

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Розробка технологічного процесу доїння корів
з удосконаленням доїльного апарату**

Виконала: студентка 4-го курсу, групи АІ-4-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____Іващенко Тетяна Сергіївна

Керівник: _____Івлєв Віталій Володимирович

Рецензент: _____

Дніпро 2026

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

Кафедра інжинірингу технічних систем
Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«05» травня 2026 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Іващенко Тетяні Сергіївні

1. Тема роботи: Розробка технологічного процесу доїння корів з удосконаленням доїльного апарату.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «05» травня 2026 року
№ 912

2. Строк подання студентом роботи – 07.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту. Огляд стану питання та існуючих засобів доїння. Патентний пошук, аналіз літературних джерел та останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1. Загальна інформація про підприємство. Аналіз технологій доїння 2. Проєктування технологічного процесу доїння та первинної обробки молока. 3. Удосконалення молочного стакану та обґрунтування його конструктивних параметрів 4. Охорона праці та оцінка впливу вдосконаленого доїльного апарату на навколишнє середовище 5. Техніко-економічна оцінка вдосконалення. Висновок до дипломного проєкту. Література. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Технологічна схема 2. Загальний вигляд доїльного залу 3. Складальне креслення доїльного стакану 4. Деталювання . 5 Показники економічної ефективності вдосконалення.

6. Консультанти розділів проєкту

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: 05.05.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.04.2026 р.	
2	Теоретичний	до 15.04.2026 р.	
3	Експериментальний	до 30.04.2026 р.	
4	Охорона праці	до 10.05.2026 р.	
5	Економічний	до 22.05.2026 р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.06.2026 р.	

Здобувач

Іващенко Т.С.

Керівник проєкту

Івлєв В.В.

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт на тему «Розробка технологічного процесу доїння корів з удосконаленням доїльного апарату» присвячений підвищенню ефективності процесу машинного доїння та покращенню санітарно-гігієнічної обробки дійок корів шляхом удосконалення конструкції доїльного стакану. Актуальність теми обумовлена необхідністю підвищення якості молока, зниження ризику виникнення маститу та скорочення трудомісткості післядоїльної обробки тварин.

У роботі проведено аналіз технологій утримання великої рогатої худоби, технологічного процесу доїння та сучасних конструкцій доїльних апаратів. Виконано технічний і патентний аналіз існуючих рішень у сфері машинного доїння, визначено їх переваги та недоліки. Особливу увагу приділено конструкції доїльного стакану та процесу післядоїльної санітарної обробки дійок.

Запропоновано вдосконалену конструкцію доїльного стакану з інтегрованою системою подачі дезінфікуючого розчину. Конструкція включає аплікатор, форсунки, штуцер, повітряний клапан та розсікач потоку, що дозволяє поєднати процес доїння і післядоїльної обробки дійок в одному технологічному циклі. Це забезпечує підвищення гігієнічності процесу доїння, покращення умов транспортування молока та зниження впливу людського фактору.

У роботі виконано інженерні розрахунки параметрів роботи вдосконаленого доїльного стакану, зокрема витрати повітря через повітряний клапан, параметрів подачі очисної рідини, швидкості руху рідини у форсунках, міцності елементів конструкції та ефективності роботи системи подачі дезінфікуючого розчину. Розроблено креслення вдосконаленого доїльного апарату, доїльного стакану та конструктивних елементів відповідно до вимог ДСТУ.

Проведено оцінку умов охорони праці та впливу вдосконаленого доїльного апарату на навколишнє середовище. Розроблено заходи щодо підвищення

безпеки експлуатації обладнання та зменшення негативного впливу виробничого процесу.

Виконано техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження вдосконаленої конструкції.

Дипломний проєкт включає пояснювальну записку, розрахунково-графічну частину, креслення вдосконаленого доїльного апарата, доїльного стакана та конструктивних елементів системи подачі дезінфікуючого розчину.

Ключові слова: доїльний апарат, доїльний стакан, аплікатор, форсунка, повітряний клапан, машинне доїння, дезінфікуючий розчин, санітарна обробка дійок, молочне скотарство, модернізація.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПІДПРИЄМСТВО. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ДОЇННЯ.....	11
1.1 Опис підприємства.....	11
1.2 Огляд технологій утримання ВРХ.....	12
1.3 Огляд технологій доїння та доїльних установок.....	14
1.3.1 Опис процесу доїння.....	14
1.3.2 Лінійні доїльні установки.....	17
1.3.3 Доїльні зали.....	19
1.3.4 Доїльні роботи.....	21
1.4 Висновки.....	23
2. ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДОЇННЯ ТА ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА.....	25
2.1 Основні відомості.....	25
2.2 Зоотехнічні вимоги до доїння та вихідні дані.....	26
2.3 Розрахунок необхідного поголів'я для забезпечення необхідної кількості продукції.....	28
2.4 Визначення технологічних параметрів та кількості обладнання.....	30
2.5 Проєктування доїльної установки та технологічної схеми.....	34
2.6 Висновки.....	37
3. УДОСКОНАЛЕННЯ МОЛОЧНОГО СТАКАНА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЙОГО КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ.....	39
3.1 Актуальність питання.....	39
3.2 Стан питання. Огляд існуючих доїльних стаканів.....	40
3.3 Патентний аналіз існуючих вдосконалень та винаходів.....	42
3.4 Вдосконалення молочного стакану.....	51
3.5 Розрахунок параметрів.....	58
3.5.1 Вихідні дані.....	58
3.5.2 Розрахунок витрати повітря через повітряний клапан.....	59
3.5.3 Розрахунок параметрів подачі очисної рідини.....	60
3.5.4 Розрахунок швидкості та режиму руху очисної рідини.....	61
3.5.5 Розрахунок втрат тиску в системі подачі очисної рідини.....	62

3.5.6 Розрахунок зони покриття дійки факелом форсунки	64
3.5.7 Розрахунок оптимального діаметра вихідного отвору форсунки	65
3.5.8 Перевірка міцності елементів системи подачі рідини.....	66
3.5.9 Розрахунок витрати очисної рідини для комплекту доїльних стаканів	67
3.5.10 Перевірка працездатності повітряного клапана.....	68
3.6 Висновки	69
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОЦІНКА ВПЛИВУ ВДОСКОНАЛЕНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.....	71
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів при роботі з доїльним апаратом.....	71
4.2 Заходи з охорони праці при експлуатації вдосконаленого доїльного апарата	72
4.3 Пожежна та електробезпека.....	74
4.4 Оцінка впливу вдосконаленого доїльного апарата на навколишнє середовище.....	75
4.5 Заходи щодо зменшення негативного впливу на навколишнє середовище	77
4.6 Висновки	78
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВДОСКОНАЛЕННЯ.....	80
5.1 Розрахунок економічної ефективності	80
5.2 Висновки	81
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	82
БІБЛІОГРАФІЯ	84
ДОДАТКИ	86

ВСТУП

Молочне скотарство є однією з провідних галузей тваринництва, яка забезпечує населення цінними продуктами харчування та відіграє важливу роль у формуванні продовольчої безпеки держави. В сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу особливого значення набуває підвищення ефективності виробництва молока, покращення його якості та забезпечення відповідності санітарно-гігієнічним вимогам.

Одним із ключових елементів технологічного процесу виробництва молока є машинне доїння. Саме від конструкції та режиму роботи доїльного обладнання значною мірою залежать продуктивність тварин, стан вимені, інтенсивність молоковіддачі та бактеріальна чистота молока. Недосконалість конструкції доїльних апаратів може призводити до травмування дійок, нестабільної роботи вакуумної системи, підвищення ризику виникнення маститу та погіршення якості отриманої продукції.

Особливо актуальним це питання є для сучасних високопродуктивних молочно-товарних ферм, де використовуються доїльні установки типу «Карусель». В умовах інтенсивної експлуатації обладнання зростають вимоги до надійності роботи доїльних стаканів, стабільності вакуумного режиму, ефективності санітарної обробки та автоматизації технологічних операцій.

Важливим етапом технологічного процесу є післядоїльна обробка дійок, яка спрямована на зниження бактеріального обсіменіння та профілактику захворювань вимені. У більшості випадків така обробка виконується окремо від процесу доїння, що збільшує трудомісткість операцій, витрати дезінфікуючих засобів та вплив людського фактору на якість виконання процедури.

У зв'язку з цим актуальним є вдосконалення конструкції доїльного стакана шляхом інтеграції системи подачі дезінфікуючого розчину безпосередньо в його конструкцію. Це дозволяє поєднати процес доїння та післядоїльної обробки дійки в одному технологічному циклі, підвищити гігієнічність процесу, зменшити витрати часу та покращити умови експлуатації обладнання.

Метою дипломного проєкту є вдосконалення доїльного апарата для підвищення ефективності процесу машинного доїння та покращення санітарно-гігієнічної обробки дійок корів.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі завдання:

- провести аналіз діяльності ТОВ «Агрофірма “Орлівщина”» та технології виробництва молока;
- виконати проєктування технологічного процесу доїння та первинної обробки молока;
- провести аналіз існуючих конструкцій доїльних стаканів і патентний аналіз сучасних технічних рішень;
- розробити вдосконалену конструкцію доїльного стакану з інтегрованою системою подачі дезінфікуючого розчину;
- виконати інженерні розрахунки, що підтверджують працездатність та ефективність запропонованої конструкції;
- розробити заходи з охорони праці та оцінити вплив вдосконаленого доїльного апарата на навколишнє середовище;
- провести техніко-економічну оцінку запропонованого вдосконалення.

Об’єктом дослідження є процес машинного доїння корів.

Предметом дослідження є вдосконалений доїльний стакан із системою подачі дезінфікуючого розчину та елементами стабілізації руху молока.

Практичне значення роботи полягає у підвищенні гігієнічності процесу доїння, зменшенні трудомісткості післядоїльної обробки дійок, покращенні умов експлуатації доїльного обладнання та підвищенні ефективності роботи молочно-товарної ферми.

1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПІДПРИЄМСТВО. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ДОЇННЯ

1.1 Опис підприємства

ТОВ «Агрофірма “Орлівщина”» (рисунок 1.1) є сільськогосподарським підприємством, яке функціонує у формі товариства з обмеженою відповідальністю та здійснює діяльність на території Дніпропетровської області. Підприємство зареєстроване 23 лютого 2010 року і станом на сьогодні має статус діючої юридичної особи, що підтверджується даними державних реєстрів.



Рисунок 1.1 – Розташування ТОВ «Агрофірма “Орлівщина”»

Юридична адреса підприємства: Україна, Дніпропетровська область, Самарівський район, село Знаменівка, вулиця Польова, будинок 1Г. Таким чином,

господарство розташоване в аграрному регіоні області, що має сприятливі умови для розвитку як рослинництва, так і тваринництва.

Керівником підприємства є Сокур Василь Васильович, а основним видом діяльності відповідно до класифікації КВЕД є вирощування зернових культур, бобових та насіння олійних культур. Це свідчить про наявність потужної рослинницької бази, яка забезпечує кормову основу для тваринництва.

Разом із тим підприємство має багатогалузевий характер. У відкритих джерелах зазначено, що воно також здійснює діяльність у сфері тваринництва, зокрема розведення великої рогатої худоби, виробництво молока, а також суміжні види діяльності, пов'язані з переробкою сільськогосподарської продукції та виробництвом кормів. Така структура господарства дозволяє забезпечити замкнутий виробничий цикл і підвищити ефективність аграрного виробництва.

Статутний капітал підприємства становить приблизно 1,64 млн грн, що є типовим показником для аграрних підприємств середнього рівня. Засновниками є фізична особа та юридична структура, пов'язана з тією ж назвою «Орлівщина», що свідчить про локальне походження бізнесу та його прив'язку до конкретної території.

У цілому ТОВ «Агрофірма “Орлівщина”» можна охарактеризувати як багатопрофільне аграрне підприємство середнього масштабу, що поєднує рослинництво і тваринництво, включаючи молочне скотарство.

1.2 Огляд технологій утримання ВРХ

Стадова структура та рух поголів'я великої рогатої худоби на фермі молочного напрямку наведена на рисунку 1.2.

Оптимальна тривалість господарського використання корови в межах одного виробничого циклу становить близько 365 діб. Із них орієнтовно 305 днів припадає на період лактації, тоді як приблизно 60 днів займає сухостій. Загалом тривалість продуктивного використання тварини, залежно від її породних особливостей, складає в середньому 4–6 лактацій.

На сучасному етапі розвитку тваринництва виділяють три найбільш поширені системи утримання великої рогатої худоби, зокрема молочних корів.

Прив'язна система передбачає розміщення тварин у стійлових приміщеннях із закріпленням кожної особини на окремому місці, обладнаному годівницею. Усі технологічні процеси обслуговування, включаючи процес доїння, виконуються безпосередньо в стійлах.

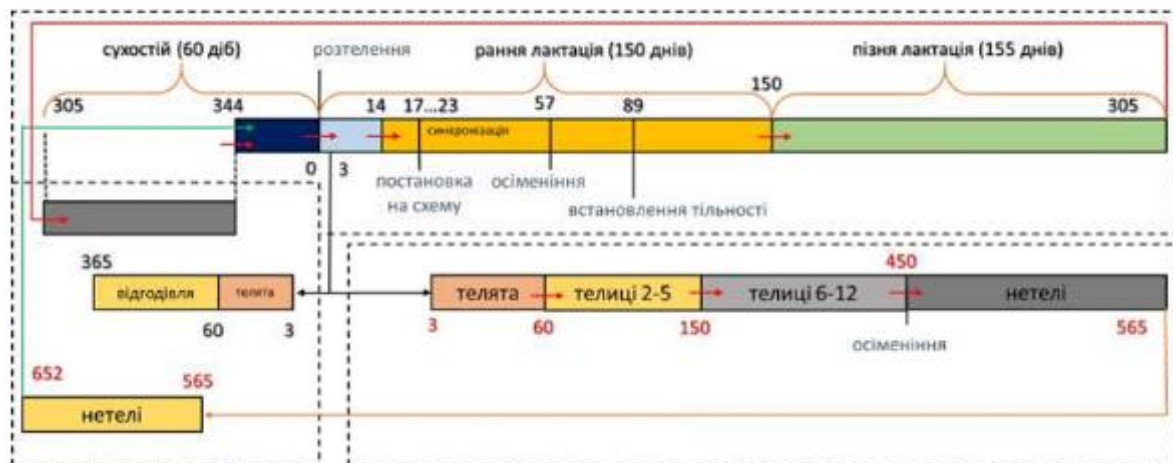


Рисунок 1.2 – Стадова структура та рух поголів'я ВРХ на фермі молочного напрямку

Комбінований варіант організації утримання за умовами є аналогічним прив'язному, проте відрізняється тим, що доїння проводиться не в стійлах, а у спеціально обладнаних доїльних залах.

Безприв'язне боксове утримання характеризується вільним переміщенням тварин у межах приміщення без їх фіксації. Для відпочинку передбачені індивідуальні бокси, а більшість операцій догляду виконується у тому ж приміщенні, за винятком доїння, яке здійснюється окремо.

Рисунок 1.3 – Боксовий безприв'язний (а) та прив'язний (б) утримання ВРХ

Прив'язне утримання дає змогу здійснювати індивідуальний догляд за кожною твариною, що позитивно впливає на контроль її стану та продуктивності. Крім того, спостерігається зниження витрат кормів (у середньому приблизно на 20 %). Водночас вона супроводжується значними затратами ручної праці,

підвищеною матеріало- та енергоємністю виробництва, недостатнім рівнем використання технічних засобів, погіршенням якості молока, підвищеною захворюваністю на мастит, а також обмеженою рухливістю тварин.



Рисунок 1.3 – Боксовий безприв’язний (а) та прив’язний (б) утримання ВРХ

Безприв’язне утримання у порівнянні з прив’язним способом така система дозволяє більш повно реалізувати генетичний потенціал корів, забезпечуючи їм кращі умови для руху та природної поведінки. Проте вона має і певні недоліки: потребує більш кваліфікованого персоналу для ефективної організації виробничих процесів.

При цьому застосування сучасних технологій управління стадом, зокрема електронних систем обліку та контролю, дає можливість індивідуалізувати підхід до кожної тварини. Використання сучасного обладнання для приготування і роздачі кормів забезпечує оперативне регулювання їх кількості та складу, дозволяє зменшити непродуктивні втрати до 3–5 % і здійснювати більш точне дозування концентрованих кормів відповідно до фізіологічних потреб тварин.

1.3 Огляд технологій доїння та доїльних установок

1.3.1 Опис процесу доїння

Процес доїння (рисунок 1.4) є складним і потребує чіткої організації. Усі дії — підведення тварини, очищення та підготовка вимені, його стимуляція і

встановлення доїльних стаканів — повинні виконуватися у визначеній послідовності. Дотримання цього порядку сприяє формуванню умовно-рефлекторних реакцій у корів і забезпечує ефективне виділення молока.

Доїння є ключовою технологічною операцією, від правильності якої залежить стан молочної залози. Відомо, що значна частина корів (до 70 %) інфікується збудниками маститу саме під час цього процесу.

Стан дійок виступає важливим показником рівня організації доїння та ризику виникнення інфекцій. Зі збільшенням бактеріального забруднення на поверхні дійки зростає ймовірність зараження. Наявність тріщин або синців створює сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів, викликає больові відчуття у тварин, що призводить до їх неспокійної поведінки, частішого випорожнення під час доїння та зниження інтенсивності молоковіддачі.

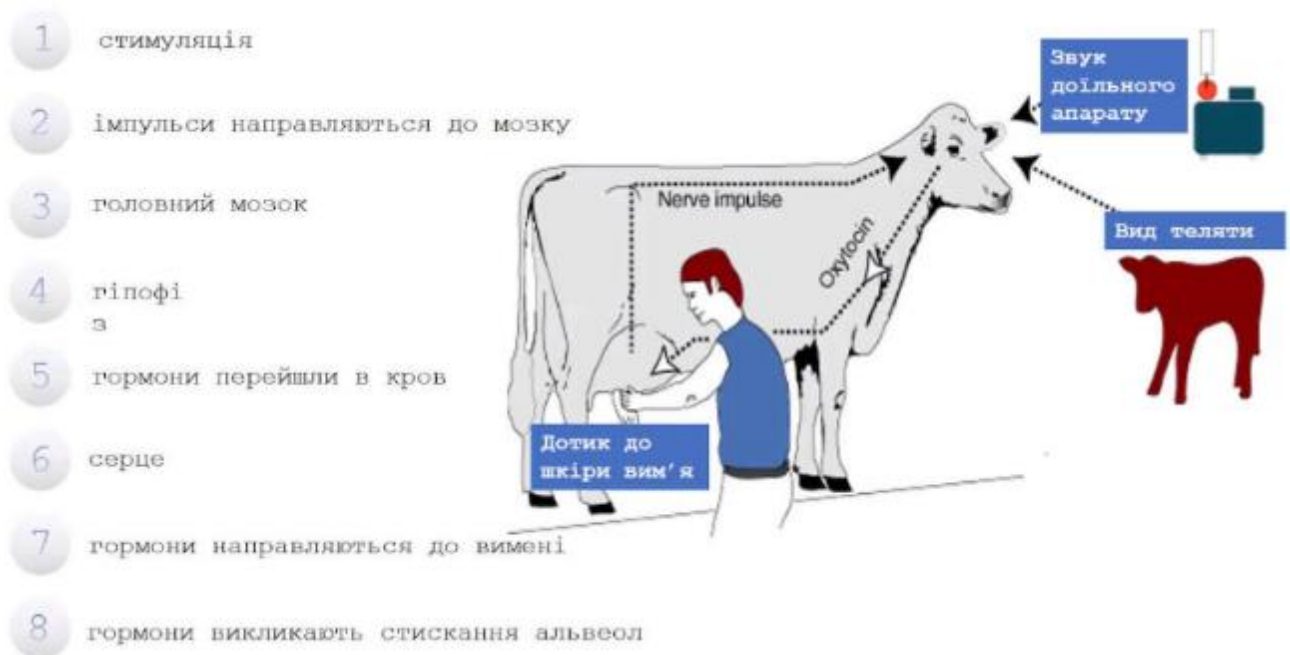


Рисунок 1.4 – Схема процесу доїння

Машинне доїння вважається найбільш ефективним способом отримання молока. При ручному способі за один раз зазвичай видоюють лише частину вимені, тоді як використання доїльного апарата дозволяє одночасно видоїти всі чотири частки.

Процес синтезу молока у вимені відбувається безперервно протягом доби. За умов належної годівлі він тісно пов'язаний із своєчасним виведенням молока з вимені. Регуляція цього процесу здійснюється центральною нервовою системою та залозами внутрішньої секреції.

Молоко, що знаходиться у цистернах і великих протоках, виділяється легко — воно витікає практично самопливом після відкриття сфінктера. Натомість молоко, яке міститься в альвеолах і дрібних протоках, можна отримати лише за умови виникнення рефлексу молоковіддачі.

Гормон окситоцин діє протягом обмеженого часу — приблизно 4–5 хвилин, саме за цей період необхідно провести доїння. Після цього його концентрація в крові знижується, і процес виділення молока припиняється незалежно від того, чи було вим'я повністю видоєне.

Молоко, що залишається в альвеолах і дрібних протоках, без наявності повноцінного рефлексу видоїти неможливо, тому тварина може бути видоєна не повністю. Регулярне повторення такої ситуації призводить до порушення процесу утворення молока та зменшення продуктивності.

Повторно викликаний рефлекс молоковіддачі проявляється значно слабше, через що доїння в таких умовах є менш ефективним.

Доїльна установка являє собою сукупність машин і пристроїв, призначених для видоювання корів і виконання первинної обробки молока. До її складу входять вакуумна система, обладнання для збирання, обліку та оброблення молока, а також система промивання. Крім того, установка може бути укомплектована додатковими елементами, такими як доїльні станки, платформи або лінії подачі кормів.

У сучасних умовах процес машинного доїння здійснюється за допомогою різних типів доїльних установок, які класифікують за такими основними групами.

Індивідуальні доїльні установки застосовуються переважно у приватних господарствах із невеликим поголів'ям (до 20 корів), а також як резервні засоби на невеликих фермах.

