

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**  
Механіко-технологічний факультет

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри  
охорони праці та біотехнічних систем в  
тваринництві

Хмельвський В.С.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА**

**на тему: «МЕХАНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ДОЇННЯ КОРІВ З  
УДОСКОНАЛЕННЯМ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТУ»**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

**Гарант освітньої програми**

К.Т.Н., доцент  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Сівак І.М

**Керівник дипломного проєкту бакалавра**

Д.Т.Н., професор  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Хмельвський В.С.

**Виконав**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Штацька А.С.

**КИЇВ – 2025**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Механіко – технологічний факультет

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
завідувач кафедри  
охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві  
д.т.н., проф. \_\_\_\_\_ Хмельовський В,С.  
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис)  
“15” грудня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**  
на виконання дипломного проєкту бакалавра студенту  
Штацькій Анастасії Станіславівни  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність \_\_\_\_\_ 208 Агроінженерія  
(код і назва)

Тема дипломного проєкту бакалавра «Механізація процесу доїння корів з удосконаленням доїльного апарату» \_\_\_\_\_  
затверджена наказом ректора НУБіП України від “26” \_\_\_\_\_ 11 2024 р. №2098 «с»  
Термін подання завершеної роботи (проєкту) на кафедру \_\_\_\_\_ 2025 \_\_\_\_\_  
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проєкту бакалавра Основні технологічні схеми доїння корів. Довідкові дані про машини та обладнання. Структура поголів'я тварин та перспективи його розвитку. План ферми та оцінка тваринницьких приміщень. Норми та раціони годівлі тварин. Стан механізації виробничих процесів.

Перелік питань, які потрібно розробити:

Перелік графічних документів (за потреби) 1. План приміщення. 2. Класифікація доїльного апарату. 3. Схема доїльного апарату. 4. Доїльний апарат. (Креслення). 5. Деталювання доїльного апарату.

Дата видачі завдання “\_\_” \_\_\_\_\_ 2025\_ р.

Керівник дипломного проєкту бакалавра \_\_\_\_\_  
( підпис ) Хмельовський В.С.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_  
( підпис ) Штацька А.С.

## Зміст

Завдання на дипломне проєктування .....	2
Зміст.....	3
Вступ .....	5
Реферат .....	7
<b>РОЗДІЛ 1. Теротичні основи механізації процесу доїння корів .....</b>	<b>9</b>
1.1. Історія розвитку механізації доїння .....	9
1.2. Принципи роботи доїльних апаратів.....	16
1.3. Типи доїльних апаратів та їх характеристики.....	20
<b>РОЗДІЛ 2. Аналіз існуючих доїльних апаратів.....</b>	<b>23</b>
2.1. Огляд сучасних моделей доїльних апаратів .....	23
2.2. Проблеми та недоліки існуючих систем.....	26
2.3. Вплив механізації на ефективність доїння .....	31
2.4. Технологічний розрахунок процесу доїння.....	35
2.5 Розрахунок машин для доїння корів.....	36
2.6 Розрахунки параметрів машинного доїння корів.....	37
<b>РОЗДІЛ 3. Удосконалення доїльного апарату .....</b>	<b>38</b>
3.1. Розробка удосконалених конструкцій доїльних апаратів.....	38
3.2. Оцінка ефективності удосконалених моделей .....	40
3.3 Визначення параметрів доїльних апаратів .....	43
<b>РОЗДІЛ 4. Економічне обґрунтування проекту.....</b>	<b>45</b>
4.1 Загальний огляд.....	45
4.2. Техніко-економічні показники .....	46
<b>РОЗДІЛ 5. Охорона праці та техніка безпеки на молочних фермах.....</b>	<b>48</b>
5.1. Основні принципи охорони праці на молочних фермах.....	48
5.2. Забезпечення безпечної роботи доїльного апарата АДУ-1.....	49

5.3. Електробезпека на молочних фермах.....	49
5.4. Вимоги до вентиляції, мікроклімату та освітлення.....	50
5.5. Підготовка до надзвичайних ситуацій.....	51
Висновки .....	52
Список використаної літератури .....	53

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сучасна механізація процесу доїння корів є ключовим елементом агропромислового комплексу, що забезпечує зростання ефективності молочного тваринництва та якості отриманої продукції. Протягом останніх десятиліть відбувся значний прогрес у створенні доїльних апаратів, які автоматизують процес доїння, зменшують фізичне навантаження на працівників ферми та сприяють збереженню здоров'я тварин. Утім, попри наявність багатьох сучасних моделей, залишаються актуальними проблеми, пов'язані з механічними пошкодженнями сосків, нестабільністю вакуумного режиму та підвищеним навантаженням на молочну залозу. Існують прогалини у знаннях щодо оптимізації конструктивних параметрів доїльних апаратів, що впливають на комфорт тварин та якість молока.

Актуальність цієї роботи зумовлена зростаючими вимогами до безпеки, швидкості та якості доїння у молочному скотарстві, що потребує вдосконалення технічних засобів, зокрема доїльних апаратів.

Проблема створення доїльного обладнання, яке здатне адаптуватися до фізіологічних особливостей тварини в процесі доїння, зокрема для забезпечення безпечного впливу на молочну залозу, досі недостатньо вивчена, особливо в умовах прив'язного утримання корів. Особливо мало досліджене питання застосування керованого режиму доїння з використанням доїльного апарату, що включає доїння в бідон. Тому необхідні подальші наукові дослідження, вивчення та розробка адаптивного доїльного апарату з доїнням в бідон.

**Предметом дослідження** є конструктивні особливості доїльних апаратів та їх вплив на ефективність доїння, а об'єктом – процес механізованого доїння корів у системах молочного тваринництва.

**Робота** є логічним продовженням попередніх досліджень у сфері механізації сільськогосподарських процесів, зокрема автоматизації доїння. З урахуванням розвитку цифрових технологій, нових матеріалів і підходів до ветеринарного контролю виникає потреба у розробці нових конструкцій доїльних

апаратів, які відповідали б сучасним вимогам якості, економічності, зручності обслуговування та добробуту тварин. Запропоновані дослідження спрямовані на вдосконалення доїльного обладнання шляхом розробки інноваційної моделі, що сприятиме зниженню собівартості продукції, покращенню умов експлуатації та підвищенню надійності роботи обладнання.

## Реферат

Дипломна робота присвячена удосконаленню доїльних апаратів для підвищення ефективності молочного виробництва та покращення умов доїння. Вона складається з трьох основних розділів, що охоплюють теоретичний та практичний аналіз конструкцій доїльних апаратів, їх недоліків та удосконалень.

**Об'єкт дослідження:** механізація процесу доїння корів, зокрема удосконалення конструкцій доїльних апаратів.

**Мета роботи:** удосконалення існуючих моделей доїльних апаратів шляхом покращення їх конструкції та оцінка ефективності змін з техніко-економічної точки зору.

**Методи досліджень:** теоретичний аналіз, експериментальні дослідження, техніко-економічний аналіз. Для оцінки ефективності апаратів використовувались спеціалізовані пристрої для вимірювання продуктивності, рівня залишкового молока, частоти випадків маститу тощо.

**Результати та новизна:** запропоновані удосконалені конструкції доїльних апаратів, що знижують витрати енергії та часу на доїння, підвищують безпеку для здоров'я тварин і зменшують частоту маститу. Новизна роботи полягає в застосуванні комбінованих режимів доїння для підвищення ефективності процесу.

**Ступінь впровадження:** розроблені моделі пройшли тестування в молочних господарствах, показавши позитивні результати.

**Взаємозв'язок з іншими роботами:** робота доповнює дослідження в галузі механізації тваринництва, зокрема удосконалення обладнання для молочного виробництва.

**Галузі застосування:** молочна промисловість, ферми та аграрні підприємства, розробка нових стандартів для доїльного обладнання.

**Економічна ефективність:** зниження витрат на електроенергію, зменшення часу на доїння та витрат на обслуговування дозволяє досягти економічного ефекту до 15 % річних витрат на виробництво молока.

**Ключові слова:** ДОЇЛЬНИЙ АПАРАТ, МЕХАНІЗАЦІЯ, УДОСКОНАЛЕННЯ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ, МАСТИТ, ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, МОЛОЧНЕ ВИРОБНИЦТВО.

# РОЗДІЛ 1.

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МЕХАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ДОЇННЯ КОРІВ

### 1.1. Історія розвитку механізації доїння

Конкурентоспроможність молочного скотарства забезпечується не лише завдяки підвищенню генетичного потенціалу продуктивності поголів'я та впровадженню біотехнологічних і селекційних досягнень, а й через широке застосування механізації й автоматизації виробничих процесів. Молочна галузь вважається найбільш трудомісткою у сфері тваринництва, а машинне доїння корів є її найскладнішою складовою. На сьогодні вітчизняне молочне скотарство зосереджено на ефективному веденні виробництва та отриманні якісного молока, що є важливою сировиною для переробної промисловості. Особливої актуальності ці питання набувають у контексті сучасного пошуку рішень продовольчої кризи та забезпечення безпеки харчових продуктів [3, с. 16].

Примусове вилучення молока з вимені корови може здійснюватися шляхом катетеризації дійок, ручного доїння або за допомогою доїльного апарата. Застосування катетерів дозволяє видалити приблизно 40–60 % молока, яке накопичується в молочній залозі перед доїнням. Проте часте використання катетерів для зціджування молока призводить до передчасного припинення лактації та запуску корів, тому цей метод практично не застосовується у господарській діяльності та використовується лише для наукових досліджень фізіологічних процесів у період лактації [14].

Натомість інші способи добування молока, зокрема природне ссання телям і машинне доїння, широко використовуються у тваринництві. У природних умовах теля смоче молоко, беручи дійку до рота, притискаючи її до піднебіння і створюючи вакуум за допомогою рухів язика і щелеп. У фазі ссання формується знижений тиск у кінці дійки (в ротовій порожнині) та всередині неї. Під час розслаблення рота теляти вакуум зменшується. Наприкінці кожного циклу в

дійковій цистерні зберігається вакуум близько 40 кПа. Після зниження тиску біля основи дійки вона знову наповнюється молоком, і процес повторюється [27; 40].

Досі не вдалося створити доїльний апарат, який би повністю імітував природний процес ссання телям [32]. Результати наукових досліджень і експериментів [27; 40] свідчать, що під час одного акту ссання теля, як правило, висмоктує переважно лише цистернальне молоко.

Така неповнота молоковіддачі слугує головним чинником, який регулює як об'єм, так і темп вироблення молока, необхідного для нормального росту теляти. Якщо під одну корову підпустити чотирьох телят, то обсяг молоковіддачі зросте, що, своєю чергою, стимулює збільшення лактації та підвищення загального об'єму надоєного молока.

