

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко-технологічний факультет

УДК 637.11:636.083.36

ПОГОДЖЕНО
Декан механіко-технологічного
факультету

_____ Братішко В.В.
(підпис) (ПБ)
“ ___ ” _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
кафедра охорони праці та біотехнічних
систем у тваринництві

_____ Хмельовський В.С.
(підпис) (ПБ)
“ ___ ” _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему

**Дослідження пристрою для переддоїльної обробки
вимиені на автоматизованих доїльних установках**

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»
Освітня програма – Агроінженерія
Орієнтація освітньої програми – освітньо-наукова

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор.
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ Голуб Геннадій Анатолійович
(підпис) (ПБ)

Керівник магістерської роботи

к.т.н , доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ Потапова Світлана Євгеніївна
(підпис) (ПБ)

Виконав

_____ Світлак Денис Юрійович
.....(підпис) (ПБ студента)

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
кафедра охорони праці та біотехнічних
систем у тваринництві

д.т.н., проф. _____ Хмельовський В.С.
(підпис) (ПІБ)

“ ___ ” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту

Світлаку Денису Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми – освітньо-наукова

Тема магістерської роботи: Дослідження пристрою для переддоїльної обробки
вимиені на автоматизованих доїльних установках

затверджена наказом ректора НУБіП України від “07” грудня 2023 р. № 2223 «С»

Термін подання завершеної роботи (проєкту) на кафедру _____
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи

Перелік питань, які потрібно розробити:

Перелік графічних документів (за потреби) _____

Дата видачі завдання “ _____ ” _____ 20__ р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ С.Є. Потапова
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Д.Ю. Світлак
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему: Дослідження пристрою для переддоїльної обробки вимені на автоматизованих доїльних установках.

Робота містить вступ, п'ять розділів, висновки та списку використаних інформаційних джерел. Викладена на 76 сторінках комп'ютерного тексту, містить 3 таблиці, 22 рисунки.

Метою роботи є підвищення ефективності виробництва молока шляхом вибору оптимального комплексу машин та удосконалення пристрою для переддоїльного очищення вимені корів на автоматичних доїльних установках.

Об'єкт дослідження. Пристрій для переддоїльної обробки вимені корів і його технологічний процес.

Предмет дослідження. Встановлення залежності ефективності процесу доїння від параметрів пристрою для переддоїльної обробки вимені та удосконалення його конструкції.

В роботі розглянуті технологічні та фізіологічні основи машинного доїння корів, проаналізовано вплив доїльної машини на стан молочної залози та значення переддоїльної обробки вимені для забезпечення якісного проведення процесу доїння. Проведений огляд та аналіз найбільш відомих роботизованих доїльних систем. Запропонована конструкція та проведені дослідження пристрою для переддоїльної обробки вимені на автоматизованих доїльних установках.

Ключові слова: Молочно-товарна ферма, роботизоване доїння, автоматизована доїльна установка, переддоїльна обробка вимені.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. ТЕХНОЛОГІЧНІ І ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МАШИННОГО ДОЇННЯ КОРІВ	8
1.1. Технологічні засади машинного доїння	8
1.2. Фізіологічні засади машинного доїння	10
1.3. Форма вимені корів та її зв'язок з молочною продуктивністю та придатністю до машинного доїння	15
2. ЗНАЧЕННЯ ПЕРЕДДОЇЛЬНОЇ ОБРОБКИ ВИМЕНІ	20
2.1. Вплив доїльної машини на фізіологічний стан молочної залози	20
2.2. Суть і значення переддоїльної обробки вимені	21
2.3. Переддоїльна обробка, як один з основних шляхів запобігання маститу	23
3. РОБОТИЗОВАНІ ДОЇЛЬНІ СИСТЕМИ	26
3.1. Класифікація доїльних роботів	26
3.2. Будова та принцип роботи найбільш відомих роботизованих доїльних систем	29
4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПЕРЕДДОЇЛЬНОЇ ОБРОБКИ ВИМЕНІ	39
4.1. Огляд пристроїв переддоїльної обробки вимені на автоматизованих доїльних системах	39
4.2. Дослідження процесу переддоїльної обробки вимені	48
4.3. Розроблення схеми експериментальної установки	55
4.4. Результати експериментальних досліджень	57

5. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНИХ РІШЕНЬ	62
5.1. Загальні положення	62
5. 2. Розрахунок техніко-економічних економічних показників	64
ВИСНОВКИ	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	70

Вступ

Молочне скотарство є важливою галуззю сільського господарства, що забезпечує населення цінним харчовим продуктом – молоком. З метою підвищення ефективності та продуктивності молочних ферм широко застосовується машинне доїння. Розуміння фізіологічних процесів, що лежать в основі лактації та молоковіддачі у корів, є надзвичайно важливим для оптимізації машинного доїння, забезпечення високих надоїв, збереження здоров'я тварин та отримання якісного молока. У цьому звіті детально розглядаються фізіологічні основи машинного доїння корів, включаючи природні механізми утворення та виведення молока, взаємодію технологій машинного доїння з цими процесами, гормональний вплив, а також вплив різних параметрів машинного доїння на здоров'я та продуктивність корів.

Ефективність машинного доїння є значною, оскільки дозволяє збільшити швидкість доїння та зменшити витрати праці. Однак без глибокого розуміння фізіологічного впливу цієї технології, досягнення високої продуктивності може відбуватися за рахунок добробуту тварин або їх довгострокової продуктивності. Машинне доїння є інструментом для отримання молока, і для його ефективного та етичного використання необхідно розуміти, як організм корови виробляє та виділяє молоко, і як машина взаємодіє з цими процесами. Цей звіт має на меті поєднати технологічні досягнення в галузі доїльного обладнання з біологічними потребами молочної корови.

Ефективність машинного доїння значною мірою залежить від належної підготовки вимені та стимуляції перед доїнням. Підготовка включає обмивання вимені та дійок теплою водою, висушування, масажування та здоювання перших струменів молока. Рекомендований час між початком підготовки вимені та приєднанням доїльного апарату становить 40-60 секунд, що співпадає з часом вивільнення окситоцину. Масаж вимені також є важливим стимулом для молоковіддачі.

Належна підготовка вимені є не лише питанням гігієни, а й важливим кроком у стимуляції рефлексу молоковіддачі та забезпеченні ефективного

доїння. Тактильна стимуляція під час обмивання та масажу вимені надсилає сигнали до мозку, запускаючи вивільнення окситоцину. Вузьке вікно можливостей для приєднання доїльного апарату після стимуляції підкреслює необхідність добре організованих та своєчасних процедур доїння. Якщо доїльний апарат не буде приєднано швидко після підготовки вимені, ефект окситоцину зменшиться, що призведе до повільнішого виведення молока та потенційно неповного доїння.

Успішне машинне доїння ґрунтується на розумінні ключових фізіологічних принципів лактації та молоковіддачі у корів. Оптимізація надоїв, збереження здоров'я тварин та забезпечення високої якості молока залежать від інтеграції цих принципів у практику машинного доїння. Важливими є правильний вибір, обслуговування та експлуатація доїльного обладнання, а також дотримання належних методів доїння, включаючи підготовку вимені, своєчасне приєднання та від'єднання доїльних стаканів та мінімізацію стресу. Майбутнє машинного доїння пов'язане з подальшим розвитком технологій та постійною потребою в наукових дослідженнях та інноваціях для забезпечення ефективних, здорових та етичних методів виробництва молока.

1. ТЕХНОЛОГІЧНІ І ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МАШИННОГО ДОЇННЯ КОРІВ

1.1. Технологічні засади машинного доїння

Машинне доїння – спільна робота оператора, який доїть корів, та корови, і залежить від якості техніки та обладнання, за допомогою яких відбувається процес доїння. Процес доїння займає 70% усього часу по догляду за дійним стадом, тому його необхідно раціонально організувати. Від оператора залежить, якість і кількість кінцевого продукту, на який витрачені сили та знання фахівців господарства, а від корови – її вгодованість, нервовий стан та поведінка. Обладнання має бути якісним, оскільки техніка доїння впливає на здоров'я вимені корови.

При правильному доїнні вим'я залишається здоровим, а кількість соматичних клітин низьким. Правильна організація доїння передбачає виконання щоденних робіт у певному порядку і тим самим чином (доїльна рутина). До зоотехнічних вимог, що висуваються до доїльних установок стаціонарного типу, відноситься, в першу чергу, фізіологічність режиму доїння. По-друге – скорочення витрат часу видоювання і зниження інтенсивності праці дояра. Обидва ці фактори нині враховані в системі автоматичного (роботизованого) управління процесом доїння. Основний напрямок цих розробок – стимулювання рефлексу молоковіддачі механічним шляхом у певний відрізок часу та знімання доїльних стаканів з вимені, збільшення пропускної спроможності молокопровідних шляхів.

Підготовка до доїння. Оператору потрібно мати під рукою контрольний кухоль, доїльні серветки, відра для використаних серветок, по можливості стакан для знезараження дійок або мазь для дійок, а також засоби для тестування молока на соматичні клітини. В одному відрі з температурою води 50°C повинні бути чисті серветки, в іншому – використані з дезинфікуючим розчином. До попередньої підготовки вимені відносять очищення та масаж вимені та дійок, висушування, здоювання перших струменів молока та, по можливості, тестування на соматичні клітини.