Лінійні доїльні установки використовують за прив'язного способу утримання, при цьому доїння проводиться безпосередньо у стійлах, а молоко транспортується у відра або через молокопровід.

Доїльні зали, до яких належать системи типу «Тандем», «Ялинка», «Паралель» та конвеєрні установки «Карусель», застосовують у господарствах із комбінованим або безприв'язним утриманням. У таких випадках процес доїння відбувається в окремому приміщенні, обладнаному спеціальними станками.

Доїльні роботи використовуються при безприв'язному утриманні тварин і функціонують за принципом добровільного відвідування коровами доїльного пункту.

1.3.2 Лінійні доїльні установки

Лінійні доїльні установки, у яких молоко збирається в переносні відра (рисунок 1.4), застосовують на фермах із невеликим поголів'ям корів (приблизно 10–50 голів) при прив'язному способі утримання.

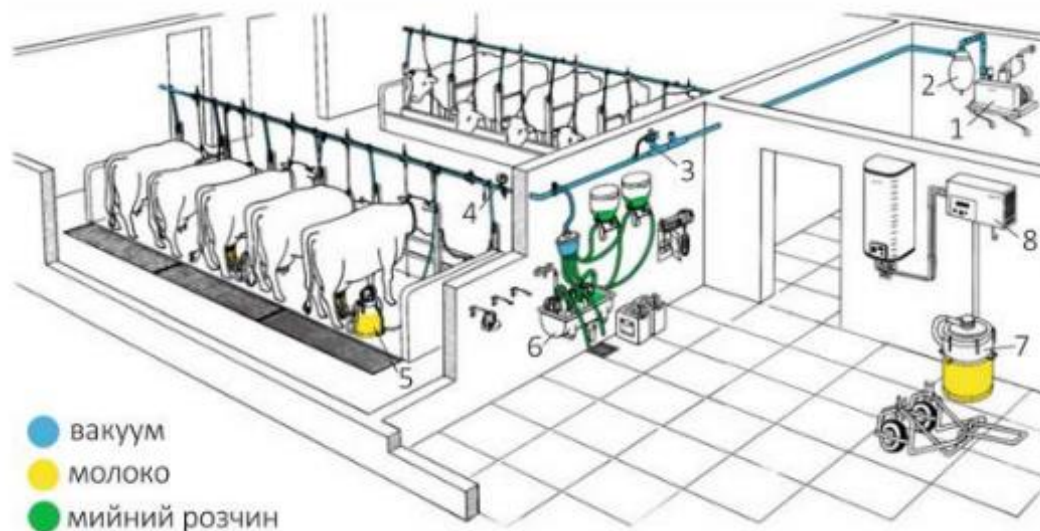


Рисунок 1.5 – Схематичне зображення лінійної доїльної установки з доїнням в відра: 1 – установка для створення вакууму; 2 – вакуумний резервуар; 3 – пристрій регулювання вакууму; 4 – прилад контролю вакууму; 5 – доїльний апарат із переносною ємністю для молока; 6 – система очищення (промивання); 7 – компактний пересувний охолоджувач; 8 – холодильний агрегат.

Процес доїння здійснюється послідовно, а після заповнення відра молоко переливають у спеціальні ємності для збору, після чого транспортують їх на візках до охолоджувального резервуара. Якщо загальний разовий надій є незначним (у межах 30–125 л), використовують компактні пересувні охолоджувачі, зокрема типу Jet Cool або Immersion cooler TZ.

Експлуатація таких установок є досить трудомісткою, оскільки потребує ручного перенесення як доїльних відер, так і ємностей для накопичення молока. Окрім цього, якість отриманого продукту знижується через підвищене бактеріальне забруднення, що виникає внаслідок потрапляння повітря через колектор доїльного апарата, відкритого переливання молока між ємностями та значного інтервалу часу між доїнням і охолодженням.

Зменшити зазначені недоліки дозволяє застосування лінійних доїльних установок із транспортуванням молока через молокопровід (рисунок 1.5).

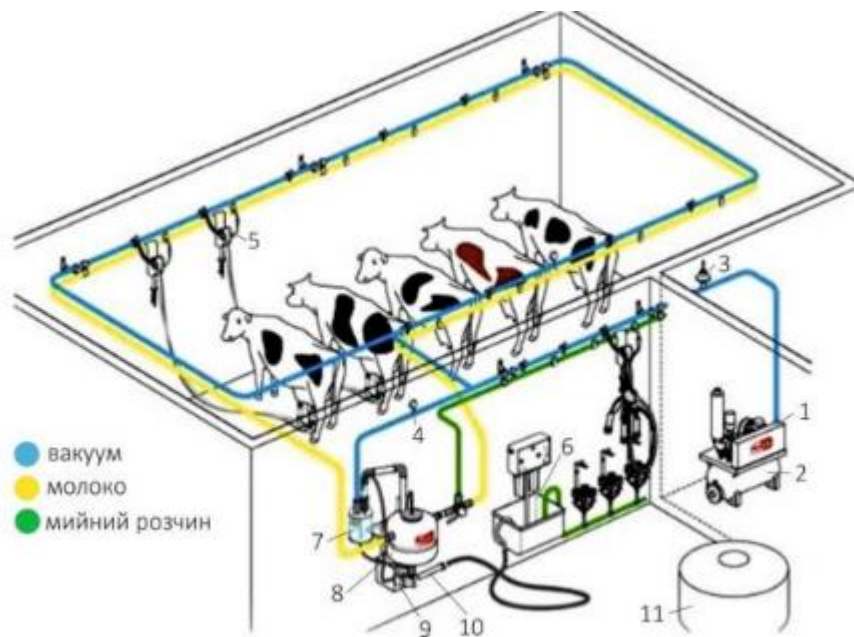


Рисунок 1.6 – Лінійна доїльна установка з відведенням молока через молокопровід: 1 – вакуумна установка; 2 – вакуумний ресивер; 3 – регулятор вакууму; 4 – прилад для контролю вакууму; 5 – доїльний апарат; 6 – система очищення; 7 – пристрій для відокремлення вологи; 8 – ємність для збору молока; 9 – насос для перекачування молока; 10 – фільтрувальний елемент; 11 – резервуар для охолодження молока.

У цьому випадку оператор переміщує лише підвісну частину доїльного апарата, яка обладнана пристроєм для одночасного підключення до вакуумної та молочної ліній. Молоко по трубопроводу надходить до збірника, оснащеного датчиком рівня, що регулює роботу насоса. Далі продукт перекачується через фільтр до танка-охолодника. За необхідності систему можна доповнити груповим лічильником молока перед збірником і проточним охолоджувачем після фільтра. Така організація процесу дозволяє суттєво знизити трудові витрати та покращити якість молока, оскільки залишається лише частковий вплив повітря корівника.

1.3.3 Доїльні зали

За умов безприв'язного або комбінованого утримання корів їх доїння організовують у доїльних залах (Milking Parlors), тобто у спеціально обладнаних приміщеннях із встановленим доїльним устаткуванням. За своєю структурою такі установки подібні до систем із молокопроводом і включають аналогічні елементи, однак сам процес доїння відбувається у спеціальних станках. При цьому саме конструкція та схема розміщення цих станків визначають тип доїльного залу.

Порівняно з лінійними системами, використання окремих приміщень для доїння забезпечує покращення якості молока, зниження рівня захворюваності тварин на мастит і підвищення продуктивності праці оператора. Це досягається завдяки кращим санітарно-гігієнічним умовам, впровадженню автоматизованих засобів та скороченню частки ручних операцій.

У доїльних залах типу «Тандем» (рисунк 1.6) корови розміщуються паралельно до доїльної ями в індивідуальних станках. Такі установки доцільно застосовувати на невеликих фермах із безприв'язною або комбінованою системою утримання, особливо за різномірного за продуктивністю стада. Зазвичай їх використовують при поголів'ї до 200 корів.

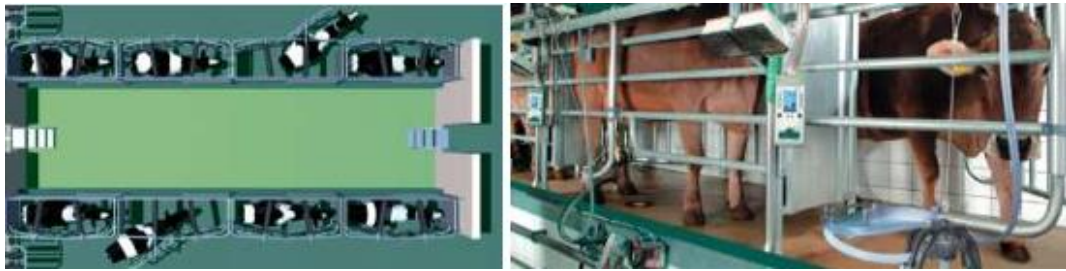


Рисунок 1.7 – Доїльна установка «Тандем»



Рисунок 1.8 – Доїльна установка «Ялинка»

У системах типу «Ялинка» (рисунок 1.7) тварини розташовані під кутом до доїльної ями, що і зумовило назву. На відміну від попереднього варіанта, тут використовуються групові станки, що дозволяє скоротити час на впускання і випускання корів та підвищити продуктивність роботи приблизно до 5 голів за годину на одне місце. Водночас така організація вимагає попереднього групування тварин за рівнем продуктивності. Подібні установки ефективні для господарств із поголів'ям у межах 200–600 корів.

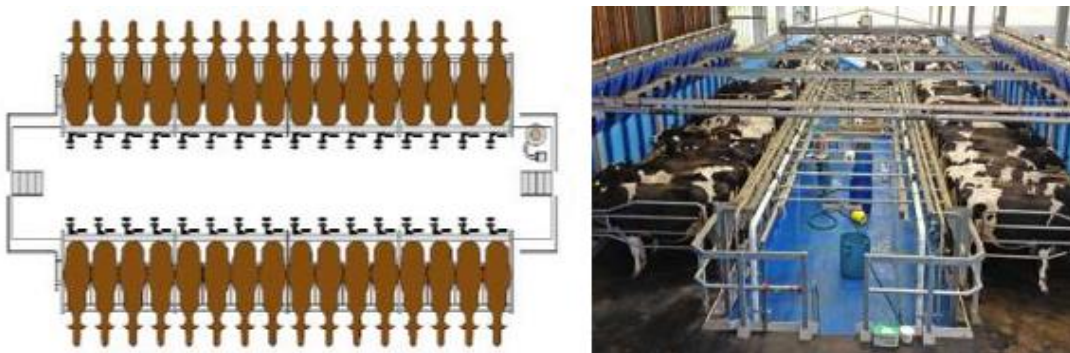


Рисунок 1.9 – Доїльна установка «Паралель»

Доїльні зали типу «Паралель» (рисунок 1.8) передбачають розміщення корів перпендикулярно (під кутом 90°) до доїльної ями. Вони характеризуються більшою продуктивністю порівняно з «ялинкою» — до 7 корів за годину на одне

робоче місце. Це пояснюється можливістю групового виходу тварин, а також зменшенням відстаней переміщення оператора. Такі установки зазвичай застосовують на фермах із поголів'ям від 600 до 1500 корів.

Найвищий рівень продуктивності досягається у доїльних установках типу «Карусель» (рисунок 1.9), де процес організовано на обертовій платформі. У цьому випадку оператор не переміщується вздовж ряду тварин, а робочі місця безперервно подаються до нього, що усуває паузи між циклами. Додатково такі системи можуть бути оснащені автоматизованими пристроями підготовки вимені та промивання доїльних апаратів. Це дозволяє досягати продуктивності до 200 корів за годину та ефективно організувати поділ праці між операторами.

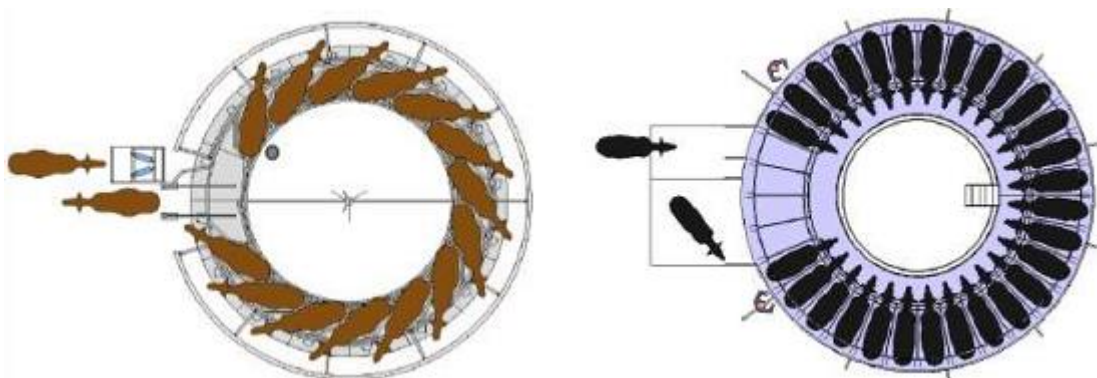


Рисунок 1.10 – Доїльна установка «Паралель»

1.3.4 Доїльні роботи

Доїльні роботи являють собою автоматизовані системи, в основі цієї технології лежить принцип так званого мотиваційного або добровільного доїння, за якого тварини самостійно підходять до доїльної установки відповідно до власних фізіологічних потреб. При цьому повторне відвідування можливе не раніше ніж приблизно через п'ять годин після попереднього доїння.

Головною перевагою використання доїльних роботів у порівнянні з традиційними системами є їх здатність працювати безперервно протягом доби. Із 24 годин близько 21 години припадає безпосередньо на процес доїння, тоді як приблизно 3 години відводяться на виконання трьох циклів очищення обладнання та обслуговування сенсорних елементів.

Дослідження, проведені зарубіжними науковцями [2], свідчать, що інтенсивність відвідування коровами роботизованих доїльних установок змінюється протягом доби. Зокрема, зростання активності спостерігається у ранкові години (близько 6–7 години), що пов'язано з появою персоналу на фермі, яка стимулює тварин. Найбільша кількість відвідувань фіксується у періоди з 9 до 11 години ранку та з 20 до 21 години вечора, тобто через певний час після роздавання повнораціонної кормової суміші.

Найнижча активність тварин спостерігається у ранкові години (приблизно 5–6 година), а також у періоди відпочинку та пережовування жуйки. Зменшення кількості відвідувань у проміжку 7–8 години зумовлене технологічними перервами в роботі обладнання, пов'язаними з вивантаженням молока з охолоджувального резервуара та проведенням санітарної обробки системи.



Рисунок 1.11 – Доїльні роботизовані установки De Laval (a) та DairyRobot R9500 (б)

Сучасні автоматичні системи доїння умовно поділяють на кілька типів залежно від їх конструкції та продуктивності. До першої групи належать однокосові установки, що мають один доїльний бокс і один роботизований маніпулятор (наприклад, «VMS» компанії DeLaval або «DairyRobot R9500» від GEA (рисунок 1.11), які здатні обслуговувати до 70 корів. Інший варіант — двокосові системи, де два доїльні місця обслуговуються одним маніпулятором (як у RDS «SAC»), що дозволяє працювати зі стадом до 120 голів. Більш

продуктивними є мультибоксіві комплекси, у яких кілька доїльних місць обслуговуються одним рухомим роботом (наприклад, «MIONE» від GEA), що дає змогу обслуговувати до 200 корів. Найбільш потужними є конвеєрні установки типу «Карусель», такі як «Automatic Milking Rotary» (AMR) від DeLaval або «DairyProQ» від GEA, розраховані на стадо до 800 корів.

За конструктивними особливостями боксові роботи фактично є аналогами станків типу «Тандем», доповненими маніпуляторами, які виконують усі технологічні операції: підготовку вимені, під'єднання доїльних стаканів, сам процес доїння та післядоїльну обробку. У конвеєрних системах, зокрема в AMR, застосовано принцип розподілу функцій між кількома маніпуляторами: одні виконують підготовчі операції та встановлюють стакани, а інші — знімають їх і здійснюють обробку вимені. У системі DairyProQ, на відміну від AMR, кожне доїльне місце обладнане окремим маніпулятором, який інтегрований у конструкцію перегородок.

Характерною особливістю всіх роботизованих доїльних установок є реалізація почетвертного доїння, при якому контроль якості молока здійснюється окремо по кожній дійці безпосередньо під час процесу, з подальшим автоматичним спрямуванням молока до відповідних ємностей.

1.4 Висновки

У даному розділі було розглянуто загальну характеристику підприємства, особливості утримання великої рогатої худоби, а також сучасні технології доїння і типи доїльних установок.

Дотримання правильної технології доїння, зокрема послідовності підготовчих операцій та врахування рефлексу молоковіддачі, є необхідною умовою забезпечення повноцінного видоювання та збереження здоров'я вимені.

Проведений аналіз показав, що різні способи утримання ВРХ безпосередньо впливають на організацію доїння та ефективність виробництва молока. Прив'язна система характеризується кращим індивідуальним контролем

тварин, однак супроводжується значними витратами праці, тоді як безприв'язне утримання створює умови для підвищення продуктивності, але потребує більш високого рівня організації та кваліфікації персоналу.

Розглянуті типи доїльних установок свідчать про еволюцію технічних засобів від простих індивідуальних і лінійних систем до високопродуктивних доїльних залів і роботизованих комплексів. Найбільш ефективними з точки зору продуктивності праці, якості молока та рівня автоматизації є сучасні доїльні зали та доїльні роботи, які дозволяють зменшити вплив людського фактору та забезпечити стабільність технологічного процесу.

Таким чином, подальше удосконалення технології доїння на молочно-товарних фермах доцільно здійснювати шляхом впровадження сучасних автоматизованих систем та оптимізації конструкції основних робочих органів доїльного обладнання, зокрема доїльного стакану, що і є предметом подальших досліджень у даній роботі.

2. ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДОЇННЯ ТА ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА

2.1 Основні відомості

Проектування технологічного процесу доїння та первинної обробки молока є одним із ключових етапів організації виробництва на молочно-товарній фермі, оскільки від правильності його побудови залежать продуктивність праці, якість молока та економічна ефективність господарства.

В основу проектування покладено вихідні дані про підприємство, зокрема тип утримання тварин, чисельність поголів'я, рівень продуктивності корів, кратність доїння, а також прийняту систему організації виробництва. Для ТОВ «Агрофірма “Орлівщина”» характерним є поєднання рослинництва та тваринництва, що забезпечує наявність кормової бази та створює передумови для ефективного ведення молочного скотарства.

При розробці технологічного процесу враховуються фізіологічні особливості корів, зокрема рефлекс молоковіддачі, тривалість дії окситоцину та необхідність виконання підготовчих операцій перед доїнням. Важливим є забезпечення чіткої послідовності технологічних операцій, що включають підготовку вимені, доїння, післядоїльну обробку та транспортування молока.

Проектований технологічний процес передбачає вибір оптимального способу доїння залежно від системи утримання тварин. Для сучасних фермерських господарств найбільш доцільним є використання доїльних залів або автоматизованих доїльних систем, які забезпечують високу продуктивність, зниження трудомісткості та покращення санітарно-гігієнічних умов отримання молока.

Первинна обробка молока включає його фільтрацію, охолодження та зберігання до моменту реалізації або подальшої переробки. Особливу увагу приділяють швидкому зниженню температури молока після доїння до 4 °С, що

дозволяє зменшити розвиток мікрофлори та зберегти якість продукції. Для цього застосовують танки-охолоджувачі, проточні охолоджувачі та автоматизовані системи контролю температури.

При проєктуванні також враховуються показники продуктивності обладнання, тривалість доїння, кількість доїльних місць, пропускна здатність системи, а також логістика переміщення тварин і молока. Важливим є забезпечення безперервності процесу, мінімізація ручної праці та впровадження засобів автоматизації.

Розробка технологічного процесу доїння та первинної обробки молока повинна базуватися на комплексному підході, що враховує біологічні, технічні та організаційні фактори, з метою забезпечення високої продуктивності, якості молока та ефективності функціонування молочно-товарної ферми.

2.2 Зоотехнічні вимоги до доїння та вихідні дані

Зоотехнічні вимоги до організації процесу доїння базуються на врахуванні фізіологічних особливостей корів, дотриманні технологічної дисципліни та забезпеченні належних санітарно-гігієнічних умов. Основною метою є отримання максимальної кількості якісного молока при одночасному збереженні здоров'я тварин.

Однією з головних вимог є дотримання чіткої послідовності виконання операцій під час доїння. Підготовка вимені повинна включати очищення, обсушування та стимуляцію, що забезпечує виникнення рефлексу молоковіддачі. Доїльні стакани необхідно встановлювати не пізніше ніж через 60–90 секунд після початку підготовки, оскільки дія окситоцину є обмеженою в часі.

Важливо забезпечити повноцінне та рівномірне видоювання всіх чвертей вимені. Неповне видоювання призводить до зниження продуктивності, погіршення якості молока та підвищення ризику виникнення маститу. При цьому не допускається надмірне перетримування доїльних стаканів після закінчення молоковіддачі, оскільки це травмує дійки.

Суттєве значення має стабільність режиму доїння. Корови повинні доїтися у строго визначений час із однаковими інтервалами між доїннями. Порушення режиму негативно впливає на рефлекс молоковіддачі та загальну продуктивність тварин.

Необхідно забезпечити відповідність параметрів роботи доїльного обладнання фізіологічним вимогам корів. Зокрема, вакуумний тиск і частота пульсації повинні бути оптимальними, щоб забезпечити ефективне доїння без травмування тканин вимені.

Важливою вимогою є дотримання санітарно-гігієнічних норм. Усі елементи доїльного обладнання повинні регулярно очищуватися та дезінфікуватися, а вим'я — оброблятися до і після доїння. Це дозволяє зменшити бактеріальне обсіменіння молока та запобігти розвитку інфекцій.

Особлива увага приділяється стану дійок і вимені. Наявність тріщин, набряків або інших пошкоджень є неприпустимою, оскільки це сприяє проникненню інфекцій та погіршенню молоковіддачі.

Також необхідно враховувати поведінкові особливості тварин. Спокійна обстановка під час доїння, відсутність стресових факторів і грубого поводження сприяють кращому виділенню молока та підвищенню продуктивності.

Таким чином, дотримання зоотехнічних вимог до доїння забезпечує високу ефективність процесу, покращення якості молока, зниження захворюваності тварин і підвищення економічних показників виробництва.