Технологія механізації доїння корів розвивається вже понад століття і стала невід'ємною частиною молочного скотарства. Її впровадження дало змогу суттєво підвищити ефективність праці: дояр отримав можливість обслуговувати значно більшу кількість тварин, ніж за умови ручного доїння, при цьому витрати фізичної праці істотно скоротилися. Використання доїльних апаратів дозволило повноцінно реалізувати головну функцію вимені – виведення молока з усіх чвертей одночасно, що, у свою чергу, сприяло зростанню продуктивності корів [14; 24; 25].

Згідно з аналізом літератури, перші пристрої, що імітували ручне доїння, з'явилися ще у 1878 році. Перші лактатори функціонували за різними кінематичними принципами – дисковими з ланцюговими роликами, вальцевими, лопатковими, з порожнистими жолобами або повітряними подушками. Вони працювали за допомогою механічного, гідравлічного чи пневматичного приводу. Однак ці пристрої виявилися малоефективними, складними у виготовленні, незручними у використанні й ненадійними, а також часто спричиняли травмування вимені, через що не знайшли широкого застосування у фермерських господарствах [3, с. 16-17].

На початку ХХ століття розпочався етап промислового виробництва доїльних машин і їх активного впровадження на фермах у країнах із розвиненим молочним скотарством, таких як Англія, Нова Зеландія, США, Швеція та інші. У цей період з'явилися перші зразки, які стали основою для сучасних доїльних установок. Найбільшого поширення набули системи відерного типу з переносними доїльними апаратами та стаціонарним вакуумним насосом, а також варіанти із пересувними вакуумними насосами. Паралельно були розроблені доїльні установки, оснащені молочними лініями. Варто зазначити, що ідея транспортування молока трубопроводом виникла майже одночасно з появою вакуумних доїльних апаратів. Однією з перших промислових моделей із вбудованим молокопроводом стала установка новозеландської компанії «Гейн», яка в 1913 році успішно пройшла випробування, організоване Англійським сільськогосподарським товариством [12].

Ми погоджуємося на розробку пристрою «Моретон», як зазначено вище трубочки з'єднувалися в одному колекторі, з якого молоко відводилося у відро через трубопровід. Раніше зроблені трубок-катери через сфінктер пошкоджували судини, а молоко не витікало повністю, що призводило до хвороби тварин. Тому ці апарати не отримали широкого поширення. У 1837 році був створений дисковий витискувальний доїльний апарат, на якому застосовано механізм, подібний до руки людини. Витискання відбувалося за допомогою обертових дисків з роликками, і пристрої могли працювати механічними способами, гідравлічними або пневматичними приводами. Відтоді про них було багато чуток, вони дбали про різні методи [11, с. 11-13].

Вагомий внесок у дослідження фізіологічних основ лактації та у вдосконалення технічних засобів машинного доїння зробив австралійський науковець У. Г. Уіттлстоун. Його праця «Принципи машинного доїння» викликала значну зацікавленість серед фахівців тваринництва, оскільки містила обґрунтовані практичні поради та рекомендації.

У корівниках із прив'язним способом утримання худоби машинне доїння стало широко застосовуваним безпосередньо в стійлах за допомогою переносних

відерних установок, які на той час вважалися значним досягненням механізації. Уже на початку 1950-х років на фермах набув широкого впровадження молокопровід, змонтований поряд із вакуумною лінією, що забезпечувало з'єднання доїльних стаканів із молочним відділенням господарства. Це значно полегшило працю доярок та в цілому покращило технологічний процес на фермах.

На початку 1960-х років Всесоюзний науково-дослідний інститут електрифікації сільського господарства спільно з Ризьким спеціалізованим конструкторським бюро, що займалося технікою для великої рогатої худоби, розробили систему безрозбірної циркуляційної мийки доїльного обладнання, оснащеного молокопроводом. У подальшому всі відповідні вітчизняні доїльні установки були обладнані саме такими системами очищення [12].

Наступний етап у розвитку техніки доїння був пов'язаний із впровадженням безприв'язного способу утримання худоби. В рамках цієї технології будували окремі приміщення – доїльні зали або доїльно-молочні блоки, в яких концентрувалося все необхідне обладнання.

Такий поділ дозволив значно підвищити ефективність праці за рахунок її спеціалізації, а також покращити санітарно-гігієнічні умови виробництва молока. Отримане молоко надходило по короткому молокопроводу безпосередньо в охолоджувачі та резервуари для тимчасового зберігання.

Згідно з дослідженнями, перші установки для машинного доїння з прохідними доїльними станками були створені ще на початку ХХ століття. Спочатку кожні дві станції обслуговувалися одним доїльним апаратом: поки одну корову доїли, у другій підготували наступну. Проте з часом з'ясувалося, що простій станка приносить більше економічних втрат, ніж простій доїльного апарата. У зв'язку з цим кожен станок почали обладнувати окремим апаратом. У 1953 році в підмосковному колгоспі «*Шлях Леніна*» було введено в експлуатацію доїльний зал із прохідними станками, який показав високу ефективність. Успіх цієї моделі спричинив її активне копіювання господарствами по всьому

Радянському Союзу, а згодом і серійне виробництво такого обладнання на вітчизняних підприємствах [13].

Подальші удосконалення конструкції Шілдса призвели до створення однокамерних доїльних стаканів, виготовлених з твердого матеріалу, що дозволяло уникнути їх деформації під час доїння. Оскільки розміри дійок у корів були різними, для кожного з них виготовляли стакани різного розміру, що ускладнювало експлуатацію. Через це машини з однокамерними стаканами не здобули широкого застосування.

У 1902 році Халберт і Парк, а також австралієць Джильє, незалежно один від одного, розробили двокамерний доїльний стакан і пульсатор з особливою камерою, в якій вакуум змінювався регулярно від нуля до 380 мм рт. ст. Доїльний стакан

Джилльє складався з жорсткого металевого зовнішнього циліндра та еластичного гумового внутрішнього. Джильє також обґрунтував необхідність створення різниці тиску, що дозволяло транспортувати молоко в ємність [38].

Ключовим етапом розвитку доїльної техніки стало створення в 1963 році А. І. Фененком доїльного апарату ДА-Ф-50 з об'єднаним пульсатором-колектором ДА-50.00.000, який забезпечував ефективне виведення молока при рівних величинах вакуум метричного тиску в піддійкових та міжстінкових просторах двокамерних стаканів під час смоктальних тактів. Розвиток доїльних апаратів продовжувався, і були створені моделі, такі як ДА-3М, «Волга», «Доярка», АДУ-1/2, АДУ-1/3, ДА-50, ДА-Ф-70, ДАЧ-1 та інші [22].

До початку 1970-х років розробка та впровадження нових моделей доїльних установок зазнали суттєвих змін. Однією з основних інновацій стало впровадження автоматичних систем, що дозволяли контролювати весь процес доїння за допомогою комп'ютеризованих технологій. Це дозволяло значно підвищити продуктивність, знизити трудові витрати та забезпечити більш точне регулювання процесу доїння, що впливало на збереження здоров'я корів і підвищення якості молока.

Завдяки впровадженню молокопроводів та автоматизованих мийних систем, ферми змогли досягти значних знижок на витрати, що зробило молочне виробництво більш економічно вигідним і стало важливим кроком до інтеграції автоматизації в аграрний сектор.

Отже, досвід минулих років показує, що розробка та впровадження у виробництво сучаснішого доїльного обладнання, створеного винахідниками, спрямовувалася на підвищення ефективності молочної галузі, забезпечення кращих умов для утримання тварин та покращення їх фізіологічного стану.

## **1.2. Принципи роботи доїльних апаратів**

Головним показником ефективності сучасних доїльних установок є здатність максимально ефективно видоювати тварин за мінімальний час, зберігаючи здоров'я корови та забезпечуючи високу якість молока. Однією з основних тенденцій розвитку доїльної техніки є використання новітніх композиційних матеріалів і технологій, а також впровадження елементів «інтелектуальних» систем.

Під час розробки нових моделей доїльних апаратів часто виникають суттєві труднощі, пов'язані з недостатньою кількістю об'єктивної інформації, необхідної для обґрунтованого вибору їхніх технічних параметрів. Зокрема, значення вакуумметричного тиску, частота пульсацій, співвідношення фаз доїння та діаметр дійкової гуми нерідко визначаються невірно, що призводить до неефективності роботи апарата в реальних умовах експлуатації [14].

Коновалова А.С. та Tousova R. досліджували вплив різних доїльних установок на функціональні характеристики вимені корови та якість молока. Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що для оптимізації прояву генетичного потенціалу корів і покращення якості молока необхідно використовувати доїльне обладнання, яке забезпечує своєчасну стимуляцію

процесу молоковіддачі, повноту видоювання, регулювання вакууму в кожному доїльному стакані, а також ефективно транспортування та охолодження молока. За результатами досліджень найбільш ефективними виявились доїльні установки «ВестфаліяСердж» та «DeLaval».

З їхньої точки зору, для доїння в молокопровід найбільш оптимальною є система Duovac. Вона працює при вакуумі 48 кПа і частоті пульсацій 60 пул/хв під час основного етапу доїння, а коли інтенсивність молоковиведення зменшується до 200 мл/хв на початку і в кінці доїння, доїльний апарат переходить в ощадний режим

(вакуум – 33 кПа, частота пульсацій – 48 пульсацій за хвилину). Таким чином, при затримці доїльних стаканів на дійках вимені, що є наслідком несвоєчасного відключення, зменшується негативний вплив "холостого" доїння на молочну залозу [38].

Попарний режим забезпечує більш стабільний потік молока в камеру колектора протягом всього циклу доїння. Окрім того, цей режим майже вдвічі збільшує кількість подразнень рецепторів дійок, що значно покращує стимуляцію рефлексу молоковіддачі. Також він може сприяти вирівнюванню часу доїння різних долей вимені з різною кількістю молока за рахунок коригування тривалості тактів ссання та кількості стимулюючих подразнень у парах стаканів.

Основним недоліком попарного режиму є те, що інтенсивність потоку молока вдвічі менша порівняно з одночасним режимом роботи стаканів. Зважаючи на переваги та недоліки цих режимів, обґрунтовано доцільність використання комбінованого попарно-одиначного режиму, при якому протягом доїння в різних парах стаканів змінюються фази тактів ссання та стиску на певну величину, яка залежить від різниці частоти пульсацій між парами стаканів [9].

Для забезпечення оптимальних умов доїння та збереження здоров'я корів, важливо не лише вибрати правильне обладнання, але й правильно налаштувати параметри роботи доїльних апаратів. Одним з важливих аспектів є індивідуальне налаштування вакууму, частоти пульсацій та інтервалів між тактами ссання. Така настройка дозволяє підвищити ефективність молоковіддачі, зменшити стрес для

тварин та забезпечити високу якість молока. У той час, як доїльні установки з автоматичним регулюванням дозволяють мінімізувати вплив людського фактору, вони також забезпечують постійну моніторинг та адаптацію до потреб кожної корови, що сприяє досягненню високих результатів.