Молоко корови утворюється у верхній частині вимені, де знаходиться залозиста тканина з величезною кількістю альвеол. Щоб припустити молоко в нижню частину вимені, необхідно, щоб виділився гормон окситоцин, для чого застосовується механічне подразнення чутливих нервових закінчень в дійках вимені. Гормон окситоцин діє протягом 4-6 хв, а потім розкладається і рефлекс молоковіддачі згасає. Тому важливо приступити до доїння корів відразу ж після обтирання вимені і видноувати його якнайшвидше, щоб повніше використовувати рефлекс молоковіддачі.

Вим'я обробляють у три етапи: спочатку серветкою, вийнятою з теплої води та викрученою, або пістолетом з теплою водою миють нижню частину вимені; потім витирають зверху донизу так, щоб дійки не поверталися; далі обережно обробляють головки дійок. Корова заспокоюється, задня частина вимені набухає, а дійки стають пружними. Це свідчить, що молоко опустилося і корова готова до доїння. Будову вимені показано на рис. 1.

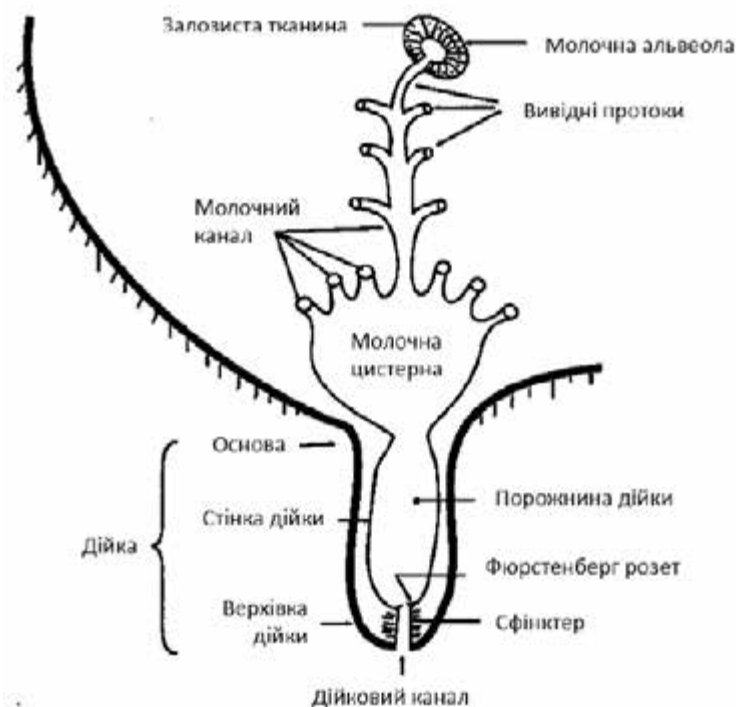


Рис. 1.1. Будова вимені корови

Потім починається сам процес доїння: береться до рук доїльний апарат, дійки направляють у стакани великим і вказівним пальцями, починаючи з

дальньої дійки задньої частини вимені, останньою направляється ближня дійка передньої частини вимені. Час доїння залежить від попередньої обробки вимені, здатності корови до молоковіддачі, кількості молока та періоду лактації. Якщо вим'я здорове, у молочній цистерні вимені може залишитися до 100-150 мл молока.

Стосовно повноти видоювання є суперечливі висловлювання. Окремі вчені та фахівці висловлюють думку, що залишкове молоко сприяє більш інтенсивному молокоутворенню. Дослідження про повноту видоювання шляхом введення гормону окситоцину у вену в ділянці шиї показали, що залишкове молоко не впливає на молокоутворюючий процес. Доїльні апарати знімаються (або цей процес програмується), коли швидкість потоку молока становить 0,15-0,2 кг/хв. Після доїння дійки змащують гліцерином або спеціальними засобами для обробки дійок. Корова – жива істота, створена природою, і поводитися з нею треба зі знанням фізіології, вона потребує дбайливого ставлення та індивідуального підходу.

1.2. Фізіологічні засади машинного доїння

Молочна залоза складається з чотирьох частин, що окремо функціонують, кожна частка має самостійну систему вивідних каналів, яка закінчується дійками. Зовні молочна залоза покрита тонкою пластичною шкірою, у якій розташовані сальні залози. Шкіра вимені, окрім дійок, покрита вовною. На дійках немає сальних залоз, ні вовни, тому вони потребують спеціального догляду. Вим'я має еластичну шкіру, що дозволяє молочній залозі збільшуватися в об'ємі в міру накопичення молока між дійками. На задній частині вимені шкіра перетворюється на так зване молочне дзеркало.

Молочна залоза складається із залозистої, сполучної та жирової тканин. Залозиста тканина включає альвеоли, дрібні та великі молочні протоки, сполучна – у вигляді зв'язки, що підвішує, і міждолькової тканини є опорою і захистом залозистих клітин. З віком у корів підтримуюча зв'язка слабшає, і вим'я відвисає. Залізиста тканина складається з альвеол, молочних ходів та проток (рис. 1). Альвеоли, молочні ходи та протоки, цистерни становлять ємність вимені, яка

досягає у високопродуктивних корів 25 і більше літрів. Альвеоли розташовуються навколо молочних проток. Великі протоки виходять у молочну цистерну. Дійка має на концесосковий канал, в основі якого розташований запірний сфінктер. Сосковий сфінктер тримає соскову цистерну закритою і має важливу захисну функцію.

Він перешкоджає витіканню молока з частки між дойками і оберігає дійку від потрапляння в нього мікробів та бруду. На межі соскової цистерни і соскової протоки знаходиться багаточаровий плоский епітелій.

Мертві епітеліальні клітини накопичуються в сосковій протоці. Ця маса має антибактеріальні властивості і є захисним бар'єром для збудників маститу. Саме тому збереження сфінктера соска в нормальному стані при машинному доїнні є важливим завданням. Внутрішня поверхня альвеол вистелена секреторними клітинами (залізистий епітелій), у яких утворюються складові молока. На зовнішній стінці альвеол розташовані зірчасті клітини, що мають здатність скорочуватися і виганяти молоко з порожнини альвеол у вивідні протоки. Вся молочна залоза рясно пронизана кровоносними судинами та нервовими закінченнями. Кожну половину вимені живлять зовнішня сором'язлива і частково проміжна артерія. Чим багатша молочна залоза кровоносними та лімфатичними судинами, тим більше у ньому утворюється молока. Великі кровоносні судини, розгалужуючись на безліч дрібніших, проникають у всі ділянки сполучної тканини вимені. Дрібні кровоносні судини, своєю чергою, розгалужуються на дрібні капіляри, які густою мережею обплітають вим'я. Чим більше розвинена кровоносна система вимені, тим вища продуктивність корів.

До стінок кровоносних судин, залізистих клітин альвеол, до м'язових волокон підходять нервові закінчення, частина їх проникає в шкіру вимені та сосків. Ці закінчення приймають і передають сигнали до центральної нервової системи у відповідь на подразнення (дотик рук доярки, теплої води тощо).

Зростання та розвиток молочних залоз. Молочна залоза починає розвиватися біля теличок ще до першого полювання. До 6-місячного віку зростання вимені відбувається за рахунок збільшення жирової та сполучної

тканин. Залізистої тканини поки що немає. З настанням статевої зрілості у тварини помітно починають рости не лише протоки, а й окремі альвеоли. Тільки з початком тільності молочна залоза починає інтенсивно розвиватися. Вже до чотирьох місяців тільності збільшується залозиста тканина, протоки та альвеоли, нервові волокна та кровоносні судини. А з другої половини тільності починають функціонувати залізисті клітини. У дорослих сухостійних корів зростання вимені починається з другої половини сухостійного періоду. У них на початку сухостою альвеоли зменшуються у розмірах і стискаються між часточками, дедалі більше місця займає сполучна тканина.

Частина альвеол та дрібних проток атрофується та замінюється жировою тканиною. Вим'я різко зменшується обсягом, потім після 12–15-дневного періоду починається формування нової залозистої тканини, з'являються порожнини альвеол. Після отелення спостерігається найбільша активність молочної залози.

Альвеоли стають великими, кількість сполучної тканини зменшується. Залізисті клітини набувають циліндричної форми.

Молочна залоза виконує дві взаємопов'язані функції: секреторну та моторну. Секреторна функція залози пов'язана з процесом утворення молока в залозистих клітинах та виділенням його в порожнину альвеол, моторна – з процесом накопичення молока в ємності вимені та виділенням його у відповідь на ссання телям або доїння.

Початок секреції молока забезпечується виділенням гормону передньої частки гіпофіза - пролактину, вміст якого в крові різко підвищується до отелення. У період лактації виділення пролактину викликається шляхом доїння або ссанням телям. Освіта молока відбувається безперервно. Утворюється воно у клітинах альвеол. Формування компонентів молока чи надходження їх попередників забезпечується з допомогою крові, яка проходить через альвеоли.

Вважається, що для утворення 1 л молока через вим'я має пройти 400-500 л крові. Тому інтенсивність секреції молока залежить від обміну речовин, дихання, кровообігу, а якість – від «попередників», таких як хімічні речовини крові. Молочний білок утворюється з вільних амінокислот, які з крові переходять

до епітеліальних клітин альвеоли, мікроорганізми рубця синтезують 60-70% амінокислот.