Підприємство ставить за мету виробляти 5000 т. молока на рік. На підприємстві використовується українська червоно-ряба порода корів. Для порода корів в середньому має наступні характеристики [1]: річний надій – 5500 кг; жирність молока – 3,9 %; відсоток білку – 3,7 %; строк використання корови – 5 років.

2.3 Розрахунок необхідного поголів'я для забезпечення необхідної кількості продукції

Необхідна кількість корів визначимо за формулою:

$$n_k = \frac{B'}{Y} \cdot 1000 \quad (2.1)$$

де B' - річне виробництво молока заданої жирності, т;

Y – фактичний річний надій на одну корову, кг.

Згідно ДСТУ стандартна жирність складає 3,4%, тому необхідно визначити необхідну кількість молока стандартної жирності:

$$B' = \frac{BC_6}{C} = \frac{5000 \cdot 3,4}{3,9} = 4359 \frac{\text{т}}{\text{рік}} \quad (2.2)$$

B – річне виробництво молока стандартної жирності, $B = 5000$ т;

C_6 – значення стандартної жирності, $C_6 = 3,4\%$;

C – жирність молока червоно-рябої породи, $C = 3,9$.

Тоді з формули (2.1):

$$n_k = \frac{4359}{5500} \cdot 1000 = 793 \text{ гол.}$$

Структура стада складається з таких технологічних груп: фуражні корови (дійні та сухостійні), ремонтний молодняк, нетелі, зверх-ремонтний молодняк.

Визначимо необхідну кількість скотомісць для кожної технологічної групи.

Для дійних корів:

$$n_{\text{к.д.}} = \frac{n_k \cdot (t_{\text{л}} - t_0)}{365} = \frac{793 \cdot (305 - 19)}{365} = 622 \text{ скм.} \quad (2.3)$$

де $t_{\text{л}}$ – період лактації корови, 285-305 днів;

t_0 – післярозтільний період, 14-20 днів.

Для сухостійних корів:

$$n_{\text{к.с.}} = n_k - n_{\text{к.д.}} = 793 - 622 = 171 \text{ скм.} \quad (2.4)$$

Для нетілів:

$$n_{\text{н}} = k_{\text{впп}} \frac{n_{\text{к}} \cdot t_{\text{н}}}{365 \cdot z} = 1,4 \cdot \frac{793 \cdot 270}{365 \cdot 5} = 165 \text{ скм.} \quad (2.5)$$

де $k_{\text{впп}}$ – коефіцієнт відбраковки первістку після розтєлення, $k_{\text{впп}} = 1,4$.

Для ремонтного молодняку віком 6-15 місяців (телиць):

$$n_m = k_3 \frac{n_{\text{н}} \cdot t_m}{t_{\text{н}}} = 1,15 \cdot \frac{165 \cdot 270}{270} = 190 \text{ скм.} \quad (2.6)$$

де k_3 – коефіцієнт запасу, який враховує відбраковане поголів'я, $k_3 = 1,15$.

Для ремонтного молодняку віком 2-6 місяців:

$$n_{2-6} = k_3 \frac{n_m \cdot t_{2-6}}{t_m} = 1,15 \cdot \frac{190 \cdot 120}{330} = 80 \text{ скм.} \quad (2.7)$$

Для ремонтного молодняку віком 0-2 місяці:

$$n_{0-2} = k_3 \frac{n_{2-6} \cdot t_{0-2}}{t_{2-6}} = 1,15 \cdot \frac{80 \cdot 60}{120} = 46 \text{ скм.} \quad (2.8)$$

Для зверхремонтного молодняку віком 0-2 місяці:

$$n_{0-2}^{\text{зр}} = \frac{n_{\text{к}} \cdot m \cdot t_{0-2}}{365} - n_{0-2} = \frac{793 \cdot 0,9 \cdot 60}{365} - 46 = 72 \text{ скм.} \quad (2.9)$$

де m – коефіцієнт, який включає відсоток виходу телят, $m = 0,9$.

Для зверхремонтного молодняку віком 2-12 місяців:

$$n_{2-12}^{\text{зр}} = \frac{n_{0-2}^{\text{зр}} \cdot t_{2-12}}{k_3 \cdot t_{0-2}} = \frac{72 \cdot 300}{1,15 \cdot 60} = 314 \text{ скм.} \quad (2.10)$$

Отримані данні занесемо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку кількості скотомісць для кожної технологічної групи.

№	Технологічна група	Кількість скотомісць
1	Дійні корови	622
2	Сухостійні корови	171
3	Нетелі	165
4	Телиці	190

5	Телята 2-6 місяців	80
6	Телята 0-2 місяця	46
7	Зверх-ремонтний молодняк: Телята 0-2 місяця	72
8	Телята 2-12 місяці	314
Всього		1660

2.4 Визначення технологічних параметрів та кількості обладнання

На фермі використовується доїльний зал типу «Карусель». Необхідну кількість доїльних місць можна за формулою:

$$z_{\text{д.м.}} = \frac{n_{\text{д}}}{(t_{\text{д}} - t_{\text{н}})p} \quad (2.11)$$

де $n_{\text{д}}$ – одночасна кількість дійних корів на фермі, гол;

$t_{\text{д}}$ – час необхідний на одне доїння, $t_{\text{д}} = 4$ год;

$t_{\text{н}}$ – час необхідний на промивку доїльної установки,

p – пропускна здатність одного місця для доїння, гол/год.

Параметр $n_{\text{д}}$ визначаємо за формулою:

$$n_{\text{д}} = \frac{n_{\text{к.д.}} \cdot D \cdot \delta}{365}, \text{ гол} \quad (2.12)$$

де D – тривалість лактації корови протягом року, $D = 300 \dots 305$ днів;

δ – коефіцієнт, який бере до уваги сезонність циклу виробництва, $\delta = 1,05$.

$$n_{\text{д}} = \frac{622 \cdot 300 \cdot 1,05}{365} = 536,8 \approx 537 \text{ голів}$$

Пропускную здатність доїльного місця визначаємо за формулою:

$$p = \frac{60}{(t_{\text{м}} + t_{\text{м.р.}} + t_{\text{в.в.}})k}, \text{ гол/год} \quad (2.13)$$

де $t_{\text{м}}$ – час молоковіддачі, $t_{\text{м}} = 5 \dots 7$ хв., точне значення залежить від надою, фізіологічних особливостей та періоду лактації корови. Приймаємо $t_{\text{м}} = 6$ хв;

$t_{м.р.}$ – час, необхідний на машинно-ручні операції, який залежить від виду установки та рівня автоматизації, для залу «Карусель» приймаємо $t_{м.р.} = 0,7$ хв;

$t_{в.в}$ – час, необхідний на вхід та вихід корови в доїльний станок, для станка типу «Карусель» значення дорівнює нулю;

k – коефіцієнт, що враховує невраховані зупинки роботи, $k = 1,2$.

Підставляємо дані в формулу та отримуємо:

$$p = \frac{60}{(6 + 0,7) \cdot 1,2} = 7,7 \text{ гол/год}$$

Тоді:

$$z_{д.м.} = \frac{537}{(4 - 0,7) \cdot 7,7} = 21,1 \approx 22 \text{ місць}$$

Згідно з технологією, мінімальна можлива кількість доїльних місць зали типу «Карусель» - 24 місця. Тому приймаємо цей розмір.

Необхідну кількість операторів для обслуговування доїльної зали визначаємо за формулою:

$$z_o^{дз} = \frac{Q_{ус}}{Q_o} = \frac{p \cdot z_{д.м.}}{Q_o} \quad (2.14)$$

де $Q_{ус}$ – продуктивність доїльної установки, гол/год.;

Q_o – продуктивність одного оператора під час доїння, гол/год.

Параметр Q_o визначається за формулою:

$$Q_o = \frac{60}{t_{м.р.}} = \frac{60}{0,7} = 85,7 \text{ гол/год}$$

Підставляємо значення в формулу (2.14):

$$z_o^{дз} = \frac{7,7 \cdot 22}{85,7} = 1,97 \approx 2$$

На заключному етапі розробки визначають чисельність групи тварин, яку спрямовують на доїння, а також розраховують площу зони очікування (переддоїльного майданчика). Для ефективної організації процесу, особливо при використанні установок конвеєрного типу, важливим параметром є ритм (такт) доїння r_o . Він характеризує часовий інтервал між однаковими діями (наприклад, заходом тварини у станок, приєднанням або зняттям доїльного апарата, виходом

зі станка), що послідовно виконуються для двох корів. Величину цього показника визначають як відношення:

$$r_d = \frac{t_d - (t_m + t_{m.p.} + t_{b.b.})}{n_d - 1}, \text{ год/гол} \quad (2.15)$$

$$r_d = \frac{4 - (0,1 + 0,01)}{537 - 1} = 0,007 \text{ год/гол}$$

Щоб забезпечити ритм доїння, визначений відповідною залежністю, а також організувати безперервний потік тварин до доїльно-молочного блоку, перед входом облаштовують накопичувальну зону (переддоїльний майданчик). Її площу приймають із розрахунку приблизно 1,8–2 м² на одну голову в групі. При цьому необхідно передбачити таку організацію руху, щоб потоки корів до доїння та після нього не перетиналися.

Загальна площа накопичувача F_m визначається залежно від чисельності тварин у групі n_n , які одночасно перебувають на даному майданчику:

$$F_m = f_1 \cdot n_n, \text{ м}^2 \quad (2.16)$$

де f_1 – необхідна площа для однієї корови, м²;

n_n – максимальна кількість корів у групі, гол.

Максимальна кількість голів у групі визначається за формулою:

$$n_n = \frac{T_n}{r_d} \quad (2.17)$$

де T_n – середній допустимий час перебування корів на переддоїльному майданчику, $T_n = 20$ хв;

$$n_n = \frac{0,334}{0,007} = 48 \text{ гол}$$

Підставляємо значення у формулу (2.16):

$$F_m = 2 \cdot 48 = 96 \text{ м}^2$$

Інтенсивність технологічної лінії (потокової):

$$I_n = \frac{t_m + t_{m.p.} + t_{b.b.}}{r_d} \quad (2.18)$$

$$I_n = \frac{0,1 + 0,01}{0,007} = 15,7 \approx 16 \text{ гол}$$

Потрібну пропускну спроможність лінії обробки молока визначаємо за формулою:

$$Q_{o.m.} = \frac{n_{к.д} \cdot Y \cdot c}{m \cdot D \cdot t_d} = \frac{622 \cdot 5500 \cdot 1,25}{2 \cdot 300 \cdot 1,5} = 4751,4 \frac{\text{кг}}{\text{год}}. \quad (2.19)$$

де c – коефіцієнт, який враховує нерівномірність надходження молока від корови, $c = 1,25$;

Обираємо молочний насос. Він має задовольняти наступну вимогу:

$$Q_{o.m.} \leq Q_n \quad (2.20)$$

де Q_n – номінальна продуктивність насоса, кг/год.

Приймаємо два насоса НМУ-6 з продуктивністю 3600 кг/год кожен. Загальна продуктивність складатиме 7200 кг/год.

Обираємо резервуар для зберігання молока. Він має задовольняти наступну вимогу:

$$V_p \leq V_n \quad (2.21)$$

де V_p – необхідна розрахункова місткість, м³;

V_n – номінальна місткість, м³.

Необхідну розрахункову місткість резервуара можна визначити за формулою:

$$V_p = \frac{Q_{o.m.} \cdot m \cdot t_d}{\rho \cdot k \cdot \varphi} = \frac{4751,4 \cdot 2 \cdot 1,5}{1024 \cdot 2 \cdot 0,9} = 7,73 \text{ м}^3 \text{ (7730 л)} \quad (2.22)$$

Приймаємо резервуар G9 місткістю 8000 літрів з компресором потужністю 7,4 кВт та габаритами 4060x2015x2430.

Обираємо холодильну машину. Вона має виконувати наступну умову:

$$Q_{xp} \leq Q_{xm}, \text{ кВт} \quad (2.23)$$

де Q_{xp} - необхідна розрахункова продуктивність холодильної машини, кВт;

Q_{xm} - номінальна продуктивність холодильної машини, кВт.

Необхідна розрахункова продуктивність холодильної машини

$$Q_{xp} = \frac{1}{3600} \cdot Q_{o.m.} \cdot c_m \cdot (t_n - t_k) = \quad (2.24)$$

$$= \frac{1}{3600} \cdot 4751,4 \cdot 3,852 \cdot 32 = 162,7 \text{ кВт.}$$

де c_m – теплоємність молока, $c_m = 3,852 - 3,923 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$;

t_n і t_k – температура молока на початку і в кінці процесу охолодження відповідно, К.

Обираємо 5 холодильних установок АВ – 30 продуктивністю по 35 кВт кожна. Загальна продуктивність складає 175 кВт.

2.5 Проектування доїльної установки та технологічної схеми

Доїльна установка «Карусель» (рисунк 2.1) з обертовою платформою карусельного типу, на якій розміщуються корови та встановлено доїльне обладнання, призначена для організації безперервно-потокowego доїння на молочно-товарних фермах і промислових комплексах. Вона забезпечує транспортування видоєного молока до молочного відділення, його очищення, охолодження та подальшу подачу в резервуари для зберігання. Робота установки відбувається у ритмі руху конвеєра, що створює умови для високого рівня автоматизації процесу. Обслуговуючий персонал розміщується всередині установки.

Найефективніше застосування такої установки — на фермах із безприв'язною системою утримання тварин. У технологічному процесі передбачено такі операції: підготовка обладнання до роботи; підгін корів до переддоїльного майданчика; їх подача на цей майданчик; направлення тварин на установку УОВ-Ф-1 для автоматичної санітарної обробки вимені; подача корови у доїльний станок конвеєра; підготовка вимені, здоювання перших порцій молока та під'єднання доїльного апарата; автоматизоване доїння з додоюванням і подальшим зняттям апарата після завершення молоковіддачі; облік надоеного молока від кожної корови (при контрольних доїннях); транспортування молока до молочного відділення; його фільтрація, охолодження та подача в ємності для

зберігання; виведення корови зі станка після завершення доїння; а також промивання та дезінфекція доїльної установки.

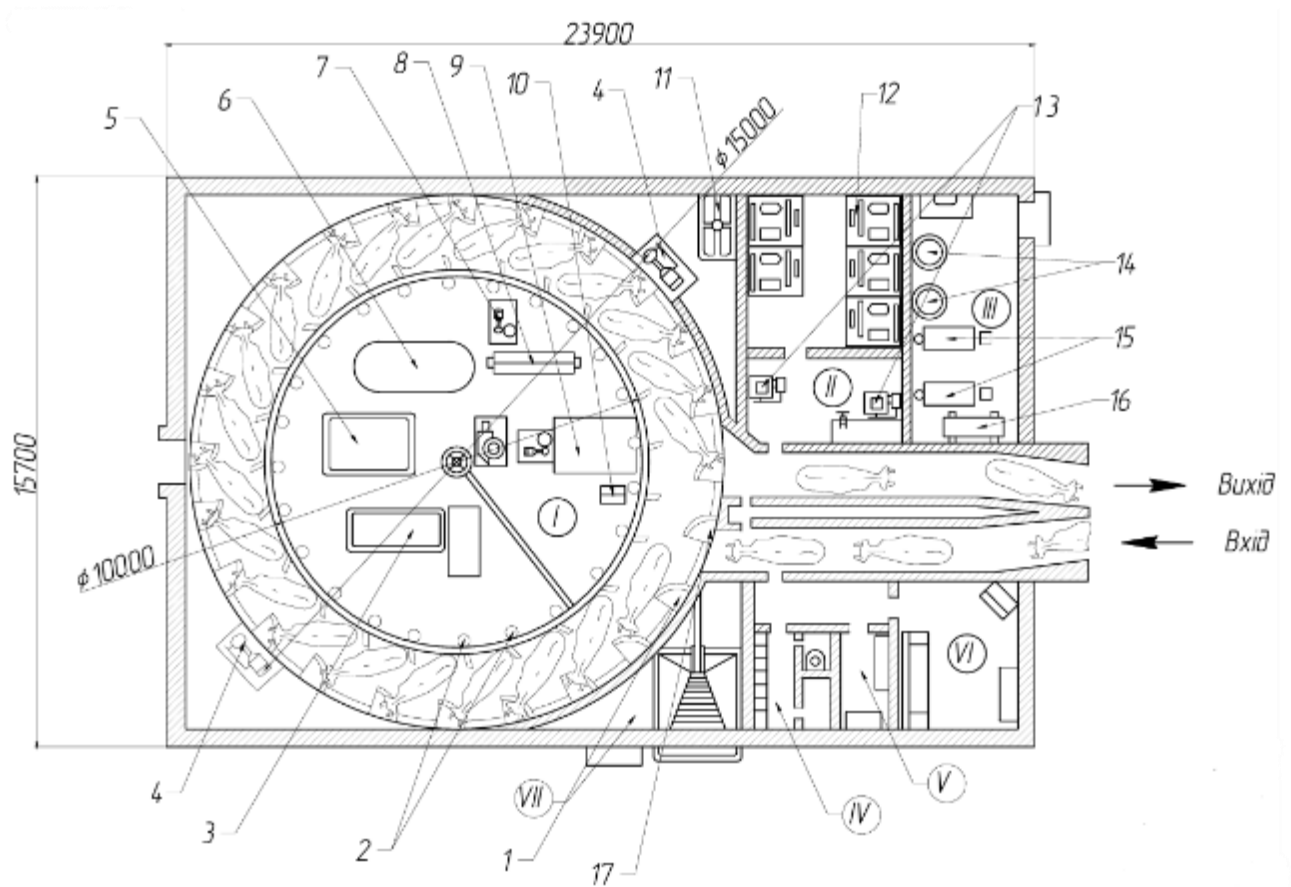


Рисунок 2.1 – Технологічна схема доїльного залу «Карусель»: I – доїльна зала; II – машинне відділення; III – котельня; IV – кімната відпочинку; V – лабораторія; VI – гардероб і санвузол; VII – кормове відділення; 1 – доїльний станок; 2 – доїльні апарати; 3 – шафа для запасних частин; 4 – привід конвеєра; 5 – бак для відвіжок; 6 – бак для молока; 7 – сепаратор; 8 – охолодник; 9 – молокоприймальний бак; 10 – пульт керування; 11 – бак-акумулятор холоду; 12 – холодильна машина; 13 – вакуумний насос; 14 – електроводонагрівач; 15 – паровий котел; 16 – бойлер; 17 – бункер-дозатор кормів

Конструктивно установка являє собою обертову платформу у вигляді кільцевого диска з внутрішнім діаметром близько 10 м і зовнішнім — близько 15 м. На ній змонтовані доїльні станки з годівницями типу «ялинка». Привід платформи здійснюється мотор-редуктором потужністю 4 кВт, оснащеним

безступінчастим варіатором, що забезпечує змінну швидкість обертання — один повний оберт за 6–14 хвилин.

Схема функціонування (технологічна схема) доїльної установки «Карусель» наведена на рисунку 2.2.

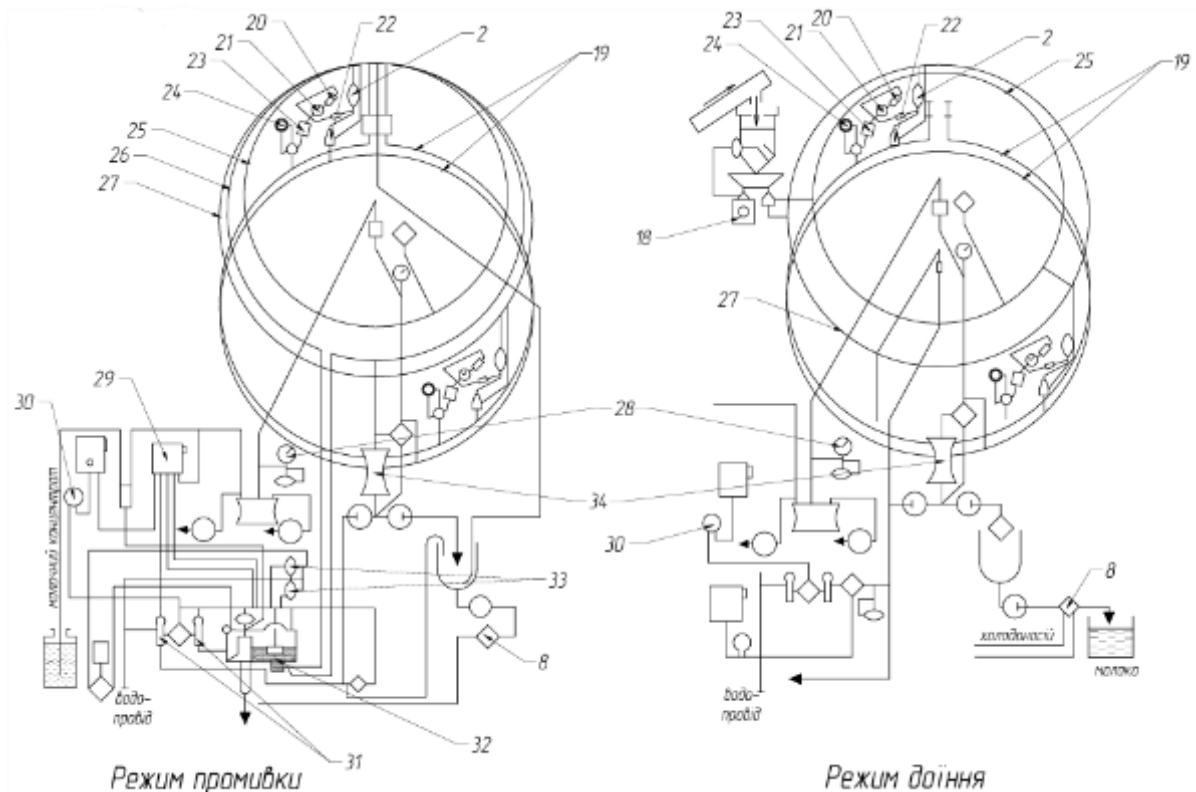


Рисунок 2.2 – Технологічна схема установки: 18 — дозатор концентрованих кормів; 19 — вакуумпровід; 2 — доїльний апарат; 20 — пневмоциліндр; 21 — перемикач; 22 — пульсатор; 23 — система автоматичного керування; 24 — лічильник молока; 25 — лінія атмосферного повітря; 26 — молокопровід; 27 — технологічний вакуумпровід; 28 — вакуумметр; 29 — пульт керування; 30 — термометр; 31 — пневмокран; 32 — бак для промивки; 33 — пневмовентиль; 34 — молокоприймальник; 8 — охолоджувач молока.