Отже, на сучасному етапі розвитку молочного виробництва важливу роль відіграють не тільки технічні характеристики доїльних установок, а й їх інтеграція в автоматизовані системи управління фермами. Впровадження таких «інтелектуальних» систем дозволяє здійснювати віддалене управління, збір даних про стан тварин, обсяг молоковіддачі, а також моніторинг стану обладнання. Завдяки цьому можна своєчасно виявити будь-які відхилення у роботі доїльної системи, що дозволяє швидко усувати неполадки та забезпечувати безперебійну роботу [43].

Незважаючи на численні переваги автоматичних доїльних систем, важливим аспектом є навчання персоналу, який має працювати з таким обладнанням. Це не тільки сприяє ефективному використанню всіх можливостей сучасних установок, а й забезпечує безпеку як для тварин, так і для людей. Окрім того, навчання персоналу допомагає зменшити ризик технічних несправностей та підвищити загальний рівень продуктивності молочного господарства.

Також важливою складовою розвитку доїльних систем є енергетична ефективність. Зниження витрат енергії на кожен цикл доїння є важливим елементом економії витрат і підвищення рентабельності молочного виробництва. Сучасні доїльні установки, оснащені енергозберігаючими технологіями, дозволяють значно зменшити енергетичні витрати та оптимізувати роботу молочних ферм, що сприяє зменшенню загальної вартості виробництва молока.

### **1.3. Типи доїльних апаратів та їх характеристики**

Доїльні установки класифікуються за кількома основними критеріями. Залежно від умов використання, їх поділяють на стаціонарні та пересувні.

Відповідно до способу розміщення корів під час доїння, виділяють установки для доїння тварин у нерухомих або рухомих станках. За методом входу та виходу корів у доїльні станки установки поділяються на індивідуальні та групові. За розташуванням станків одна відносно одної розрізняють такі схеми: паралельна (типу «Тандем»), радіальна, під кутом (типу «Ялинка») та послідовна. Окрім цього, доїльні установки розрізняють за способом збору молока – у відра чи бідони або за допомогою молокопроводу.

Для доїння у стійлах із використанням бідонів найчастіше застосовують установки типу УДБ, АД-100А, що працюють із три- або двотактними апаратами (АДУ-1, ДА-2М). При зборі молока молокопроводом використовують доїльні установки УДМ, АДМ-8А та її модернізовану версію АДМ-8-04 з двотактними апаратами. Установки для доїння на спеціальних майданчиках або в доїльних залах використовують переважно при безприв'язному утриманні корів. Вони потребують наявності автоматичних прив'язно-відв'язних механізмів і ефективні для великих молочних комплексів, де впроваджена потокова технологія.

Використання установки УДА-100 дозволяє формувати технологічні групи корів, кожна з яких доїться повністю перед заміною. Комплект обладнання складається з восьми доїльних апаратів.

З огляду на особливості фізіології тварин, для забезпечення належної організації процесу машинного доїння було розроблено технологічний регламент – «Правила машинного доїння». У документі визначені критерії придатності корів до машинного доїння, описані вимоги до підготовки, гігієнічної обробки вимені, технічного обслуговування обладнання, безпеки та організації доїльних залів.

Основні етапи машинного доїння включають: перевірку технічного стану обладнання, підігрів апаратів у холодну пору року, миття вимені теплою водою (40–45°C), обтирання рушниками, масаж, здоювання перших струменів, огляд вимені, під'єднання апарату, контроль процесу, машинне додоювання, від'єднання апарату. Повне видоювання повинно відбуватись без ручного додоювання.

До ключових вимог процесу належать стабільність усіх операцій, обмеження часу

перебування тварин на переддоїльних майданчиках (до 20 хвилин), тривалість підготовки вимені (40–60 секунд), основне доїння (4–6 хвилин), машинне додоювання (до 30 секунд), автоматичне вимкнення апарату при зменшенні молоковіддачі до 200 мл/хв та завершення роботи не пізніше ніж через хвилину після припинення молоковіддачі [23].

Машинне доїння здійснюється із застосуванням вакуумних доїльних апаратів, що діють за принципом періодичної зміни тиску, імітуючи ритм смоктання теляти. Такий підхід дозволяє ефективно видаляти молоко без шкоди для здоров'я тварини. Сучасні апарати можуть бути одно-, дво- або тритактними, залежно від кількості фаз у доїльному циклі. Найбільш поширеними є двотактні та тритактні апарати, які забезпечують чергування фаз доїння, відпочинку та стиснення соска.

Правильний вибір типу доїльного апарату та його технічне обслуговування мають вирішальне значення для забезпечення стабільної роботи, збереження здоров'я вимені та отримання високоякісної молочної продукції. Від ефективності доїльної установки також залежить рівень механізації праці, економія часу та загальна рентабельність молочного виробництва.

## РОЗДІЛ 2.

### АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ДОЇЛЬНИХ АПАРАТІВ

#### 2.1. Огляд сучасних моделей доїльних апаратів

У сучасному тваринництві активно впроваджуються автоматизовані системи керування технологічними процесами, зокрема в доїнні. Сучасні доїльні апарати є важливим елементом комплексної механізації та автоматизації ферм, що дозволяє суттєво знизити витрати праці та підвищити ефективність виробництва. Новітні моделі оснащені гідравлічними та пневматичними системами, а також пристроями автоматичного управління, контролю та сигналізації. Це забезпечує стабільну якість доїння, зменшує вплив людського фактора і сприяє підвищенню продуктивності тварин. Перехід від використання окремих машин до створення потокових технологічних ліній дає змогу здійснювати доїння у високому темпі з мінімальним залученням обслуговуючого персоналу [4, с. 10-11].

Технологія виробництва молока являє собою складну біотехнічну систему, у якій умови утримання, технічні засоби та технологічні процеси тісно взаємодіють із основним біологічним елементом – твариною [30].

Аналіз свідчать, що жодне технологічне обладнання, задіяне у виробництві молока, не взаємодіє з твариною настільки тісно, як доїльна установка, а особливо її ключовий елемент – доїльний апарат [36]. Конструктивні особливості доїльної установки значно впливають на процес доїння, зокрема на активацію рефлексу молоковіддачі у корів, а також на якість молока та його технологічні характеристики [43].

Сучасні моделі доїльних апаратів розробляються з урахуванням фізіологічних особливостей корів і спрямовані на мінімізацію стресу під час доїння. Вони забезпечують оптимальне співвідношення тиску та ритму роботи, подібне до природного смоктання телям. Зокрема, нові конструкції доїльної гуми враховують параметри міжстінкового й підсоскового тиску, еластичність

матеріалів та їхню здатність до деформації без шкоди для тварини. Завдяки цьому зменшується травматичний вплив на соски та покращується якість молока. Деякі моделі здатні забезпечити до 400–600 ритмічних стиснень за одне доїння, що сприяє ефективному та делікатному видаленню молока. Новітні розробки також враховують критичні навантаження на тканини молочної залози, використовуючи математичні моделі, зокрема теорію оболонок, для оптимізації конструктивних рішень [6].

Важливим аспектом є також застосування спеціальних систем для автоматичного регулювання рівня вакууму в доїльних апаратах. Використання сучасних вакуумних насосів, що автоматично адаптуються до зміни параметрів молоковіддачі, дозволяє забезпечити оптимальний вакуумний тиск під час всього процесу доїння. Така система значно знижує навантаження на молочну залозу корови і сприяє зменшенню стресу. Водночас оптимізація рівня вакууму сприяє підвищенню ефективності доїння та забезпечує мінімізацію витрат на енергоспоживання, оскільки вакуумні насоси працюють лише тоді, коли це необхідно, що дозволяє економити електроенергію і зменшити витрати на технічне обслуговування обладнання [41].

Ще одним важливим досягненням є розробка системи інтеграції доїльних апаратів з іншими процесами на фермі. Сучасні моделі доїльних установок можуть бути частиною комплексної автоматизованої системи управління фермами. Це дозволяє здійснювати моніторинг і управління не лише процесом доїння, але й іншими аспектами діяльності ферми, такими як кормова база, система вентиляції та опалення, а також система управління водопостачанням. За допомогою централізованої системи управління можна здійснювати дистанційне налаштування параметрів роботи кожного елемента ферми, що забезпечує зручність і ефективність роботи на великих молочних комплексах [30].

Крім того, очікується збільшення використання штучного інтелекту та машинного навчання для вдосконалення систем управління, що дозволить створювати адаптивні доїльні установки, які можуть самостійно налаштовувати параметри роботи в залежності від фізіологічного стану кожної корови [29].

Технології цього типу зможуть значно підвищити продуктивність та ефективність молочного виробництва в майбутньому, одночасно знижуючи ризики для здоров'я тварин .

## **2.2. Проблеми та недоліки існуючих систем**

Якість сирого молока визначають за хімічним складом та мікробіологічними показниками. Молоко повинно бути гігієнічно та бактеріологічно безпечним і отриманим від здорових корів. Для виробництва молока екстра класу необхідно виконувати ряд гігієнічних процедур, таких як підготовка вимені, обробка доїльного обладнання (включаючи миття та дезінфекцію дійок, доїльних чашок і молокопроводів) та своєчасне охолодження молока.

Неправильне використання машинного доїння може також призвести до пошкодження вимені та розвитку маститу, що збільшує кількість соматичних клітин у молоці.

При низькій частоті пульсацій у двотактних доїльних апаратах вакуумметричний тиск на рівні 48–50 кПа є оптимальним для більшості корів [14]. Проте підвищення цього тиску викликає надмірне кровонаповнення (гіперемію) дійок, що може призвести до запалення окремих часток вимені, зокрема до маститу, і ускладнює використання машинного доїння. Найбільш помітний негативний вплив надлишкового вакууму спостерігається після завершення видоювання молока, коли вразливі внутрішні тканини дійок піддаються постійному впливу тиску. Якщо доїльні стакани не знімаються вчасно, тиск продовжує діяти на дійки, викликаючи у тварин больові відчуття.

Використання широко відомих в Україні доїльних апаратів, таких як ДА-2, ДА-3М, АДУ-1-01, «Волга» та інших, що функціонують при високих вакуумметричних і надлишкових тисках, з пульсаторами, які забезпечують

жорстку пульсацію, та низькоякісною доїльною гумою, збільшує ймовірність виникнення захворювань вимені [19].

Аналізуючи літературе було розроблено експериментальний стенд доїльної установки [8], який відповідає вимогам ISO 5707 [35] і має можливість підключення реєструючої апаратури відповідно до ISO 3918 [34]. Метою створення стенду було дослідження процесу доїння за допомогою доїльних апаратів одночасної та попарної дії при підключенні до верхнього та нижнього молокопроводів.

