підставі рівняння Дарсі-Вейсбаха:

$$F_{mp} = \lambda \cdot \frac{l}{d_0} \cdot \frac{v_6^2}{2} \cdot \rho_6 \cdot f_0 \quad (2.3)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного тертя;

– діаметр отвору для впуску повітря в колектор, м;

v_n - швидкість подачі повітря, м/с.

Запишемо рівняння кількості руху:

$$\rho_6 \cdot Q_6 \cdot v_{60} - \rho_6 \cdot Q_6 \cdot v_6 = p_a \cdot f_0 - f_0 \cdot l \cdot \rho_6 \cdot g - \lambda \cdot \frac{l}{d_0} \cdot \frac{v_6^2}{2} \cdot \rho_6 \cdot f_0 - (p + \rho_{cm} \cdot g \cdot z) \cdot f_0, \quad (2.4)$$

Враховуючи, що повітря надходить із атмосфери, його швидкість можна прийняти $v_{n0}=0$. Беручи до уваги той факт, що товщина стінки колектора, у якій розташований отвір, мала, також малий і діаметр отвору для подачі повітря, то в першому наближенні $l/d_0=1$. Вагою повітря в ізолюваному перерізі можна зневажити, тоді вираз (2.4) прийме вид:

$$\rho_6 \cdot Q_6 \cdot v_6 = p_a \cdot f_0 - \lambda \cdot \frac{v_6^2}{2} \cdot \rho_6 \cdot f_0 - (p + \rho_{cm} \cdot g \cdot z) \cdot f_0, \quad (2.5)$$

Так як $Q_n = f_0 \cdot v_n$, тоді:

$$\rho_n \cdot v_n + \lambda \cdot \rho_n \cdot v_n^2 = p_n - \rho_{cm} \cdot g \cdot z, \quad (2.6)$$

Звідки швидкість повітря буде:

$$v_n = \sqrt{\frac{(p_n - \rho_{cm} \cdot g \cdot z)}{\rho_n (1 + 0,5\lambda)}} \quad (2.7)$$

де p_n – величина вакуумметричного тиску, кПа.

За виразом (2.7) можна визначити швидкість подачі повітря в колектор. У чисельнику другий член представляє тиск повітряного стовпа, при відсутності молока в колекторі даний доданок буде дорівнює нулю. Для стабільної роботи колектора при доїнні потрібне певне співвідношення між молоком і повітрям, дане співвідношення оцінюється коефіцієнтом k . Він показує частку повітря відносно молока в суміші.

$$k = \frac{Q_n}{Q_m}, \quad (2.8)$$

Співвідношення (2.8) називають абсолютним повітряним фактором. У процесі роботи доїльного апарата в колектор надходить молоко від дійок вим'я корови, яке змішується з повітрям, тому колектор також працює в ролі змішувача молока і повітря. Об'ємна подача молоко-повітряної суміші $Q_{см}$ буде рівна:

$$Q_{см} = Q_m + Q_n = Q_m \left(\frac{Q_n}{Q_m} + 1 \right), \quad (2.9)$$

де Q_m , Q_n – відповідно подача молока і повітря в колектор, $\text{м}^3/\text{с}$.

Від величини коефіцієнта k залежить структура плинності суміші молока і повітря по молочному шлангові вертикально в молокопровід. Обумовлене це тим, що при зміні структур плинності змінюються втрати розрядження, подачі суміші, масового повітроутримання, а також швидкість відводу молока і вплив на вим'я корови [7, 18]. З урахуванням виразу (2.8) формула (2.9) прийме вид:

$$Q_{см} = Q_m \cdot (k+1). \quad (2.10)$$

Якщо врахувати, що $Q_m = v \cdot f$, то маючи значення подачі молока і знаючи значення коефіцієнта абсолютного повітряного фактора можна виразити подачу суміші.

Використовуючи дослідження Кузьміна А.Е. і Стерхова А.А., нами був запропонований графік для знаходження k залежно від величини подачі молока Q_m , який представлено на малюнку 2.3. Рекомендовані значення k лежать у межах від 1,5 до 3,5.

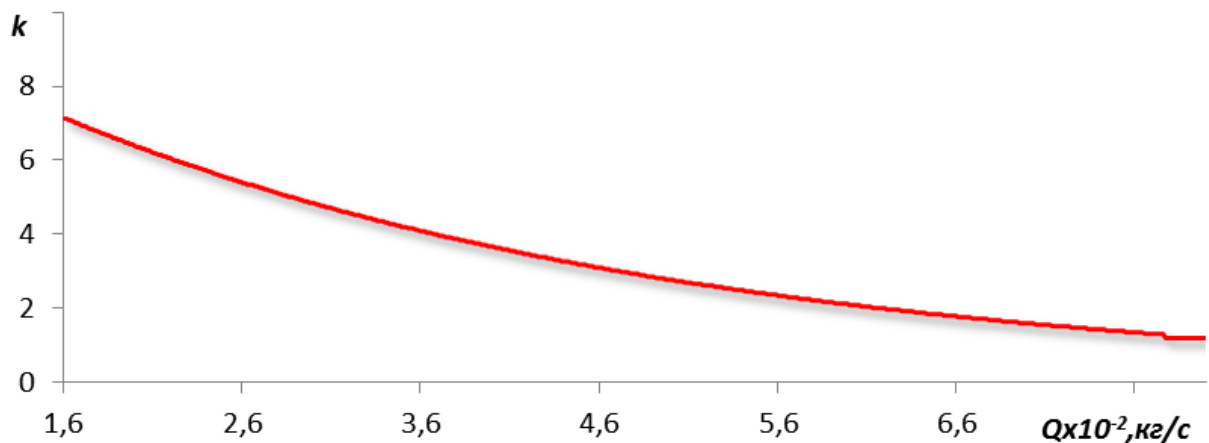


Рисунок 2.5 – Графічна залежність коефіцієнта k від подачі молока Q

У зв'язку вище сказаним, важливо мати діаметр отвору для подачі повітря в колектор, який забезпечує необхідне для стабільної роботи доїльного апарата значення коефіцієнта абсолютного повітряного фактора. Підставляючи в (2.8) значення k з виразу (2.7), отримаємо:

$$k = \frac{f_0 \sqrt{\frac{p_6 - \rho_{cm} \cdot g \cdot z}{\rho_n (1 + 0,5\lambda)}}}{Q_m}, \quad (2.11)$$

Далі з (2.11) виражаємо f_0 :

$$f_0 = \frac{k \cdot Q_m}{\sqrt{\frac{p_6 - \rho_{cm} \cdot g \cdot z}{\rho_n (1 + 0,5\lambda)}}}, \quad (2.12)$$

Так як $f_0 = \pi \cdot d_0^4 / 4$:

$$d_0 = \sqrt{\frac{4k \cdot Q_m}{\pi \sqrt{\frac{\rho_6 - \rho_{cm} \cdot g \cdot z}{\rho_n (1 + 0,5\lambda)}}}} \quad (2.13)$$

З виразу (2.13) визначають діаметр отвору для впуску повітря в колектор при необхідних значеннях k та Q_m . Значення коефіцієнта гідравлічного тертя λ визначають із експерименту.

2.4 Теоретичне обґрунтування діаметра відвідної трубки та колектора

Необхідна пропускна здатність розроблювального доїльного апарата залежить від правильно обраного діаметра трубки, що відсмоктує, колектора. Для визначення діаметра відвідної трубки застосуємо закон Бернуллі для безперервного потоку реальної рідини. Представимо робочу схему колектора доїльного апарата з верхнім відводом молока (рис. 2.4).

Варто звернути увагу, що площа перерізу відвідної трубки f_m повинна бути більше або дорівнювати площі кільця S , утвореного нею між дном молокозбірної камери колектора і трубкою ($S = h_m \cdot \pi \cdot d_m$), а від висоти h_m щодо дна молокозбірної камери колектора залежить залишок молока в колекторі після завершення доїння. Тому h_m повинна бути мінімальною.

Запишемо рівняння Бернуллі в диференціальній формі для ділянки відвідної трубки:

$$dz + \frac{dp}{\rho_{cm} \cdot g} + \frac{dv_{cm}^2}{2 \cdot g} + dh_n = 0 \quad (2.14)$$

де p – тиск в елементарній ділянці, кПа;

v_{cm} – швидкість суміші, м/с;

h_n – втрати напору при переміщенні суміші молока й повітря.

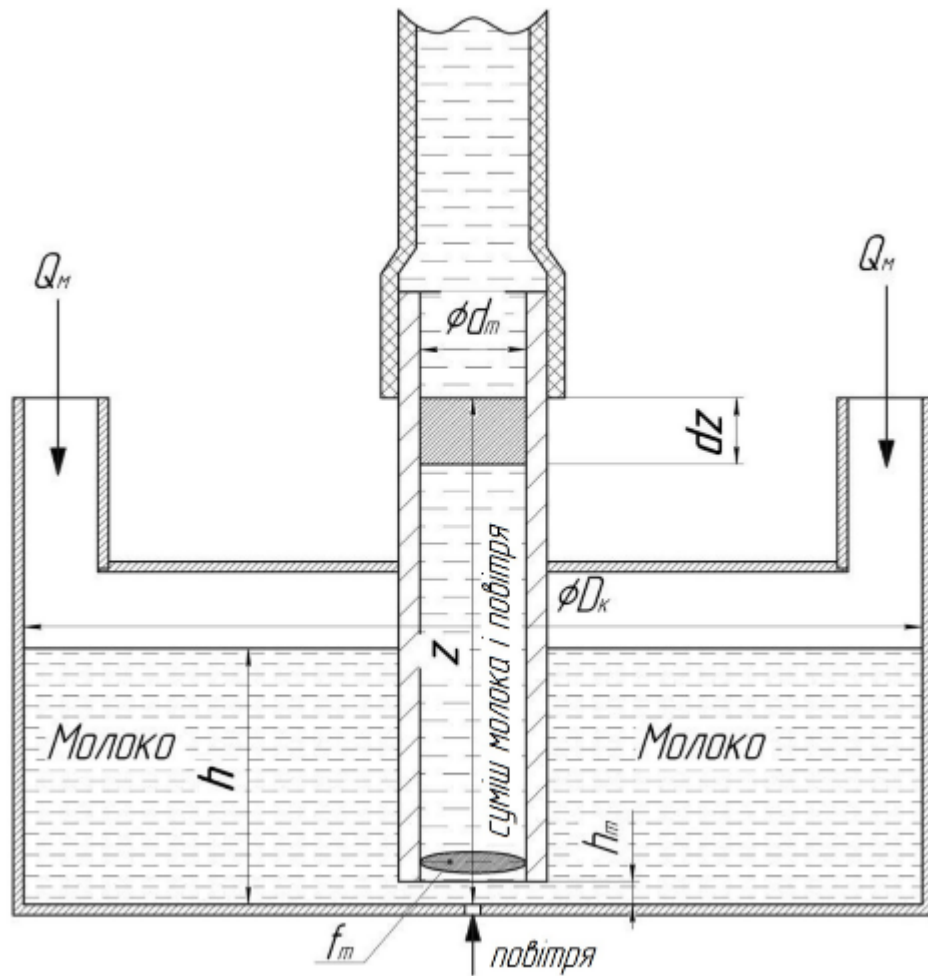


Рисунок 2.4 – Схема до визначення діаметра відвідної трубки

Виразивши швидкість через об'ємну витрату суміші, отримаємо:

$$dz + \frac{dp}{\rho_{см} \cdot g} + \frac{dQ_{см}^2}{2 \cdot g \cdot f_m^2} + dh_n = 0 \quad (2.15)$$