Гній через щілини в платформі потрапляє у жолоб, звідки за допомогою спеціальної щітки переміщується у самопливний канал. Кількість корму, що видається тваринам з урахуванням їх продуктивності, регулюється дозаторами, керування якими здійснюється з пульта.

Процес очищення контролюється автоматизованою системою промивки, уніфікованою з установкою типу АДМ-8А. Мийний розчин або вода з відповідної ємності подаються до технологічної лінії, розташованої на кільцевій платформі, після чого проходять через доїльні апарати, надходять у два кільцеві молокопроводи і далі — у молокоприймальник. Для промивки пластинчастий охолоджувач підключається між молочним насосом і баком із мийним розчином. Очищення відбувається під тиском, створеним насосом, а відпрацьована рідина залежно від обраного режиму відводиться в каналізацію або повертається для повторної циркуляції. Вибір програми промивки здійснюється за допомогою пульта керування.

У режимі доїння (Рисунок 2.2) молоко від доїльних апаратів транспортується двома незалежними кільцевими молокопроводами до молокоприймальника, після чого за допомогою насосів подається в ємність для зберігання.

Концентровані корми подаються тваринам через дозатори з пневматичним приводом, причому їх кількість встановлюється індивідуально для кожної корови оператором.

Під час роботи карусельної установки передбачено розподіл обов'язків між операторами. Перший регулює подачу тварин на установку та здійснює видачу кормів; другий контролює процес миття вимені в автоматизованій установці УОВ-Ф-1 із використанням циліндричних щіток і виконує здоювання перших порцій молока; третій здійснює обтирання та масаж вимені й під'єднує доїльні стакани; четвертий спостерігає за процесом доїння; п'ятий виконує машинне додоювання, оцінює стан вимені та випускає корів після завершення процесу.

2.6 Висновки

У даному розділі виконано комплексне проєктування технологічного процесу доїння та первинної обробки молока для молочно-товарної ферми .

На основі заданого обсягу виробництва молока визначено необхідну кількість поголів'я та сформовано структуру стада за технологічними групами. Проведені розрахунки дозволили обґрунтувати кількість скотомісць і забезпечити безперервність виробничого процесу.

З урахуванням зоотехнічних вимог та фізіологічних особливостей корів обрано доїльний зал типу «Карусель», який забезпечує безперервно-потокове доїння, високий рівень механізації та автоматизації процесу. Визначено основні технологічні параметри, зокрема кількість доїльних місць, ритм доїння, чисельність обслуговуючого персоналу та площу переддоїльного майданчика.

Виконано підбір основного технологічного обладнання, включаючи молочні насоси, резервуар для зберігання молока та холодильні установки. Обране обладнання забезпечує необхідну продуктивність технологічної лінії, ефективне транспортування, очищення та швидке охолодження молока до нормативної температури.

Розроблена технологічна схема передбачає раціональну організацію потоків тварин і молока, виключення їх перетинання, а також автоматизацію основних операцій доїння, обробки та санітарного очищення обладнання. Це дозволяє знизити трудомісткість процесу, підвищити продуктивність праці та забезпечити високу якість молока.

Таким чином, запропонований технологічний процес відповідає сучасним вимогам ведення молочного скотарства, забезпечує ефективну роботу ферми, підвищення продуктивності виробництва та покращення техніко-економічних показників підприємства.

3. УДОСКОНАЛЕННЯ МОЛОЧНОГО СТАКАНА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЙОГО КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ

3.1 Актуальність питання

У сучасному молочному скотарстві процес доїння є однією з найважливіших технологічних операцій, від якої безпосередньо залежать якість молока, продуктивність тварин та економічні показники господарства. Центральне місце в цьому процесі займає доїльний апарат, який забезпечує механізоване видоювання молока та визначає умови взаємодії обладнання з вим'ям корови.

Зростання вимог до якості молочної продукції, а також необхідність дотримання санітарно-гігієнічних норм обумовлюють підвищену увагу до технічного рівня доїльного обладнання. Під час доїння можливе бактеріальне забруднення молока, яке пов'язане як із зовнішніми факторами, так і з особливостями конструкції та роботи доїльного апарата.

Важливим аспектом є також збереження здоров'я тварин. Порушення режимів доїння, нестабільний вакуум, неправильна робота пульсаторів або конструктивні особливості доїльних стаканів можуть призводити до травмування тканин діжок, зниження інтенсивності молоковіддачі та виникнення захворювань вимені, зокрема маститу.

Крім того, в умовах застосування сучасних високопродуктивних доїльних установок, таких як доїльні зали типу «Карусель», підвищуються вимоги до надійності та ефективності роботи доїльних апаратів. Велика інтенсивність використання обладнання вимагає стабільної роботи всіх його елементів і забезпечення безперервності технологічного процесу.

Таким чином, питання постійного вдосконалення доїльного апарата є актуальним з точки зору забезпечення високої якості молока, збереження

здоров'я тварин та підвищення ефективності виробництва на молочно-товарних фермах.

3.2 Стан питання. Огляд існуючих доїльних стаканів

Сучасний доїльний стакан є основним робочим органом доїльного апарата, який безпосередньо взаємодіє з дійкою корови та визначає ефективність видоювання, рівень травматизації тканин і санітарний стан молока. Конструкція стакана включає жорсткий корпус (з нержавіючої сталі або ударостійкого полімеру) та еластичний лайнер, який працює в умовах змінного вакууму і пульсації. Саме лайнер формує контакт із дійкою, створює фазу стискання і розслаблення та забезпечує транспортування молока.

Найбільш поширеними на практиці є стакани з гумовими та силіконовими лайнерами. Гумові вкладиші традиційно дешевші, але мають обмежений ресурс (у середньому 2500–3000 доїнь) і схильні до старіння, що призводить до втрати еластичності та зміни робочих характеристик. Силіконові лайнерні елементи, які активно застосовуються у сучасних системах DeLaval [9] та GEA Group[10], мають значно більший ресурс (до 5000–8000 доїнь), стабільні механічні властивості та краще витримують високі температури при санітарній обробці. Важливою характеристикою є діаметр вхідного отвору (зазвичай 20–24 мм), який підбирається під морфологію дійок стада. Невідповідність цього параметра може призводити до витоку повітря, нестабільного вакууму або травмування.

Окремим напрямом розвитку є оптимізація геометрії лайнера. У сучасних конструкціях відходять від простої циліндричної форми до складних профілів із різною жорсткістю по довжині. Верхня частина лайнера (зона контакту з основою дійки) виконується більш м'якою для герметизації, тоді як середня частина має підвищену жорсткість для стабілізації положення дійки. Нижня частина часто проектується таким чином, щоб забезпечити інтенсивний масаж і запобігти застою молока. Така геометрія дозволяє рівномірніше розподіляти вакуум, зменшувати набряк тканин і підвищувати швидкість молоковіддачі. У

деяких моделях застосовуються змінні профілі перерізу, які забезпечують контрольоване стискання дійки під час пульсації.

У високотехнологічних системах, особливо роботизованих, застосовуються так звані інтелектуальні доїльні стакани. У таких рішеннях, що використовуються в автоматичних установках GEA Group або DeLaval, один стакан або модуль виконує одразу кілька функцій: очищення дійки, стимуляцію, здоювання перших струменів, основне доїння та післядоїльну обробку. Це досягається за рахунок інтеграції каналів подачі води, повітря і дезінфікуючих розчинів, а також датчиків, які контролюють потік молока та стан дійки. Такі системи значно зменшують вплив людського фактору і забезпечують стабільну якість процесу. Стакани GEA Group показані на рисунку 3.1.

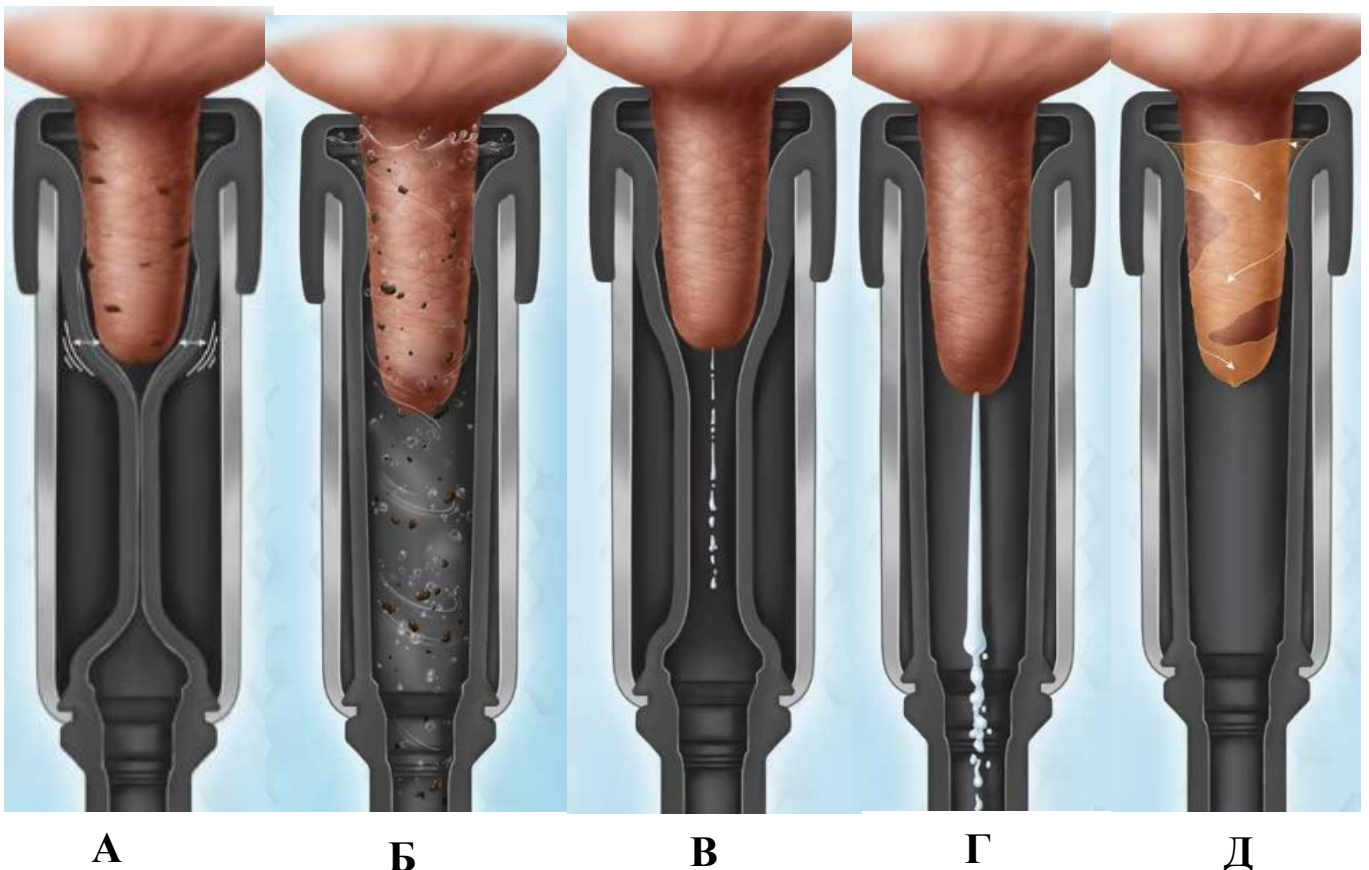


Рисунок 3.1 – Процес доїння на прикладі автоматичного стакану від GEA Group: А – Стимуляція; Б – Миття; В – Попереднє очищення та аналіз молока; Г – доїння; Д – попереднє занурення та зворотнє промивання.

Серйозну увагу у сучасних конструкціях приділяють гігієнічним аспектам. Однією з проблем традиційних стаканів є можливість перехресного зараження через зворотний потік молока або контакт забруднених поверхонь. У відповідь на це розробляються системи з індивідуальними каналами, повітряними клапанами та автоматичною промивкою після кожного циклу доїння. Деякі конструкції передбачають розділення потоків або навіть використання окремих стаканів для кожної дійки, що суттєво знижує ризик передачі патогенів. У роботизованих системах часто застосовується автоматична дезінфекція прямо в стакані, що дозволяє обробляти дійку одразу після доїння без додаткових операцій.

Ще одним важливим напрямом є адаптація доїльних стаканів до фізіологічних особливостей тварин. У сучасних стадах спостерігається значна варіативність форми та розмірів дійок, тому виробники пропонують різні типорозміри лайнерів і навіть універсальні рішення з підвищеною гнучкістю. Це дозволяє зменшити кількість повторних підключень апарата, підвищити комфорт тварин і стабілізувати процес доїння. Крім того, сучасні матеріали і конструкції забезпечують більш м'який контакт із тканиною дійки, що знижує ризик мікротравм і розвитку маститу.

Загалом сучасні доїльні стакани розвиваються у напрямі підвищення біологічної безпеки, адаптації до індивідуальних особливостей тварин, покращення гідродинаміки молоковіддачі та інтеграції в автоматизовані системи доїння. Це дозволяє забезпечити стабільну роботу доїльного обладнання в умовах інтенсивного виробництва, характерного для доїльних залів типу «Карусель», і створює передумови для подальшого підвищення ефективності молочного скотарства.

3.3 Патентний аналіз існуючих вдосконалень та винаходів

Патент UA53341A «Доїльний стакан» [8]

Винахід спрямований на створення доїльного стакану (рисунок 3.2), який забезпечує кращу стимуляцію процесу молоковіддачі та знижує нераціональні

витрати енергії. Принцип його роботи базується на імітації природного доїння: під час ссання теля стимулює вим'я, а при ручному доїнні аналогічну функцію виконує оператор.

Технічний результат досягається за рахунок конструкції гільзи 3, яка складається з верхньої циліндричної частини 4, сільфона 5 та нижньої циліндричної частини 6. Саме сільфон 5 забезпечує можливість видовження доїльного стакану, що підсилює стимулюючий вплив на дійку 11.

Доїльний стакан включає молочну трубку 1 з присоском 2, гільзу 3, молочну чашечку 7 з отвором 8, через який молоко надходить у молочний шланг 9. Між молочною трубкою 1 та гільзою 3 утворюється міжстінна камера 10, а між дійкою 11 і чашечкою 7 — піддійкова камера 12.

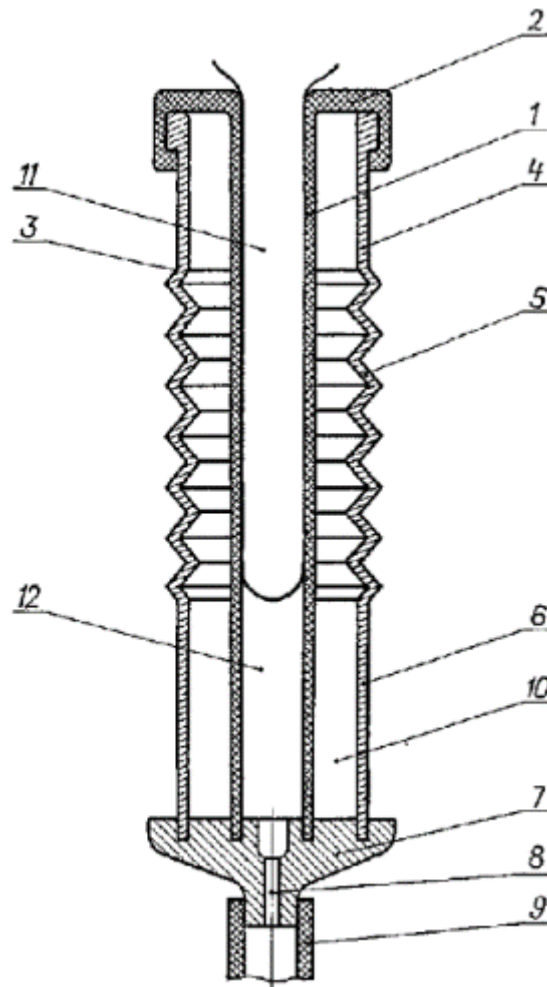


Рисунок 3.2 – Молочний стакан згідно винаходу: 1 — молочна трубка; 2 — присосок; 3 — гільза; 4 — верхня циліндрична частина гільзи; 5 — сільфон; 6 — нижня циліндрична частина гільзи; 7 — молочна чашечка; 8 — отвір; 9 —

молочний шланг; 10 — міжстінна камера; 11 — дійка вимені; 12 — піддійкова камера.

У порівнянні з прототипом, де використовується гофрована вставка, сильфон 5 працює більш ефективно, оскільки деформується лише у напрямку розтягу або стиску. Це дозволяє уникнути небажаного розширення в боки та забезпечує більш раціональне використання енергії.

Таким чином, запропонована конструкція доїльного стакана завдяки застосуванню сильфона 5 забезпечує покращення стимуляції молоковіддачі та підвищує енергоефективність процесу доїння.

Патент UA58972A «Доїльний апарат» [9]

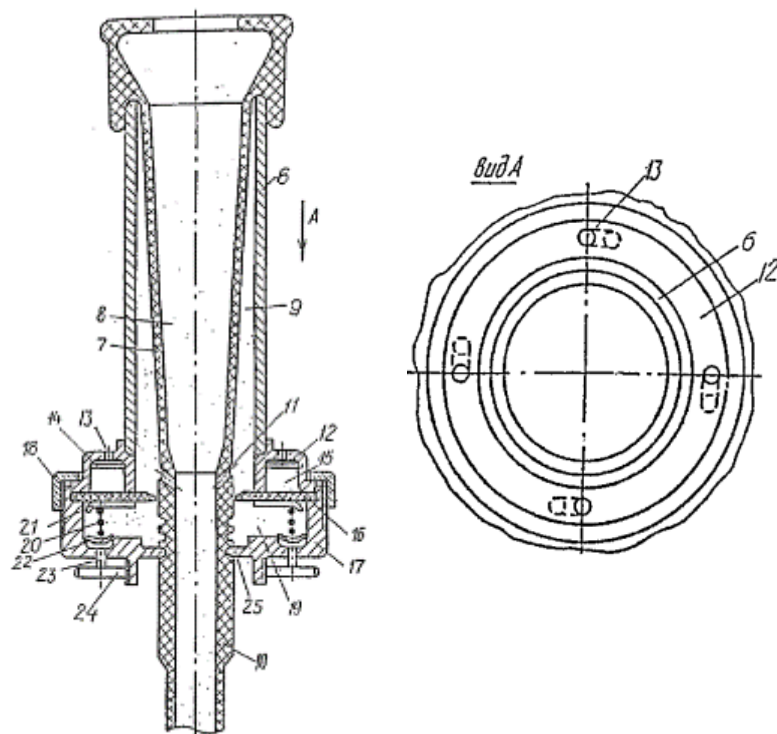


Рисунок 3.3 – Молочний стакан, згідно патенту UA58972A: 6 — гільза; 7 — дійкова гума; 8 — піддійкова камера; 9 — міжстінна камера; 10 — молочна трубка (вбудована в дійкову гуму); 11 — калібрований отвір; 12 — кришка пульсатора; 13 — отвори для проходу повітря; 14 — бактерицидний фільтр; 15 — камера постійного атмосферного тиску; 16 — мембрана; 17 — корпус пульсатора; 18 — гайка; 19 — керуюча камера; 20 — пружина; 21 — шайба; 22

— ущільнювальне кільце; 23 — штовхач; 24 — регулювальна гайка частоти пульсацій; 25 — кільцевий виступ;

Винахід передбачає об'єднання доїльного стакана (рисунок 3.3) 1 з пульсатором 2 в один вузол, що спрощує конструкцію апарата та забезпечує індивідуальний вплив на кожну дійку вимені. Стакан містить гільзу 6 з дійковою гумою 7, які формують піддійкову камеру 8 і міжстінну камеру 9 змінного тиску. Дійкова гума виконана разом із молочною трубкою 10, у верхній частині якої є калібрований отвір 11 для сполучення камер.

У нижній частині розташовано пульсатор із кришкою 12, отворами 13 для подачі повітря та бактерицидним фільтром 14, через який повітря надходить у камеру постійного тиску 15. Кільцева мембрана 16 разом із пружиною 20 і шайбою 21 утворює керуючу камеру 19 змінного тиску, що забезпечує чергування тактів ссання і стиску.

Під час роботи вакуум через молоковакуумний шланг 5 і патрубок 4 передається до дійкової гуми 7, створюючи розрідження в піддійковій камері 8. Далі через отвір 11 вакуум переходить у міжстінну камеру 9, що викликає такт ссання. При зміні тиску мембрана 16 деформується, повітря надходить у камери і відбувається такт стиску. Частота пульсацій регулюється гайкою 24 через зміну жорсткості пружини 20.

Особливістю конструкції є подача повітря через отвори 13 тангенціально, що створює його закручування та очищення від домішок у фільтрі 14 перед надходженням у систему.

Таким чином, поєднання стакана 1 і пульсатора 2 в єдиному вузлі забезпечує адаптацію режиму доїння до інтенсивності молоковіддачі, покращує стимуляцію вимені та підвищує якість отриманого молока.

Патент US5493995A «Collapsing teat cup liner with tapering barrel wall»
[12]

Запропонований доїльний вузол (рисунок 3.4) включає еластичний лайнер 10, встановлений у жорсткому корпусі 12, які разом формують доїльний стакан

14. Лайнер виготовлений із пружного матеріалу (латекс або синтетична гума) та має цілісну конструкцію. Він складається з верхньої частини — манжети 16, циліндричної робочої частини — стовбура 18 та нижньої з'єднувальної трубки 20, через яку здійснюється транспортування молока і підведення вакууму.