Молочний жир не синтезується із жирів корму. Його попередниками є жирні кислоти крові та нейтральний жир. У рубці утворюються солі оцтової кислоти, які всмоктуються в кров. Оцтову кислоту в рубці і перехід її в кров можна отримати за достатньої кількості клітковини в крові. У жуйних тварин додатковим джерелом молочного жиру можуть бути вуглеводи. Лактоза чи молочний цукор утворюється з глюкози крові, вітаміни, мінеральні речовини переходять із крові на молоко, не змінюючись. Таким чином, чим повноцінніші раціони корів, чим більше вони споживають кормів, тим краще і більше поживних речовин засвоюється в організмі корів (залежить від стану тварини).

Молочна залоза відрізняється від інших залоз внутрішньої секреції тим, що молоко у неї виводиться не завжди, а за наявності актів ссання чи доїння. Нервові подразнення, що виникають при цьому, передаються рецепторами в спинний і головний мозок, звідки потім нервовими шляхами імпульси надходять у вим'я. Судини розширюються, кровопостачання посилюється, вим'я та соски набухають і робляться пружними. Відбувається перехід молока з альвеолярної частини молочної залози до цистернальної. Одночасно частина імпульсів від молочної залози надходить у довгастий мозок та гіпоталамус, від якого вони передаються корі головного мозку та нейрогіпофізу. Гіпофіз починає виділяти гормон окситоцин, що надходить у кров і приблизно через 40-50 секунд, що доходить до молочної залози. Окситоцин викликає скорочення зірчастих клітин, розташованих довкола альвеол. При цьому альвеоли стискаються та виштовхують молоко у молочні протоки та цистерни. Тривалість дії цього гормону 5-7 хвилин, після чого він руйнується. Тому корову необхідно видноувати відразу після підготовки вимені. Окситоцин викликає одночасно скорочення міоепітеліальних клітин, розташованих уздовж проток. При цьому протоки розширюються, випрямляються і коротшають, що полегшує перехід молока з верхніх шарів ємності вимені в нижні.

Тривалість латентного періоду рефлексу (іноді від початку підготовки вимені до виділення молока) коливається від 20 до 135 с. Вона значно змінюється

залежно від режиму роботи доїльного апарату, стресових ситуацій, кратності доїння, фізіологічного стану тварин, їх віку, періоду лактацій, рівня разових удоїв та характеру переддоїльної стимуляції вимені. Однією з причин різної тривалості латентного періоду є неоднакова чутливість і реактивність міоепітеліальних клітин альвеол до окситоцину в різні діжки, періоди лактації тощо. Друга причина - недостатня кількість окситоцину, вироблена в нейрогіпофізі до чергової доїння, необхідне для повної стимуляції рефлексу молоковіддачі.

Таким чином, є дві фази рефлексу молоковіддачі. В результаті реалізації першої фази молоковиведення відбувається зниження тонуусу стінок проток та цистерн, що полегшує перехід молока з альвеолярного відділу до цистерни. Друга, нейрогуморальна фаза рефлексу, пов'язана з рефлекторним звільненням окситоцину з нейрогіпофіза, який при вступі до молочної залози викликає скорочення зірчастих клітин альвеол. При постійно однаковій дії на молочну залозу викликається скорочення зірчастих клітин альвеол. У цьому корови виробляють умовні рефлекси. А якщо підготовка вимені та доїння здійснюються в тих самих умовах, то умовні рефлекси виробляються на всю обстановку, супутню доїнню. Умовними подразниками стають шум діючої доїльної установки, дзвін доїльних відер, корм, поява оператора, навіть час доїння. Вони викликають таке ж стиснення альвеолярного апарату вимені і ослаблення тонуусу мускулатури цистерн, як і механічне подразнення сосків при доїнні або ссанні, і навпаки, незвичайні сигнали - різкий шум, сторонні люди, перестановка корів з групи в групу, зміна графіка доїння, змінна температура. Гальмування молоковиведення здійснюється так само, як і збудження рефлексу молоковіддачі, за допомогою двох рефлекторних механізмів: нервової системи та викидом адреналіну в кров.

При цьому звужуються кровоносні судини, що перешкоджають контакту окситоцину, що знаходиться в крові, з міоепітеліальними клітинами альвеол. Адреналін також гальмує рефлекторне звільнення окситоцину з нейрогіпофіза.

При гальмуванні рефлексу молоковиведення збільшується тонуус сфінктера, у результаті відбувається закриття соскового протоки,

сповільнюється виділення молока у процесі доїння. У той самий час спостерігається звуження чи закриття соскової цистерни внаслідок скорочення м'язів її стінок.

1.3. Форма вимені корів та її зв'язок з молочною продуктивністю та придатністю до машинного доїння

Вим'я – молочні залози сільськогосподарських тварин. У жуйних тварин вим'я розташоване в пахвинній ділянці, між стегнами. Вим'я корови складається з розділених між собою двох передніх, або черевних, і 2 задніх, або стегнових, часток. Молоко синтезується в секреторному епітелії найдрібніших порожнин – альвеол.

Форма вимені - це сукупність основних морфологічних особливостей вимені та сосків, що у зв'язку з продуктивністю, молоковіддачею, станом і пристосованістю до ефективної доїння. Добре розвинене вим'я здатне продукувати і накопичувати велику кількість молока при дворазовому доїнні корів та правильному їх годівлі. За властивостями вимені судять про продуктивну здатність та придатність корів до машинного доїння.

У корів після отелення до 2-3 місяці лактації молочні залози розвиваються та посилено функціонують, а потім поступово їх розміри зменшуються, а діяльність знижується. Вим'я збільшується у розмірі і форма його дещо змінюється до 5-7-ї лактації, після чого настає його в'янення внаслідок старіння організму.

Придатність корів до машинного доїння визначається, по-перше, формою вимені. Найбільш типовими та придатними до машинного доїння є ванноподібна та чашоподібна форми. Чашеподібна форма вимені - розмір вимені завдовжки перевищує його ширину на 10-15 %, ванноподібна - довжина на 15 % і більше перевищує ширину. Соски на таких формах вимені розташовані строго вертикально, поставлені так, що при надяганні доїльних склянок вони не перегинаються, що забезпечує швидке та повне видавання молока. Таких корів, як правило, відпадає необхідність піддавати, що підвищує продуктивність праці.

З округлою формою (має форму зрізаного конуса) вимені корови придатні до машинного доїння, але необхідно враховувати наступне: доїльні склянки дещо перегинають соски, і тим самим молочні протоки здавлюються; це обумовлюється тим, що воно звужено донизу, глибокі, але із зменшеною довжиною та шириною; в кінці доїння залишається невидоїне молоко, потрібне машинне додавання шляхом відтягування склянок вниз-вперед і поперемінне підштовхування сосків вгору, що нагадує доїння з одночасним проведенням масажу вимені.

Корови з козячою формою вимені непридатні до машинного доїння, їх краще вибракувати, щоб не передавалися ці пороки потомству. Козяча форма вимені - недорозвинена або має слабо розвинені передні частки, задні частки відвислі та різко розмежовані бічною борозною. Різниця по удою між передніми та задніми чвертями вимені становить понад 20 %. Індекс вимені – 30-35%. Машинне доїння корів із козячою формою вимені часто супроводжується маститами.

Примітивне вим'я - недорозвинене, з розташованими сосками, і корови з такою формою вимені непридатні до машинного доїння.

Оскільки у більшості корів задні частки вимені розвинені краще за передні чверті (зумовлено це тим, що при русі телиці, ялівки і корови відбувається як би масаж задніх часток, передні цього не мають і тому залишаються менш розвиненими), то велику увагу слід приділяти розвитку передніх чвертей. Ступінь поширення вимені вперед під черевом можна встановити на відстані переднього краю вимені до вертикальної лінії, опущеної з крайнього зовнішнього виступу клубової кістки або переднього краю вимені до пуповини. Бажана величина відхилення переднього краю вимені від прямовисної лінії вперед для первотільних 4-8 см, а для дорослих корів - 6-10 см і більше. Чим більше поширене вим'я вперед (ванноподібна форма), тим більше його обсяг і площа прикріплення, при цьому рідше спостерігається сильне відвисання вимені у старшого віку корів. Тому від таких саме корів слід відбирати племінних бугаїв для станцій штучного запліднення.