Припустимо, що рух суміші в трубці встановлений, значить об'ємна витрата залишається в будь-якому перерізі незмінною $Q = \text{const}$, тоді $dq = 0$ і рівняння (2.15) прийме вид:

$$dz + \frac{dp}{\rho_{cm} \cdot g} + dh_n = 0 \quad (2.16)$$

Для визначення втрат напору dh_n при русі суміші в трубці скористаємося рівнянням Дарсі–Вейсбаха:

$$dh_n = d\left(\lambda \cdot \frac{z}{d_m} \cdot \frac{v_{cm}^2}{2 \cdot g}\right) = \frac{\lambda \cdot Q_{cm}^2}{2 \cdot d_m \cdot f_m^2 \cdot g} \cdot dz \quad (2.17)$$

де λ , $v_{cm} = \text{const}$, тому що $f_m = \text{const}$;

d_r – діаметр трубки, м.

Беручи до уваги той факт, що пропускна здатність колектора по суміші дорівнює сумі подач в одиницю часу по молоку і повітрю, запишемо $Q_{cm} = Q_m(1 + \square)$.

Підставивши вираз (2.10) у вираз (2.16) отримаємо:

$$dz + \frac{dp}{\rho_{cm} \cdot g} + \frac{\lambda \cdot v_{cm} \cdot Q_m \cdot (1 + k)}{2 \cdot d_m \cdot f_m \cdot g} \cdot dz = 0 \quad (2.18)$$

Визначимо об'ємну витрату молока. Враховуючи, що система «камера колектора – трубка» є сполученими посудинами (див. рис. 2.4), то, згідно із законом сполучених посудин, тиск на рівні введення повітря в трубку може бути записаний як по рідині (молоку), так і по молоко-повітряній суміші. Для простоти досліджень враховуємо, що гідравлічні втрати при русі молоко-повітряної суміші по трубці несуттєві, що ними можна знехтувати:

$$p_h + \rho_m g h = p_h + \rho_{cm} g h, \quad (2.19)$$

де z – довжина трубки, м;

h – висота рівня молока в камері колектора, м;

p_h, p_z - тиски, що діють відповідно на дзеркало молока в камері на рівні h і суміш у трубці, на рівні z , Па.

Якщо прийняти в першому наближенні, що вакуумметричний тиск, який діє на рівні рідини та той, що діє в колекторі на висоті h і z однакові, то $p_h = p_z$. Тоді отримаємо:

$$\rho_m \cdot g \cdot h = \rho_{cm} \cdot g \cdot z, \quad (2.20)$$

Продиференціюємо рівняння (2.20) за часом:

$$\rho_m \cdot g \cdot \frac{dh}{dt} = \rho_{cm} \cdot g \cdot \frac{dz}{dt}, \quad (2.21)$$

Так як $\frac{dh}{dt} = v_m$, а $\frac{dz}{dt} = v_{cm}$, тоді рівняння (2.21) прийме вид:

$$\rho_m \cdot g \cdot v_m = \rho_{cm} \cdot g \cdot v_{cm}, \quad (2.22)$$

де v_m - швидкість руху молока в камері колектора, м/с.

Витрату по молоку в камері колектора можна записати:

$$Q_m = F_k \cdot v_m, \quad (2.23)$$

де F_k - площа поперечного перерізу камери колектора, м².

Звідки:

$$v_{cm} = \frac{Q_m \cdot \rho_m}{F_k \cdot \rho_{cm}}, \quad (2.24)$$

При встановленому русі суміші в трубці витрата як по молоку, так і по суміші постійна. Проінтегруємо вираз (2.18) у межах інтегрування від 0 до z і від p_2 до p_1 , отримаємо:

$$\frac{(p_1 - p_2)}{\rho_{cm} \cdot g} - z = \frac{\lambda}{d_m} \cdot \frac{\nu_{cm} \cdot Q_M \cdot (1+k)}{2 \cdot f_m \cdot g} \cdot z \quad (2.25)$$

Підставляємо (2.24) у вираження (2.25) одержимо:

$$\frac{(p_1 - p_2)}{\rho_{cm} \cdot g} - z = \frac{\lambda}{d_m} \cdot \frac{\rho_M \cdot Q_M \cdot Q_M \cdot (1+k)}{2 \cdot \rho_{cm} \cdot F_K \cdot f_m \cdot g} \cdot z \quad (2.26)$$

Перетворимо вираз (2.26):

$$(p_1 - p_2) - \rho_{cm} \cdot g \cdot z = \frac{\lambda}{d_m} \cdot \frac{\rho_M \cdot Q_M^2 \cdot (1+k)}{2 \cdot F_K \cdot f_m} \cdot z \quad (2.27)$$

Вирішуючи формулу (2.27) щодо діаметра трубки і беручи до уваги те, що $f_m = \frac{\pi \cdot d_m^2}{4}$ та $F_K = \frac{\pi \cdot D_K^2}{4}$ після перетворень отримаємо:

$$d_m = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot \lambda \cdot \rho_M \cdot Q_M^2 \cdot (1+k) \cdot z}{\pi^2 \cdot D_K^2 \cdot [(p_1 - p_2) - \rho_{cm} \cdot g \cdot z]}} \quad (2.28)$$

Формула (2.28) містить у собі як основні конструкційно-геометричні параметри колектора доїльного апарата з верхнім відводом молока: діаметр молокозбірної камери, діаметр відповідної трубки її довжину трубки, так і технологічні (вона може бути використана для визначення діаметра трубки, при необхідних

параметрах k та Q_m , а також для знаходження інших конструктивних параметрів.

2.5 Висновки

1. Доїльний апарат з верхнім відводом молока з колектора повинен містити доїльні стакани, молочний і вакуумний шланги, пульсатор, і колектор з верхнім розташуванням вихідного молочного патрубка. У центрі колектора повинна бути коаксіально розташована центральна відвідна трубка, верхній кінець якої розташований у зоні вихідного молочного патрубка і має отвір, рівний отвору вихідного молочного патрубка і з'єднаний з ним, а нижній - у зоні дна молокозбірної камери колектора.

2. Теоретично доведено, що витрата повітря колектором залежить від діаметра отвору для впуску повітря в колектор. Виведена аналітична залежність швидкості повітря при подачі в колектор і діаметра отвору для впуску повітря в колектор, який залежить більшою мірою від вакуумметричного тиску в системі, об'ємної подачі молока в колектор та величини абсолютного повітряного фактора, рекомендоване значення якого для диспергованого плинусуміші повинен бути в межах від 1,5 до 3,5.

3. Теоретично доведений вплив діаметра відвідної трубки, на пропускну здатність колектора. Отримана аналітична формула для знаходження діаметра трубки, яка поєднує в собі основні конструкційно-геометричні параметри колектора.

3 Програма та методика експериментальних досліджень

3.1 Програма досліджень

Завдання експериментальних досліджень включали:

- перевірку розробленого доїльного апарата з верхнім відводом молока з колектора;
- перевірку теоретичних досліджень даної роботи;
- виявлення раціональних параметрів доїльного апарата з верхнім відводом молока з колектора.

Виходячи з поставлених завдань, програма досліджень містить у собі:

- визначення впливу подачі повітря в колектор на його пропускну здатність;
- визначення впливу діаметра відповідної трубки, на пропускну здатність доїльного апарата;
- визначення впливу величини вакууму на пропускну здатність доїльного апарата.

3.2 Методика лабораторних досліджень

3.2.1 Лабораторна установка

В ході реалізації програми досліджень для визначення конструкційно-технологічних параметрів доїльного апарата з верхнім відводом молока з колектора використовувалася спеціальна лабораторна установка (рис. 3.1). Лабораторна установка складається зі стенда «доїльна установка УДМ-100» (лабораторія 024 кафедри МВПТ), а також розробленого доїльного апарата, що включає колектор з доїльними стаканами, шлангів молочного (з'єднує колектор з молокопроводом), і вакуумного (з'єднує колектор з пульсатором). Доїльний апарат з'єднаний з доїльною установкою через кран.