Під час роботи між корпусом 12 і лайнером 10 формується пульсаційна камера 30, яка через патрубок 24 підключається до пульсатора. Усередині лайнера проходить канал 32, по якому відбувається рух молока та вакууму. При доїнні вакуум одночасно діє в каналі 32 та в пульсаційній камері 30, що забезпечує відкритий стан стовбура 18 і витік молока з дійки 62. У фазі стиску в пульсаційній камері створюється атмосферний тиск, і стінки лайнера змикаються, масажуючи дійку.

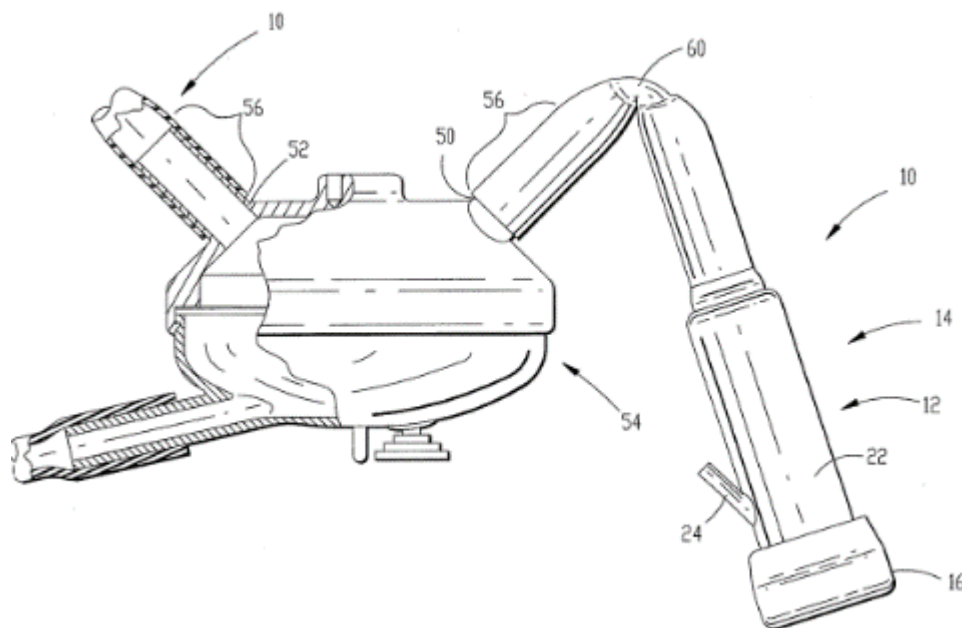


Рисунок 3.4 – Доїльний апарат, згідно патенту US5493995A: 10 — лайнер; 12 — корпус; 14 — доїльний вузол; 16 — манжета; 22 — стінка корпусу; 24 — патрубок пульсації; 50 — кінець трубки; 52 — штуцер; 54 — колектор; 56 — зона кріплення; 60 — ослаблена ділянка;

Ключовою особливістю є будова стовбура 18 у зоні розміщення дійки 34. Стінка 36 має змінну товщину: у верхній частині 40 вона більша, а в напрямку до нижньої частини 42 поступово зменшується. Такий плавний перехід забезпечує

диференційований опір стисканню. У результаті лайнер краще облягає дійку 62 незалежно від її довжини, а також ефективно закривається саме в зоні кінчика дійки 64 під час такту стиску. Це сприяє рівномірному масажу, зменшенню навантаження на тканини та підвищенню ефективності молоковіддачі.

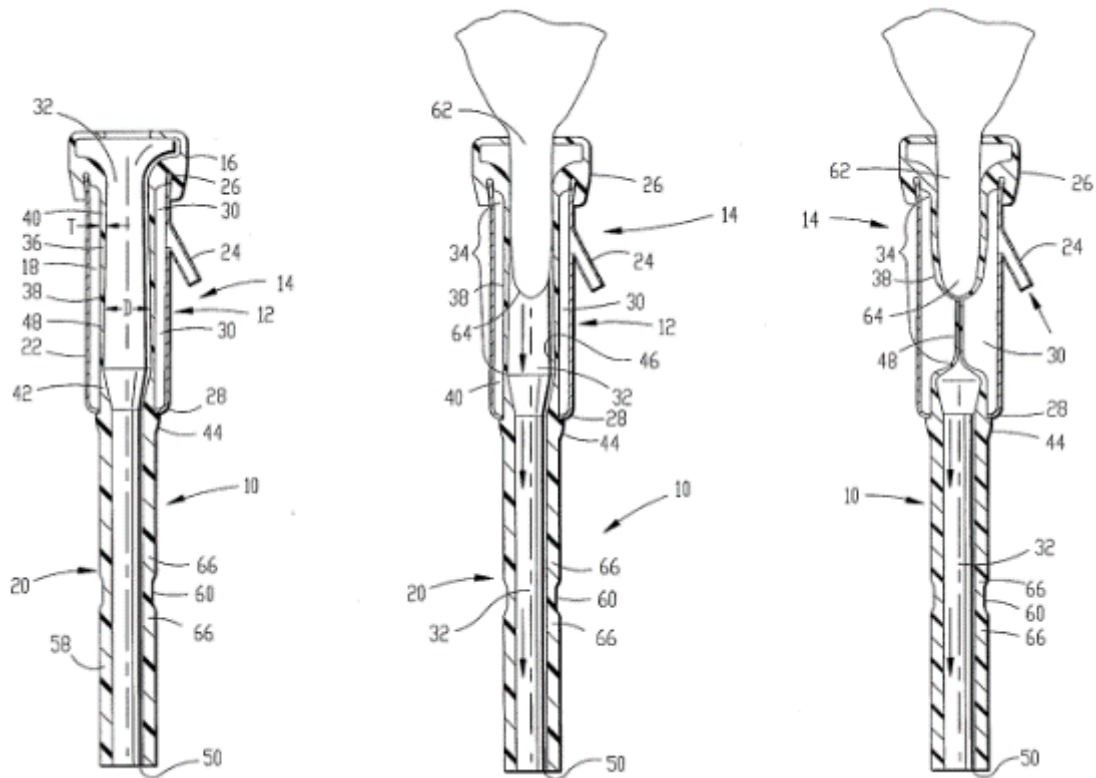


Рисунок 3.5 – Доїльний стакан, згідно винаходу: 10 — лайнер; 12 — корпус; 14 — доїльний вузол; 16 — манжета; 18 — стовбур; 20 — з'єднувальна трубка; 22 — стінка корпусу; 24 — патрубок пульсації; 26 — верхній край; 28 — нижній край; 30 — пульсаційна камера; 32 — канал для молока і вакууму; 34 — зона розміщення дійки; 36 — стінка стовбура; 38 — робоча частина; 40 — верхня частина; 42 — нижня частина; 44 — місце з'єднання; 46 — внутрішня поверхня; 48 — зовнішня поверхня; 50 — кінець трубки; 52 — штуцер; 54 — колектор; 56 — зона кріплення; 58 — стінка трубки; 60 — ослаблена ділянка; 62 — дійка; 64 — кінець дійки; 66 — основна частина трубки.

Важливо, що товщина стінки змінюється поступово без різких переходів, що виключає утворення фіксованих зон деформації. Завдяки цьому лайнер

здатний адаптуватися до різних тварин, а також компенсувати зміни положення дійки під час доїння.

Додатковою конструктивною особливістю є наявність ослабленої ділянки 60 у стінці 58 з'єднувальної трубки 20. Ця ділянка має меншу товщину порівняно з іншими частинами трубки, що створює зону згину. Коли доїльний стакан не під'єднаний до дійки, під дією власної ваги корпусу 12 і лайнера 10 відбувається згинання трубки саме в цій зоні. Унаслідок цього канал 32 частково або повністю перекривається, що призводить до автоматичного зменшення або припинення проходження повітря.

Такий ефект дозволяє знизити непродуктивні витрати вакууму, оскільки при відсутності контакту з дійкою повітря не буде вільно надходити в систему. Це особливо важливо для великих доїльних установок, де значна кількість одночасно працюючих стаканів може створювати суттєве навантаження на вакуумну систему.

При цьому конструкція з'єднувальної трубки забезпечує повне відновлення її пропускної здатності під час доїння, коли стакан під'єднаний до дійки, і трубка знаходиться у випрямленому стані. Розташування ослабленої ділянки вибране таким чином, щоб уникнути її контакту з приєднувальними елементами та запобігти механічним пошкодженням.

Таким чином, поєднання змінної товщини стінок стовбура 18 і наявність ослабленої ділянки 60 у трубці 20 забезпечує комплексний ефект: покращення адаптації до анатомічних особливостей тварин, стабілізацію процесу доїння, зниження ризику травмування дійок і автоматичне зменшення втрат вакууму при від'єднанні стакана.

Патент US8113145B2 «Teat cup liner» [13]

Запропонована конструкція доїльного стакана (рисунок 3.6) базується на використанні еластичного лайнера 20, який встановлюється в жорсткий корпус і разом із ним утворює доїльний вузол. Лайнер виготовляється як цілісна деталь із пружного матеріалу (гума або силікон), що забезпечує його довговічність,

герметичність та стабільність роботи в умовах змінного вакууму. Конструктивно лайнер включає купольну частину 22, стовбур 24 та з'єднувальну трубку 26.

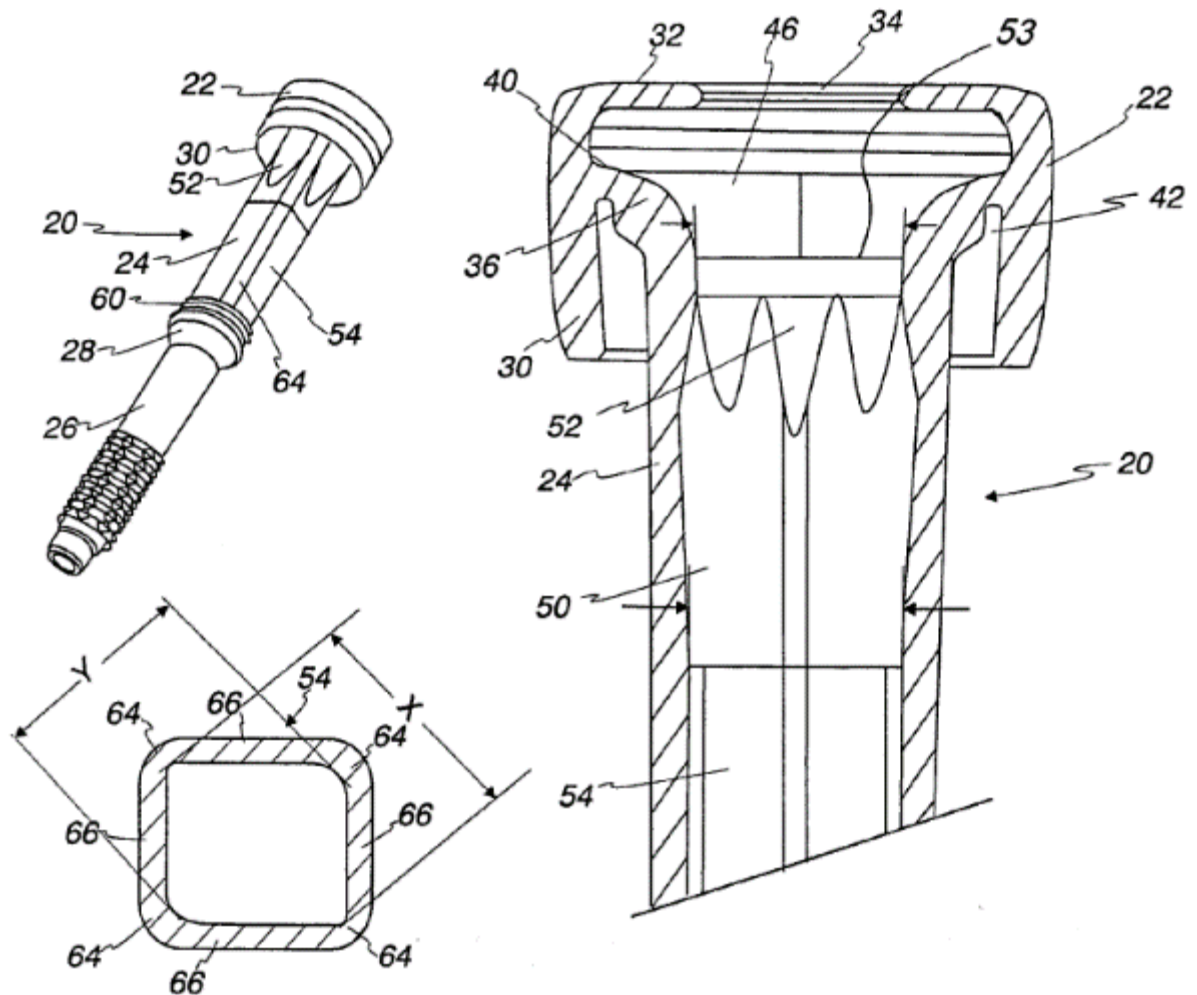


Рисунок 3.6 – Запропонована патентом US8113145B2 конструкція доїльного стакана: 20 — оболонка; 22 — купол; 24 — стовбур; 26 — з'єднувальна трубка; 28 — потовщена ділянка; 30 — кільцева стінка; 32 — верхня поверхня; 34 — отвір для дійки; 36 — плече купола; 40 — верхня частина; 42 — порожнина; 46 — камера купола; 50 — внутрішній канал; 52 — перехідна ділянка; 53 — верхня межа переходу; 54 — нижня квадратна ділянка; 58 — стінка трубки; 60 — кільцева виїмка; 62 — дійка; 64 — кути; 66 — плоскі сторони.

Купол 22 виконує функцію герметизації та фіксації дійки. Він має отвір 34, через який дійка вводиться у внутрішній канал 50 лайнера. Внутрішня камера 46,

що утворюється під куполом, сприяє стабільному утриманню дійки під час доїння та запобігає підсосу повітря. Геометрія купола, зокрема форма плеча 36 і відстань до верхньої поверхні 32, визначає об'єм цієї камери, що впливає на стабільність вакуумного режиму.

Стовбур 24 є основною робочою частиною лайнера, в якій відбувається безпосередній процес доїння. Його внутрішній канал 50 призначений для розміщення дійки 62, а стінка стовбура формує контактну зону. Ключовою особливістю є зміна форми поперечного перерізу по довжині стовбура. У верхній частині передбачено перехідну ділянку 52 із круглим перерізом, яка плавно звужується донизу. Це забезпечує м'який перехід від купола до робочої зони та сприяє рівномірному обляганню дійки.

Перехідна ділянка має певну довжину та кут звуження, що дозволяє адаптувати лайнер до дійок різної довжини. Важливо, що зміна геометрії відбувається поступово, без різких переходів, що запобігає утворенню зон локального перевантаження тканин.

Нижче розташована ділянка 54, яка має майже квадратний поперечний переріз. Така форма принципово відрізняється від традиційних круглих лайнерів. Під час пульсації, коли відбувається такт стиску, плоскі сторони 66 цієї ділянки змикаються, створюючи контрольований тиск на дійку, тоді як кути 64 залишаються більш жорсткими і не деформуються. Це забезпечує рівномірний розподіл навантаження та зменшує ризик травмування тканин.

Особливістю квадратної ділянки є те, що при стисканні вона набуває ромбоподібної форми, що дозволяє ефективніше масажувати дійку і стимулювати молоковіддачу. У порівнянні з повністю круглими лайнерами, де тиск розподіляється нерівномірно, така конструкція дозволяє уникнути надмірного стискання окремих зон.

З'єднувальна трубка 26, яка розташована в нижній частині лайнера, забезпечує відведення молока та підключення до молокопроводу. Вона має внутрішній канал, що є продовженням каналу 50, і забезпечує безперешкодний рух молока. Між стовбуром 24 і трубкою 26 передбачено потовщену ділянку 28,

яка служить для фіксації лайнера в корпусі стакану та забезпечує герметичність з'єднання.

Під час роботи доїльного апарату вакуум створює чергування тактів ссання і стиску. У фазі ссання лайнер перебуває у відкритому стані, і молоко вільно витікає через канал 50. У фазі стиску стінки стовбура деформуються, змикаючись навколо дійки, що забезпечує масаж тканин і стимулює кровообіг. Завдяки змінній геометрії лайнера цей процес відбувається більш рівномірно і контролювано.

Застосування комбінованої кругло-квадратної форми дозволяє досягти двох важливих ефектів: у верхній частині забезпечується герметичність і стабільне утримання дійки, а в нижній — знижується механічне навантаження та покращується масаж. Це сприяє зменшенню ризику маститу, підвищенню комфорту тварин і збільшенню ефективності доїння.

Таким чином, запропонована конструкція лайнера 20 забезпечує адаптацію до різних анатомічних особливостей дійок, покращує умови доїння та підвищує якість отриманого молока за рахунок більш раціонального розподілу навантаження та стабілізації вакуумного режиму

3.4 Вдосконалення молочного стакану

Конструкція зі сильфоном, описана в патенті UA53341A, добре стимулює молоковіддачу, однак має підвищену складність виготовлення та знижену надійність через наявність рухомого елемента. Сильфон піддається втомі матеріалу, що може призводити до швидшого зносу. Крім того, відсутні рішення щодо запобігання бактеріальному забрудненню молока.

Поєднання доїльного стакану з пульсатором, як в патенті UA58972A, спрощує систему, але ускладнює конструкцію самого стакану. Це збільшує його масу та габарити, що може погіршувати зручність використання. Також індивідуальні пульсатори ускладнюють обслуговування та ремонт, а питання гігієни та дезінфекції залишаються недостатньо вирішеними.

Вкладиш зі змінною товщиною, як описано в патенті US5493995A, добре адаптується до різних дійок, однак не має засобів активної стимуляції або захисту від зворотного потоку молока. Конструкція не передбачає додаткових елементів для покращення санітарного стану, тому ризик маститу повністю не усувається.

Комбінована геометрія (кругла + квадратна), яка наведена в патенті US8113145B2, зменшує тиск на дійку, але така форма є складнішою у виготовленні та може нерівномірно працювати при різних режимах вакууму. Крім того, відсутні рішення щодо автоматичної дезінфекції та контролю потоку молока.

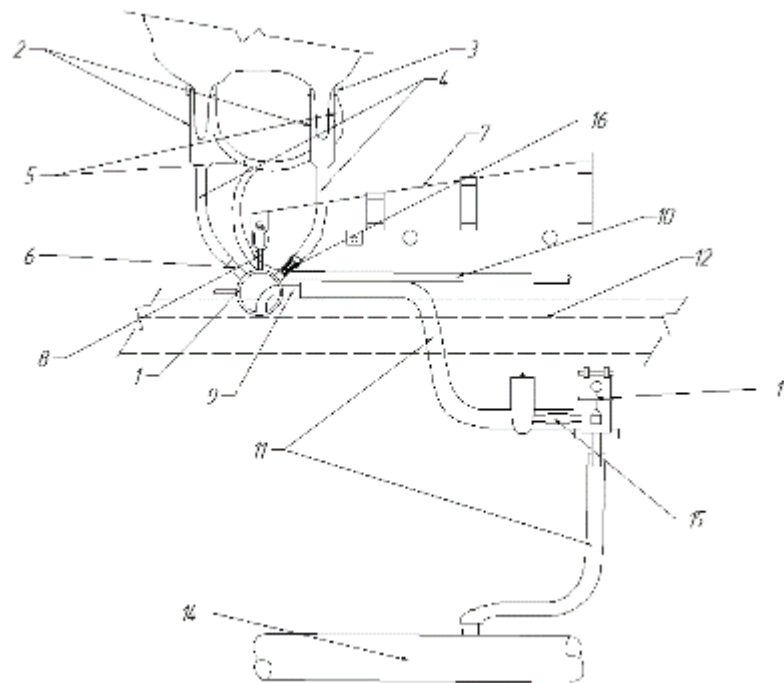


Рисунок 3.7 – Пропонований доїльний апарат: 1 – доїльний колектор; 2 – доїльний стакан; 3 – аплікатор; 4 – молочний шланг; 5 – шланг для очисної рідини; 6 – трубка для входу молока; 7 – тримач для стаканів; 8 – підвіс; 9 – вихідна трубка; 10 – лінія подачі очисного розчину; 11 – вихідний молочний шланг; 12 – платформа; 13 – датчик потоку молока; 14 – молокопровід; 15 – розсікач потоку; 16 – штуцер.

Розглянуті технічні рішення покращують окремі аспекти процесу доїння (стимуляцію, адаптацію, розподіл тиску), однак не забезпечують комплексного вирішення проблем, пов'язаних із гігієною, стабільністю вакуумного режиму та

універсальністю конструкції. Це обґрунтовує доцільність подальшого вдосконалення доїльного стакана.

Враховуючи описані недоліки, було прийнято рішення розробити удосконалену конструкцію доїльного стакана шляхом поєднання найбільш ефективних технічних рішень, наведених у розглянутих патентах, із одночасним усуненням їх слабких сторін.

Зокрема, доцільним є використання принципу адаптивності вкладиша, що забезпечує пристосування до дійок різної форми та довжини. Одночасно враховано переваги комбінованої геометрії робочої частини, яка дозволяє зменшити тиск на тканини дійки та покращити масажний ефект під час доїння.

Разом із тим, у новій конструкції передбачається усунення недоліків зазначених рішень, а саме відсутності засобів запобігання зворотному потоку молока та недостатнього рівня санітарно-гігієнічного забезпечення процесу. Для цього доцільно передбачити впровадження додаткових конструктивних елементів, що забезпечують стабілізацію вакуумного режиму та підвищення гігієнічності доїння.

Пропонована конструкція доїльного апарату зображена на рисунку 3.7.

Принцип дії запропонованого доїльного апарата полягає у поєднанні процесу машинного доїння з подачею очисної рідини в зону дійки без демонтажу доїльних стаканів. Основою конструкції є доїльний колектор 1, з'єднаний із доїльними стаканами 2 (рисунок 3.8) та молокопроводом 14.

Під час роботи вакуум від вакуумної системи передається до доїльних стаканів 2, унаслідок чого всередині лайнерів створюється перепад тиску, необхідний для видоювання молока. Молоко від дійки через трубку для входу молока 6 надходить у доїльний колектор 1, після чого через вихідну трубку 9 та вихідний молочний шланг 11 транспортується до молокопроводу 14.