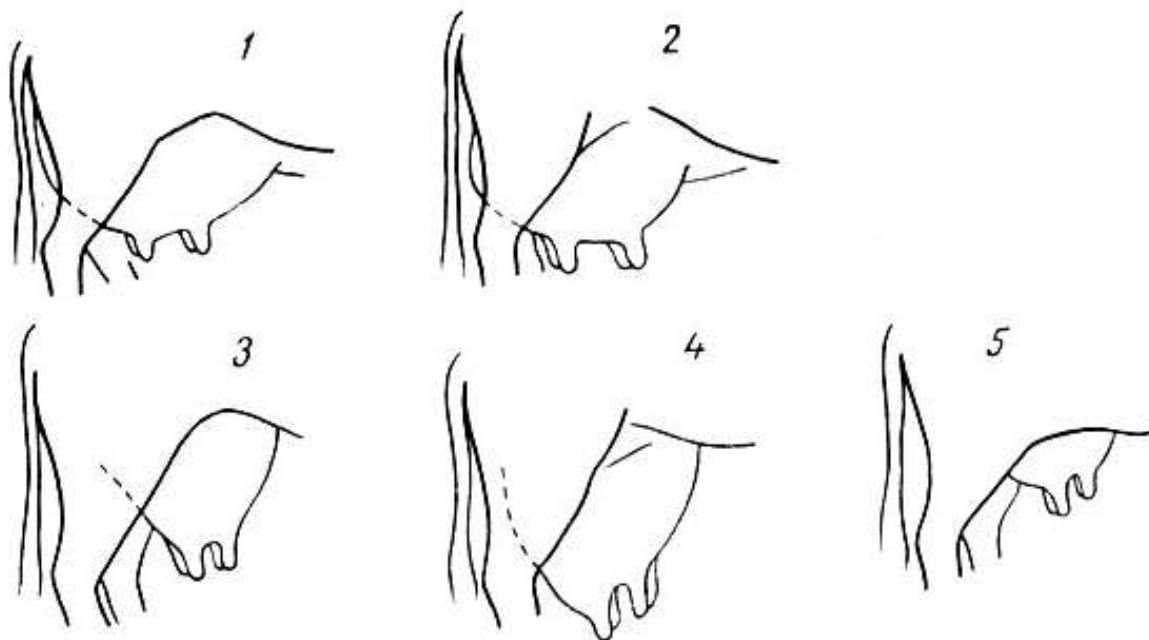


Рис. Форма вимені корів

1. ванноподібне вим'я -поширене вперед, широке, подовжене, глибоке. Має яйцеподібну форму

2. чашоподібне вим'я - середньої ширини та довжини. Глибоке, округле, має форму невеликого овалу

3. лійчасте (округле звужене) вим'я - невеликий площі прикріплення, звужене донизу, має зближені соски.

4. козяче вим'я - передні частки недорозвинені, задні частки відвислі, розмежовані бічної борозна

5. примітивне вим'я - малорозвинене, напівкулясте, соски великі, близько розташовані. Така форма вимені зустрічається у погано вирощеної худоби

Для машинного доїння найбільш придатні корови з ванноподібним та чашоподібним вименем. Надої у них вище на 20-25%, а з округлою - на 8-10%, ніж у корів із козячою формою вимені. Слід вибракувати корів, що мають округле звужене та козячу форму вимені.

Форму та якість вимені оцінюють на 2-3 місяцях лактації за 1-1,5 години до початку доїння. Хороше вим'я має бути симетричним і при огляді виглядатиме як би злитим, з рівномірно розвиненими чвертями.

Другий фактор, що визначає придатність корів до машинного доїння це форма дійок: найбільш бажані циліндричні, конічні; небажані пляшчасті, олівцеподібні та лійкоподібні.

При визначенні придатності корів до машинного доїння важливий також розмір дійок. Рівень молочної продуктивності корів немає прямої залежності від розміру сосків та його форми, проте ці статі вимені визначають придатність корів до машинному доїнню. Оптимальна довжина соска для машинного доїння повинна бути не менше ніж 5 і не більше 9 см; діаметр соска не менше 2 та не більше 3,2 см; відстань між передніми сосками не менше 6 і не більше 20 см; задніми не менше 6 та не більше 14 см; відстань від нижньої межі соска рівня підлоги щонайменше 45 і трохи більше 65 див. Розташування сосків широкі – більше 15 см або зближені – менше 8 см – при надяганні доїльних склянок перегинає соски, широкі передніх та зближення задніх або навпаки – порушує якість доїння. Небажані соски: короткі – менше 4 см, довгі – більше 9 см, товсті – діаметр більше 3,5 см, тонкі – діаметр менше 2 см у середній його частині після доїння.

Наступна ознака, що визначає придатність корів до машинного доїння це прикріплення вимені – найбільш бажано щільне – не відвисле. Вим'я, що сильно відвисло, часто травмується при ходьбі і пасіння корів, найбільш схильне до захворювань.

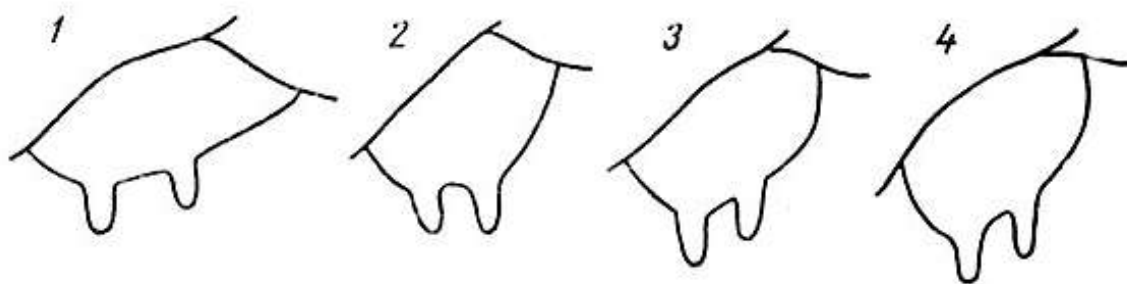


Рис. Прикріплення вимені

1. щільне (передній край вимені перетворюється на черевну стінку).
2. недостатньо щільне (передні чверті та лінія черевної стінки близька до прямого кута)
3. трохи відвисле, з помітним перехопленням у основи

4. відвисле

Придатність корів до машинного доїння визначається також ємністю вимені, яка визначається здатністю корови накопичувати і вільно утримувати молоко протягом 10-12 годин. Це дає можливість доїти корів двічі на добу з будь-якою продуктивністю.

І наостанок, рівномірність розвитку часток вимені є ще одним фактором, що визначає придатність корів до машинного доїння. Воно визначається кількістю молока, видоєного з кожної чверті вимені апаратом для роздільного видаювання чвертей. Ідеальне вим'я – це, коли кожна чверть вимені дає 25% удою. Між лівою частиною вимені та правої відмінності невеликі. Практично вони дають однакову кількість молока – по 50%. Задні частки, як правило, краще розвинені та містять більше молока, ніж передні. Кількісний показник рівномірного розвитку часток вимені – індекс вимені (ІВ): $ІВ = (\text{Удій з передніх часток} / \text{Загальний удій}) \times 100$. Для машинного доїння бажано, щоб індекс вимені був не менше 40%. Різниця у часі видавання окремих чвертей для тритактних апаратів має бути не більше 2 хвилин, для двотактних - не більше 1 хвилин.

Для придатності до інтенсивного машинного доїння потрібно, щоб корова мала рівномірно розвинене вим'я, чашоподібної форми, досить високу швидкість молоковіддачі, одночасність видавання чвертей вимені, середні за величиною циліндричної соски або трохи конічної форми, квадратним розташуванням на рівному дні вимені, на відстані 45-50 см від підлоги. При оцінці та відборі за цими ознаками слід віддавати перевагу тим коровам, у яких вим'я займає черевне, а не стегнове становище.

Закономірний зв'язок основних властивостей молоковіддачі з такими морфологічними ознаками, як форма вимені, розміром і формою сосків, полегшує та підвищує ефективність селекції порід, отже, і придатність до машинного доїння успадковується як з боку батька, так і з боку матері. Тому цілеспрямованими відбором і підбором корів можна закріпити властивості пристосованості до машинного доїння у сімействах, лініях, породних типах та загалом по породі.

2. ЗНАЧЕННЯ ПЕРЕДДОЇЛЬНОЇ ОБРОБКИ ВИМЕНІ

2.1. Вплив доїльної машини на фізіологічний стан молочної залози

Доїльна машина в процесі виконання технологічного процесу безпосередньо контактує з твариною. Від якості взаємодії елементів біотехнічної системи «машина-тварина» залежать інтенсивність рефлексу молоковіддачі у корів, фізіологічний стан молочної залози, якість видоювання і продуктивність корів за лактацію. Отже, машина у системі доїння виконує основні функції, пов'язані з видоюванням корів. Від режиму її роботи залежить фізіологічний стан і продуктивність тварини. Якщо режим роботи доїльної машини буде неадекватний фізіологічним потребам тварини, то вона не реалізує свою потенційну молочну продуктивність. У зв'язку з цим машина у біотехнічній системі має задовольняти такі вимоги:

- режим роботи машини повинен відповідати фізіологічним потребам тварини, забезпечувати повноцінну стимуляцію рефлексу молоковіддачі і якісне видоювання корів;
- виключати негативний вплив на молочну залозу і організм тварини;
- забезпечувати одержання молока високої якості.

Тварина у системі доїння є головним біологічним об'єктом, для якого і створюється система. Ефективність системи доїння значно залежить від тварин та їхніх індивідуальних характеристик. Важливо, щоб корови були максимально стандартизовані за розмірами, живою масою, надосом, формою і розмірами вимені, швидкістю молоковіддачі та іншими показниками. Основна вимога до тварин придатність до машинного доїння.

Доїння корів - не тільки функціонально найбільш відповідальний процес в загальній технології виробництва молока, що впливає на тривалість використання корів, їх продуктивність і якість отриманого молока, а й один з найбільш трудомістких, на виконання якого витрачається до 37% робочого часу, пов'язаного з обслуговуванням тварин. Критеріями, що характеризують ефективність функціонування технологічної системи машинного доїння корів, є

повнота видоювання, швидкість молоковиведення і захворюваність вимені корів маститом. Значення цих критеріїв залежить як від технічних характеристик застосовуваного доїльного обладнання, так і від технологічних показників машинного доїння, які в окремих випадках мають навіть більше значення, ніж технічні характеристики, і безпосередньо залежать від обслуговуючого персоналу. Якісне проведення переддоїльних операцій, своєчасне виконання заключних операцій вимагають від оператора постійного контролю за інтенсивністю молоковіддачі у тварин. Але, так як у тварин різна тривалість доїння, як в цілому по вимені, так і по кожній долі окремо, оператор, працюючи з трьома або чотирма доїльними апаратами, не в змозі вчасно сприйняти або в силу некомпетентності правильно оцінити і своєчасно відреагувати на зміну цього показника.