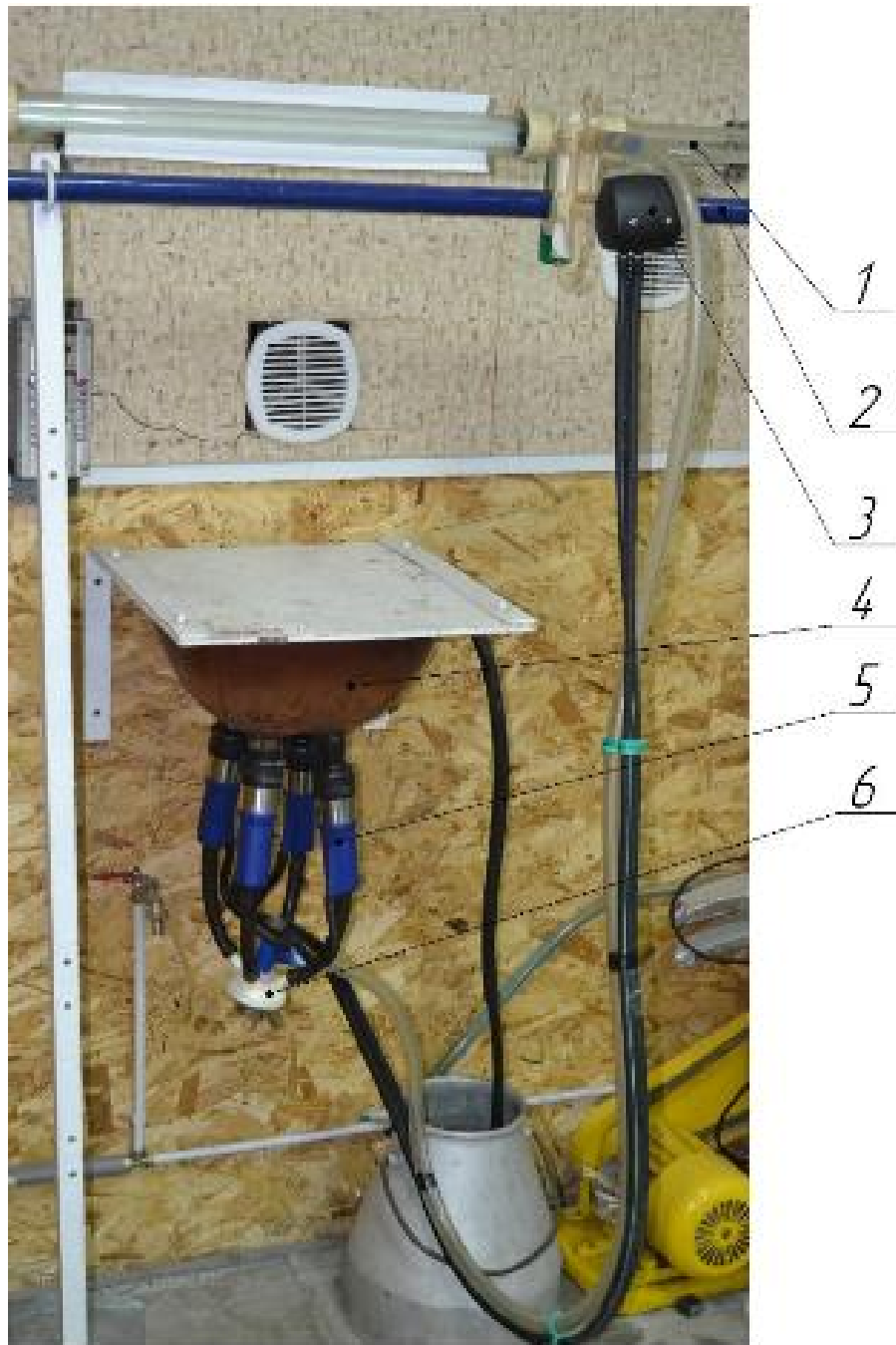


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд установки для проведення експериментальних досліджень: 1 – молокопровід; 2 – вакуумпровід; 3 – пульсатор; 4 – стенд «штучне вим'я»; 5 – доїльний стакан; 6 – удосконалений колектор

Розроблений нами доїльний апарат складається з доїльних стаканів, пульсатора, колектора, розподільника вакууму, шлангів молочного і вакуумного. Відмінною рисою даного доїльного апарата є конструкція колектора (рис. 3.2).

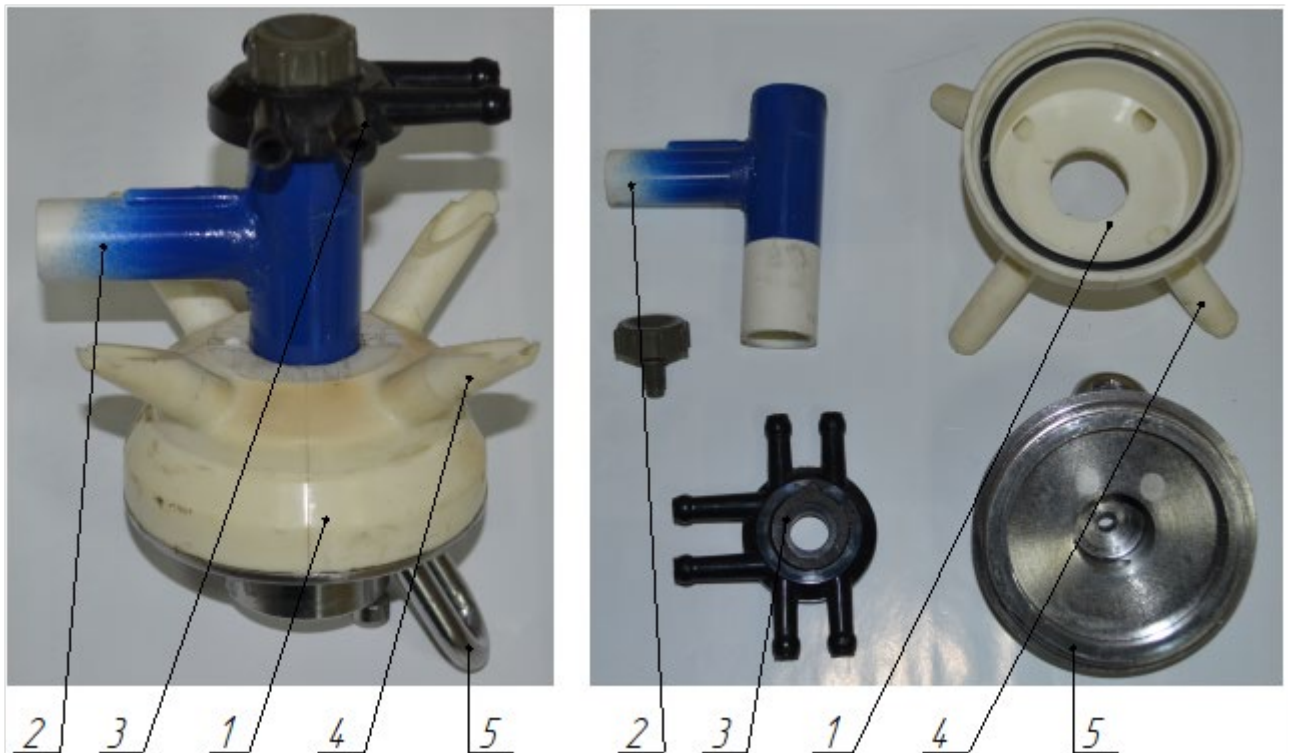


Рисунок 3.2 - Загальний вигляд колектора удосконаленого доїльного апарата: 1 - корпус колектора; 2 – вихідний молочний патрубок; 3 - розподільник; 4– вхідні молочні патрубки; 5 – кришка колектора

Далі наведена схема експериментального (рис. 3.3) зразка доїльного апарата.

3.2.2 Вибір факторів, що впливають на пропускну здатність доїльного апарата

Найбільш важливі фактори, що впливають на пропускну здатність доїльного апарата, це:

- технологічний - величина вакуумметричного тиску у вакуумопроводі;
- конструкційні - площа прохідного перерізу відвідної трубки, діаметр отвору для подачі повітря в колектор.

Таким чином, для лабораторних досліджень доїльного апарата як основні фактори, що впливають на його пропускну здатність, приймаємо: діаметр відповідної трубки, величину вакуумметричного тиску, діаметр отвору для подачі повітря в колектор.

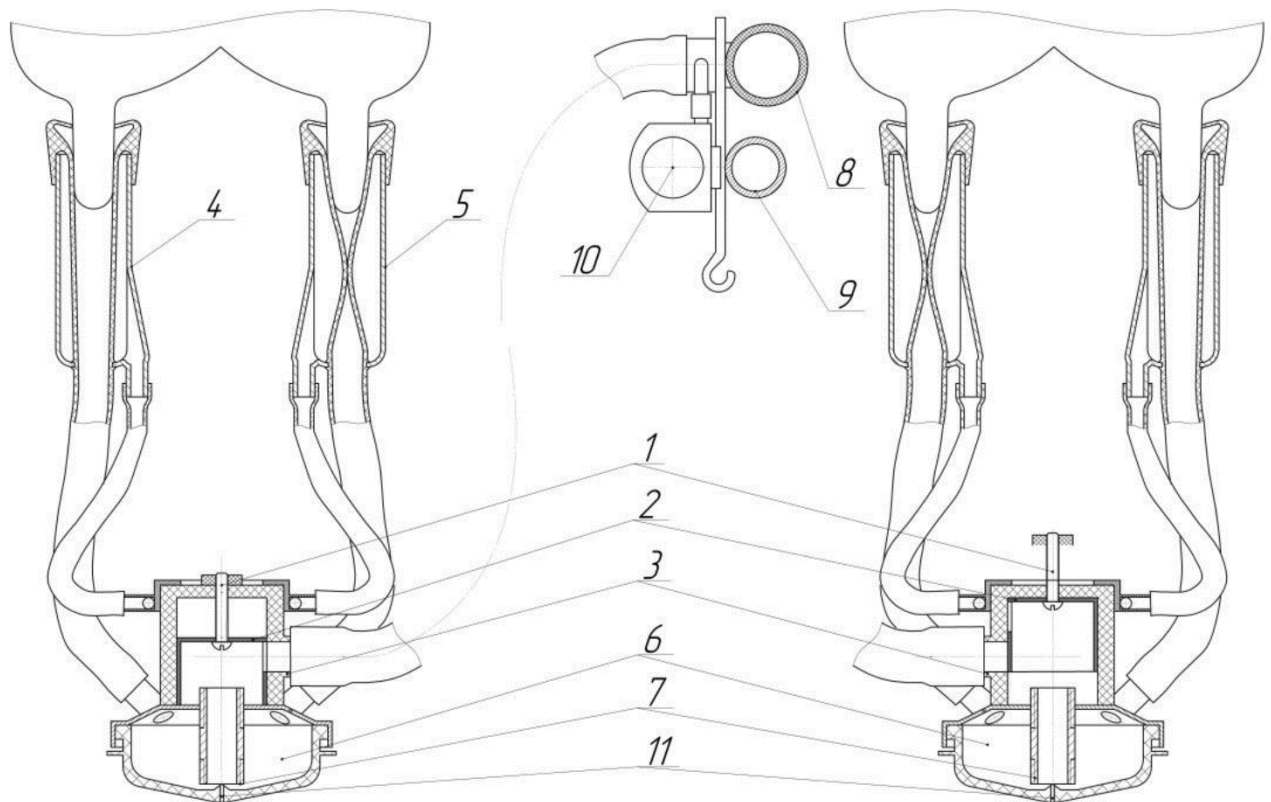


Рисунок 3.3 - Схема експериментального зразка доїльного апарата: 1 – гвинт; 2 – клапан; 3 – корпус колектора; 4 – вакуумний патрубков; 5 – стакан; 6 – молокозбірна камера колектора; 7 – відвідна трубка; 8 – молокопровід; 9 – вакуумпровід; 10 – кран; 11 – отвір подачі повітря в колектор

3.2.3 Планування багатofакторного експерименту

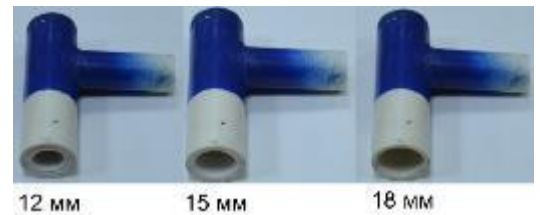
З метою визначення сукупного впливу обраних факторів на пропускну здатність доїльного апарата та витрату ним повітря був проведений трифакторний експеримент. Критерієм оптимізації була пропускну здатність доїльного

апарата. Опираючись на конструкційно-технологічні особливості досліджуваного об'єкта, були обрані наступні фактори і їх варіювання.