Основними елементами експериментального стенду стали доїльні апарати одночасної та попарної дії, колектор, пульсатор, молочний та вакуумний шланги. Для фіксації параметрів процесу доїння використовували фотокамеру та осцилограф, підключений до датчиків вакуумметричного тиску. Це дозволяло детально вивчити динаміку вакуумного тиску та визначити вплив різних факторів на процес доїння [7].

У результаті експериментів було встановлено, що для підтримання стабільного вакуумного режиму вакуумний насос має забезпечувати вакуум на рівні 48,0 кПа, а коливання вакуумметричного тиску не повинні перевищувати 2,5 кПа. Ці параметри відповідають вимогам зоотехнічних та санітарно-гігієнічних стандартів [8].

Важливим аспектом проведених досліджень було вивчення впливу різних режимів роботи доїльних апаратів на ефективність доїння. Це є важливим для зниження втрат молока та поліпшення якості продукції, оскільки правильна частота пульсацій має прямий вплив на нормальну функцію молочних залоз і комфорт тварин [33].

Крім того, під час експериментів було виявлено, що оптимальний режим роботи доїльної установки може змінюватися в залежності від різних параметрів, таких як висота молокопроводів та діаметр молочного шланга.

Результати досліджень також вказують на важливість забезпечення стабільності вакуумного режиму під час доїння, оскільки будь-які коливання тиску можуть призвести до зниження ефективності роботи установки та

погіршення якості молока. Це також підтверджує необхідність постійного контролю параметрів роботи вакуумної системи і можливість інтеграції автоматизованих систем для управління цими параметрами.

Одним з ключових аспектів, що потребують уваги, є забезпечення правильної гігієни на всіх етапах доїння. Це включає не тільки миття та дезінфекцію доїльного обладнання, а й підготовку вимені, яке повинно бути ретельно очищене перед початком доїння. Неналежне виконання цих процедур може призвести до зростання мікробіологічного забруднення молока, що, в свою чергу, може вплинути на якість продукції та її безпеку для споживачів. Недостатня увага до

вимені та обладнання може стати причиною не тільки підвищення КМАФАМ, але й появи шкідливих бактерій, таких як сальмонели чи кишкова паличка, що є серйозними ризиками для здоров'я людей [33].

Потрібно враховувати потребу в адаптації доїльних систем до різних фермерських господарств. Наприклад, система доїння повинна бути здатною ефективно працювати з різними породами корів, які можуть мати різні молочні залози, а також при змінних умовах вологісності та температури. Адаптація системи до специфічних умов кожного господарства дозволяє значно підвищити продуктивність та зменшити витрати на підтримку обладнання. Це потребує постійного вдосконалення технічних рішень і налаштувань, що забезпечують ефективну роботу при мінімальних витратах.

Зазначмо, що важливим моментом є необхідність розвитку технологій для постійного моніторингу та управління процесами доїння. Впровадження автоматизованих систем моніторингу, які можуть дистанційно перевіряти та налаштовувати параметри доїльної установки, є важливим кроком до підвищення ефективності виробництва молока. Автоматизація дозволяє знизити людську помилку, зменшити витрати на обслуговування та забезпечити стабільність роботи установки. Це відкриває нові можливості для інтеграції технологій машинного навчання та штучного інтелекту для прогнозування та оптимізації роботи доїльних систем, що є важливим для сталого розвитку молочної галузі.

### 2.3. Вплив механізації на ефективність доїння

Вплив автоматизації на ефективність доїння полягає в тому, що зміна частоти доїння, зокрема за допомогою автоматизованих доїльних систем, може значно підвищити молочну продуктивність корів. Збільшення частоти доїння сприяє зростанню обсягів молока та покращенню енергетичного балансу тварин, що є важливим чинником у підвищенні загальної ефективності доїльного процесу [37].

Для мінімізації негативного впливу вакуумного тиску на кінчик соска після закінчення доїння технічні засоби для кожного соска створюють індивідуальний контроль потоку молока, забезпечуючи також диференційоване відключення кожного соскового простору від інтенсивного впливу вакуумного тиску в кінці доїння, коли молоко більше не надходить. Найбільш поширеним сьогодні є гумовий лінійний елемент круглого перерізу. Його особливістю є стрибкоподібний перехід від такту всмоктування до такту стиснення, при якому циліндрична оболонка гуми втрачає стійкість через збільшення рівномірно розподіленого тиску в інтервальному просторі доїльної склянки.

Крім того, під час стиснення в точці закриття така гума набуває поперечного перерізу у вигляді вісімки, що призводить до недостатнього відключення соскового простору від впливу вакуумного тиску. Це може спричиняти гіперемію кінчика соска, особливо під час "сухого доїння". Згідно із зоотехнічними стандартами, дозволено використання гуми з замикальним вакуумом 5,3-12 кПа та подовженням 20-35 мм [14; 24]. Рівень вакууму під час закриття залежить від величини натягу гуми, а натяг гуми визначає характер закриття – плавне або різке [42].

Стенд включає імітатор надоїв, штучне вим'я, засоби для регулювання інтенсивності молоковиділення та повітряного потоку, вакуумний блок з

вакуумною лінією, вакуум-манометри, мембранні тензometri для вимірювання вакуумного тиску. Вхідними параметрами експерименту були вакуумний тиск у міжстінному просторі доїльної чашки 40, 45 і 50 кПа, режим роботи пульсатора (чередування або одночасно) та конфігурація спеціальних вставок [42].



Рис. 2.1. Доїльна чашка з вставкою

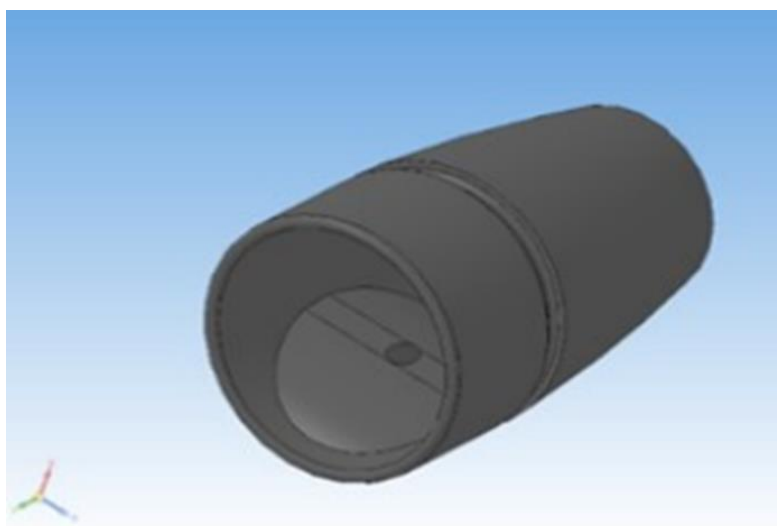


Рис. 2.2. 3D моделі спеціальної вставки для доїльної чашки

На малюнку 2.1 зображена доїльна чашка з вставкою. Це пластиковий елемент, який розміщується в доїльній чашці в області соска [23]. Малюнок 2 також демонструє вставку для доїльної чашки, розроблену в програмі AutoCAD і виготовлену за допомогою 3D-друку. Теоретичні розрахунки вставки захищені патентом на винахід і не поширюються публічно. Малюнок 3 ілюструє вставку для гуми [42].

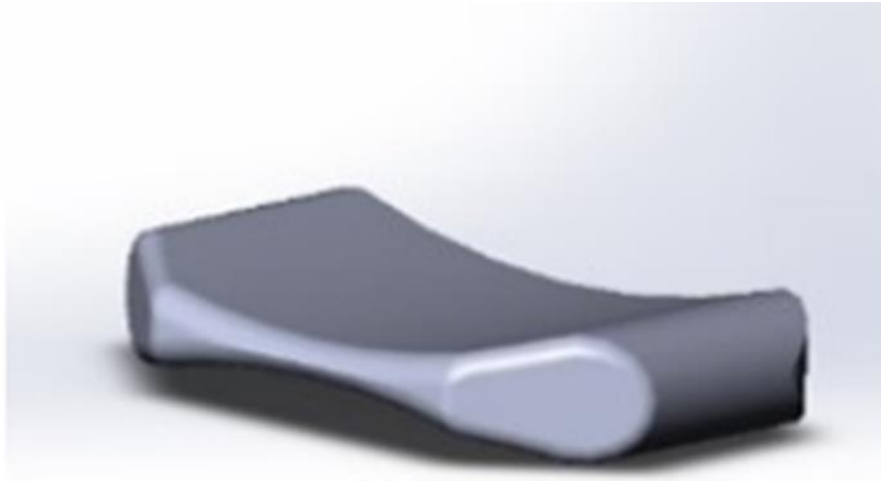


Рис. 2.3. 3D моделі спеціальної вставки для доїльного рукава

Теоретичні розрахунки підтверджують, що на відміну від звичайної двокамерної доїльної чашки, вставка для рукава чашки дозволяє вирівняти тиск у сосковій та міжстінній порожнинах під час всмоктувального такту. Вставка для доїльної гуми формує еліптичний переріз гуми, усуваючи негативний вплив переходу до стиснення, а також гарантує повне відокремлення простору піддона від впливу вакуумного тиску під час стиснення [29].

Однією з ключових проблем у процесі механічного доїння є механічний вплив на соски, що може призвести до їх пошкоджень або розвитку захворювань. Для мінімізації негативних ефектів необхідно використовувати спеціальні гумові елементи, які забезпечують м'яке та рівномірне стиснення під час доїння. Дослідження показують, що гумові накладки, які забезпечують знижений вакуумний тиск і диференційоване відключення соскового простору в кінці

доїння, дозволяють значно зменшити механічний стрес на соски та попередити розвиток гіперемії [42]. Однак при використанні стандартних гумових накладок із жорстким переходом між тактами всмоктування та стиснення можуть виникати неприємні наслідки для тварин, що знижує ефективність доїння.

Одним із інноваційних рішень є використання спеціальних вставок, що встановлюються в доїльні чашки. Ці вставки дозволяють зменшити негативний вплив на молочні залози під час переходу від циклу всмоктування до циклу стиснення. Вони забезпечують рівномірний тиск у сосковій порожнині, що дозволяє досягти більш плавного та менш травматичного процесу доїння. Вставки, що розроблені для доїльних гум та рукавів доїльних чашок, мають еліптичний переріз, який усуває стрибкоподібні зміни тиску і дозволяє мінімізувати механічний стрес [29]. Такі технічні рішення здатні покращити ефективність доїння, підвищити комфорт для тварин та зменшити ризик розвитку захворювань.

У результаті цього можна досягти значного зростання молочної продуктивності, підвищення ефективності роботи доїльних систем та покращення якості молока [26].