Доїльний апарат внаслідок конструктивних особливостей також не може адекватно сприйняти зміну інтенсивності потоку молока в процесі молоковиведення. Через це виникають відхилення від заданих режимів функціонування підсистем: доїльний апарат - молочна залоза; оператор - молочна залоза. В результаті знижується молочна продуктивність, збільшується захворюваність корів на мастит, скорочується лактаційний період.

Тому найбільш доцільним є використання такого доїльного обладнання, функціонування якого забезпечує автоматичне керування режимом доїння корів відповідно до фізіологічних функціональних особливостей часток вимені і виключає наведені відхилення в технологічній системі машинного доїння.

2.2. Суть і значення переддоїльної обробки вимені

Доїння - це складна технологічна операція, основна мета якої не тільки в тому, щоб швидко, повною мірою, без шкоди для здоров'я корови та з найменшими витратами праці добути молоко, яке утворилося у вим'ї, а й створити добрі умови для подальшої секреції, сприяти збільшенню продуктивності тварини та відповідати вимогам ISO 5707:1996.

При поганій переддоїльній стимуляції молоковіддачі (неякісній підготовці корови), несвоєчасному підключенні доїльного апарата до вим'я та несвоєчасному його відключенні й знятті в корів недостатньо проявляється рефлекс молоковіддачі, знижується інтенсивність видоювання, підвищується сприйнятливість молочної залози до маститу та зменшується молочна продуктивність. Незалежно від способу доїння і типу доїльної установки, правила та операції машинного доїння для кожної корови залишаються незмінними і зберігають своє значення. Роботу розпочинають із виконання шести підготовчих операцій у їх безперервній послідовності: перехід оператора до наступної корови; здоювання з кожної дійки на контрольну пластинку (сітку) перших (2–3) цівок молока (5–6 с); обмивання вим'я теплою (40–45 °С) водою (10–15 с); витирання його серветкою (рушником) (6–8 с); масаж вим'я; одягання доїльних стаканів на дійки вим'я. За цим настає процес безпосереднього видоювання корови апаратом.

Правильна підготовка корови до машинного доїння необхідна не лише для повного молоковиведення, але й для роздоювання корів. Оператор повинен підходити до кожної наступної корови і здоювати руками з кожної дійки по 2–3 перші цівки молока в спеціальний кухоль з чорним дном (на контрольну пластину). Здоювання перших цівок дає можливість виявити хворих на мастит корів, сприяє кращому молоковиведенню та зберігає якість молока, тому що перші його порції відрізняються від інших великим бактеріальним обсіменінням. Потім підмити вим'я чистою водою температурою 40–45 °С, маючи наготові працюючий апарат, вим'я витирають спеціальною серветкою або сухим чистим рушником. Одночасно з витиранням вим'я масажують. Щоденний підготовчий масаж вим'я, особливо малопродуктивних корів, сприяє підвищенню надоїв на 10–14%. Після підмивання і витирання вим'я у більшості корів з'являються ознаки початку рефлексу молоковіддачі: набрякання вим'я, порозовіння дійок, підвищення їхньої пружності. Якщо рефлекс молоковіддачі ще не настав, то знову швидко проводять легкий масаж вим'я, захоплюючи пальцями рук окремі його частки і погладжуючи їх вниз у напрямку дійок. Закінчивши підготовку корови до доїння і переконавшись, що вона припустила молоко, оператор одягає

доїльні стакани на дійки вим'я. Тривалість підготовчих операцій не повинна перевищувати 1 хв. Підключення апарата до припускання коровою молока, а також велика перерва між закінченням підготовки до доїння та одяганням доїльних стаканів є грубим порушенням правил машинного доїння. Якщо оператор допускає двохвилинну перерву між закінченням витирання вим'я та одяганням доїльних стаканів на дійки, то кількість молока, видоєного машиною, знижується на 9–10%, а інтенсивність його видоювання - на 20%.

Готувати корову до доїння, тобто виконувати вручну шість підготовчих операцій необхідно послідовно, витрачаючи не більш ніж 50–60 с. Тільки переконавшись, що доїльні стакани стійко зафіксовані і розпочалося витікання молока широким струменем, оператор починає готувати до доїння наступну корову або відключає апарат від вже видоєної.

Отримати молоко з високими санітарно-гігієнічними показниками можливо тільки на високотехнологічних фермах з доїнням у доїльному залі, де молоко охолоджують через декілька хвилин.

2.3. Переддоїльна обробка, як один з основних шляхів запобігання маститу

Мастит — одне з найпоширеніших та «найдорожчих» захворювань у молочному скотарстві. Він негативно впливає як на кількість, так і на якість молока, може призводити до передчасного вибраковування корів, погіршує здоров'я телят. Усе це зменшує прибутковість молочного бізнесу. Лікування та профілактика маститу є однією з найбільших статей витрат молочної ферми, а також важливим фактором, що впливає на благополуччя корів. Інфекції можуть потрапляти до вимені з навколишнього середовища або передаватися від однієї тварини до іншої, тому розуміння шляху їх надходження підвищує ефективність профілактичних заходів.

Відомо, що значна кількість випадків маститу в перші 30 днів лактації виникають в результаті інфікування, яке викликане патогенами з навколишнього середовища під час сухостійного і транзитного періоду.

Навіть у країнах з високою культурою виробництва та добре організованою службою ветеринарної медицини, таких як США та Великобританія, мастит коштує виробникам молока 2 мільярди доларів та 200 мільйонів фунтів стерлінгів на рік, відповідно. Як свідчить досвід британських дослідників, у 2018 році у Великобританії захворюваність маститом, що був спричинений патогенами з довкілля, під час лактації зафіксовано у 45% досліджуваних ферм, а під час сухостою — у 23% ферм.

Маститне молоко може бути джерелом харчових патогенів, що важко піддаються лікуванню, таких як метицилінрезистентний золотистий стафілокок (MRSA). Крім того, мастит — найпоширеніша причина використання антибіотиків у молочному скотарстві.

Дуже часто мастит є наслідком інфекцій, підхоплених поза доїльною залюю. Це не означає, що вони не можуть поширюватися під час доїння. Якщо на кінчиках дійок є бактерії довкілля, то доїння є для них ідеальною можливістю потрапити у вим'я через дійковий канал. Інфіковані корови можуть заразити інших у стаді, а інфекція може поширитися на інших корів під час доїння. Заходи запобігання передачі інфекції від корови до корови під час доїння не усунуть цей вид маститу, але правильні процедури та ефективні дії під час доїння допоможуть знизити ризик зараження.

Головний етіологічний фактор виникнення захворювання — бактеріальна мікрофлора, що викликає запалення і набряк тканин молочної залози (всього — понад 140 збудників). Перебіг захворювання різниться залежно від патогена, стану імунної системи організму, резистентності тканин вимені.

Для контролю маститів в Україні і за кордоном використовують комплексний підхід, що включає дотримання зоотехнічних умов утримання та годівлі тварин, застосування різних біологічно активних речовин, вітамінів, ферментів, гормонів, а також вакцин.

Правильна процедура доїння ще один ключовий фактор як для гігієнічного виробництва молока, так і для мінімізації ризику інфекцій під час доїння, спричинених бактеріями з навколишнього середовища на поверхні дійок. Щоб зменшити ризик розвитку маститу, необхідно:

- очищувати дійки від бруду;
- застосовувати дезінфікувальний засіб для обробки дійок перед доїнням;
- витирати дійки насухо, щоб бактерії не накопичувались на кінчику.

Належна підготовка дійок до доїння (очищення, переддоїльна дезінфекція та висушування) зменшує кількість нових інфекцій та допомагає знизити рівень бакзабруднення. Однак, якщо корови приходять з корівника у доїльний зал сильно забруднені, знизити ризик до керованого рівня може бути дуже важко. При утриманні корів на фермах з вигульними майданчиками і на пасовищах забруднення дійок найчастіше являють собою комбінації з гною, сечі, підстилкового матеріалу та ґрунту, що мають різні адгезійні та когезійні властивості.



Рис. 2.1. Класифікація забруднень на дійках та вимені корів

Для ефективного очищення дійок необхідний вибір раціонального способу: впливу робочих органів, що взаємодіють із забрудненнями, алгоритму та параметрів процесу очищення. У зв'язку з цим проаналізовано джерела виникнення забруднень, властивості забруднюючих матеріалів та причини, що ускладнюють їх видалення.

3. РОБОТИЗОВАНІ ДОЇЛЬНІ СИСТЕМИ

3.1. Класифікація доїльних роботів

У всьому світі зростає тенденція використання автоматизованих технологій у сільському господарстві, у тому числі у тваринництві. Безперечний успіх у цьому напрямі – застосування роботизованої системи доїння корів.