Величина вакууму – 42 кПа, 48 кПа, 54 кПа з інтервалом варіювання 6 кПа (грунтуючись на значеннях робочого вакуумметричного тиску доїльних установок для двотактних і тритактних доїльних апаратів) змінювали вакуумрегулятором стенду «доїльна установка УДМ-100» (рис. 3.4, а). Діаметри відповідної трубки – 0,012 м, 0,015 м, 0,018 м з інтервалом варіювання 0,003 м (визначені виходячи з конструктивних особливостей доїльного апарата, рис. 3.4, б). Діаметри штуцерів для впуску повітря в колектор – 0,0006 м, 0,0008 м, 0,001 м з інтервалом варіювання 0,0002 м (обрані з урахуванням технологічних і технічних особливостей доїльного апарата, рис. 3.4, в).



а



б



в

Рисунок 3.4 – Вакуумрегулятор (а), відповідна трубка (б), штуцер для впуску повітря в колектор

Таблиця 3.1 – Матриця плану та рівні варіювання факторів

Рівень та інтервал варіювання факторів	Фактори			Критерії	
	Вакуум р, кПа	Діаметр отвору для подачі повітря d_0 , мм	Діаметр відвідної трубки d_T , мм	Витрата повітря V, м ³ /год.	Пропускна здатність Q, кг/с
	X1	X2	X3	Y1	Y2
Верхній рівень (+1)	54	1,0	18	-	-
Основний рівень (0)	48	0,8	15	-	-
Нижній рівень (-1)	42	0,6	12	-	-
Інтервал варіювання	6	0,2	3	-	-

3.3 Висновки

В даному розділі визначено програму та методику експериментальних досліджень, результати яких будуть приведені в наступному розділі.

4 Експериментальні дослідження оптимізованого доїльного апарата

4.1 Вплив подачі повітря в колектор на характеристики роботи доїльного апарата

Раніше (розділ 2) було доведено, що подача повітря в колектор визначає структуру і тип руху молоко-повітряної суміші. Це, у свою чергу, впливає на пропускну здатність доїльного апарата в цілому. Тому були проведені дослідження впливу подачі повітря, яка мінялася діаметром жиклера, на пропускну здатність доїльного апарата та витрату ним повітря. Результати зазначених досліджень представлені у вигляді графічних залежностей на рис 4.1.

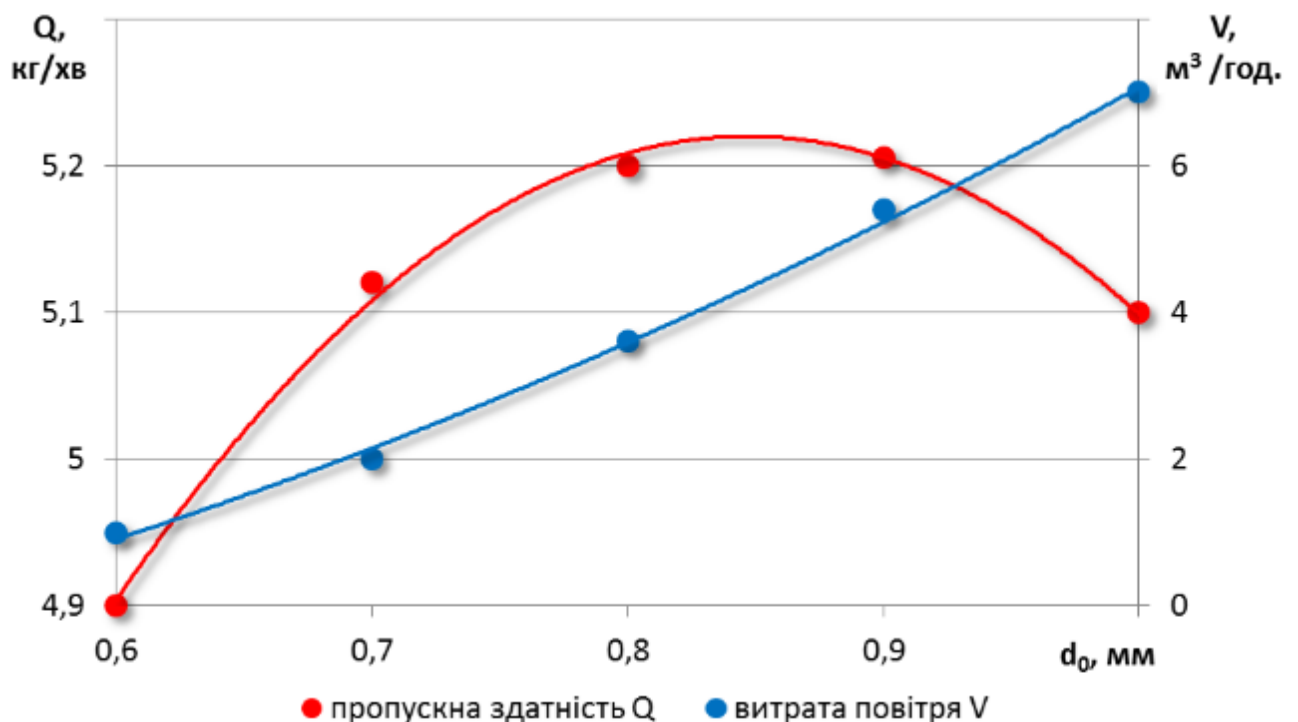


Рисунок 4.1 - Графічні залежності пропускну здатності доїльного апарата Q і витрати повітря V колектором від діаметра жиклера d_0

Як видно з графіків, зі збільшенням діаметра отвору для впуску повітря в колектор, росте пропускна здатність і витрата повітря. Це обумовлюється тим,

що кількість повітря, що попадає в колектор збільшується, молоко-повітряна суміш виходить більш насичена бульбашками повітря, щільність суміші зменшується, на потік починає діяти сила неоднорідності щільностей. При зменшенні розрідження і збільшенні тиску на поверхню молока в молокозбірній камері колектора також буде спостерігатися збільшення пропускної здатності, за рахунок різниці тисків у молочному шлангу і молокозбірній камері. Можна визначити діапазон, при якому спостерігається оптимальна пропускна здатність. Це діаметр жиклера від 0,8 до 0,9 мм. Однак при значній подачі повітря в молокозбірну камеру колектора відбувається контакт молока з повітрям, а, відповідно, і забрудненість бактеріями, що знижує його якість, а також збільшуються коливання величини вакууму. Можна вважати, що оптимальним діаметр отвору для впуску повітря в колектор лежить у діапазоні від 0,8 до 0,9 мм.

При цьому пропускна здатність колектора по молоку змінюється несуттєво, однак спостерігається тенденція підвищення пропускної здатності $Q = 4,9$ кг/хв при діаметрі отвору 0,6 мм і $Q = 5,25$ кг/хв з діаметром 0,85 мм. Далі від 0,85 мм до 0,1 мм відбувається зниження пропускної здатності з $Q = 5,25$ до $Q = 5,1$ кг/хв. Можна припустити, що відбувається перенасичення молоко-повітряної суміші повітрям, що веде до зміни структури потоку і коливанню величини вакууму.

4.2 Вплив діаметра відвідної трубки на характеристики роботи доїльного апарата

Результати досліджень впливу діаметра відвідної трубки на пропускну здатність і витрату повітря доїльного апарата представлено на рис. 4.2.

Аналіз графіків показує, що пропускна здатність Q зі збільшенням діаметра відвідної трубки d_m зростає з 4,2 до 5,1 кг/хв. Що стосується витрати повітря, то її ріст дуже незначний, так як в першу чергу залежить від подачі повітря в колектор, а не від внутрішньої конструкції. Таким чином можна стверджувати, що збільшення або зменшення діаметрів молочних патрубків без відповідного

зміни діаметрів молочних шлангів не значно міняють пропускну здатність доїльного апарата.

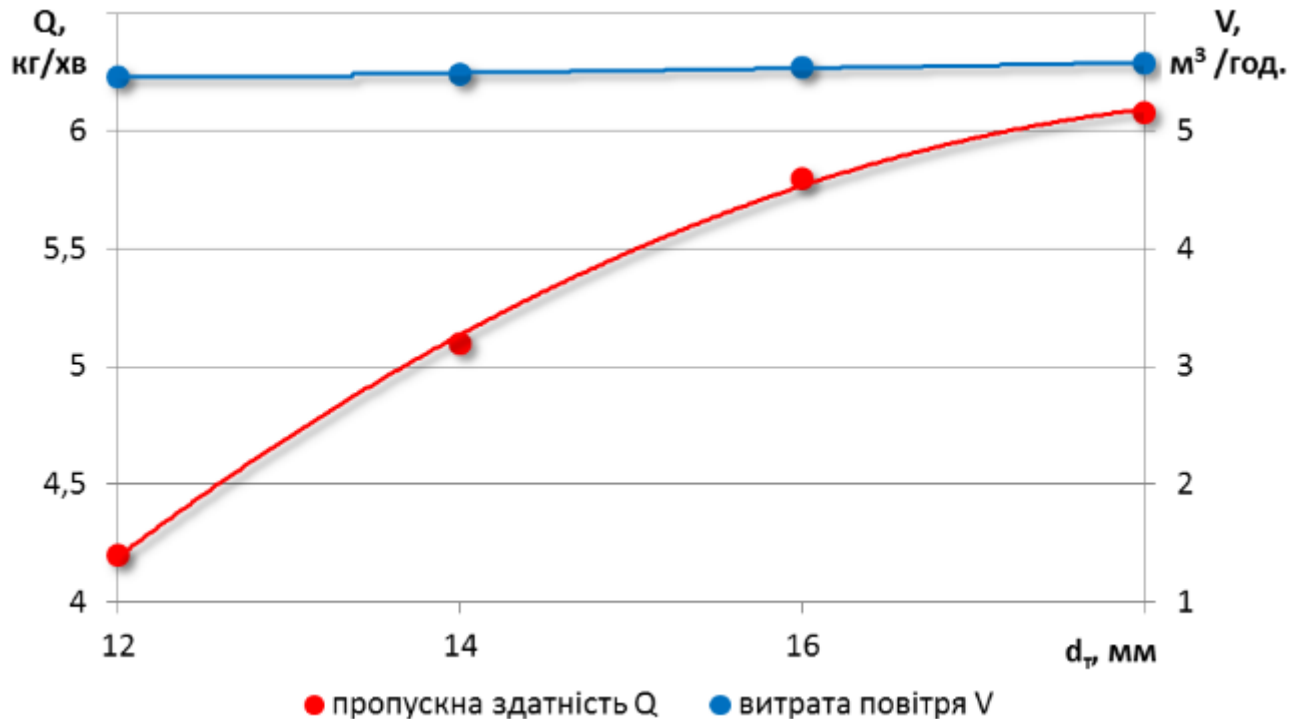


Рисунок 4.2 - Графічні залежності впливу діаметра відвідної трубки d_m на пропускну здатність доїльного апарата Q і витрату повітря V доїльного апарата при вакуумі 50 кПа