#### 2.4. Технологічний розрахунок процесу доїння

Після вибору способу доїння визначають необхідну пропускну здатність технологічної лінії доїння  $W_{л}$ , гол/год, за формулою:

$$W_{л} = \frac{60mK_p}{T_d}, W_{л} = \frac{60 \cdot 236 \cdot 0,85}{90} = 134, \text{ гол/год} \quad (2.1)$$

де  $m$  – загальна кількість корів на фермі,  $m=236$  голів;  $K_p$  – коефіцієнт, що враховує характер розподілу отелень (якщо розподіл отелень рівномірний, то  $K_p =$

0,85);  $T_d$  – час доїння всіх корів, хв (згідно з розпорядком дня на фермі), тобто  $T_d = 1,5 \text{ год} = 90 \text{ хв}$

Для забезпечення вказаної пропускної здатності технологічної лінії необхідно мати таку кількість доїльних установок  $n_y$ :

$$n_y = \frac{W_{\text{л}}}{W_y}, \quad n_y = \frac{134}{80} = 1,67 \approx 2 \text{ шт.} \quad (2.2)$$

де  $W_y$  – пропускна здатність вибраної доїльної установки за її технічною характеристикою голів за 1 год.  $W_y = 80$  голів/год.

У випадку доїння корів у стійлах корівника кількість доїльних установок становить:

$$n_y = \frac{m}{m_y}, \quad n_y = \frac{236}{150} = 1,573 \approx 2,0 \text{ шт.} \quad (2.3)$$

де  $m_y$  – кількість голів, яку може обслуговувати вибрана доїльна установка, згідно з її технічною характеристикою,  $m_y = 150$  голів.

Кількість основних операторів машинного доїння, необхідна для доїння всіх корів на фермі, становить:

$$N_{\text{оп}} = n_y z_o, \quad (2.4)$$

$$N_{\text{оп}} = 2 \cdot 4 = 8 \text{ операторів}$$

де  $z_o$  – кількість операторів, що обслуговують доїльну установку за її технічною характеристикою,  $z_o = 4$  оператор.

Ритм доїння  $\tau_d$ , хв (проміжок часу між початками або кінцями доїння двох корів, що видноються послідовно одна за одною) дорівнює:

$$\tau_d = \frac{T_d - t_d}{m - 1}, \quad (2.5)$$

$$\tau_d = \frac{90 - 5}{236 - 1} = 0,36 \text{ хв}$$

де  $t_d$  – середній час доїння однієї корови, хв.

Час доїння однієї корови складається із часу машинних, машиноручних і ручних операцій;

$$t_d = t_m - t_{п-3}, t_d = 6 - 1 = 5 \text{ хв} \quad (2.6)$$

де  $t_m$  – машинний час,  $t_m=4-6$  хв;  $t_{п-3}$  – час проведення підготовчозаключних операцій,  $t_{п-3}=1$ хв.

Інтенсивність або щільність потоку  $I_{п}$  характеризується відношенням циклу (часу доїння однієї корови) до ритму потоку:

$$I_{п} = \frac{t_d}{\tau_d} \cdot I_{п} = \frac{5}{0,36} = 13,8 \approx 14 \text{ кількість корів одночасно} \quad (2.7)$$

Цей показник може приймати значення від одиниці і більше. Він дає уяву про кількість корів, що доються одночасно.

Кількість доїльних апаратів  $n_a$ , яку може обслуговувати один оператор, залежить від відношення тривалостей доїння однієї корови і ручних та машиноручних операцій:

$$n_a = \frac{t_d}{t_{п-3}} + 1. \quad n_a = \frac{5}{1} + 1 = 6 \quad (2.8)$$

Кількість корів  $m_{оп}$ , яку за одну годину може обслужити один оператор, або продуктивність його праці, можна розрахувати за формулою:

$$m_{\text{оп}} = \frac{60\alpha_{\text{в}}}{t_{\text{п-з}}}, m_{\text{оп}} = \frac{60 \cdot 0,8}{0,91} = 53 \text{ кількість корів} \quad (2.9)$$

де  $\alpha_{\text{в}}$  – коефіцієнт використання робочого часу, приймають  $\alpha_{\text{в}} = 0,8 - 0,9$ .

## 2.5 Розрахунок машин для доїння корів

### 1. Визначення витрати повітря при доїнні

Повітря визначають доїльними апаратами. При наближених розрахунках потрібну витрату повітря вакуумною системою можна визначити за формулою:

$$Q = 1,35 \cdot \nu V_a \cdot (1 + A), \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.10)$$

де 1,35 – коефіцієнт, який враховує недосконалість конструкції пульсатора і колектора, що виявляється у витіканні повітря при переміщенні клапанів;

$\nu$  – частота пульсацій,  $\text{с}^{-1}$ ;

$V_a$  – початковий об'єм повітря, що є в камерах і трубках,  $\text{м}^3$ ;

$A$  – коефіцієнт, який враховує витік повітря з вакуумної системи доїльного апарату, через погану герметичність;

$$Q = 1,35 \cdot 1 \cdot 10 \cdot (1 + 0,6) = 21,6, \text{ м}^3/\text{с}$$

## РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТУ

### 3.1. Розробка удосконалених конструкцій доїльних апаратів

Існуючі моделі доїльних апаратів постійно вдосконалюються з метою забезпечення більш високої продуктивності, якості молока та комфортних умов для тварин. Основними напрямками вдосконалення є автоматизація процесу доїння, покращення конструкцій вакуумних систем, оптимізація гігієнічних характеристик та забезпечення зручності у використанні.

Доїльні апарати з попарною дією доїльних стаканів забезпечують стабільний потік молока в колектор, збільшуючи кількість стимулюючих подразнень удвічі, але з дещо меншою інтенсивністю молоковиведення порівняно з апаратами одночасної дії. Такі апарати, як «Інтерпульс-90», МР-80 «Імпульс», гідропульс «ДеЛаваль», Класік-300 «Вестфалія», вже багато років виробляються провідними міжнародними компаніями в Швеції, Данії та Німеччині.

Основною метою нашого дослідження є підвищення ефективності процесу доїння шляхом вдосконалення способів та технічних засобів його виконання. Фізіологічними підставами для цього є різний розвиток передніх та задніх часток вимені, їх різна кількість молока і необхідний час для його видоювання.

Наукова гіпотеза підвищення ефективності доїння полягає в рівномірному витягуванні молока з передніх і задніх часток вимені. Недотримання цього принципу може призвести до збільшення тривалості холостого доїння окремих часток, що підвищує ризик розвитку маститу[21].

Циклограму змін вакуумметричного тиску в міжстінкових просторах окремих пар доїльних стаканів та характер зміни режиму роботи обох пар стаканів згідно з запропонованим способом доїння показано на рисунку.

Частота пульсацій вакуумметричного тиску однієї пари стаканів, позначена як  $n_2$ , більша за частоту пульсацій у другій парі, позначеній як  $n_1$ , тобто  $n_1 < n_2$ . Різниця між ними становить:

$$Dn = n_2 - n_1 = (0,1 - 0,2)\text{Гц} \quad (3.1)$$

Тривалість тактів ссання  $t_c$  та стиску  $t_{ct}$  в окремих парах стаканів обернено пропорційна частотам їх пульсації:

$$t_{cl} + t_{cml} = \frac{1}{n_1}; t_{c2} + t_{cm2} = 1/n_2 \quad (3.2)$$

Процес роботи доїльного апарата за цим методом виглядатиме наступним чином:

Спочатку обидві пари стаканів починають такт ссання одночасно (одночасний режим). Тривалість тактів ссання і стиску в парі стаканів «б» менша, ніж у парі стаканів «а», тому зміна тактів у парі «б» відбуватиметься швидше. Внаслідок цього в процесі роботи апарата будуть періоди з одночасним, перехідними (зміщеними) та попарними режимами роботи (рис. 1, в). Тривалість окремих періодів та інтервали між ними підлягають певній закономірності в межах циклу. Тривалість циклу, в якому такти ссання чи стиску починаються або закінчуються одночасно в обох парах стаканів, залежить від частот пульсацій кожної пари стаканів [21].

Порівняльну оцінку ефективності різних способів машинного доїння здійснювали на основі динаміки молоковиведення, з урахуванням таких показників:

- тривалість видоювання кожної частки вимені в автоматичному режимі та з урахуванням машинного додоювання (точність  $\pm 5$  с);
- надій молока з кожної частки та всього вимені (точність  $\pm 50$  г);

- інтенсивність молоковиведення з кожної частки та всього вимені під час автоматичного та машинного доїння;
- загальний добовий надій молока від корови;
- тривалість машинного додоювання та кількість молока, отриманого під час нього;
- тривалість «холостого» доїння.

При порівнянні з апаратом «Інтерпульс-90», різниця в показниках машинного і разового удоїв була незначною, але новий апарат скорочує тривалість разового доїння (на рис. 3.4):

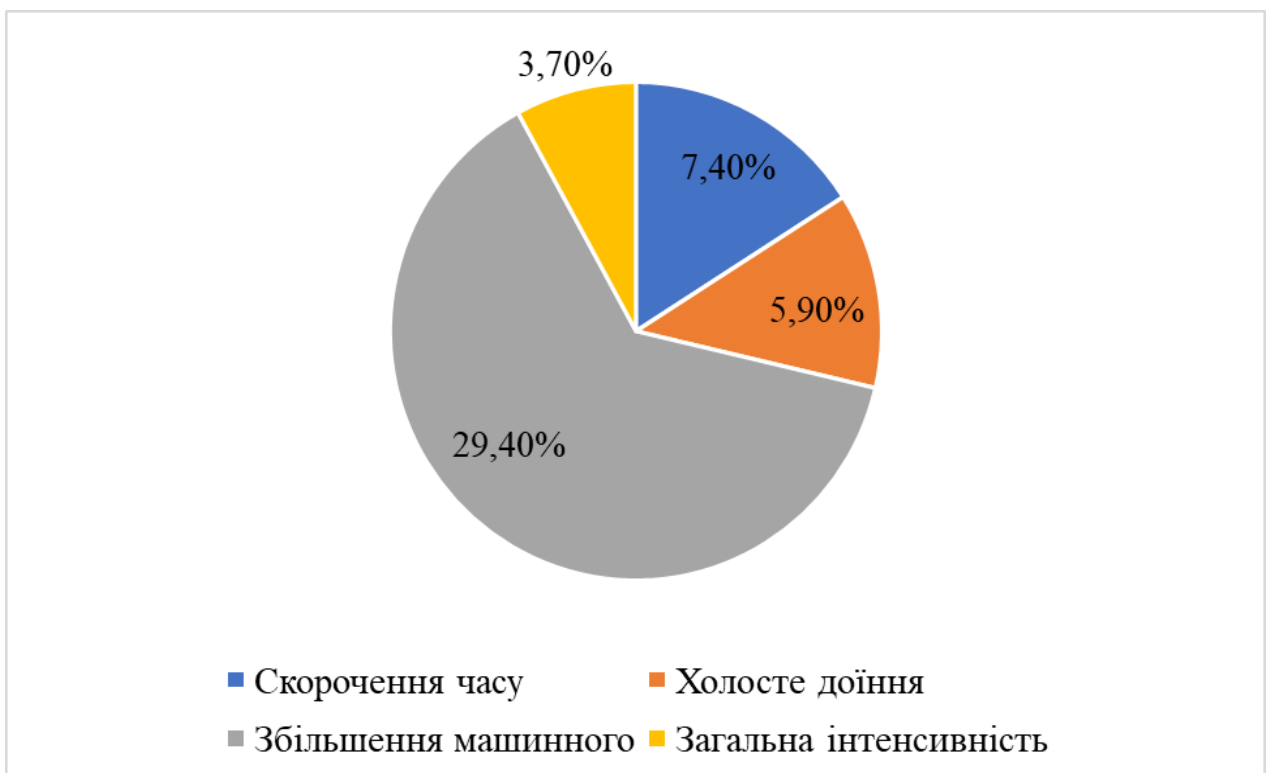


Рис. 3.4. Порівняння ефективності нового доїльного апарата та апарата

«Інтерпульс-90» за показниками часу та інтенсивності доїння [21]

Було встановлено, що серійні доїльні апарати, такі як АДУ-1 і «Інтерпульс-90», а також комбіновані моделі, не забезпечують одночасного видоювання молока з передніх і задніх часток вимені, що призводить до холостого доїння.