Пульсаційний режим роботи забезпечується періодичною зміною тиску в міжстінковому просторі доїльних стаканів 2, що забезпечує почергове стискання та розкриття лайнерів. Тримач для стаканів 7 забезпечує фіксацію елементів системи, а підвіс 8 утримує вузол у робочому положенні відносно платформи 12.

дезінфекцію без зняття доїльного стакана та зменшує ризик вторинного бактеріального забруднення.

Для контролю режиму руху молока у системі встановлено датчик потоку молока 13. У молочній магістралі також передбачено розсікач потоку 15, який забезпечує стабілізацію руху рідини, зменшення турбулентності та більш рівномірне транспортування молока до молокопроводу 14.

Вдосконалений доїльний стакан, наведений на рисунку 3.8, складається з корпусу стакана 7, усередині якого розміщений лайнер 3 зі стінкою лайнера 1. Між зовнішньою поверхнею лайнера 3 та внутрішньою поверхнею корпусу стакана 7 утворюється пульсаційна камера 6, яка через пульсаційний отвір 5 з'єднується з пульсаційною системою доїльного апарата.

У нижній частині стінки лайнера 1 встановлено повітряний клапан 2, призначений для дозованої подачі атмосферного повітря в молочний канал 4. Конструкція клапана забезпечує стабільне надходження повітря при зменшенні ризику засмічення вентиляційного отвору.

Під час роботи доїльної установки через пульсаційний отвір 5 у пульсаційній камері 6 створюється змінний вакуум, унаслідок чого лайнер 3 почергово стискається та розкривається. При цьому молоко від дійки надходить у молочний канал 4 та транспортується до колектора.

Одночасно через повітряний клапан 2 у молочний канал 4 подається дозована кількість атмосферного повітря, що сприяє стабілізації руху молока, покращує його транспортування та зменшує ймовірність виникнення зворотного потоку в зоні дійки.

У верхній частині доїльного стакана встановлено манжету 8, яка забезпечує герметичне прилягання стакана до дійки тварини та стабілізацію положення лайнера 3 відносно корпусу 7. Усередині лайнера формується молочний канал 4, через який молоко транспортується від дійки до молочної системи.

Особливістю запропонованої конструкції є наявність аплікатора 9, розташованого у верхній частині стакана поблизу зони входу дійки. Аплікатор виконано у вигляді кільцевого вузла, що містить зовнішню стінку аплікатора 11,

корпус 14, канал рідини 15 та форсунки 16. Усередині аплікатора також передбачено канал подачі рідини 10 та канал дійки 12, через який проходить дійка тварини під час доїння.

Конструкція аплікатора відповідає принципу, відповідно до якого подача очисної або дезінфікуючої рідини здійснюється безпосередньо в зоні верхнього отвору доїльного стакану. Форсунки 16 розташовані по колу каналу дійки 12 та забезпечують рівномірне нанесення рідини на поверхню дійки.

Принцип дії доїльного стакану полягає в такому. Під час роботи доїльної установки в пульсаційній камері 6 створюється змінний вакуум, унаслідок чого лайнер 3 періодично стискається та розкривається. Завдяки цьому здійснюється видоювання молока, яке через молочний канал 4 транспортується до колектора та далі в молокопровід.

Після завершення доїння або під час виконання санітарної обробки через канал подачі рідини 10 до аплікатора 9 подається очисний або дезінфікуючий розчин. Рідина надходить у канал рідини 15 та через форсунки 16 рівномірно розпилюється в зоні каналу дійки 12. У результаті забезпечується обробка поверхні дійки без необхідності знімання доїльного стакану.

Запропонована конструкція дозволяє поєднати процес машинного доїння та санітарної обробки дійки в одному технологічному циклі, що сприяє підвищенню гігієнічності процесу доїння та зменшенню ризику бактеріального забруднення.

Принцип дії розсікача (рисунок 3.7 пункт 2) потоку полягає у перетворенні суцільного потоку молока або повітряно-молочної суміші на декілька напрямлених потоків з метою стабілізації руху середовища в молочній магістралі та формування керуючого пневматичного сигналу.

Розсікач установлюється в молочній лінії та складається з корпусу, всередині якого розміщений двоплечий розсікаючий елемент, постійний магніт і канал керування потоком. Під час проходження молока через трубопровід потік спрямовується на лопатку розсікача. Під дією потоку розсікач відхиляється в напрямку руху середовища та змінює напрямок повітряного каналу.

У момент інтенсивного потоку молока розсікач займає робоче положення, за якого керуючий канал з'єднується з вакуумною магістраллю. При зменшенні інтенсивності молоковіддачі сила дії потоку зменшується, унаслідок чого розсікач повертається у вихідне положення під дією власної ваги або магнітного елемента. При цьому змінюється напрямок повітряного потоку та формується інший пневматичний сигнал.

Постійний магніт забезпечує фіксацію положення розсікача та зменшує ймовірність його помилкового спрацьовування від випадкових повітряних прососів. Саме ця проблема була зазначена серед недоліків оригінального рішення Віннікова, де нефіксований розсікач міг спрацьовувати від випадкових потоків повітря.

У запропонованій конструкції розсікач виконує допоміжну функцію стабілізації потоку та покращення роботи системи контролю молоковіддачі. Використання розсікача дозволяє зменшити турбулентність потоку, підвищити стабільність формування пневматичного сигналу та покращити надійність роботи доїльного апарата.

У запропонованому доїльному апараті форсунка (рисунки 3.8 пункт 16) та штуцер (рисунки 3.7 пункт 16) є не стандартними елементами трубопровідної арматури, а конструктивно вдосконаленими деталями, які забезпечують ефективну подачу та розпилення очисної або дезінфікуючої рідини в аплікаторі.

Штуцер 16 призначений для підведення рідини від лінії подачі до аплікатора. На відміну від базового прямого штуцера, який виконує лише функцію з'єднання шланга з трубопроводом, запропонований штуцер має внутрішнє конфузорне звуження проточного каналу. Завдяки цьому під час проходження рідини збільшується швидкість потоку та зменшуються гідравлічні втрати перед входом у форсунку.

Крім того, штуцер має плавний перехід внутрішнього діаметра без різких уступів, що зменшує турбулентність потоку та запобігає накопиченню залишків молока або мийного розчину. Така конструкція також покращує умови промивання системи після завершення доїння.

Форсунка, розташована в аплікаторі, відрізняється від звичайної подаючої насадки тим, що виконує не лише функцію пропуску рідини, а й формує напрямлений дисперсний струмінь. Конструкція форсунки має зменшений вихідний отвір і внутрішній напрямний канал, завдяки чому забезпечується розпилення рідини по поверхні дійки.

На відміну від стандартної циліндричної форсунки, у запропонованій конструкції передбачено:

- звуження вихідного каналу;
- формування прискореного потоку;
- спрямування струменя під кутом до поверхні дійки;
- рівномірний розподіл рідини в зоні аплікатора.

У результаті використання вдосконалених штуцера та форсунки забезпечується більш рівномірне нанесення дезінфікуючого розчину, зменшується витрата рідини та підвищується ефективність санітарної обробки дійки після доїння. Крім того, покращуються умови самоочищення елементів системи під час циркуляційного промивання.

3.5 Розрахунок параметрів

3.5.1 Вихідні дані

Для перевірки працездатності вдосконаленого доїльного стакана приймаємо наступні основні параметри:

Робочий вакуум доїльної системи (p_z) – 48 кПа;

Атмосферний тиск ($p_{\text{атм}}$) – 101,3 кПа;

Діаметр молочного каналу лайнера (d_m) – 14 мм;

Діаметр отвору повітряного клапана (d_n) – 0,5 мм;

Діаметр каналу подачі рідини (d_k) – 2,5 мм;

Діаметр вихідного отвору форсунки (d_ϕ) – 1,2 мм;

Кількість форсунок (z_ϕ) – 3 шт;

Тиск подачі очисної рідини (p_p) – 0,3 МПа;

Густина очисної рідини (ρ) – 1000 кг/м³;

Динамічна в'язкість очисної рідини (μ) – $1 \cdot 10^{-3}$ Па · с;

Коефіцієнт витрати отвору (μ_o) – 0,62;

Тривалість подачі очисної рідини ($t_{обр}$) – 3 с;

Кут факела розпилення форсунки (α) – 60°;

Наведені параметри прийнято відповідно до конструктивних розмірів удосконаленого доїльного стакана та умов роботи доїльної установки. Робочий вакуум прийнято на рівні 48 кПа, що відповідає типовому режиму машинного доїння. Очисна рідина приймається як водний розчин з густиною 1000 кг/м³ та динамічною в'язкістю $1,0 \cdot 10^{-3}$ Па · с. Коефіцієнт витрати отвору прийнято 0,62 для гострокромкового отвору.

3.5.2 Розрахунок витрати повітря через повітряний клапан

Повітряний клапан призначений для дозованого підведення атмосферного повітря в молочний канал лайнера. Це потрібно для стабілізації руху молока та зменшення ймовірності зворотного потоку в зоні дійки.

Площа отвору клапана:

$$F_{кл} = \frac{\pi d_{кл}^2}{4} \quad (3.1)$$

де $d_{кл} = 0,675$ мм = 0,000675 м.

$$F_{кл} = \frac{3,14 \cdot 0,000675^2}{4} = 3,58 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$$

Перепад тиску між атмосферним середовищем і молочним каналом:

$$\Delta p = p_{атм} - p_v \quad (3.2)$$

$$\Delta p = 101,3 - 48 = 53,3 \text{ кПа} = 53300 \text{ Па}$$

Витрату повітря через отвір попередньо визначаємо за формулою:

$$Q_{п} = \mu_o F_{кл} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_{п}}} \quad (3.3)$$

де $\rho_{п}$ – густина повітря, $\rho_{п} = 1,2$ кг/м³;

$$Q_{п} = 0,62 \cdot 3,58 \cdot 10^{-7} \sqrt{\frac{2 \cdot 53300}{1,2}} = 0,000066 \text{ м}^3/\text{с}$$

Переведемо в літри за хвилину:

$$Q_{\Pi} = 0,000066 \cdot 60 \cdot 1000 = 3,96 \text{ л/хв}$$

Отже, витрата повітря через повітряний клапан становить приблизно:

$$Q_{\Pi} = 4 \text{ л/хв}$$

3.5.3 Розрахунок параметрів подачі очисної рідини

Для підтвердження працездатності аплікатора необхідно визначити витрату очисної рідини через одну форсунку та сумарну витрату через три форсунки. Розрахунок виконуємо за формулою витрати через отвір:

$$Q_{\Pi} = \mu_0 F_{\Phi} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (3.4)$$

де Q_{Π} — об'ємна витрата рідини, м³/с;

μ_0 — коефіцієнт витрати отвору;

F_{Φ} — площа вихідного отвору форсунки, м²;

Δp — перепад тиску, Па;

ρ — густина рідини, кг/м³. Така залежність використовується для розрахунку витрати через сопла та отвори; коефіцієнт витрати враховує відмінність реального потоку від ідеального.

Площа вихідного отвору однієї форсунки:

$$F_{\Phi} = \frac{\pi d_{\Phi}^2}{4} \quad (3.5)$$

де $d_{\Phi} = 1,2 \text{ мм} = 0,0012 \text{ м}$.

$$F_{\Phi} = \frac{3,14 \cdot 0,0012^2}{4} = 1,13 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

Підставляємо значення в формулу (3.4) і визначаємо об'ємну витрату однієї форсунки:

$$Q_{\Phi} = 0,62 \cdot 1,13 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 300000}{1000}} = 1,72 \cdot 10^{-5} \cdot 10^6 = 17,2 \text{ мл/с}$$

Сумарна витрата через три форсунки:

$$Q_{\Sigma} = z_{\Phi} \cdot Q_{\Phi} \quad (3.6)$$

$$Q_{\Sigma} = 3 \cdot 17,2 = 51,6 \text{ мл/с}$$

За тривалості обробки $t_{\text{обр}}=3$ с об'єм поданої рідини становитиме:

$$V = Q_{\Sigma} \cdot t_{\text{обр}} \quad (3.7)$$

$$V = 51,6 \cdot 3 = 154,8 \text{ мл} \approx 155 \text{ мл}$$

3.5.4 Розрахунок швидкості та режиму руху очисної рідини

Площа каналу подачі:

$$F_{\text{к}} = \frac{\pi d_{\text{к}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,0025)^2}{4} = 4,91 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \quad (3.8)$$

Сумарна витрата рідини через три форсунки з попереднього розрахунку:

$$Q_{\Sigma} = 5,16 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$$

Швидкість рідини в каналі подачі:

$$v_{\text{к}} = \frac{Q_{\Sigma}}{F_{\text{к}}} \quad (3.9)$$

$$v_{\text{к}} = \frac{5,16 \cdot 10^{-5}}{4,91 \cdot 10^{-6}} = 10,5 \text{ м/с}$$

Швидкість виходу рідини з однієї форсунки:

$$v_{\text{ф}} = \frac{Q_{\text{ф}}}{F_{\text{ф}}} = \frac{17,2 \cdot 10^{-5}}{1,13 \cdot 10^{-6}} = 15,2 \text{ м/с} \quad (3.10)$$

Отже, рідина виходить із форсунки зі швидкістю приблизно:

$$v_{\text{ф}} = 15,2 \text{ м/с}$$

Цього достатньо для формування спрямованого факела розпилення в зоні дійки.

Далі перевіримо режим руху рідини за числом Рейнольдса:

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} \quad (3.11)$$

де $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$;

$\mu = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

Число Рейнольдса застосовують для оцінки режиму течії в каналі; при малих значеннях потік є ламінарним, а при великих — турбулентним.

Для каналу подачі:

$$Re_k = \frac{1000 \cdot 10,5 \cdot 0,0025}{1 \cdot 10^{-3}} = 26250$$

Для вихідного отвору форсунки:

$$Re_\phi = \frac{1000 \cdot 15,2 \cdot 0,0012}{1 \cdot 10^{-3}} = 18240$$

Оскільки отримані значення Re значно перевищують 4000, рух рідини в каналі та форсунці є турбулентним. Для форсунки це допустимо і навіть бажано, оскільки турбулентний режим сприяє кращому розпиленню очисної рідини.

3.5.5 Розрахунок втрат тиску в системі подачі очисної рідини

Втрати тиску на тертя в каналі визначаємо за рівнянням Дарсі–Вейсбаха [16]:

$$\Delta p_{\text{гр}} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho v^2}{2} \quad (3.12)$$

де λ — коефіцієнт гідравлічного тертя;

l — довжина каналу, м;

d — діаметр каналу, м;

ρ — густина рідини, кг/м³;

v — швидкість руху рідини, м/с.

Рівняння Дарсі–Вейсбаха використовується для визначення втрат напору або тиску в трубопроводах залежно від довжини, діаметра, швидкості потоку та коефіцієнта тертя.

Приймаємо довжину каналу подачі в аплікаторі:

$$l_k = 0,03 \text{ м}$$

З попереднього розрахунку:

$$v_k = 10,5 \text{ м/с}$$

Для турбулентного режиму руху рідини в гладкому каналі коефіцієнт тертя можна наближено визначити за формулою Блазіуса:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}, \quad (3.13)$$

де:

$$Re_k = 26250$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{26250^{0,25}} = 0,0249$$

Тоді втрати тиску на тертя в каналі подачі:

$$\Delta p_{\text{тр}} = 0,0249 \cdot \frac{0,03}{0,0025} \cdot \frac{1000 \cdot 10,5^2}{2}$$

$$\Delta p_{\text{тр}} = 16470 \text{ Па} = 16,47 \text{ кПа}$$

Окрім втрат на тертя, враховуємо місцеві втрати тиску, які виникають у місцях звуження, входу в канал, повороту потоку та виходу з каналу. Місцеві втрати визначаються за залежністю:

$$\Delta p_{\text{м}} = \zeta \cdot \frac{\rho v^2}{2} \quad (3.14)$$

де ζ — коефіцієнт місцевого опору. Для попередньої інженерної оцінки приймаємо сумарний коефіцієнт місцевих опорів $\zeta_{\Sigma} = 1,5$.

Тоді:

$$\Delta p_{\text{м}} = 1,5 \cdot \frac{1000 \cdot 10,5^2}{2} = 82687 \text{ Па} = 82,69 \text{ кПа}$$

Сумарні втрати тиску в каналі подачі:

$$\Delta p_{\Sigma} = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{м}} \quad (3.15)$$

$$\Delta p_{\Sigma} = 16,47 + 82,69 = 99,16 \text{ кПа}$$

Перевіримо запас тиску:

$$p_{\text{зал}} = p_p - \Delta p_{\Sigma} \quad (3.16)$$

$$p_{\text{зал}} = 300 - 99,16 = 200,84 \text{ кПа}$$

Коефіцієнт використання тиску:

$$\eta_p = \frac{p_{\text{зал}}}{p_p} \quad (3.17)$$

$$\eta_p = \frac{200,84}{300} = 0,67$$

Розрахунок показує, що сумарні втрати тиску в каналі подачі очисної рідини становлять приблизно 99,16 кПа. При робочому тиску 0,3 МПа залишковий тиск перед форсунками становить близько 200,84 кПа, тобто приблизно 67% від початкового тиску. Це підтверджує працездатність системи

подачі рідини: навіть з урахуванням втрат тиску форсунки отримують достатній напір для формування струменя та нанесення розчину на дійку.

3.5.6 Розрахунок зони покриття дійки факелом форсунки

Для перевірки працездатності форсунок необхідно визначити, яку площу поверхні дійки покриває факел розпилення. Приймаємо, що форсунка формує конічний факел з кутом розпилення 60° . Відстань від вихідного отвору форсунки до поверхні дійки приймаємо $h=15\text{мм}$.

Теоретичний діаметр плями розпилення визначаємо за залежністю:

$$D_p = 2h \cdot \tan \frac{\alpha}{2} \quad (3.18)$$

Така формула використовується для визначення ширини покриття факела за відомою відстанню до поверхні та кутом розпилення.

Підставимо значення:

$$D_p = 2 \cdot 0,015 \cdot \tan 30^\circ = 0,0173\text{м} = 17,3 \text{ мм}$$

Площа однієї плями розпилення:

$$F_{p1} = \frac{\pi D_p^2}{4} \quad (3.19)$$

$$F_{p1} = \frac{3,14 \cdot 0,0173^2}{4} = 2,35 \cdot 10^{-4}\text{м}^2 = 235 \text{ мм}^2$$

Оскільки в одному аплікаторі встановлено три форсунки, сумарна теоретична площа покриття становитиме:

$$F_{p\Sigma} = z_\phi \cdot F_{p1} \quad (3.20)$$

$$F_{p\Sigma} = 3 \cdot 235 = 705 \text{ мм}^2$$

Для наближеної оцінки дійку приймаємо як циліндр. Приймаємо: $d_o=22 \text{ мм}$, $l_o=35 \text{ мм}$.

Бічна площа поверхні дійки:

$$F_d = \pi \cdot d_d \cdot l_d \quad (3.21)$$

$$F_d = 3,14 \cdot 22 \cdot 35 = 2418 \text{ мм}^2$$

Оскільки форсунки розміщені по колу аплікатора, вони не покривають всю циліндричну поверхню однією плямою, а створюють три зони змочування, які

частково перекриваються та розтікаються по поверхні дійки. Для оцінки ефективності введемо коефіцієнт розтікання рідини $k_p = 3,5$.

Тоді фактична змочувана площа:

$$F_{\text{пл}} = F_{p\Sigma} \cdot k_p \quad (3.22)$$

$$F_{\text{пл}} = 705 \cdot 3,5 = 2468 \text{ мм}^2$$

Порівняємо отримане значення з площею дійки:

$$\eta_{\text{покр}} = \frac{F_{\text{зм}}}{F_{\text{д}}} = \frac{2468}{2418} = 1,02 \quad (3.23)$$

$$\eta_{\text{покр}} \approx 102\%$$

Це означає, що при трьох форсунках і куті розпилення 60° конструкція забезпечує достатнє змочування поверхні дійки.

Щоб наблизити витрату до реалістичної, перевіримо варіант з діаметром отвору $d_\phi = 0,4 \text{ мм}$.

Площа отвору:

$$F_\phi = \frac{\pi \cdot d_\phi^2}{4} \quad (3.24)$$

$$F_\phi = \frac{3,14 \cdot 0,0004^2}{4} = 1,26 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$$

Витрата через одну форсунку:

$$Q_\phi = 0,62 \cdot 1,26 \cdot 10^{-7} \sqrt{\frac{2 \cdot 300000}{1000}}$$

$$Q_\phi = 1,91 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с} = 1,91 \text{ мл/с}$$

Сумарна витрата через три форсунки за три секунди:

$$Q_\Sigma = 3 \cdot 1,91 \cdot 3 = 17,2 \text{ мл}$$

3.5.7 Розрахунок оптимального діаметра вихідного отвору форсунки

Приймаємо раціональний об'єм подачі очисної рідини на один дойльний стакан $V_{\text{потр}} = 18 \text{ мл}$, тривалість подачі: $t_{\text{обр}} = 3 \text{ с}$. Тоді потрібна сумарна витрата через три форсунки:

$$Q_{\Sigma\text{потр}} = \frac{V_{\text{потр}}}{t_{\text{обр}}} \quad (3.25)$$

$$Q_{\Sigma\text{потр}} = \frac{18}{3} = 6 \text{ мл/с}$$

Витрата через одну форсунку:

$$Q_{\phi\text{потр}} = \frac{Q_{\Sigma\text{потр}}}{z_{\phi}} \quad (3.26)$$

$$Q_{\phi\text{потр}} = \frac{6}{3} = 2 \text{ мл/с} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$$

Витрата рідини через отвір визначається за формулою:

$$Q_{\phi} = \mu_0 F_{\phi} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (3.27)$$

Звідси площа отвору форсунки:

$$F_{\phi} = \frac{Q_{\phi}}{\mu_0 \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}} \quad (3.28)$$

Підставимо значення:

$$F_{\phi} = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{0,62 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 300000}{1000}}}$$

$$F_{\phi} = 1,32 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$$

Діаметр вихідного отвору:

$$d_{\phi} = \sqrt{\frac{4F_{\phi}}{\pi}} \quad (3.29)$$

$$d_{\phi} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,32 \cdot 10^{-7}}{3,14}} = 0,00041 \text{ м} = 0,41 \text{ мм} \approx 0,4 \text{ мм}$$

Це значення забезпечує достатню витрату для змочування дійки та усуває надмірну перевитрату розчину, яка виникала при початковому діаметрі 1,2 мм.