4.3 Вплив вакуумметричного тиску на характеристики роботи доїльного апарата

Вакуумметричний тиск впливає на витрату повітря V колектором доїльного апарата, однак пропускну здатність Q колектора залежить не лише від вакуумметричного тиску в системі доїльної установки, але й від кількості, повітря, що надходить у колектор. Результати даного дослідження наведено на рис. 4.3. Аналізуючи графічні залежності, можна зробити висновок, що відбувається зростання пропускну здатності Q з 4 кг/хв до 5,3 кг/хв на ділянці p від 42 кПа

до 50 кПа. Далі ріст пропускної здатності триває, але не так інтенсивно. При $p=50$ кПа $Q = 5,3$ кг/хв, а при $p=54$ кПа $Q = 5,5$ кг/хв. Це пов'язано зі стабілізацією вакуумметричних режимів і стабілізації потоку молоко-повітряної суміші з бульбашковою структурою плинину. Подальше збільшення вакуумметричного тиску в системі не доцільно, тому що більшість сучасних доїльних установок працює в діапазоні від 42 до 52 кПа. Зі збільшенням вакууму витрата повітря зростає, хоча так інтенсивно. Її ріст міняє режим плинину суміші і підвищує забрудненість молока бактеріями.

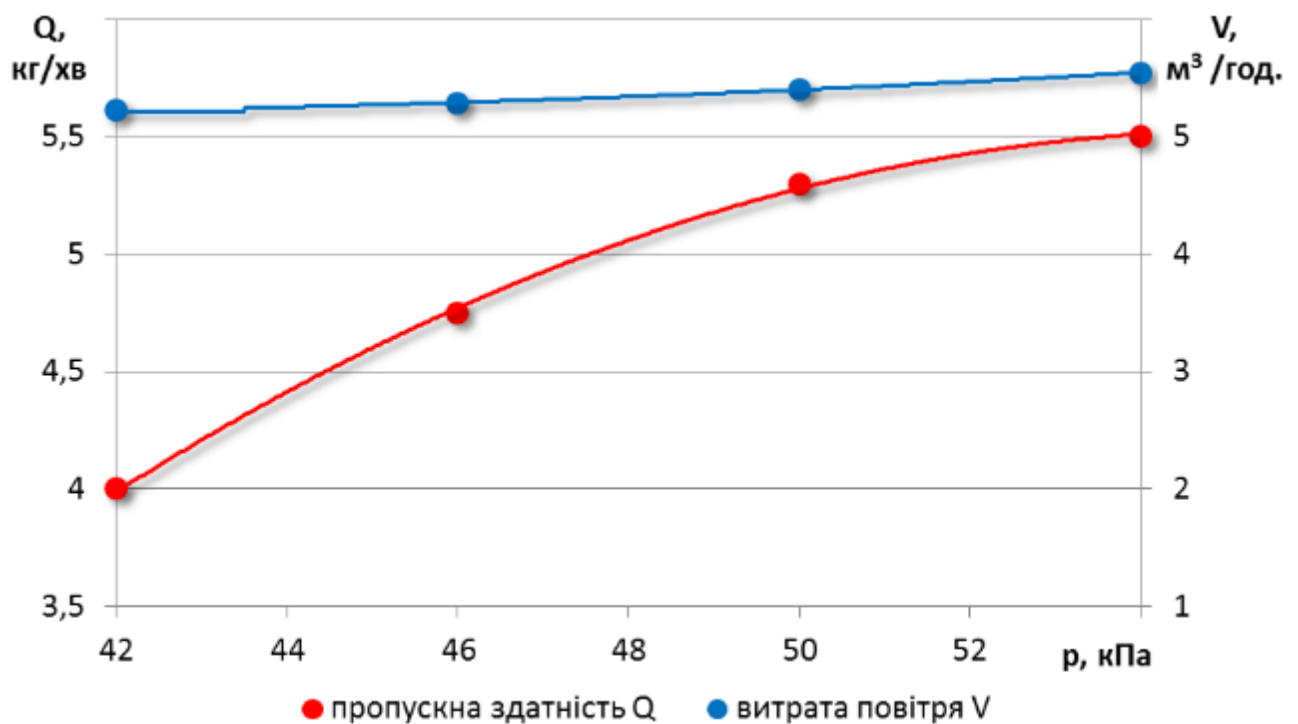


Рисунок 4.3 - Графічні залежності пропускної здатності доїльного апарата Q витрати повітря колектором V від величини вакуумметричного тиску p

4.4 Результати багатofакторного експерименту

Для оцінки комплексного впливу конструкційно-технологічних факторів на характеристики роботи доїльного апарата та вибору їх оптимального співвідношення було проведено багатofакторний експеримент. У результаті обробки даних на ПК отримані наступні моделі регресії:

- для визначення витрати повітря колектора V , м³/год:

$$V = -1,36338 + 0,00797 \cdot p - 0,000059 \cdot p^2 + 1,40313 \cdot d_0 + 0,001875 \cdot p \cdot d_0 - 0,165 \cdot d_0^2 + 0,0605 \cdot d_m - 0,000166 \cdot p \cdot d_m - 0,015 d_0 \cdot d_m - 0,00131 \cdot d_m^2 \quad (4.1)$$

- для визначення пропускної здатності колектора Q , кг/хв:

$$Q = -14,92 + 0,197 \cdot p - 0,000886 \cdot p^2 + 4,99 \cdot d_0 - 0,00458 \cdot p \cdot d_0 - 2,27 \cdot d_0^2 + 1,33 \cdot d_m - 0,0042 \cdot p \cdot d_m - 0,092 \cdot d_0 \cdot d_m - 0,0354 \cdot d_m^2 \quad (4.2)$$

Проведемо перевірку адекватності отриманих математичних моделей. Складемо для цього допоміжну таблицю (див. Додаток Б, табл. 1).

Залишкова дисперсія:

$$S_3^2 = \frac{0,001018}{15-10} = 0,0002 \quad S_3^2 = \frac{0,009893}{15-10} = 0,0020$$

Підставляючи числові значення параметрів у формулу (3.3), отримаємо дисперсію відтворюваності:

$$S_y^2 = \frac{(0,008 + 0,022 + 0,014)^2}{3-1} = 0,001 \quad S_y^2 = \frac{(0,005 + 0,009 + 0,004)^2}{3-1} = 0,0002$$

Визначимо дисперсію адекватності:

$$S_{ad}^2 = \frac{0,0002 \cdot 5 - 0,001 \cdot 2}{3} = 0,00033 \quad S_{ad}^2 = \frac{0,002 \cdot 5 - 0,0002 \cdot 2}{3} = 0,0032$$

Знаходимо експериментальне значення критерію Фішера [66]

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_e^2} = \frac{0,00033}{0,001} = 0,33 \qquad F = \frac{S_{ad}^2}{S_e^2} = \frac{0,00032}{0,0002} = 16$$