Історія розвитку роботизованих доїльних установок бере свій початок із середини минулого сторіччя. Так, в 50-ті роки ХХ століття проводилися роботи, пов'язані з вивченням та впровадженням повної автоматизації процесу доїння. У 1970-90 роки ціла низка інститутів Західної Європи працювала над системою визначення правильного положення дійок, розробляла пристрій для автоматичного одягання доїльних стаканів. Наукові розробки автоматизованих систем доїння розпочали практично одночасно такі виробники, як Лелі Індастріз (Нідерланди), Гасконь Мело (Бельгія), Інсентек (Нідерланди). Перший експериментальний робот-дояр був представлений у 1985 році, і одночасно з цим проводили дослідження по можливості пристосування корів до доїння у цих установках. Після численних змін та доопрацювань остаточно їх використання та впровадження у виробництво здійснилося у 1992 році, коли фермерами було закуплено перші чотири роботизовані доїльні установки фірми Лелі. До 1998 року близько 100 доїльних роботів Астронавт було встановлено на фермах Нідерландів, 40 - в Німеччині, 7 - в Великобританії, 5 - во Франції, по 2 - у Данії, Швеції, Італії та Японії.

1999 року в Європі було вже 400 доїльних роботів, у тому числі 200 – у Нідерландах, 100 – у Німеччині, по 50 – у Данії, Бельгії, Великобританії і во Франції .

У Північній Америці першу комерційну автоматизовану систему доїння встановлено в Канаді. Наприкінці 2002 року у світі налічувалося 1754 доїльних роботи, у 2007 році їх було 8190, у 2010 році – понад 16 тис. При цьому у Німеччині та Франції у 2010 році роботи становили 30% всього доїльного обладнання, у Данії – 50%, Нідерландах – 57%.

Мета дослідження – структурувати наявну інформацію та створити

класифікацію існуючих роботизованих систем доїння за конструктивними та технологічними особливостями.

Основним правилом при експлуатації системи автоматичного доїння є дотримання напряму пересування тварин. Застосовуються два рішення пересування тварин: примусове (спрямоване) та вільне. У першому рішенні пересування тварин корівник поділяється на зони відпочинку, доїння та годівлі. Тут виділяють системи «спочатку доїння» та «спочатку годування».

При реалізації системи «спочатку доїння» тварини отримують доступ до кормів, лише пройшовши зону доїння. Система «спочатку годівля» забезпечує коровам доступ до кормів у будь-який час і залежно від того, скільки часу пройшло з моменту останнього доїння, спрямовує тварин у ту чи іншу зону.

Недоліком цього рішення є те, що часто корови чекають черги на доїння. На відміну від першого рішення в системі з добровільним пересуванням доступ до зони годівлі є вільним, щоб стимулювати прихід корів на станцію для доїння. Розроблені для роботизованого доїння рішення пересування корів дозволяють довести середню кількість доїнь до 2,5-3,0 разів на добу.

Діючі конструкції роботизованих систем доїння розрізняються за кількістю доїльних боксів.

Однобоксові варіанти доїльних роботів розміщуються безпосередньо в корівниках між місцями для відпочинку корів (VMS «DeLaval», Astronaut A4 «Lely Industries N.V.», Merlin «Fullwood Ltd», MR-S1TM «BouMatic Robotics» та ін.). Кожна така установка обслуговує не більше 70 корів на добу. Багатобоксові доїльні роботи розміщуються в окремому приміщенні і можуть забезпечувати доїння 160 корів на добу. При цьому багатобоксові роботи-дояри можуть складатися з двох паралельно розташованих доїльних боксів (RDS FutureLine «S.A. Christensen & Co», Galaxy Starline «Insentec», MR-D1 TM «BouMatic Robotics» та ін.) та декількох доїльних боксів, змонтованих один за одним в один ряд (тандемного типу) (Milone «GEA WestfaliaSurge GmbH» та ін.)



а



б

Рис. 3.1. Однобоксовий (а) та однобоксовий (б) варіанти доїльних роботів

Основним робочим органом доїльного робота є багатofункціональний маніпулятор, що забезпечує підготовку вимені до доїння, надягання доїльних стаканів на дійки вимені і, в деяких виконаннях, дезінфекцію дійок після доїння. За розташуванням маніпулятора можна виділити системи з бічним розташуванням відносно вимені (Astronaut A5 «Lely Industries N.V.», VMS «DeLaval» та ін.) і з розташуванням позаду вимені корови (MR-S1 ТМ «BouMatic Robotics»).

Керування приводом маніпулятора може бути гідравлічне («VMS» фірми «DeLaval» та ін.), пневматичне (Astronaut A4 «Lely Industries NV» та ін.) або електричне («RDS FutureLine» «S.A. Christensen & Co» та ін.).

Виконання підготовки вимені до доїння забезпечується в доїльних роботах також по-різному. Ряд виробників («DeLaval», «S.A. Christensen & Co», «BouMatic Robotics», «Insentec») для вирішення даного завдання використовує модуль підготовки вимені з окремим стаканом, розробленим спеціально для цих процедур. Кожна дійка вимені обробляється по чергово. Підготовка дійок до доїння включає обмивання, стимуляцію, здоювання перших цівок молока та підсушування потоком теплого повітря. Інші фірми («Lely Industries N.V.», «GEA WestfaliaSurge GmbH», «Fullwood Ltd») пропонують спеціальну систему для очищення і стимуляції у вигляді роликів щіток. Здоювання перших цівок молока і його утилізація відбувається за допомогою доїльних стаканів.

Існує кілька конструктивних рішень входу і виходу тварин в доїльні бокси. За цією ознакою їх можна розділити на бічне, пряме і комбіноване управління

(Рис. 3.2.). Більшість доїльних роботів оснащені бічним входом і виходом (VMS «DeLaval»; MR-S1 TM «BouMatic Robotics»; Galaxy Starline «Insentec»).

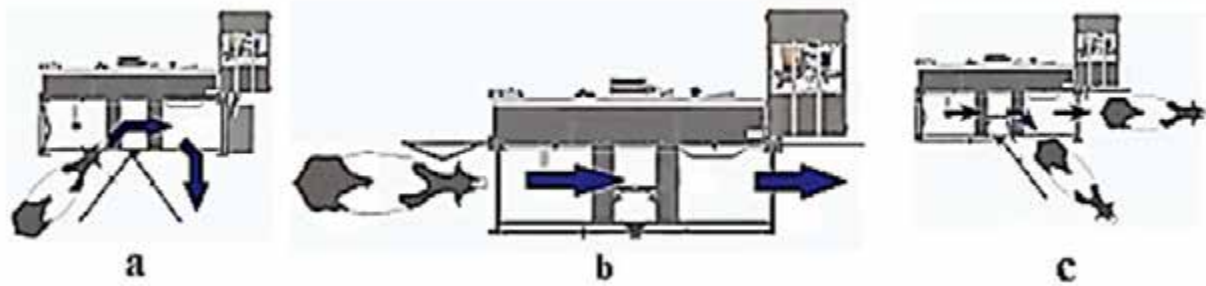


Рис. 3.2. Керування входом і виходом з доїльного боксу: а - бічне; б - пряме; с - комбіноване

Фірма «Lely Industries N.V.» розробила концепцію «I-flow», яка дозволяє полегшити та прискорити процес привчання корів до доїння і підвищує пропускну здатність системи. Дана концепція реалізована в моделі Astronaut A5. Доїльний бокс цього робота має конструкцію входних і вихідних воріт з торцевих розташуванням, що забезпечує прямий рух тварин через доїльну установку.

Фірма «Fullwood Ltd» в останньому поколінні автоматизованої доїльної системи «M²erlin» розробила комбіноване управління входу і виходу, при якому тварини можуть входити в доїльний бокс і виходити з нього як збоку, так і напругу. Завдяки подвійному виходу, конструкція дозволяє об'єднати вихідні і сортувальні ворота в єдине ціле, що дозволяє управляти рухом корів без використання додаткових сортувальних воріт.

3.2. Будова та принцип роботи найбільш відомих роботизованих доїльних систем

Роботизовані системи доїння, також відомі як автоматичні системи доїння (АМС), оптимізують процес доїння та покращують добробут корів.

Кожна корова оснащена транспондером або RFID-міткою, яка унікально ідентифікує її, коли вона наближається до доїльного робота.

Система використовує цю ідентифікацію для доступу до даних корови, включаючи графік доїння та записи про стан здоров'я. Корови добровільно заходять на доїльну станцію, часто мотивовані харчовими стимулами,

доступними в доїльних роботах. Роботизовані доїльні системи забезпечують правильне розташування корови за допомогою воріт та датчиків.

Автоматизовані щітки або струмені очищають дійки корів, щоб забезпечити гігієну та запобігти забрудненню. Цей крок є вирішальним для підтримки якості молока та запобігання інфекціям, таким як мастит.

За допомогою лазерів або камер робот визначає місцезнаходження дійок та точно прикріплює доїльні стакани. Таке точне кріплення мінімізує стрес та забезпечує ефективне зціджування молока. Система контролює потік молока та регулює всмоктування для оптимізації доїння, гарантуючи його зупинку, коли потік зменшується.

Після доїння дійки обробляють дезінфікуючим засобом для захисту від бактерій. Після цього корова може вільно покинути станцію та повернутися до своїх звичних справ.

Роботизовані доїльні системи розроблені з урахуванням потреб корів, зменшуючи стрес, пов'язаний з традиційними методами доїння, та підвищуючи загальну продуктивність ферми.