3.5.8 Перевірка міцності елементів системи подачі рідини

Для підтвердження працездатності конструкції необхідно перевірити, чи витримують штуцер і форсунка внутрішній тиск очисної рідини.

Робочий тиск подачі:

$$p = 0,3 \text{ МПа} = 300000 \text{ Па}$$

Матеріал штуцера і форсунки приймаємо — латунь ЛС59-1. Для неї допустиме напруження приймаємо:

$$[\sigma] = 80 \text{ МПа}$$

Перевірка штуцера. Штуцер розглядаємо як тонкостінний циліндр, що працює під внутрішнім тиском. Кільцеве напруження:

$$\sigma_{\theta} = \frac{pd}{2s}, \quad (3.30)$$

d – внутрішній діаметр каналу штуцера, приймаємо $d = 0,008$ м;

s – товщина стінки, приймаємо $s = 0,003$ м.

$$\sigma_{\theta} = \frac{300000 \cdot 0,008}{2 \cdot 0,003} = 400000 \text{ Па} = 0,4 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу міцності:

$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma_{\theta}} = \frac{80}{0,4} = 200 \quad (3.31)$$

Отже, штуцер має значний запас міцності.

Перевірка форсунки. Форсунку також розглядаємо як циліндричну деталь із внутрішнім каналом. Розрахунок будемо проводити за формулою (3.30). Приймаємо: $d = 0,0025$ м; $s = 0,002$ м.

$$\sigma_{\theta} = \frac{300000 \cdot 0,0025}{2 \cdot 0,002} = 187500 \text{ Па} = 0,188 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу:

$$n = \frac{80}{0,188} = 426$$

3.5.9 Розрахунок витрати очисної рідини для комплекту доїльних стаканів

У конструкції одного доїльного стакану передбачено три форсунки. Витрата через один доїльний стакан:

$$Q_{\text{ст}} = z_{\text{ф}} \cdot Q_{\text{ф}} = 3 \cdot 2 = 6 \text{ мл/с} \quad (3.32)$$

Об'єм рідини на один стакан:

$$V_{\text{ст}} = Q_{\text{ст}} \cdot t_{\text{обр}} = 6 \cdot 3 = 18 \text{ мл} \quad (3.33)$$

Оскільки доїльний апарат має чотири доїльні стакани, загальна витрата на один цикл обробки становить:

$$V_{\Sigma} = 4 \cdot V_{\text{ст}} = 4 \cdot 18 = 72 \text{ мл} \quad (3.34)$$

3.5.10 Перевірка працездатності повітряного клапана

Повітряний клапан призначений для дозованого підведення атмосферного повітря в молочний канал лайнера. Це сприяє стабілізації руху молока, швидшому його відведенню від дійки та зменшенню ймовірності зворотного потоку. Площа отвору:

$$F_{\text{кл}} = \frac{\pi d_{\text{кл}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,000675^2}{4} = 3,58 \cdot 10^{-7} \quad (3.35)$$

Перепад тиску між атмосферою і молочним каналом:

$$\Delta p = p_{\text{атм}} - p_{\text{в}} \quad (3.36)$$

$$\Delta p = 101,3 - 48 = 53,3 \text{ кПа} = 53300 \text{ Па}$$

Об'ємну витрату повітря через отвір визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{пов}} = \mu_0 \cdot F_{\text{кл}} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_{\text{пов}}}} \quad (3.37)$$

де $\mu_0 = 0,62$;

$\rho_{\text{пов}} = 1,2 \text{ кг/м}^3$. Тоді:

$$Q_{\text{пов}} = 0,62 \cdot 3,58 \cdot 10^{-7} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 53300}{1,2}} = 6,61 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$$

Переведемо в л/хв:

$$Q_{\text{пов}} = 6,61 \cdot 10^{-5} \cdot 1000 \cdot 60 = 3,97 \text{ л/хв} \approx 4 \text{ л/хв}$$

Для комплексу з чотирьох доїльних стаканів:

$$Q_{\text{пов}\Sigma} = 4 \cdot Q_{\text{пов}} = 4 \cdot 3,97 = 15,88 \text{ л/хв} \approx 16 \text{ л/хв} \quad (3.38)$$

Для оцінки впливу цієї витрати на вакуумну систему визначимо частку додаткового підсмоктування повітря відносно продуктивності вакуумного насоса. Приймаємо продуктивність вакуумного насоса $Q_{\text{нас}} = 180 \text{ л/хв}$.

Тоді:

$$\eta_{\text{пов}} = \frac{Q_{\text{пов}\Sigma}}{Q_{\text{нас}}} \cdot 100\% = \frac{16}{180} \cdot 100\% = 8,9\% \quad (3.39)$$

Розрахунок показує, що один повітряний клапан з отвором 0,675 мм забезпечує витрату повітря близько 4,0 л/хв, а комплект із чотирьох стаканів —

близько 16 л/хв. Це становить приблизно 8,9% від продуктивності вакуумного насоса 180 л/хв, тому додаткове підсмоктування повітря не повинно критично порушувати вакуумний режим доїльного апарата.

3.6 Висновки

У даному розділі було проведено аналіз сучасних конструкцій доїльних стаканів та розглянуто основні напрями їх удосконалення. Встановлено, що існуючі технічні рішення переважно спрямовані на покращення окремих аспектів процесу доїння — стимуляції молоковіддачі, адаптації лайнера до анатомічних особливостей дійки або стабілізації вакуумного режиму. Разом із тим більшість конструкцій недостатньо вирішують питання санітарно-гігієнічної обробки дійки безпосередньо в процесі доїння, а також проблему зворотного потоку молока та вторинного бактеріального забруднення.

На основі проведеного патентного аналізу було запропоновано вдосконалену конструкцію доїльного апарата, у якій поєднано переваги сучасних технічних рішень та усунуто частину їх недоліків. Особливістю запропонованої конструкції є інтеграція аплікатора для подачі очисної або дезінфікуючої рідини безпосередньо в зону входу дійки у доїльний стакан, а також застосування повітряного клапана для стабілізації руху молока та зменшення ймовірності виникнення зворотного потоку.

Було детально описано будову та принцип дії вдосконаленого доїльного стакану, аплікатора, розсікача потоку, а також конструктивно вдосконалених штуцера та форсунки. Встановлено, що використання форсунок забезпечує рівномірне нанесення очисного розчину на поверхню дійки, а застосування розсікача дозволяє стабілізувати рух молока та підвищити надійність формування пневматичного сигналу.

Для підтвердження працездатності запропонованої конструкції було виконано комплекс інженерних розрахунків. У результаті визначено витрату повітря через повітряний клапан, параметри подачі очисної рідини, швидкість

руху рідини та режим течії, втрати тиску в системі подачі, площу покриття дійки факелом форсунок, а також проведено перевірку міцності елементів системи подачі рідини. Розрахунки показали, що конструкція забезпечує стабільний вакуумний режим, достатнє покриття поверхні дійки дезінфікуючим розчином та має необхідний запас міцності при робочих навантаженнях.

Таким чином, запропоноване вдосконалення доїльного апарата дозволяє поєднати процес машинного доїння та санітарної обробки дійки в одному технологічному циклі, підвищити гігієнічність процесу доїння, зменшити ризик бактеріального забруднення та покращити умови транспортування молока в системі доїльної установки.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОЦІНКА ВПЛИВУ ВДОСКОНАЛЕНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів при роботі з доїльним апаратом

Під час експлуатації вдосконаленого доїльного апарата на оператора та навколишнє виробниче середовище можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори механічного, електричного, санітарно-гігієнічного та біологічного характеру.

Одним із основних факторів є дія вакуумної системи доїльної установки. У разі порушення герметичності молочних або вакуумних магістралей можливе нестабільне функціонування доїльних стаканів, що може спричинити травмування дійки тварини або порушення процесу доїння. Крім того, різкі перепади вакууму здатні викликати підвищене навантаження на елементи молочної системи.

Під час роботи вакуумного насоса та пульсаційної системи виникає шумове навантаження. Тривалий вплив шуму негативно впливає на оператора та може викликати занепокоєння тварин, що призводить до погіршення процесу молоковіддачі.

Небезпечним фактором є використання електрообладнання у вологому середовищі тваринницького приміщення. Підвищена вологість, наявність конденсату та контакт із мийними розчинами збільшують ризик ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції електропроводки або електродвигунів вакуумної установки.

Удосконалений доїльний апарат додатково оснащений системою подачі очисної та дезінфікуючої рідини. У зв'язку з цим виникає ризик контакту працівника з хімічними речовинами, які можуть викликати подразнення шкіри,

слизових оболонок або органів дихання. Особливо це стосується концентрованих мийних та дезінфікуючих засобів.

До шкідливих виробничих факторів також належать біологічні ризики, пов'язані з контактом оператора з молоком, мікроорганізмами та продуктами життєдіяльності тварин. При недостатній санітарній обробці елементів доїльного апарата можливе накопичення патогенної мікрофлори в молочних каналах та аплікаторі.

Під час промивання та технічного обслуговування обладнання існує ризик утворення слизьких поверхонь унаслідок потрапляння води, молока або мийних розчинів на підлогу. Це підвищує ймовірність падіння працівника та отримання механічних травм.

Крім того, при тривалій роботі оператора можливе виникнення фізичного навантаження, пов'язаного з переміщенням доїльних стаканів, шлангів та виконанням одноманітних робочих операцій. Це може призводити до перевтоми працівника та зниження продуктивності праці.

Таким чином, під час експлуатації вдосконаленого доїльного апарата необхідно враховувати дію механічних, електричних, хімічних, біологічних та санітарно-гігієнічних факторів, а також передбачати комплекс заходів щодо забезпечення безпечних умов праці оператора та стабільної роботи обладнання.

4.2 Заходи з охорони праці при експлуатації вдосконаленого доїльного апарата

Для забезпечення безпечної експлуатації вдосконаленого доїльного апарата необхідно передбачити комплекс організаційних та технічних заходів, спрямованих на зниження впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів на оператора та тварин.

Однією з основних вимог безпечної роботи є забезпечення герметичності вакуумної та молочної систем. Пошкодження шлангів, з'єднань або елементів доїльних стаканів може призвести до порушення вакуумного режиму,

нестабільної роботи пульсаційної системи та травмування дійок тварини. У зв'язку з цим необхідно регулярно перевіряти стан молочних шлангів, штуцерів, форсунок, аплікатора та ущільнювальних елементів.

Особливу увагу слід приділяти системі подачі очисної рідини. Для запобігання витоків мийних і дезінфікуючих засобів усі елементи системи повинні мати надійні герметичні з'єднання. Форсунки та канал подачі рідини необхідно періодично очищати від можливих відкладень, оскільки засмічення може викликати нерівномірне розпилення або підвищення тиску в системі.

Матеріали деталей, які контактують із молоком та очисними розчинами, повинні бути корозійностійкими, нетоксичними та дозволеними для використання в харчовій промисловості. Це стосується лайнера, молочних шлангів, штуцерів, форсунок та внутрішніх каналів аплікатора.

Для зменшення ризику контакту працівника з дезінфікуючими речовинами необхідно використовувати систему закритої подачі очисного розчину. Під час приготування та заміни мийних засобів працівник повинен використовувати засоби індивідуального захисту: гумові рукавички, захисні окуляри та спецодяг.

Оскільки експлуатація доїльного апарата здійснюється у вологому середовищі, особливе значення має електробезпека. Електродвигуни вакуумної установки та інше електрообладнання повинні мати захисне заземлення та відповідати вимогам електробезпеки для приміщень із підвищеною вологістю. Кабелі живлення необхідно захищати від механічних пошкоджень та контакту з водою.

Для зменшення рівня шуму та вібрації вакуумний насос доцільно встановлювати на амортизуючих опорах або в окремому технічному приміщенні. Це сприяє покращенню умов праці оператора та зниженню стресового впливу на тварин.

Важливим заходом є регулярне промивання та санітарна обробка доїльного апарата після завершення доїння. Особливо ретельно необхідно очищати молочні канали, аплікатор, форсунки та розсікач потоку, оскільки накопичення залишків молока створює сприятливі умови для розвитку патогенної мікрофлори.

Для зменшення фізичного навантаження на оператора необхідно забезпечити раціональне розташування доїльного обладнання, достатню довжину шлангів та зручне розміщення підвісу й тримачів доїльних стаканів. Це дозволяє зменшити втому працівника під час виконання однотипних операцій.

Таким чином, дотримання комплексу технічних і організаційних заходів забезпечує безпечну експлуатацію вдосконаленого доїльного апарата, знижує ризик травмування працівника та тварин, а також сприяє підтриманню належного санітарно-гігієнічного стану доїльного обладнання.

4.3 Пожежна та електробезпека

Експлуатація вдосконаленого доїльного апарата здійснюється в умовах підвищеної вологості та наявності електрообладнання, тому особливу увагу необхідно приділяти питанням електро- та пожежної безпеки.

Основними джерелами електричної небезпеки є вакуумний насос, електродвигуни, пульсаційна система, освітлювальне обладнання та електричні лінії живлення доїльної установки. Підвищена вологість тваринницьких приміщень, наявність конденсату, води та мийних розчинів значно збільшують ризик ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції або порушенні герметичності електричних елементів.

Для забезпечення електробезпеки всі металеві неструмопровідні частини обладнання повинні бути надійно заземлені. Електричні кабелі мають бути захищені від механічних пошкоджень, потрапляння вологи та контакту з агресивними мийними розчинами. Доцільним є застосування автоматичних вимикачів та пристроїв захисного відключення, які забезпечують автоматичне вимкнення живлення у випадку короткого замикання або витоку струму.

Електродвигуни вакуумної установки повинні відповідати умовам експлуатації у вологих приміщеннях та мати відповідний ступінь захисту оболонки. Під час технічного обслуговування або промивання доїльного апарата електроживлення обладнання повинно бути відключене.

Пожежна небезпека при роботі доїльної установки пов'язана насамперед із можливістю коротких замикань, перегріву електродвигунів, пошкодження електропроводки або несправності електрообладнання. Додатковим фактором є наявність пилю, органічних залишків та полімерних матеріалів, які можуть підтримувати горіння.

Для зниження ризику виникнення пожежі необхідно регулярно контролювати технічний стан електропроводки, не допускати перевантаження електромережі та забезпечувати своєчасне очищення обладнання від пилю й забруднень. У приміщенні доїльного залу повинні бути передбачені первинні засоби пожежогасіння, зокрема порошкові або вуглекислотні вогнегасники.

Вакуумний насос та інше електрообладнання доцільно розміщувати в окремому вентильованому приміщенні або технічній зоні, що дозволяє знизити ризик перегріву та покращити умови експлуатації обладнання.

Таким чином, дотримання вимог електробезпеки та пожежної безпеки забезпечує надійну й безпечну експлуатацію вдосконаленого доїльного апарата в умовах молочно-товарної ферми.

4.4 Оцінка впливу вдосконаленого доїльного апарата на навколишнє середовище

Експлуатація вдосконаленого доїльного апарата супроводжується використанням води, електроенергії та мийно-дезінфікуючих засобів, що може впливати на навколишнє середовище. Основними факторами такого впливу є утворення стічних вод, використання хімічних речовин, споживання енергетичних ресурсів та шумове навантаження.

Під час промивання молочної системи, аплікатора, форсунок та доїльних стаканів утворюються виробничі стічні води, які можуть містити залишки молока, мийних і дезінфікуючих розчинів, органічні домішки та мікроорганізми. У разі неконтрольованого скидання таких стоків можливе забруднення ґрунту та водних об'єктів.

Використання дезінфікуючих засобів також створює потенційний екологічний ризик. При надмірному дозуванні або неправильному зберіганні хімічних речовин можливе накопичення агресивних компонентів у стічних водах. Особливо небезпечними можуть бути хлорвмісні або концентровані лужні мийні засоби.

Джерелом шумового впливу є вакуумний насос та пульсаційна система доїльної установки. Тривала дія шуму може негативно впливати не лише на персонал, а й на тварин, викликаючи стрес та зниження молочної продуктивності.

Під час роботи доїльного апарата споживається електрична енергія для приводу вакуумного насоса, роботи пульсаторів та допоміжного обладнання. Неефективна робота вакуумної системи або витоки повітря можуть призводити до підвищеного енергоспоживання.

У запропонованій конструкції використовується система подачі очисної рідини через форсунки аплікатора. При неправильно вибраних параметрах форсунок можлива надмірна витрата дезінфікуючого розчину, що збільшує об'єм стічних вод та кількість хімічних речовин, які потрапляють у систему водовідведення.

Разом із тим запропоноване вдосконалення має і позитивний екологічний ефект. Інтеграція системи санітарної обробки дійки безпосередньо в доїльний стакан дозволяє виконувати дезінфекцію більш локально та контрольовано, зменшуючи непродуктивні втрати розчину. Проведені розрахунки показали, що оптимізація діаметра форсунок дозволяє суттєво знизити витрату очисної рідини без погіршення якості обробки.

Таким чином, основний вплив вдосконаленого доїльного апарата на навколишнє середовище пов'язаний із утворенням стічних вод, використанням дезінфікуючих засобів, споживанням електроенергії та шумом вакуумної системи. При дотриманні технологічних вимог та правильній експлуатації обладнання цей вплив може бути зведений до мінімального рівня.

4.5 Заходи щодо зменшення негативного впливу на навколишнє середовище

Для зменшення негативного впливу вдосконаленого доїльного апарата на навколишнє середовище необхідно передбачити комплекс організаційних та технічних заходів, спрямованих на зниження утворення забруднених стічних вод, раціональне використання ресурсів та зменшення енергоспоживання.

Одним із основних заходів є застосування біорозкладних мийних і дезінфікуючих засобів, дозволених для використання у молочному тваринництві. Використання таких речовин дозволяє зменшити токсичний вплив стічних вод на ґрунт та водні об'єкти.

Для зниження витрат очисної рідини доцільно використовувати форсунки з оптимізованим діаметром вихідного отвору. Проведені розрахунки показали, що зменшення діаметра форсунки до 0,4 мм дозволяє суттєво скоротити витрату дезінфікуючого розчину без погіршення якості обробки дійки. Це забезпечує зменшення об'єму стічних вод та кількості хімічних речовин, що потрапляють у систему водовідведення.

Важливим заходом є забезпечення герметичності молочної, вакуумної та системи подачі очисної рідини. Своєчасне виявлення та усунення витоків дозволяє зменшити втрати молока, води, дезінфікуючих розчинів та знизити непродуктивне енергоспоживання вакуумної установки.

Для зменшення забруднення стічних вод необхідно проводити регулярне очищення молочних каналів, форсунок, аплікатора та інших елементів доїльного апарата. Це дозволяє запобігти накопиченню органічних залишків та розвитку патогенної мікрофлори.

З метою зменшення шумового навантаження вакуумний насос доцільно встановлювати на амортизуючих опорах або в окремому технічному приміщенні. Це дозволяє знизити рівень шуму в доїльному залі та покращити умови утримання тварин.

Для зниження споживання електроенергії необхідно підтримувати вакуумну систему в технічно справному стані, своєчасно усувати підсмоктування повітря та проводити регулярне технічне обслуговування насосного обладнання. Стабільна робота вакуумної системи забезпечує зменшення навантаження на електродвигуни та підвищує енергоефективність установки.

Стічні води після промивання доїльного обладнання доцільно направляти до систем локального очищення або накопичувальних ємностей, що дозволяє зменшити потрапляння забруднюючих речовин у навколишнє середовище.

Таким чином, застосування комплексу технічних та організаційних заходів дозволяє суттєво знизити негативний вплив вдосконаленого доїльного апарата на навколишнє середовище, забезпечити раціональне використання водних та енергетичних ресурсів, а також підвищити екологічну безпеку процесу машинного доїння.

4.6 Висновки

У даному розділі було проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть виникати під час експлуатації вдосконаленого доїльного апарата. Встановлено, що основними факторами ризику є дія вакуумної системи, використання електрообладнання у вологому середовищі, контакт із мийними та дезінфікуючими розчинами, шум вакуумної установки, а також біологічні фактори, пов'язані з процесом машинного доїння.

Для забезпечення безпечної експлуатації обладнання запропоновано комплекс організаційних та технічних заходів з охорони праці. Основними з них є забезпечення герметичності вакуумної та молочної систем, застосування корозійностійких і нетоксичних матеріалів, використання засобів індивідуального захисту при роботі з дезінфікуючими речовинами, заземлення електрообладнання та регулярне санітарне очищення елементів доїльного апарата.

У розділі також проведено оцінку впливу вдосконаленого доїльного апарата на навколишнє середовище. Встановлено, що основний екологічний вплив пов'язаний з утворенням стічних вод після промивання обладнання, використанням мийно-дезінфікуючих засобів, шумом вакуумної установки та споживанням електричної енергії.

Для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище запропоновано використовувати біорозкладні мийні засоби, оптимізовані форсунки з пониженою витратою очисної рідини, герметичні системи подачі рідини та локальне очищення стічних вод. Крім того, передбачено заходи щодо зниження шуму та підвищення енергоефективності вакуумної системи.

Таким чином, запропонована конструкція вдосконаленого доїльного апарата відповідає основним вимогам охорони праці та екологічної безпеки. Реалізація запропонованих заходів забезпечує безпечні умови праці оператора, стабільну роботу обладнання та зменшення негативного впливу процесу машинного доїння на навколишнє середовище.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВДОСКОНАЛЕННЯ

5.1 Розрахунок економічної ефективності

Вихідні дані для розрахунку економічної частини занесемо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані.