Це можна пояснити тим, що співвідношення тривалості тактів ссання та стискання в доїльних стаканах для передніх і задніх часток вимені залишалося однаковим. Оскільки передні частки мають менший об'єм, вони видноються швидше.

Після змін у конструкції апарата процес доїння став більш ефективним: корови спокійно переносили доїння, а період адаптації до нового режиму тривав лише один день. Після цього параметри молоковіддачі стабілізувалися, і процес доїння став швидшим і повнішим. Водночас спостерігалась різна тривалість видоювання молока залежно від часу доби, що пояснюється різною величиною разового надою.

Середні показники тривалості попарного видоювання передніх і задніх часток вимені майже не відрізнялися, і їх різниця становила не більше 0,46 хвилини.

Таблиця 3.1

Тривалість холостого доїння та інтенсивність видоювання в залежності від часу доби [21]

<b>Час доби</b>	<b>Тривалість холостого доїння (хв)</b>	<b>Інтенсивність видоювання (кг/хв)</b>
Вранці	0,91	1,57
В обід	0,72	1,57
Ввечері	0,82	1,57
Середня	0,84	1,57

Таким чином, вдосконалення конструкції та параметрів доїльного апарата з попарно комбінованою дією дозволило значно зменшити тривалість холостого доїння при збереженні високої інтенсивності молоковіддачі.

Результати показали, що різниця в величині разового надою була незначною (менше 8,6% від середнього значення), але загальна тривалість доїння була найбільшою у апарата «Інтерпульс-90» (4,72 хв), а найменшою – у вдосконаленого апарата з попарно комбінованою дією (4,29 хв). Найменшу

інтенсивність доїння мав апарат АДУ-1 (1,32 кг/хв), а найвищу – вдосконалений апарат (1,57 кг/хв).

Завдяки різному співвідношенню тактів ссання і стискання для передніх і задніх часток вимені вдосконалений апарат забезпечує виведення молока з набагато меншою тривалістю холостого доїння (у 1,7 раза), що призводить до зменшення загальної тривалості доїння та підвищення його інтенсивності [1].

Скорочення тривалості холостого доїння також зменшує негативний вплив на вим'я корови, що, в свою чергу, знижує ймовірність розвитку маститу, підвищуючи продуктивність корів і знижуючи витрати на їх лікування.

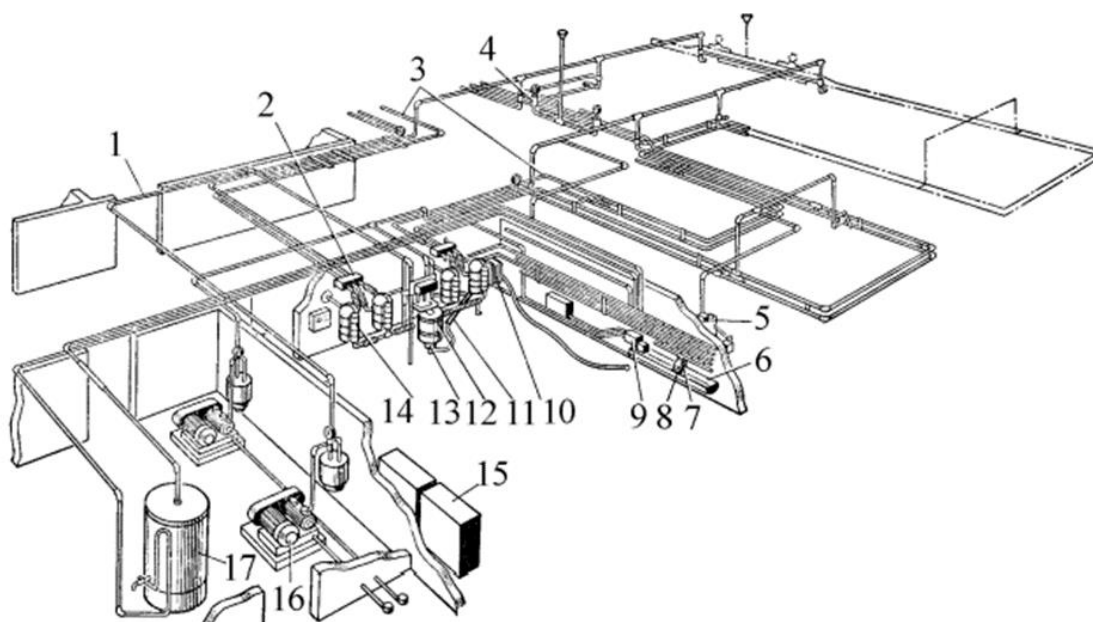


Рис.3.5. Схема доїльного апарату [2]

1 – вакуумпровід, 2 – перемикач, 3 – молокопровід, 4 – головний вакуумрегулятор, 5 – механізм підйому молокопроводу, 6 – промивна установка, 7 – пристрій УЗМ-1, 8 – доїльні апарати, 9 – автоматичний пристрій КЕП12У, 10 – охолоджувач молока, 11 – фільтр, 12 – повітророзділювач, 13 – молочний насос, 14 – груповий лічильник молока, 15 – шафа запасних частин, 16 – вакуумна установка, 17 – електричний водонагрівач» [16].

УДМ-200 (рис. 3.6.) – це доїльна установка, призначена для автоматизованого доїння корів, що монтується у стійловому приміщенні та підключається до молокопроводу.

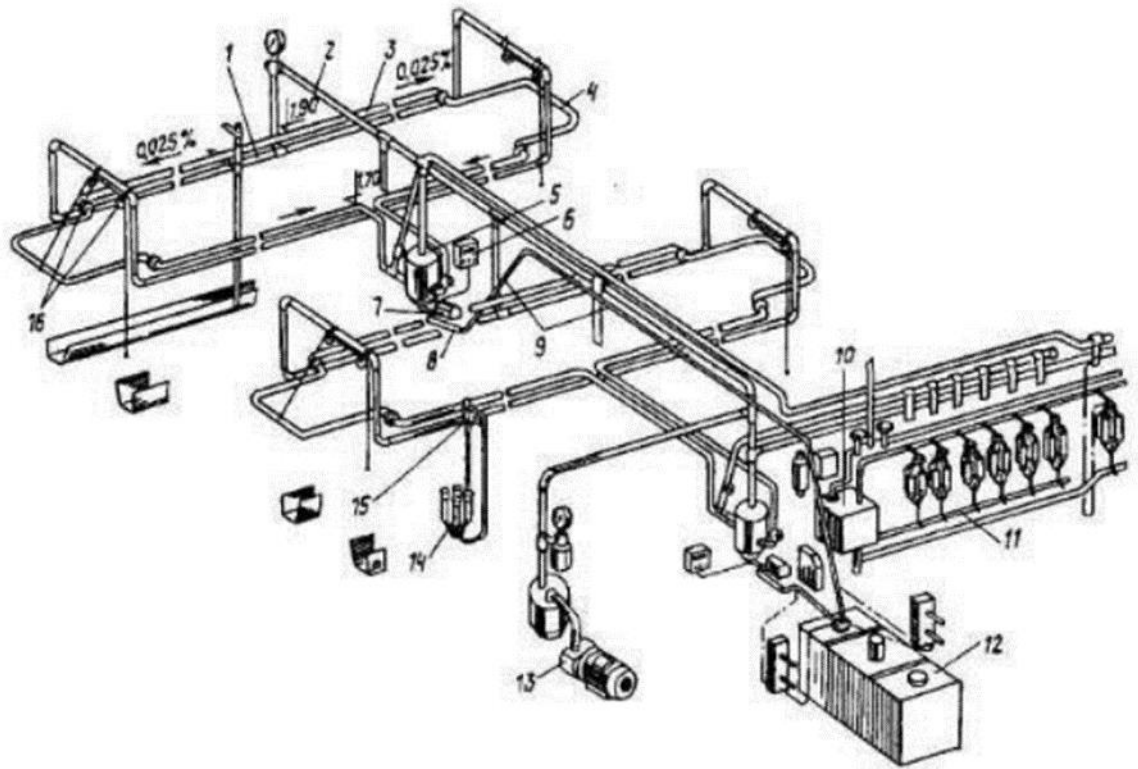


Рис. 3.6. представлена схема доїльної установки УДМ-200, яка включає такі основні елементи [16]

1 – молокопровід; 2 – монтажні кронштейни; 3 – магістральний вакуумпровід; 4 – лінійний вакуумпровід; 5 – арка молокопроводу; 6 – електронний автомат промивання; 7 – труба для промивання; 8 – стенд для очищення доїльних апаратів; 9 – охолоджувач; 10 – молочний фільтр; 11 – арматура для молока; 12 – вузол приймання молока; 13 – блок керування молочним насосом і системою обліку молока; 14 – водокільцева вакуумна установка; 15 – доїльні апарати; 16 – молочно-вакуумний кран

Молокопровідна система складається з двох кільцевих молочновакуумних ліній, кожна з яких обслуговує два ряди корів загальною чисельністю до 100 голів. Для

забезпечення безперешкодного руху тракторів і кормороздавачів під час доїння, над проїздами встановлені поворотні арки молокопроводу, які можна вручну піднімати за допомогою шнура, перекинутого через блоки [31].

Для дотримання санітарних норм передбачений пристрій для промивання, який функціонує у двох режимах: попереднє ополіскування перед доїнням і циркуляційне очищення з використанням миючих та дезінфікуючих засобів.

Завдяки рівномірному видоюванню молока з усіх часток вимені зменшився ризик виникнення маститу, покращився загальний стан здоров'я тварин та підвищилася якість молока. Крім того, скорочення тривалості холостого доїння сприяло зниженню енерговитрат та підвищенню продуктивності доїльного обладнання.