Система добровільного доїння VMS «DeLaval» (рис. 3.4.) – це автоматизована система доїння, розроблена для того, щоб корів можна було доїти добровільно, а не за фіксованим графіком, як у традиційному доїльному залі. Вона інтегрує різні технології для управління процесом доїння та збору даних.



Рис. 3.4. Система добровільного доїння VMS «DeLaval»

Автоматичне доїння це сновна функція VMS «DeLaval». Система керування ідентифікує корову, готує вим'я (очищає дійки), автоматично прикріплює доїльні апарати до кожної дійки за допомогою роботизованої руки та системи камер, доїть корову та автоматично від'єднує апарати після завершення доїння за кожен квартал.

Система використовує транспондери (нашийники або вушні бирки) для ідентифікації кожної корови, яка входить на доїльну станцію. Це дозволяє записувати та керувати даними кожної окремої корови. Система управління дозріванням точно вимірює надій кожної корови під час кожного відвідування. Ці дані записуються та використовуються для моніторингу продуктивності кожної корови.

Моніторинг якості молока: Система контролює різні параметри якості молока під час доїння, такі як провідність, колір та іноді виявлення крові. Зміни цих параметрів можуть свідчити про потенційні проблеми зі здоров'ям, такі як мастит.

Систему управління відеоспостереженням VMS можна інтегрувати із сортувальними воротами для управління потоком руху корів, спрямовуючи корів до доїльної станції, місць годівлі або назад до корівника залежно від їхнього статусу доїння чи інших критеріїв.

Доїльний робот VMS «DeLaval» видає корові запрограмовану кількість концентрованого корму під час доїння, стимулюючи її добровільно відвідувати станцію годування тварин.

Важливою функцією роботизованої доїльної системи є безперервний збір детальних даних про молочну продуктивність кожної корови, якість молока, частоту відвідувань та іноді рівень активності (якщо це інтегровано із системами моніторингу активності). Ці дані обробляються відповідним програмним забезпеченням для управління стадом, що надає інформацію для прийняття рішень.

Система керування доїнням виконує автоматичні цикли очищення компонентів доїльної системи (наприклад, молочних ліній, кластерів) між коровами та протягом запланованих інтервалів для підтримки гігієни.

Моніторинг параметрів якості молока та схем відвідувань допомагає у ранньому виявленні потенційних проблем зі здоров'ям вимені. Деякі розширені інтеграції можуть надавати дані про приблизну кількість соматичних клітин.

При інтеграції з системами моніторингу активності дані VMS сприяють ідентифікації корів у період охоти на основі змін у їхніх моделях активності та частоті відвідувань VMS.

Ці можливості роблять VMS особливо придатною для ферм, які прагнуть модернізувати свою діяльність, підвищити ефективність, покращити добробут корів та використовувати дані для кращого управління стадом.

Для молочних ферм, які стикаються з проблемами з доступністю або вартістю робочої сили, VMS значно зменшує потребу в ручному доїнні, дозволяючи персоналу зосередитися на інших завданнях, таких як здоров'я стада, годівля та управління.

Дозволяючи коровам доїтись за бажанням, система VMS часто призводить до частішого доїння корів, ніж у традиційних системах за розкладом (наприклад, 2 або 3 рази на день). Збільшення частоти доїння може призвести до вищих надоїв молока у багатьох корів.

Добровільний характер системи зменшує стрес, пов'язаний з випасом та очікуванням у доїльному залі. Корови можуть вибирати, коли їх доїти, що призводить до більш розслабленої атмосфери. Роботизована насадка розроблена для дбайливого догляду.

Великі дані, зібрані VMS, щодо продуктивності, показників здоров'я та поведінки окремих корів, надають фермерам потужні інструменти для моніторингу стану стада, раннього виявлення проблем, оптимізації стратегій годівлі та прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Автоматизація дозволяє фермерам більшу гнучкість у їхніх щоденних графіках порівняно з жорстким графіком, необхідним для доїльного залу.

Система управління кормовими ресурсами допомагає оптимізувати ефективність годівлі, дозуючи концентрат залежно від надою корови та стадії лактації.

Постійний моніторинг якості молока та поведінки корів дозволяє раніше виявляти потенційні проблеми зі здоров'ям, що дає змогу швидко втручатися.

Робот Lely Astronaut A5 (рис.3.5) сконструйовано так, що при вході у станок корова не зустрічає перепон і підчас доїння знаходяться у візуальному контакті з іншими коровами.



Рис. 3.5. Робот Astronaut A5

Корови приходять до робота за власною ініціативою а отже доїння проходить без стресу, що гарантує найкращі результати. Коли корова заходить в робот, вона миттєво розпізнається по датчику на її ошийнику. Інформація про корову передається в систему управління Lely T4C. Процес доїння здійснюється з урахуванням даних по кожній тварині, які зберігаються в базі даних системи. Завдяки цим даним робот знає розташування дійок корови та необхідний для неї раціон.

Система виявлення дійок (рис. 3.6) забезпечує швидке, надійне і точне кріплення доїльних стаканів та менше непокоїть корів. Трьохдіапазонна лазерна система забезпечує збір найточнішої інформації про розташування дійок незалежно від освітленості і фону.



Рис. 3.6. Система виявлення дійок

Лелі астронавт може видавати до п'яти типів кормів, включаючи рідкий корм. Раціон визначається продуктивністю та стадією лактації корови. Передбачено також підключення до зовнішніх систем годування таких як кормова станція для видачі комбікормів Lely Cosmic і автоматична система Lely Vector.

Для підготовки вимені використовується щітковий пристрій. Щітки не тільки очищають нижню частину вимені та соски, а й стимулюють молоковіддачу

Спочатку виконується кріплення доїльного стакану до самої повільної чверті. Вірогідність, що доїльний стакан спадє, мінімальна завдяки малій вазі стаканів та коротким шлангам. Якщо ж це станеться, стакан не впаде на підлогу, а буде відразу прикріплений заново. Витрата повітря постійно контролюється. Якщо доїльний стакан раптом спадє, він буде відразу відключений, щоб уникнути всмоктування бруду. Шланги вбудовані в маніпулятор робота, тому корова не може наступити на них, що знижує ризик переривання доїння.

Після очищення вимені щітки дезінфікуються (рис. 3.6), щоб уникнути перехресного забруднення. Положення корови ретельно відстежується під час доїння, причому непомітно для неї. Тому доїльний стакан завжди знаходиться прямо під дійкою, що знижує ризик зісковзування дійкової гуми.

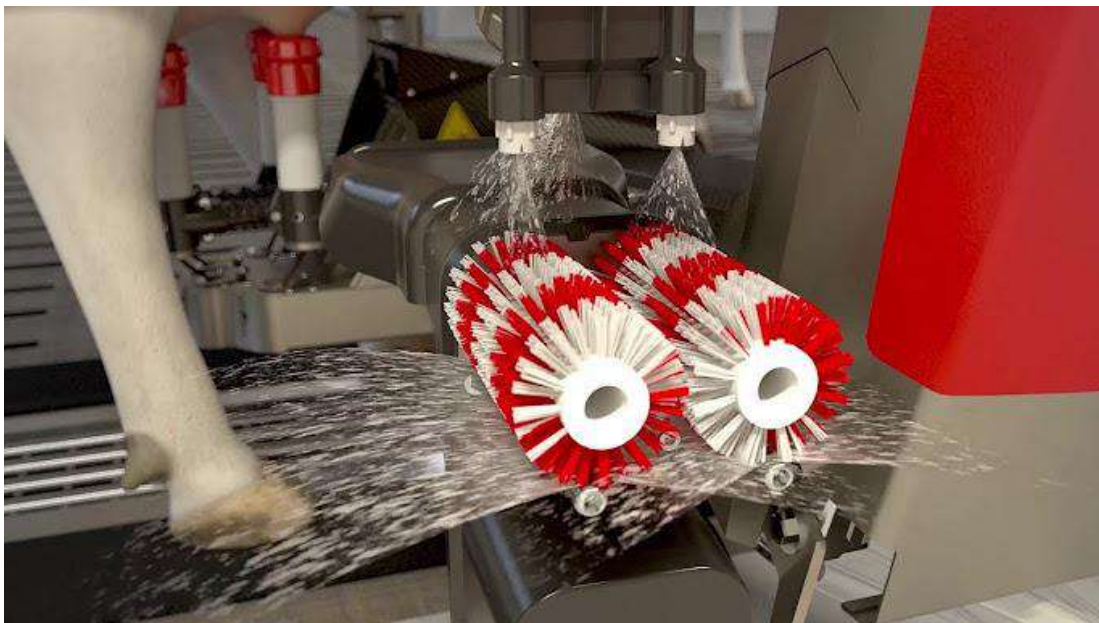


Рис. 3.6. Очищення щіток після обробки вимені

Щоб уникнути перехресного забруднення при здоюванні перших цівок молока та доїнні кожної чверті вимені, використовується один стакан. В кожній дійці є невелика кількість молока низької якості, яка виводиться з дійки при здоюванні перших цівок. Кількість молока, яке потрібно видалити, відмірюється за об'ємом, а не за часом. Це означає, що видаляється лише 9 мілілітрів молока з кожної чверті і ні краплі якісного молока не пропаде.