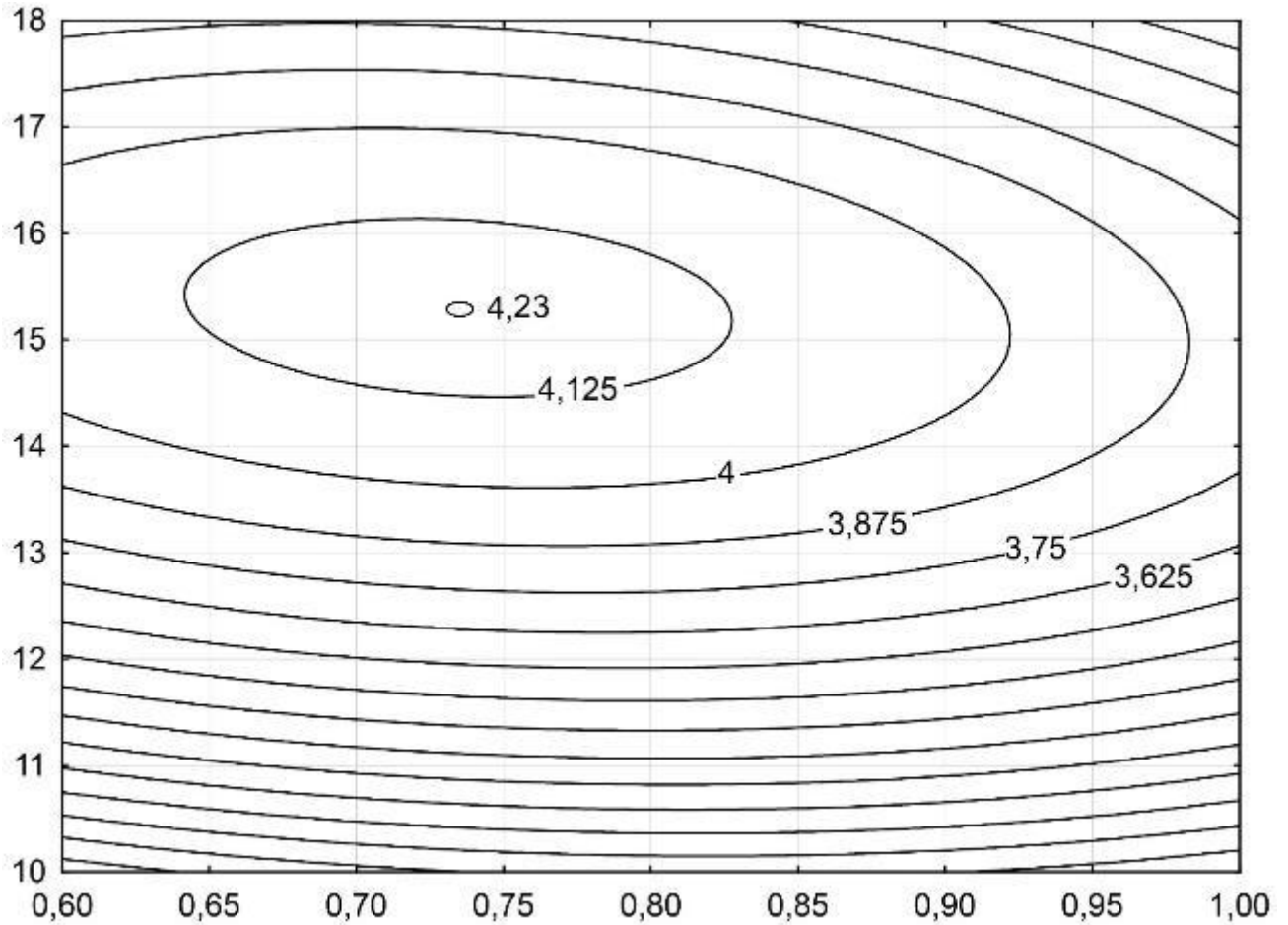


Рисунок 4.4 – Залежність пропускної здатності колектора від діаметра отвору в корпусі колектора і діаметра відповідної трубки, при вакууммі 42 кПа

Табличне значення критерію Фішера при рівні значимості 0,05 і числі ступенів свободи $f_1=f_{ad}=3$ та $f_2=f_e=2$ рівне 19,16. Так як $F < F_{\text{табл.}}$ ($0,33 < 19,16$ і $16 < 19,16$), то можна зробити висновок про адекватність отриманих рівнянь експериментальним даним.

Отримані математичні моделі дозволяють визначити витрата повітря і пропускну здатність колектора експериментального доїльного апарата в межах

обраних інтервалів варіювання рівнів факторів експерименту. У результаті проведення багатофакторного експерименту і обробки отриманих результатів були побудовані двовимірні перерізи поверхонь відгуку, представлені на рис. 4.4 – 4.6.

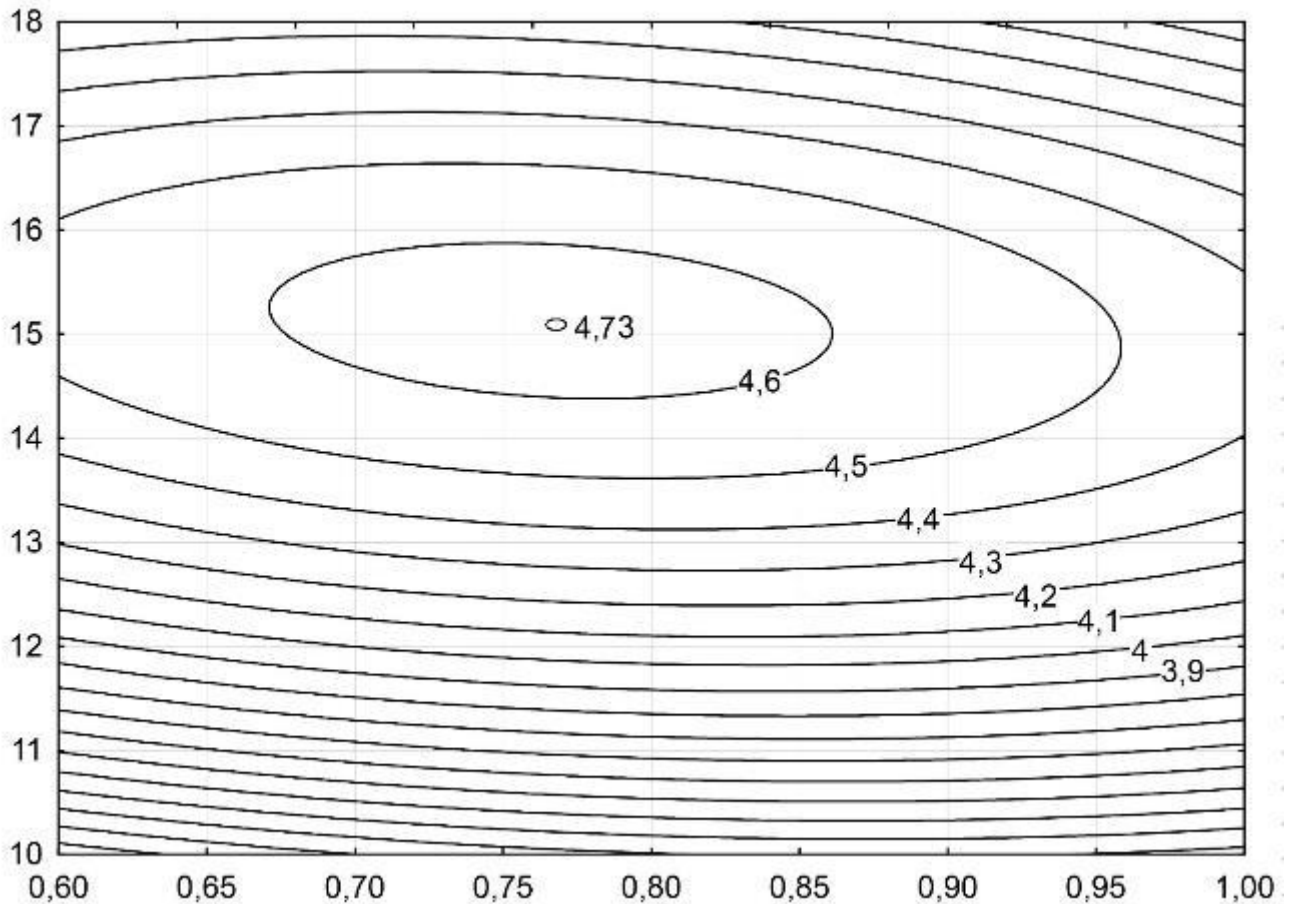


Рисунок 4.5 – Залежність пропускної здатності колектора від діаметра отвору в корпусі колектора і діаметра відповідної трубки, при вакуумі 48 кПа

За різного значення вакууму відрізняється і оптимальне значення конструкційних параметрів колектора. Так за вакууму 42 кПа оптимальні значення діаметрів d_m та d_0 15,2 та 0,73 мм відповідно. Зі збільшенням вакууму спостерігається зміщення точки оптимуму по діаметру d_0 в бік збільшення – до 0,78 мм при вакуумі 48 кПа. За вакууму 54 кПа оптимальні значення діаметрів зміщуються у бік зменшення.

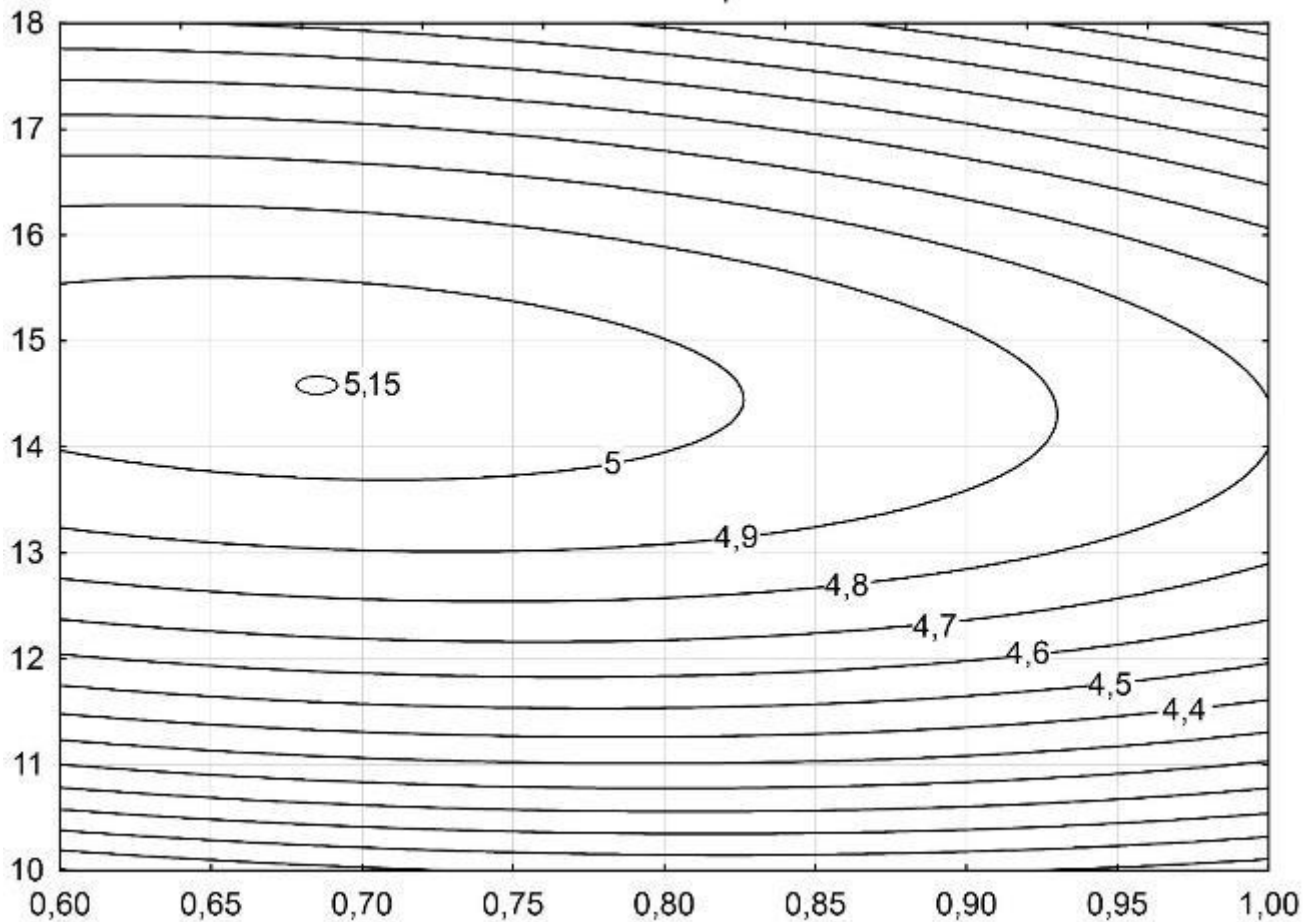


Рисунок 4.6 – Залежність пропускної здатності колектора від діаметра отвору в корпусі колектора і діаметра відповідної трубки, при вакууммі 54 кПа

В результаті аналізу графічних залежностей, представлених на рис. 4.4 – 4.6., а також покрокової обробки отриманих даних, можна визначити раціональні параметри колектора пропонованого доїльного апарата.