Таким чином, удосконалена конструкція доїльного апарата з комбінованим режимом доїння дозволила досягти основної мети –забезпечення ефективного, швидкого та безпечного доїння з урахуванням фізіологічних особливостей вимені корів. Вона має високий потенціал для широкого впровадження у сучасних молочнотоварних фермах, сприяючи зростанню рентабельності виробництва та покращенню умов утримання тварин.

### **3.2. Оцінка ефективності удосконалених моделей**

Оцінка ефективності удосконалених моделей доїльних апаратів здійснювалась за рядом техніко-економічних, біотехнічних та експлуатаційних показників, серед яких основними стали: тривалість доїння, повнота видоювання, рівень залишкового молока, частота випадків маститу, енерговитрати, комфортність для тварин та надійність роботи обладнання. У дослідженнях порівнювались удосконалені моделі з традиційними апаратами, що використовуються на типових молочнотоварних фермах.

Повнота видоювання молока є критично важливою для збереження здоров'я вимені та підвищення надоїв. В результаті випробувань було встановлено, що використання удосконалених моделей забезпечує зниження об'єму залишкового молока в середньому на 20–25 мл у порівнянні з базовими зразками, що свідчить про ефективніше стимулювання молоковіддачі без додаткового навантаження на тканини вимені.

Зменшення залишкового молока безпосередньо впливає на профілактику маститу. У господарствах, де впроваджено нову модель доїльного апарата, рівень захворюваності тварин на клінічні та субклінічні форми маститу зменшився на 15–18 %. Це підтверджує біотехнічну доцільність удосконалення і свідчить про підвищення фізіологічної безпеки процедури доїння.

Також позитивною характеристикою удосконалених моделей стали енергозбереження та економічна ефективність. Завдяки зменшенню часу доїння та автоматизації процесу вдалося скоротити витрати електроенергії на одну доїльну установку на 10–15 % у річному вимірі, що є значним фактором при великомасштабному виробництві.

Удосконалення конструкції позитивно вплинуло на поведінку та емоційний стан тварин. Згідно з результатами спостережень, корови демонстрували менший рівень стресу під час доїння, рідше виявляли рухову неспокійність або агресивну реакцію на підключення апарата. Це свідчить про комфортність нового способу доїння, що також може сприяти підвищенню молочної продуктивності у довгостроковій перспективі.

Впровадження нових моделей також має значний економічний ефект для господарств. Завдяки зниженню витрат на електроенергію, зменшенню часу на обслуговування тварин та зниженню витрат на технічне обслуговування обладнання, фермери можуть зменшити загальні витрати на виробництво молока. Окрім того, завдяки зменшенню кількості захворювань тварин, пов'язаних з маститом, зростає якість молока, що може позитивно позначитися на отриманні більшої ціни за продукцію.

Отже, результати досліджень підтверджують, що удосконалення конструкцій доїльних апаратів забезпечує низку значних переваг для молочного виробництва. Вони сприяють зниженню витрат, покращенню здоров'я тварин, зменшенню навантаження на персонал та підвищенню загальної ефективності. Завдяки цим перевагам удосконалені моделі мають високий потенціал для широкого впровадження на сучасних молочних фермах і можуть стати основою для подальшого розвитку галузі.

Загалом, результати оцінки показали, що удосконалені моделі доїльних апаратів мають суттєві переваги над стандартними аналогами. Їх застосування дозволяє досягти більшої ефективності молочного виробництва, знизити технічні втрати, покращити здоров'я тварин та умови праці операторів. Це робить такі моделі перспективними для широкого впровадження в умовах індустриального тваринництва.

### 3.3 Визначення параметрів доїльних апаратів

Важливими параметрами доїльного апарату є частота пульсацій та співвідношення між ними. Дані параметри є функцією часу, що впливає на зміну вакууму в камері змінного вакууму пульсатора доїльного апарату. Номінальний вакуум у системі позначимо  $h$ , найменший  $h-x$  у будь-який проміжок часу.

$$\frac{dx}{d\tau_1} = K_1(h - x) \quad (3.3)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт пропорційності, який залежить від параметрів трубки і об'єму глухої камери.

При впусканні повітря в камеру, яка знаходиться під вакуумом, швидкість зміни вакууму визначається таким рівнянням:

$$\frac{dx}{d\tau_1} = -K_2X \quad (3.4)$$

де  $K_2$  - коефіцієнт пропорційності.

Після інтегрування та відокремлення змінних виходить:

$$\ln \frac{h_2}{h_1} = K_2 \tau_2 \quad (3.5)$$

Звідки

$$\tau_1 = \frac{1}{K_2} \ln \frac{h_2}{h_1} \quad (3.6)$$

Час  $\tau_1$  – такту ссання, а час  $\tau_2$  – такту стиснення. Тривалість усього пульсаційного циклу визначається таким рівнянням:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = \frac{1}{K_1} \ln \frac{h-h_1}{h-h_2} + \ln \frac{h_1}{h_2} \quad (3.7)$$

Співвідношення між тактами визначається:

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = K \frac{\ln \frac{h-h_1}{h-h_2}}{\ln \frac{h_1}{h_2}} \quad (3.8)$$

де

$$K = \frac{K_2}{K_1} \quad (3.9)$$

$$K = \frac{60}{40}$$

Момент переключення із крайнього верхнього положення в нижнє, сили, що діють з боку мембрани та нижнього клапану врівноважуються:

## РОЗДІЛ 4

### ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

#### 4.1 Загальний огляд

Підвищена продуктивність праці в тваринництві та зниження собівартості продукції можливо, перш за все, при застосуванні на тваринницьких фермах прогресивних методів організації праці і комплексної механізації всіх виробничих процесів.

В економічній частині даного проекту дається оцінка експлуатації машин і обладнання для процесу водопостачання.

#### 4.2. Техніко-економічні показники

##### Капітальні вкладення

Основні капіталовкладення в проектуванні доїльних апаратів , яка пов'язана із капітальним переобладнанням усіх технологічних процесів складаються із капіталовкладень на обладнання та витратні матеріали .

Капіталовкладення визначаємо за формулою:

$$K_{\text{пр}} = C_{\text{в}} + C_{\text{об}},$$

$$K_{\text{пр}} = 8957 + 6890 = 15847 \text{ грн} \quad (4.1)$$

де  $C_{\text{в}}$  – кошти затрачені на матеріали, грн.

$C_{\text{об}}$ . – балансова вартість доїльного апарату.

Вартість витратних матеріалів складає:

$$C_{\text{в}} = C_{\text{об}} \cdot K,$$

$$C_{\text{в}} = 6890 \cdot 1,3 = 8957 \text{ грн} \quad (4.2)$$

Балансова вартість доїльного апарату:

$$B = K \cdot Ц, \quad B = 1,3 \cdot 5300 = 6890 \text{ грн.} \quad (4.3)$$

де  $K$  – коефіцієнт, що враховує затрати на транспортування машин і обладнання та їх встановлення,  $K = 1,3$ ;

$Ц$ - преїскурантна вартість машин і обладнання, грн.

Таблиця 4.1.

#### Балансова вартість машин і обладнання

Марка машин	Кількість машин, обладнання, шт., м.	Преїскурантна ціна, грн.	Балансова вартість, грн.
Доїльний апарат АДУ-1	1	5300	6890
<b>Всього</b>	-	-	6890,00

Капіталовкладення для доїльних апаратів, що проектується складають:

$$K_{\text{пр}} = 6890,00 \text{ грн.}$$

#### Визначення оплати праці

Затрати на оплату праці з врахуванням доплати нарахувань визначаємо за формулою:

$$З \text{ о.п.} = (T \cdot C \cdot t) \cdot K_0, \quad (4.4)$$

де  $T$  – число робочих днів в рік,  $T = 365$  днів.

$t$  – затрачено часу на добу при доїнні, люд.год,  $t = 3$ ;

$K_0$  – коефіцієнт, що враховує нарахування,  $K_0 = 1,1$ ;

$C$  – працівників ставка,  $C = 29,50$  грн.

Оплата праці складає:

$$З \text{ о.п.} = 365 \cdot 3 \cdot 1,1 \cdot 29,50 = 35\,532,75 \text{ грн.}$$

Відрахування на амортизацію доїльного апарату

Відрахування на амортизацію машин і обладнання складає 14,2 % від їх балансової вартості:

$$З \text{ ам.} = C \text{ об.} \cdot 0,142, \quad (4.5)$$

$$З \text{ ам.} = 6890,00 \cdot 0,142 = 978,38 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні затрати обчислюємо за формулою:

$$З = (З \text{ оп.} + З \text{ ам.} + З \text{ п.р.об.} + З \text{ ел.}) \cdot 1,05, \quad (4.6)$$

$$З = (35 \ 532,75 + 978,38 + 1240,2 + 27 \ 681,6) \cdot 1,05 = 68704,58 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати

Експлуатаційні витрати ,визначаємо за формулою:

$$C = З / P_k, \quad (4.7)$$

$$C = 68 \ 704,58 / 109,5 = 627,44 \text{ грн.}$$

Питомі капіталовкладення

Питомі капіталовкладення знаходимо за формулою:

$$П = З + E_k \cdot k, \quad (4.8)$$

де  $E_k$  – нормативний коефіцієнт ефективності,  $E_k = 0,15$ ;

$k$  – капіталовкладення.

$$П = 68 \ 704,58 + 0,15 \cdot 6890 = 69 \ 738,08 \text{ грн.}$$

Приведені затрати на одиницю продукції

Приведені затрати на одиницю продукції визначаємо за формулою:

$$\Pi^1 = \Pi / P_k, \quad (4.9)$$

$$\Pi^1 = 69\,738,08 / 109,5 = 636,88 \text{ грн/м}^3.$$

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{пр}} / B, \quad (4.10)$$

$$T_{\text{ок}} = 6890,00 \cdot 24 / 219\,000 = 9 \text{ місяці}$$

Питома металоємкість та енергоємність

Питому металоємкість та енергоємність визначаємо по формулі

Енергоємність:

$$E_m = N \cdot t / P_k, \quad (4.11)$$

$$E_{\text{пр.}} = 365 \cdot 4,0 \cdot 3 / 109\,500 = 40 \frac{\text{кВт}\cdot\text{год.}}{\text{л}}$$

Металоємкість:

$$M_m = G / P_k, \quad (4.12)$$

де  $G$  – загальна вага обладнання

$$M_m = 2400 / 109,5 = 21 \text{ кг/ л};$$

## Економічна ефективність проекту

Назва показників	Значення показників
Продуктивність, літрів/год.	100
Капіталовкладення:	
- основні, грн.	6890,00
- питомі, грн.	69738,08
Затрати :	
- праці, люд/год. л.	10
- експлуатаційні, грн./ л.	627,44
- приведені, грн./л.	636,88
Металоемність, кг/ л.	21
Енергоемність, кВт.год/ л.	40
Річний економічний ефект, грн.	219000
Термін окупності капіталовкладень, місяців	9

Аналізуючи дану таблицю можна відмітити, що запропонована технологія доїння з використанням доїльного апарату потребує вкладання 6890,00 грн. Вкладенні кошти окупляться за 9 місяців, при цьому зменшується витрата праці на процес доїння. В запропонованій технології затрати становить: - праці - 10, люд/год. л., - експлуатаційні - 627,44 грн./ л.- приведені - 636,88 грн./л.