Параметр	Умовні позначення	Значення	
		До вдосконалення	Після вдосконалення
Вартість модернізації одного доїльного стакану, грн	M	180	
Кількість доїльних стаканів, шт	n	96	
Витрати дезінфікуючого розчину, мл	$q_{1,2}$	35	34
Ціна дезінфікуючого розчину, грн/літр	C_p	150	
Заробітна плата робочого, грн/год	$C_{роб}$	150	

Загальна вартість модернізації:

$$B_6 = n \cdot M = 96 \cdot 180 = 17280 \text{ грн}, \quad (5.1)$$

Економія на витраті дезінфікуючого розчину:

$$\Delta q = q_1 - q_2 = 35 - 34 = 1 \text{ мл} \quad (5.2)$$

Тоді річна економія:

$$Q_e = \Delta q \cdot n_{к.д.} \cdot t \cdot d = 0,001 \cdot 622 \cdot 2 \cdot 365 = 454,1 \text{ л/рік}, \quad (5.3)$$

$n_{к.д.}$ – пологів'я дійних корів, $n_{к.д.} = 622$ гол. (розділ 2.3);

t – кількість операцій доїння за добу $t = 2$ (розділ 2.4);

d – кількість днів, $d = 365$.

Вартісна економія:

$$E_e = Q_e \cdot C_p = 454,1 \cdot 150 = 68115 \text{ грн/рік} \quad (5.4)$$

Економія часу визначається за формулою:

$$\Delta t = t_1 - t_2 = 6 - 5 = 1 \text{ с} \quad (5.5)$$

t_1 – тривалість доїння однієї корови до вдосконалення, с;

$$t_1 = \frac{3600}{Q_{max}} = \frac{3600}{600} = 6 \text{ с} \quad (5.6)$$

Q_{max} – максимальна годинна продуктивність доїльної установки «Карусель», $Q_{max} = 600$ гол/год.

t_2 – тривалість доїння однієї корови після вдосконалення, $t_2 = 5$ с;

Річна економія часу:

$$T_e = \frac{n_{к.д.} \cdot m \cdot d \cdot \Delta t}{3600} = \frac{622 \cdot 2 \cdot 365 \cdot 1}{3600} = 126,1 \text{ год} \quad (5.7)$$

Тоді, річна економія на заробітній платі:

$$E_{пл.} = T_e \cdot C_{роб} = 126,1 \cdot 150 = 18915 \text{ грн/рік} \quad (5.8)$$

Тоді, річний економічний ефект складає:

$$E = E_e + E_{пл.} - B_6 = 68115 + 18915 - 17280 = 69750 \text{ грн/рік} \quad (5.9)$$

Термін окупності:

$$T_o = \frac{M}{E} = \frac{17280}{69750} = 0,248 \text{ роки} \approx 3 \text{ місяців} \quad (5.10)$$

5.2 Висновки

Проведені техніко-економічні розрахунки свідчать, що інтеграція цього вдосконалення в роботу ферми є економічно доцільною. Річний економічний ефект складе 69750 грн. Термін окупності складе 3 місяці.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті було розглянуто питання підвищення ефективності технологічного процесу доїння та санітарно-гігієнічної обробки дійок корів на базі ТОВ «Агрофірма “Орлівщина”». Підприємство є багатoproфільним аграрним господарством, яке поєднує рослинництво і тваринництво, зокрема молочне скотарство.

У роботі проаналізовано технології утримання великої рогатої худоби та встановлено, що для умов підприємства доцільним є використання високопродуктивної доїльної установки типу «Карусель». Розрахунками визначено, що для забезпечення річного виробництва 5000 т молока необхідно 793 корови, з яких 622 голови становлять дійне поголів'я. Також розраховано структуру стада та основні технологічні параметри процесу доїння.

У результаті проєктування технологічного процесу доїння було обґрунтовано використання доїльної зали типу «Карусель» на 24 доїльні місця. Продуктивність одного доїльного місця становить 7,7 гол/год, а для обслуговування доїльної установки потрібно 2 оператори. Для первинної обробки молока підібрано обладнання, що забезпечує його транспортування, охолодження та зберігання.

Основним конструктивним результатом роботи є вдосконалення доїльного стакана. Запропонована конструкція поєднує систему аплікаційної подачі дезінфікуючого розчину в зону дійки, повітряний клапан для стабілізації руху молока, форсунки, штуцер та допоміжний розсікач потоку. Таке рішення дозволяє поєднати процес машинного доїння та післядоїльної санітарної обробки в одному технологічному циклі, зменшити ризик зворотного потоку молока і підвищити гігієнічність процесу.

Проведені інженерні розрахунки підтвердили працездатність запропонованого вдосконалення. Встановлено, що повітряний клапан забезпечує дозовану подачу повітря в молочний канал, система форсунок забезпечує подачу дезінфікуючого розчину в зону дійки, а елементи конструкції мають достатню

міцність для роботи за прийнятих параметрів. Це підтверджує технічну доцільність застосування вдосконаленого доїльного стакана.

У розділі з охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі фактори, пов'язані з експлуатацією доїльного апарата: вакуумна система, електрообладнання у вологому середовищі, контакт із мийними й дезінфікуючими речовинами, біологічні ризики та шумове навантаження. Запропоновано заходи щодо герметизації системи, заземлення обладнання, використання засобів індивідуального захисту, санітарної обробки та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Техніко-економічна оцінка показала, що загальна вартість модернізації 96 доїльних стаканів становить 17280 грн. Річний економічний ефект від упровадження вдосконалення становить 69750 грн, а термін окупності — приблизно 3 місяці.

Отже, запропоноване вдосконалення доїльного апарата є технічно обґрунтованим, безпечним в експлуатації та економічно доцільним. Його впровадження дозволяє підвищити гігієнічність процесу доїння, зменшити витрати дезінфікуючого розчину, скоротити трудові витрати та покращити умови експлуатації доїльного обладнання на молочно-товарній фермі.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни «Машини і обладнання та їх використання в тваринництві» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» ОПП «Агроінженерія». Розділ 2. – Дніпро: ДДАЕУ, 2022.

2. <https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/18988-pravylna-orhanizatsiia-doinnia-koriv.html>

3. <https://byrenka.com.ua/info/statti/doyinnya-koriv?srsltid=AfmBOoo7dTKG5pHfUxRfHFwaXkXKl01lEnm4oZgk-Bdl7qNiRVGiMcMw>

4. Методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни «Машини і обладнання та їх використання в тваринництві» для здобувачів першого (освітньо професійного) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» ОПП «Агроінженерія». – Дніпро: ДДАЕУ, 2023.

5. <https://studfile.net/preview/10059505/page:6/>

6. <https://elib.tsatu.edu.ua>

7. <https://vseosvita.ua/library/embed/01002kk8-b92a.docx.html>

8. <https://patents.google.com/patent/UA53341A>

9. <https://www.delaval.com/en-nz/milking-essentials/liners/other-liners/delaval-liner-10mm-24m>

10. <https://www.gea.com/en/assets/254971/>

11. <https://patents.google.com/patent/UA58972A>

12. <https://patents.google.com/patent/US5493995A>

13. <https://patents.google.com/patent/US8113145B2>

14. https://sverla.info/articles/tablitsa-djujmovyh-rezb/?srsltid=AfmBOooGjxWdyHNbktOLsQ8l2dSNb9M8k_BNP1jK6SurF8INhMhnrpUw

15. <https://neutrium.net/>

16. <https://pnrnordic.fi/tuoteluettelo/pdf/Technical-Manual.pdf>

17. <https://www.lorric.com/en/Articles/nozzle/all/spray-angle-intro>
18. ВНТП-АПК-01.05. Скотарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми)// Міністерство аграрної політики України (Мінагрополітики України)// Київ – 2005.
19. 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.
20. Дирда В.І., Овчаренко Ю.М., Козуб Ю.Г., Рижков І.Є. Деталі машин. Підручник. Луганськ-Дніпропетровськ. 2010., с.308.
21. Фененко А. І. Механізація доїння корів. Теорія і практика: Монографія. К., 2008. 198 с
22. Молоко коров'яче цільне. Вимоги до закупівлі: ДСТУ 3662-97 . – К. : Держспоживстандарт України Зміни, публікація в ІПС 5-2002. 13 с.
23. Шевченко І.А., Алієв Е.Б. Науково-методичні рекомендації з багатокритеріального виробничого контролю доїльних установок. Запоріжжя: Акцент Інвест-трейд, 2013. 156 с. ISBN 978-966-2602-41 VIII.
24. Алієв Е.Б. Результати експериментальних досліджень вакуумної системи молочно-доїльного обладнання. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ, 2012. Вип. 2, т. 2. С. 108-115.
25. Павленко С.І., Дудін В.Ю., Алієв Е.Б. Оптимізація конструктивно-режимних параметрів ротаційного вакуумного насосу індивідуальної доїльної установки. Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві: зб. наук. праць. Ін-т мех. тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2011. Вип. 1(7). С. 133-144.

ДОДАТКИ

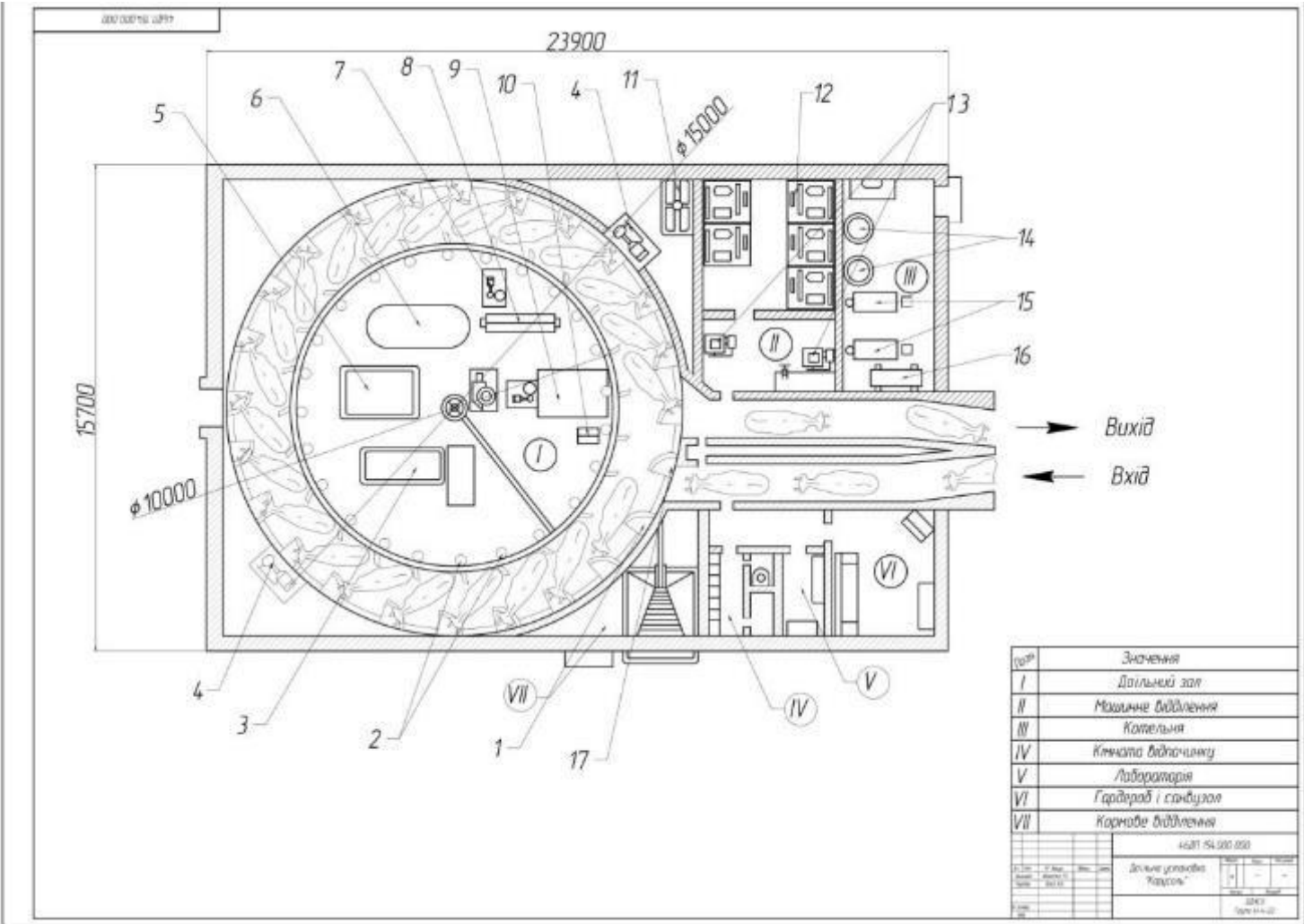
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Інжинірингу технічних систем

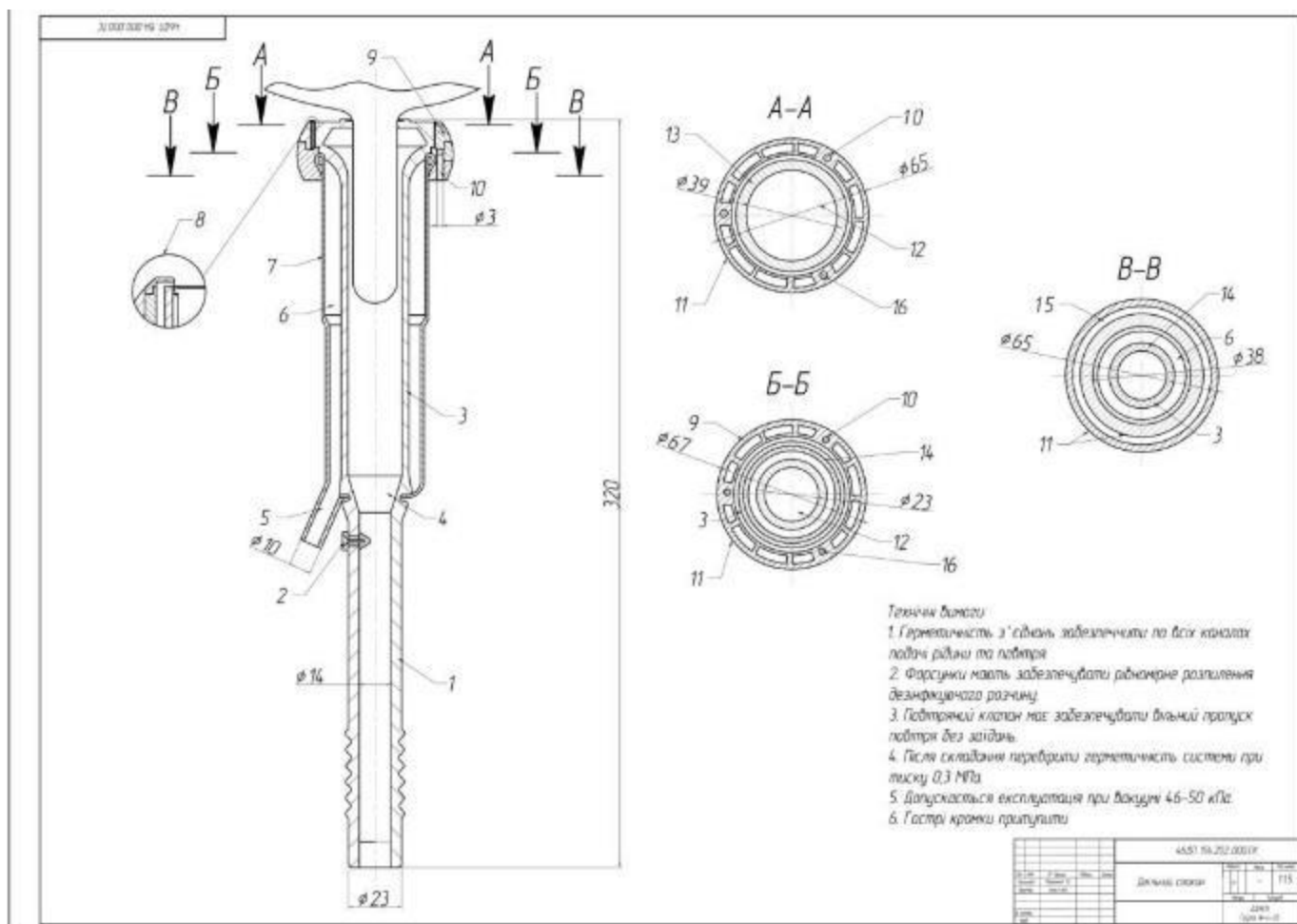
Удосконалення технологічного процесу доїння та первинної
обробки молока на молочно-товарній фермі з
удосконаленням доїльного стакану

демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Бакалавр»

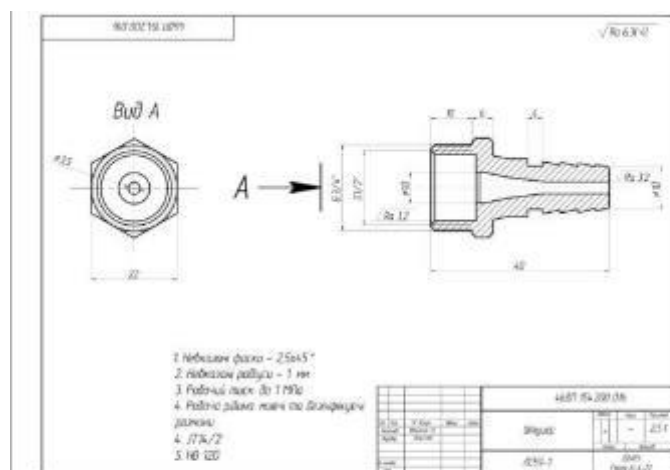
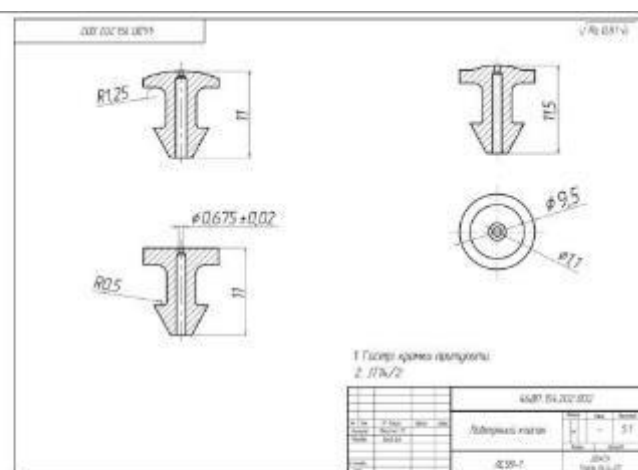
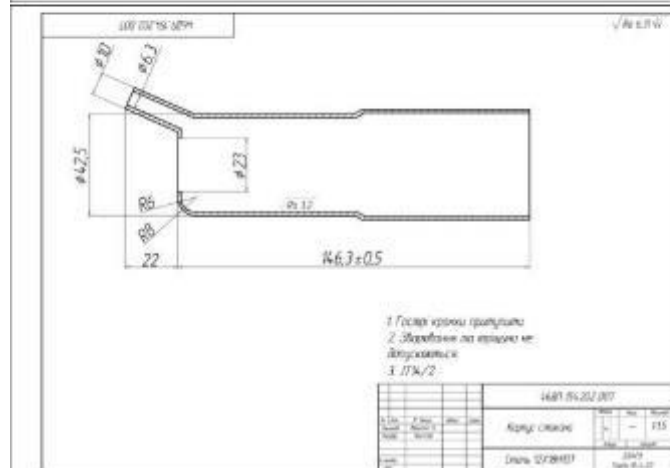
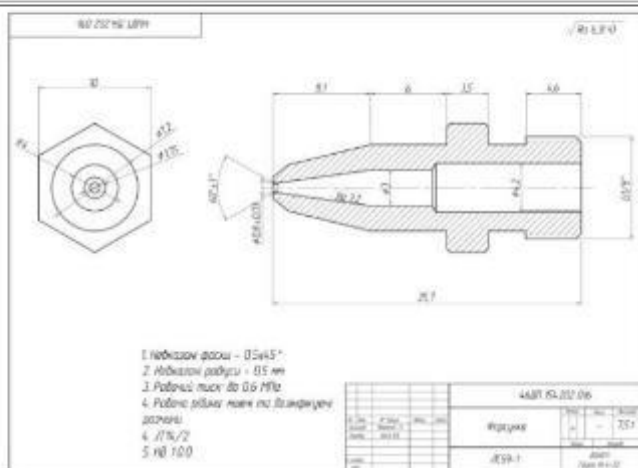
Виконала: студентка 4 курсу, групи АІ-4-22
Іващенко Тетяна Сергіївна
Керівник: к.т.н., доцент
Івлєв В.В.

Дніпро-2026





		4553 5A 752 0001P	
DOWNSIDE STREET		1	175
		2200 2000 0001 00	

[illegible][illegible][illegible][illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	к-ть	Примітка
				<u>Документація</u>		
			46ДП.154.000.000.ТС	Технологічна схема доїльної установки "Карусель"	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
	2		46ДП.154.200.000.ТС	Доїльний апарат	24	
	8		46ДП.154.800.000.ТС	Охолоджувач молока	2	
	18		46ДП.154.180.000.ТС	Дозатор концентратів	1	
	19		46ДП.154.190.000.ТС	Вакуумпровід	4	
	20		46ДП.154.200.000.ТС	Пневмоциліндр	2	
	21		46ДП.154.210.000.ТС	Перемикач	2	
	22		46ДП.154.220.000.ТС	Пульсатор	2	
	23		46ДП.154.230.000.ТС	Автомат управління	2	
	24		46ДП.154.240.000.ТС	Лічильник молока	2	
	25		46ДП.154.250.000.ТС	Лінія атмосферного повітря	2	
	26		46ДП.154.260.000.ТС	Молокопровід	1	
	27		46ДП.154.270.000.ТС	Технологічний вакуумпровід	2	
	28		46ДП.154.280.000.ТС	Вакуумметр	2	
	29		46ДП.154.290.000.ТС	Пульт керування	2	
	30		46ДП.154.300.000.ТС	Термометр	2	
	31		46ДП.154.310.000.ТС	Пневмокран	4	
	32		46ДП.154.320.000.ТС	Бак для промивки	1	
	33		46ДП.154.330.000.ТС	Пневмовентиль	10	
	34		46ДП.154.340.000.ТС	Молокоприймач	2	
			46ДП.154.000.000.ТС			
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічна схема доїльної установки "Карусель"	
Виконав		Іващенко Т.С.				
Перевір.		Юлєв В.В.				
Н.контр.		Юлєв В.В.				
Затв.		Дудін В.Ю.				
					Літера	Аркуш
					Аркуш	Аркуш
					ДДАЕСУ	
					Група АІ-4-22	

[illegible]

[illegible]