Оптимальний діаметр dm відповідної трубки лежить у межах від 14,5 до 15,5 мм, тому що при більшому діаметрі збільшується витрата повітря колектором, що негативно позначається на структурі потоку молока і його якості. Діаметр отвору для впуску повітря в колектор буде раціональним в інтервалі від 0,72 до 0,78 мм.

4.5 Визначення відстані від дна камери колектора до відповідної трубки

Як було сказано раніше, площа перерізу відповідної трубки f_m повинна бути більше або дорівнювати площі кільця S , утвореного між нею та дном молокозбірної камери колектора ($S = h_m \cdot \pi \cdot d_m$), а від висоти h_m щодо дна молокозбірної камери колектора залежить залишок молока в колекторі після завершення доїння. Тому h_m повинна бути мінімальною.

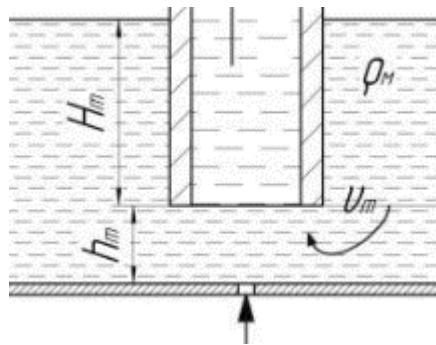


Рисунок 4.7 – Відстань від дна камери колектора до відповідної трубки

Таким чином, маючи оптимальні значення діаметра d_m , визначимо відстань від трубки до дна камери

$$\frac{\pi d_m^2}{4} = h_m \pi d_m, \quad (4.3)$$

Звідки

$$h_m = \frac{d_m}{4} = \frac{14,5 \dots 15,5}{4} = 3,6 \dots 3,8 \text{ мм.} \quad (4.4)$$

Тобто висоти $h_m = 3,6 \dots 3,8 \text{ мм.}$

4.6 Висновки

На підставі проведених експериментальних досліджень доїльного апарата з верхнім відводом молока з колектора можна зробити наступні висновки:

1. Збільшення діаметра отвору для впуску повітря в колектор підвищує витрата повітря колектором, при цьому змінюється пропускна здатність. Так, при діаметрах отворів 0,6, 0,8, 1,0 мм і при вакуумметричному тиску 50 кПа витрата повітря становить 1,2, 3,9 та 6,5 м³/год відповідно. Пропускна здатність доїльного апарата при діаметрі жиклера 0,6 мм і 0,8 мм відповідно рівна $Q = 4,9$ кг/хв і $Q = 5,2$ кг/хв, а при діаметрі 1,0 мм вона знижується до $Q = 5$ кг/хв.

2. Збільшення діаметра відвідної трубки підвищує витрату повітря колектором і пропускну здатність доїльного апарата. Так, при діаметрі відвідної трубки в діапазоні від 12 до 18 мм цей показник варіюється від 4,2 до 6,1 кг/хв, витрата повітря становить відповідно 5,2 до 5,4 м³/год.

3. При збільшенні вакуумметричного тиску підвищується пропускна здатність апарата і витрата повітря колектором. Так, при вакуумі p від 42 до 54 кПа пропускна здатність доїльного апарата становить $Q = 4,0 \dots 5,5$ кг/хв, а витрата повітря $V = 5,1 \dots 5,5$ м³/год відповідно.

4. Аналіз графічних залежностей результатів багатофакторного експерименту дозволяє визначити раціональні параметри колектора доїльного апарата. Діаметр d_m відвідної трубки рівний 15 мм при висоті її підйому щодо дна колектора 3,7 мм, діаметр отвору для впуску повітря 0,72...0,78 мм при вакуумметричному тиску в межах від 48 до 50 кПа.

5 Охорона праці

5.1 Охорона праці при дослідженнях удосконаленого доїльного апарату

Дослідження ефективності оптимізації доїльного апарату проводиться на базі лабораторії ДДАЕУ. Перед проведенням дослідницьких робіт студенти проходять медичний огляд, яким засвідчується, що вони не мають медичних протипоказань щодо виконуваної роботи. Особи, які виконують дослідження в лабораторії ознайомлюються з вимогами нормативно-правових актів з охорони праці, правилами поведінки з устаткуванням, діагностичним обладнанням, приладами, інструментами та іншими засобами виробництва, правилами застосування засобів колективного та індивідуального захисту.

Студенти пройшли первинний інструктаж до початку виконання роботи, під особистий підпис кожного у журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці.

Студенти виконують роботу відповідно доручення керівника. Виконувати роботу без доручення, або передоручати роботу іншому без відома керівника забороняється.

Керівник робіт визначає чіткі меж робочої зони студентів.

Для зменшення вірогідності впливу небезпечних факторів необхідно постійно дотримуватись вимог безпеки, стежити за власною безпекою, та безпекою оточуючих.

При виявленні невідповідності в роботі доїльного апарату при діагностиці, наприклад, поява сторонніх шумів, вібрації, запаху горілого, іскріння, відчуття електричного струму на корпусі обладнання, несправність обладнання для обслуговування необхідно терміново зупинити роботу, вимкнути електроживлення, повідомити про несправності керівника робіт.

При аварії або відключенні електроенергії відключити обладнання, зупинити роботу і повідомити керівника робіт.

5.2 Правила охорони праці при доїнні корів

Перед доїнням кожен оператор має ознайомитись з правилами охорони праці, які включають наступні пункти.

Ознайомлення та навчання. Перед початком роботи кожен працівник повинен пройти навчання з правил охорони праці при доїнні корів. Регулярно оновлюйте знання персоналу щодо безпеки під час доїння та використання обладнання.

Особистий захист. Завжди використовуйте засоби індивідуального захисту, такі як рукавиці, фартухи, і, при необхідності, маски чи респіратори. Впевніться, що взуття та одяг відповідають стандартам безпеки.

Гігієна рук. Обов'язково мийте руки перед та після доїння корів, використовуючи мийні засоби та дезінфікуючі розчини. Забезпечте належні умови для чистоти та сухості рук під час роботи.

Безпека тварин. Робіть все можливе для забезпечення спокійного стану тварин під час доїння. Запобігайте стресу та надмірному тиску на тварини під час процедури.

Перевірка обладнання. Регулярно перевіряйте та обслуговуйте обладнання для доїння, щоб уникнути можливих поломок або неполадок. Відремонтуйте або замініть пошкоджені частини негайно.

Безпека стійла. Переконайтеся, що стійло, в якому знаходяться корови, має правильні розміри та забезпечує безпеку для обслуговуючого персоналу. Уникайте різких рухів та галасу, щоб не налякати тварини.

Запобігання травмам. Уникайте великих рухів та стрибків біля тварин, щоб уникнути травмування для обох сторін. Ретельно обслуговуйте та застосовуйте механізми блокування або фіксації для запобігання непередбаченим рухам тварин.

Надання перерв. Встановлюйте регулярні перерви для обслуговуючого персоналу, особливо при тривалій роботі з коровами. Дбайте про своє здоров'я та відпочинок, щоб уникнути втоми та стресу.

Екстрені ситуації. Навчіть персонал діяти в екстрених ситуаціях, таких як випадки стресу від тварин або аварійні ситуації.

Виконання цих правил убезпечить операторів від впливу небезпечних та шкідливих факторів.

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях.

Система цивільного захисту ДДАЕУ

Система цивільного захисту у ДДАЕУ охоплює комплекс заходів та структурних одиниць, спрямованих на забезпечення безпеки та ефективного взаємодії в умовах можливих надзвичайних ситуацій. Основні елементи цієї системи та їх завдання можуть бути розглянуті наступним чином:

Структура системи цивільного захисту:

Адміністрація цивільного захисту: Відповідає за організацію та координацію заходів з цивільного захисту в навчальному закладі.

Групи цивільного захисту: Спеціально навчені групи, які виконують завдання з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Загальноуніверситетські комісії та підрозділи: Включають представників різних факультетів і служб для забезпечення взаємодії та координації заходів.

Задачі системи цивільного захисту в ДДАЕУ:

Забезпечення безпеки студентів, викладачів, адміністративного персоналу та інших присутніх в університеті в разі надзвичайних ситуацій.

Забезпечення заходів для запобігання збиткам та втратам матеріальних цінностей в разі аварій, пожеж та інших небезпек.

Розробка та впровадження планів дій в разі екстрених ситуацій, проведення тренувань та навчань для персоналу та студентів.

Взаємодія з органами цивільного захисту на рівні регіону та країни для обміну інформацією та отримання допомоги у випадку потреби.

Проведення інформаційних кампаній серед студентів і працівників для підвищення рівня свідомості щодо правил безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях. Організація медичного обслуговування та першої медичної допомоги в разі потреби. Система цивільного захисту в вищому навчальному закладі має на меті створення безпечного та надійного середовища для навчання та роботи, а також ефективного реагування на можливі надзвичайні ситуації.