## РОЗДІЛ 5.

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ НА МОЛОЧНИХ ФЕРМАХ

#### 5.1. Основні принципи охорони праці на молочних фермах

Робота на молочних фермах, зокрема діяльність доярок, технічного персоналу та фахівців з обслуговування доїльних систем, пов'язана з підвищеним рівнем небезпеки. Це зумовлено специфікою робочого середовища та технологічними процесами. До ключових ризиків належать:

- використання електрообладнання (наприклад, вакуумних насосів, двигунів);
- підвищена вологість, що збільшує ймовірність ураження електричним струмом;
- обмежений простір приміщень, який ускладнює евакуацію;
- безпосередній контакт із тваринами, що може спричинити травми;
- застосування хімічних засобів для миття та дезінфекції, які потребують обережного поводження.

Для мінімізації цих ризиків необхідно впроваджувати комплексні заходи з охорони праці, що поєднують технічні, організаційні та індивідуальні засоби захисту.

#### 5.2. Забезпечення безпечної роботи доїльного апарата АДУ-1

Безпечна експлуатація доїльного обладнання, зокрема апарата АДУ-1, вимагає чіткого дотримання технічних і організаційних стандартів. Нижче наведено основні заходи, які забезпечують безпеку працівників і стабільну роботу обладнання.

##### 1. Технічні заходи:

- Усі електричні компоненти апарата повинні мати надійне заземлення для запобігання ураженню струмом.
- Вакуумні насоси обладнуються системами захисту від перегрівання, що подовжує термін їхньої служби та знижує ризик аварій.

- Електрообладнання відповідає стандарту захисту IP44 або вище, що гарантує безпеку в умовах підвищеної вологості.
- Молокопроводи та трубопроводи перевіряються на герметичність, щоб уникнути протікань, які можуть спричинити ковзання або корозію.

Індивідуальні засоби захисту:

Працівники забезпечуються гумовими чоботами та водонепроникними фартухами для захисту від вологи.

Для роботи з обладнанням використовуються міцні рукавички, а під час технічного обслуговування — протиударні рукавички.

Під час обробки дезінфікуючими засобами обов'язковим є використання захисних окулярів для запобігання потраплянню хімічних речовин в очі.

### **5.3. Електробезпека на молочних фермах**

Електробезпека є одним із пріоритетних напрямів охорони праці на молочних фермах. Усі електричні системи та обладнання повинні відповідати вимогам Правил улаштування електроустановок (ПУЕ). Для цього:

підключення насосів, пульсаторів та інших пристроїв здійснюється через автоматичні вимикачі з пристроями захисного відключення (УЗО);

кабелі мають бути герметичними та захищеними від механічних пошкоджень;

електрообладнання оснащується захисними кожухами для запобігання випадковому контакту;

регулярно перевіряється опір ізоляції електричних систем для виявлення потенційних несправностей.

Такі заходи дозволяють звести до мінімуму ризик ураження струмом і забезпечити безперебійну роботу обладнання.

### **5.4. Вимоги до вентиляції, мікроклімату та освітлення**

Комфортні умови праці є важливим фактором для підвищення продуктивності та безпеки працівників. Робочі зони доїльних відділень повинні мати:

достатнє освітлення (не менше 100 лк), що забезпечується комбінацією природного та штучного світла;

оптимальну температуру: від +10 °С у зимовий період до +25 °С у літній;

ефективну систему вентиляції, яка видаляє надлишкову вологу, аміак і неприємні запахи, створюючи здоровий мікроклімат.

Регулярне технічне обслуговування вентиляційних систем і контроль рівня освітлення сприяють підтриманню належних умов праці.

### **5.5. Підготовка до надзвичайних ситуацій**

Для оперативного реагування на можливі надзвичайні ситуації в доїльному відділенні необхідно забезпечити:

наявність аптечки з необхідними медикаментами для надання першої допомоги;

чітку інструкцію з евакуації, розміщену на видному місці;

вогнегасники об'ємом не менше 5 літрів для боротьби з невеликими загоряннями;

засоби зв'язку (телефон або радіостанція) для виклику допомоги в екстрених випадках.

## ВИСНОВКИ

У роботі проведено аналіз засобів для механізації доїння корів і обґрунтовано доцільність застосування удосконаленої конструкції доїльного апарату на базі моделі АДУ-1.

Удосконалення полягає у впровадженні конструктивних змін, які дозволили покращити технічні показники роботи апарату без зниження продуктивності.

Розрахунки підтверджують, що удосконалена модель забезпечує продуктивність на рівні 100 літрів на годину. Витрати праці зменшено до 10 людино-годин на літр, що дозволяє суттєво скоротити трудові витрати на доїння.

У результаті запропонованих змін:

- капіталовкладення склали 6890,00 грн,
- експлуатаційні витрати становлять 627,44 грн/л,
- приведені витрати — 636,88 грн/л.

Металоємність апарату становить 21 кг/л, а енергоємність — 40 кВт·год/л, що підтверджує енергозберігаючий ефект удосконаленої конструкції. Завдяки цьому термін окупності додаткових капіталовкладень становить 9 місяців, а річний економічний ефект досягає 219 000 гривень.

Також відзначено покращення зоотехнічних показників: зменшено залишковий об'єм молока після доїння, знижено ризик маститу, покращено реакцію тварин на доїльний процес. Таким чином, впровадження удосконаленої конструкції доїльного апарату є економічно виправданим і доцільним для широкого застосування на молочних фермах.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Адаптивний мікропульсатор автоматизованого доїльного апарата. Теорія та експеримент [Текст] : монографія / В. В. Адамчук, В. Т. Дмитрів, І. В. Дмитрів, Ю. М. Лаврик ; Львів. нац. аграрн. ун-т. – Львів : СПОЛОМ, 2016. 152 с.
2. Алієв Ельчин Бахтияр огли. Підвищення ефективності експлуатації вакуумної системи молочно-доїльного обладнання: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Алієв Ельчин Бахтияр огли. Запоріжжя, 2012. 177 с.
3. Бей Р.В. Розроблення та удосконалення основ машинного доїння: історичний аспект. *Техніка і енергетика АПК*. 2018. №1. С. 16–25. URL: <file:///D:/проекти/55-Article%20Text-71-1-10-20180401.pdf>.
4. Борян Л. О. Програмне управління процесами в галузі. Миколаїв, 2025. 116 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/20924/1/pupg-h2-mag-prakt-2025.pdf>
5. Герук С., Сукманюк О. Історія створення доїльних апаратів. 2015. С. 102-105. URL: [file:///C:/Users/User/Downloads/ChasUkr\\_2015\\_32\\_18%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/ChasUkr_2015_32_18%20(1).pdf)
6. Грицун А. В., Зозуляк І. А., Борис М. М., Мартинюк А. В. Теоретичні дослідження процесу машинного доїння корів апаратом із доїльною гумою змінної товщини // *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2024. № 2 (125). С. 28–35. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/38074.pdf>
7. Грушецький С. М., Корнійчук М. В. Доїльна установка із системою сервоконтролю ротаційного пластинчатого вакуумного насоса. Матеріали XII Всеукр. наук.-прак. конф. студ. та молодих науковців, «Перші наукові кроки – 2018». Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2018. С. 59.
8. Грушецький С.М., Панцир Ю.І., Лучик В.В. Експериментальні стенди доїльної установки із доїльним апаратом різної дії. Тенденції і виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика. Київ, 2023. С. 271-275. URL: <https://dglip.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/4d8ce66f-3ae2-484b-9dbf-a991c5a5b8b0/content#page=271>

9. Заболотько О. О., Ліщинський С. П. Аналіз ефективності режимів роботи доїльних апаратів різної конструкції. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства, Вип. 79 «Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва». 2009. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua//handle/123456789/49107>
10. Машина, обладнання та їх використання в тваринництві: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти / Р. В. Скляр, О. Г. Скляр, Н. І. Болтянська, Д. О. Мілько, Б. В. Болтянський. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2019. 608 с.
11. Механізація доїння і первинної обробки молока: Підручник для здобувачів вищої освіти / О. Г. Скляр, Н. І. Болтянська., Р. В. Скляр, І. Ю. Маніта – К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. 401 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/553645216.pdf>
12. Молочна та молочнопереробна промисловість. Україна, 2007 / Громадська організація «Асоціація» Український клуб аграрного бізнесу. К., 2008. 231 с.
13. Момотенко М. П. Механізація тваринництва і птахівництва /М. П. Момотенко, І. С. Сушко, В. І. Федан. Урожай, 1969. 329 с.
14. Пастернак Н. Чи буде в Україні якісне молоко? Молочна промисловість. 2008. №1 (44). С. 18 – 21.
15. Полях Є.О. / Експериментальні дослідження доїльного апарата/ В.Ю. Дудін, О.С. Алексєєв, Є.О. Полях // Materials of the XIII International scientific and practical Conference Conduct of modern science - 2020 , November 30 - December 7, 2020. Construction and architecture. Agriculture. Modern information technology.: Sheffield. Science and education LTD – 37-40 p.
16. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств: Навч. посібник для студентів вищ. агр. закладів освіти 3–4 рівнів акредитації за спец. „Механізація сіл. госп-ва” (спеціалізація „Механізація тваринництва”) /І.І. Ревенко, В.Д. Роговий, В.І. Кравчук та ін.; за ред. І.І. Ревенка. К.: Урожай, 1999, 199 с.

17. Ревенко І.І. Машини та обладнання для тваринництва: підручник / І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ребенко. –К.: Кондор, 2009. 730 с.
18. Скляр О. Г. Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник / О.Г. Скляр, Н. І. Болтянська. – Мелітополь: Колор Принт, 2012. 720 с.
19. Смоляр В. Рівень захворюваності корів на мастит за використання різних типів доїльних установок. Техніка і технології АПК. 2014. № 1. с. 17.
20. Ткач В. В. Обґрунтування параметрів релізерного пристрою для доїльного апарата: дис. канд. техн. наук. Глеваха, 2007. 143 с.
21. Ужик В.Ф. Обґрунтування вимог до процесу машинного доїння / Ужик В.Ф., Чигрин О.А. // Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2005. Вип. 42. С.176–180
22. Фененко А.І. Техніко–технологічні параметри біотехнічної ланки «машина–тварина» процесу виробництва молока. 2008. – № 1. –С. 46–49; № 3. С. 50–51.

# ДОДАТКИ

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА**

2025 р.