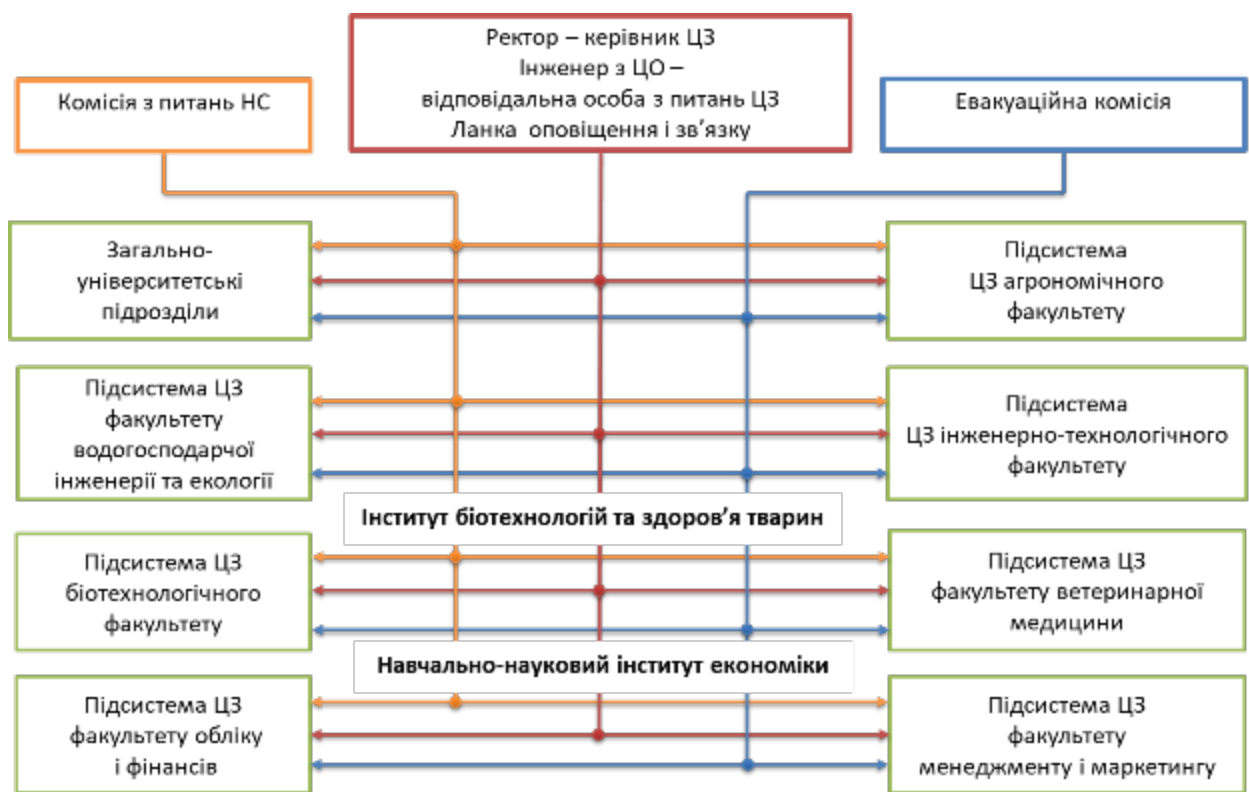


Рисунок 5.2 - Організаційна структура цивільного захисту ДДАЕУ

Специфічні завдання та заходи цивільного захисту ДДАЕУ:

Пожежна безпека. Розробка та впровадження пожежних планів, регулярні тренування евакуації та навчання персоналу щодо використання пожежних засобів.

Хімічна та біологічна безпека. Заходи щодо забезпечення безпеки під час роботи з хімічними речовинами або біологічними матеріалами, включаючи правила використання засобів індивідуального захисту.

Техногенна безпека. Розробка планів дій у випадку техногенних аварій, включаючи витіки різних речовин, аварії на лабораторних станціях та технічних системах університету.

Інформаційна безпека. Захист інформаційних ресурсів та забезпечення функціонування систем комунікації під час надзвичайних ситуацій.

5.4 Висновки

Приведено заходи з охорони праці при дослідженнях удосконаленого доїльного апарату, правила охорони праці при доїнні корів та запропоновано схему організаційної структури цивільного захисту в ДДАЕУ.

6 Економічне обґрунтування удосконаленого доїльного апарата

6.1 Вихідні дані

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

Основні показники економічної ефективності для оптимізованого доїльного апарата розраховувалися на підставі даних експериментальних досліджень, а для існуючого варіанта - взяті з технічної характеристики АДУ-1. Вихідні дані для розрахунку зводимо в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані

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

Продовження таблиці 6.1

1	2	3
Продуктивність доїльного апарата, т/год.	0,058	0,063
Потужність приводу, кВт	0,75	0,75
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1
Балансова вартість, грн.	3245	3245
Вкладення в переобладнання, грн.	-	865

6.2 Розрахунок показників економічної ефективності

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

Таблиця 6.2 - Показники економічної ефективності
удосконаленого доїльного апарата

Показники	Варіанти		Проектований у % до базового
	базовий (АДУ-1)	проектний (оптимізований апарат)	
1	2	3	4
Річний об'єм робіт, т.	74,4	74,4	100,0
Продуктивність доїльного апарата, т/год.	0,058	0,063	108,6
Потужність приводу, кВт	0,75	0,75	100,0
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1	100,0

Продовження таблиці 6.2

1	2	3	4
Балансова вартість, грн.	6850	9080	132,6
Витрати на переобладнання, грн.	-	2230	
Питомі річні експлуатаційні витрати, грн./т	950,43	883,20	92,9
в т. ч.: заробітна платня	896,55	825,40	92,1
витрати на електроенергію	33,62	30,95	92,1
амортизаційні відрахування	9,21	12,20	132,6
витрати на ТО та ремонт	11,05	14,65	132,6
Економія питомих експлуатаційних витрат, грн./т		67,23	
Економія експлуатаційних витрат, грн.	-	5001,8	-
Строк окупності, років	-	0,45	-

6.3 Висновки

Результати техніко-економічної оцінки проекту доїльного апарата вказують на його переваги у порівнянні з базовим варіантом, особливо в контексті експлуатаційних витрат, завдяки вищій продуктивності. Зазначено, що внаслідок цього досягнута економія у сумі 5001,8 грн., а строк окупності додаткових капітальних вкладень становить 0,45 року.

Загальні висновки

Під час виконання дипломної роботи було отримано наступні результати:

1. Аналіз існуючих конструкцій доїльних апаратів показав їхню недостатню пропускну здатність особливо при максимальному припуску або доїнні високопродуктивних корів. Тому перспективний доїльний апарат повинен мати високу пропускну здатність при стабільному вакуумі під діями під час доїння, що забезпечує доїльний апарат з верхнім відводом молока з колектора. Пропонований доїльний апарат повинен містити доїльні стакани, пульсатор, молочний і вакуумні шланги, колектор з відвідною трубкою, яка утворює нижнім кінцем осьовий зазор із дном молокозбірної камери колектора.

2. Теоретично визначено, що витрата повітря колектором залежить від діаметра отвору для впуску повітря в колектор. Виведена аналітична залежність швидкості повітря при подачі в колектор і діаметра отвору для впуску повітря в колектор, який залежить більшою мірою від вакуумметричного тиску в системі, об'ємної подачі молока в колектор та величини абсолютного повітряного фактора, рекомендоване значення якого для диспергованого плинусуміші повинен бути в межах від 1,5 до 3,5. Теоретично доведений вплив діаметра відвідної трубки, на пропускну здатність колектора. Отримана аналітична формула для знаходження діаметра трубки, яка поєднує в собі основні конструкційно-геометричні параметри колектора.

3. Теоретично встановлений діапазон значень конструкційно-технологічних параметрів доїльного апарата дозволив провести експериментальні дослідження та визначити раціональні параметри удосконаленого колектора. Діаметр d_m відвідної трубки рівний 15 мм при висоті її підйому щодо дна колектора 3,7 мм, діаметр отвору для впуску повітря 0,72...0,78 мм при вакуумметричному тиску в межах від 48 до 50 кПа.

4. Проведено розробку заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

5. Результати техніко-економічної оцінки проекту доїльного апарата вказують на його переваги у порівнянні з базовим варіантом, особливо в контексті експлуатаційних витрат, завдяки вищій продуктивності. Зазначено, що внаслідок цього досягнута економія у сумі 5001,8 грн., а строк окупності додаткових капітальних вкладень становить 0,45 року.

Бібліографія

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

молокопроводом . Технічні системи і технології тваринництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – Харків, 2015. – Вип. 157. – С. 146-152.

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

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

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

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

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

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

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

17. Новітні технології виробництва молока. Колектив авторів. За ред. Кравчука В.І. Дослідницьке, УкрНДІВПТ ім. Л. Погорілого. – 2008 - 70 с.

18. Павленко С.І. Оптимізація конструктивно-режимних параметрів ротаційного вакуумного насоса індивідуальної доїльної установки / С.І. Павленко, В.Ю. Дудін, Е.Б. Алієв // Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві: зб. наук. праць / Ін-т мех. тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2011. – № 1(7). – С. 240-252. – ISSN 2075-1591.

19. Павленко С.І. Експериментальні дослідження показників робочого процесу вакуумного насоса / С.І. Павленко, В.Ю. Дудін, В.С. Дубовенко // Вдосконалення технології та обладнання виробництва продукції тваринництва: Вісник харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – Харків, 2010. – Вип. 93. – С. 464-468.

20. Дудин В.Ю. Обоснование конструктивных параметров и режима работы ротационного вакуумного насоса/ В.Ю. Дудин, С.И. Павленко// Перспективные технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: материалы международной научно-практической конференции (Минск 11-12 апреля 2013 г.) В2 ч. Ч. 2 – минск: БГАТУ – 2013 С. 195 – 197.

21. Павленко С.І. Дослідження умов роботи в спряжені пластина-статор ротаційного вакуумного насоса індивідуальної доїльної установки / С.І. Павленко, В.Ю. Дудін, Е.Б. Алієв, / Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. - К., 2012. - Вип. 170, ч.1, - С.169-180.

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

23. Дудін В.Ю. Підвищення ефективності роботи вакуумних установок доїльного обладнання / В.Ю. Дудін, С.І. Павленко, Б.Т. Потеруха // Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві: зб. наук. праць / Ін-т

мех. тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2009. – Вип. 3 (3). – С. 8-13. – ISSN 2075-1591

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

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

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

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

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

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

30. Reinemann D.J. Effects of Milking Vacuum on Milking Performance and Teat Condition / D.J. Reinemann, M.A. Davis, D. Costa, A.C. Rodriguez // Proceedings, AABP- National Mastitis Council. International Symposium on Mastitis and Milk Quality, 13-15.09.2001, Vancouver, Canada. – 2001.

31. Tan J. Analysis of vacuum systems / J. Tan, K.A. Janni, R.D. Appleman // *Journal of Dairy Science*. – 1993. – № 76. – P. 2204-2212.
32. Закон України «Про охорону праці»
33. НПАОП 0.00-4.21-04. «Типове положення про службу охорони праці»
34. ДСТУ 2293-99 «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять»
35. НПАОП 0.00-6.03-93 «Порядок опрацювання і затвердження роботодавцем нормативних актів з охорони праці, що діють на підприємстві»
36. Положення «Про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту» (Наказ Держгірпромнагляду від 24.03.2008 року № 53).
37. ДСТУ 4397: 2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 15 с.