Доїння виконується через два окремі вакуумних контури. Молоко відводиться з доїльного стакана за допомогою змінного вакууму, потім вакуумний насос перекачує молоко в спеціальну ємність. Для здоров'я вимені важливо, щоб тиск вакууму під дійкою завжди залишався стабільним. Саме тому робот Lely Astronaut оснащений вакуумним буфером, завдяки якому пульсуючий вакуум в стаканах не впливає на вакуум молочного насосу. Це гарантує рівномірний потік молока. Кожна чверть вимені віддає молоко з різною швидкістю тому маніпулятор Astronaut контролює молоковіддичу окремо для кожної чверті в безпосередньої близькості від вимені. Пульсація регулюється по кожній чверті окремо з урахуванням інтенсивності молоковіддачі.

Під час доїння система контролю якості безперервно контролює молоко. Щоб виявити проблеми на ранньому етапі, попередження про певні показники відразу надходять до програми управління стадом.

Якщо молоковіддача з будь-якої чверті опускається нижче за встановлений рівень, вакуум відключається, шланг натягується і доїльний стакан знімається. Стакани ніколи не падають на підлогу. Після зняття доїльних стаканів дійки обприскуються дезинфікуючою рідиною для догляду за вименем. Після доїння форма вимені змінюється і для максимальної ефективності обробки воно знову сканується. Коли молоко перекачується у молочний танк пристрій NQS відбирає пробу, щоб визначити кількість соматичних клітин.

Коли дверцята з годівницею відсуваються, корова може комфортно залишити станок робота. Перед доїнням наступної корови доїльні стакани ретельно очищаються. Для цього може використовуватись система очищення парою Lely Pure. Очищення доїльних стаканів парою знешкоджує 99% всіх бактерій без застосування хімічних засобів. Це економить витрати на обслуговування, забезпечує максимальну очистку і одночасно не забруднює навколишнє середовище.

Доїльний робот GEA 2950. Один роботизований доїльний бокс обслуговує близько 60 корів, які приходять на доїння від 2 до 4 разів на добу. Корів приваблює до робота насамперед смачний комбікорм, який пропонується їм прямо у доїльному боксі.



Рис. Доїльний робот GEA 2950

Потім за допомогою годівниці проводиться позиціонування корови в залежності від її розмірів і потім вступає в справу доїльний маніпулятор.



Рис. Маніпулятор

Камера час-прольотної дії допомагає визначити координати дійок, а потім робот приєднує доїльні стакани до вимені. Достатньо лише одного підключення стакана до дійки.



Рис. Камера

Всі інші рутинні операції з підготовки до доїння, такі як очищення і просушування дійки, здоювання перших цівок, стимуляція, саме доїння, а також обробка дійок спеціальним засобом після доїння відбувається всередині доїльного стакана. Розумна система може швидко підключати доїльні стакани навіть на дійки з не оптимальним розташуванням або розмірами. Як правило, через 30-40 секунд після входу корови в бокс робот вже починає її доїти. При здоюванні перших цівок робот аналізує склад молока з кожної дійки, відводить молозиво і не товарне молоко в окремий молокоприймач для випоювання телят,

а товарне молоко надходить у танк-охолоджувач молока. Після кожного доїння дійки корови обробляються спеціальним засобом усередині стакана, при цьому одночасно дезінфікується внутрішня поверхня дійкової гуми, що дозволяє відмовитися від проміжної дезінфекції апарату після кожної корови. Робот здійснює лише його промивання. Дуже важливо те, що зменшується контакт тварини та людини. Визначення хворого вимені можна проводити за показаннями електропровідності по всьому стаду, одночасно одночасно виявляти захворювання на ранніх стадіях. Також можна відстежувати цикли та лактації та охоти без участі людини.

Додатковою опцією роботизованих систем доїння GEA є датчик кількості соматичних клітин ДейріМілк М6850 (рис. 3.8) – монітор соматичних клітин, який безперервно аналізує потік молока з кожної окремої чверті протягом усього процесу доїння. Він збирає достовірні дані в режимі реального часу без хімічних реагентів, щоб допомогти виявити мастит на ранній стадії.



Рис. 3.8. Датчик кількості соматичних клітин ДейріМілк М6850

Таке раннє виявлення допомагає мінімізувати час лікування та захистити здоров'я всього стада. Це датчик для здоров'я вимені: контролює окремі чверті та надає інформацію про кількість клітин по категоріях під час кожного доїння. Не потребує хімічних тестових реагентів та аналізує весь процес доїння в режимі реального часу – без точкових проб. Проточний датчик оцінює молоко від початку до кінця доїння. Використовує ЕРТ (поріг електричної діелектричної проникності). Ця технологія вимірює фізичні властивості молока та обробляє дані за допомогою серії алгоритмів для визначення категорії кількості клітин.

4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПЕРЕДДОЇЛЬНОЇ ОБРОБКИ ВИМЕНІ

4.1. Огляд пристроїв переддоїльної обробки вимені на автоматизованих доїльних системах

Збереження здоров'я і досягнення максимальної продуктивності дійного стада - першочергові завдання галузі молочного скотарства. Важливим аспектом при цьому є правильна підготовка вимені корів до доїння, яка включає ряд послідовних дій: підмивання і масаж вимені, обтирання вимені насухо і здоювання перших цівок молока. Найбільш важливими в даному переліку дій є підмивання та масаж вимені. Саме від їх правильного виконання залежать прояв рефлексу молоковіддачі, інтенсивність і повнота видоювання.

Жорсткі вимоги до якості молока, зростаюча оплата праці працівників та значна трудомісткість процесу доїння – це ті основні фактори, що стимулюють впровадження на молочних фермах роботизованих доїльних систем. Доїльні роботи забезпечують виконання цілого ряду технологічних операцій в процесі доїння корів, зокрема і переддоїльну обробку вимені без участі людини.

Різноманітність технологій утримання корів зумовлює різні завдання при переведенні корів на автоматичне доїння. Зокрема, має місце проблема якості молока, викликана недосконалістю пристроїв підготовки корів до доїння на автоматичних доїльних установках при утриманні тварин на вигульних майданчиках і пасовищах. В періоди випадання опадів, особливо навесні і восени, дійки вимені корів забруднюються більш інтенсивно, очищати їх складніше, а існуючі пристрої в цих випадках не забезпечують ефективного переддоїльного очищення дійок, що призводить до збільшення механічного та мікробіологічного забруднення молока. Тому вдосконалення пристроїв для переддоїльної підготовки дійок вимені корів на автоматичних доїльних установках є актуальним завданням.

Одним з найбільш перспективних напрямків розвитку молочного тваринництва є впровадження доїльних роботів. Основними виробниками

доїльних роботів є компанії «Lely» (Нідерланди), «DeLaval» (Швеція), «GEA Farm Technologies» (Німеччина), «Fulwood» (Великобританія), «Vou-Matic»(США), «SAC» (Данія) та ін.

Вивчивши більш ретельно функціонування доїльного робота, можна вказати на декілька вагомих відмінностей роботизованих систем від інших доїльних установок різного типу. По-перше, в усіх доїльних установках одне доїльне місце забезпечує доїння 25 корів на добу, а у робота - 60 корів. По-друге, доїння у роботі відбувається 24 години на добу, що дуже зручно для корів та не завдає ускладнень робітникам ферми. Тварина заходить до робота лише тоді, коли справді відчуває фізіологічну потребу віддати молоко. Таким чином, підвищується продуктивність корів та поліпшується якість молока.

Ще одна кардинальна відмінність робота від інших доїльних систем: традиційні доїльні системи працюють із коровою, як з одиницею виміру, тобто потік молока контролюється з усього вимені корови, а робот працює з кожною часткою вимені, і, відповідно, потік молока контролюється від кожної частки. Бо часто буває так, що одна частка вимені видоюється швидко, і треба вже знімати доїльний стакан, а інші ще не повністю видоєні і процес потрібно продовжити. Тож у робота доїльні стакани знімаються з вимені корови по чергово залежно від ступеня видоювання частки вимені, що забезпечує максимальну відповідність процесу доїння фізіології корови. Адже однаково негативний вплив на стан вимені має як не додоювання, так і перегримування доїльного апарата на видоєній молочній залозі.

До того ж можна легко контролювати та коригувати кратність доїння відповідно до фізіологічного стану тварини. Якщо корова перебуває на початку лактації, вона може доїтися частіше, якщо ж її потрібно запустити, програма доїльної системи зменшує частоту її заходів до робота: селекційні ворота або пропускають її до робота, або пропускають далі.

Усі ці фактори забезпечують збільшення терміну продуктивного використання корів у середньому на 1-1,5 лактації.

Ефективне очищення дійок перед доїнням має вирішальне значення, оскільки результат очищення більше не залежить від сумлінності доярки. Від

цього залежить здоров'я тварин і якість молока. Перша автоматична установка УОВ-Ф-1 для підготовки дійок і вимені корів до доїння для залів була створена ще в 70-х роках минулого століття Ризьким ДСКБ. Вона функціонувала за програмою без урахування індивідуальних параметрів тварин і не набула поширення.

Для ефективного очищення дійок необхідно вибрати оптимальний спосіб впливу робочих органів, що взаємодіють із забрудненнями. Фірми-виробники автоматизованих доїльних систем проводили ґрунтовні дослідження різних варіантів очищення дійок. Зокрема, спеціалістами фірми Lely випробовувалися наступні системи: доїльні стакани з щітками, гумові ролики, обтягнуті тканиною, зрошувальні форсунки, цілий контейнер з форсунками, що очищає вим'я знизу від підлоги і т.д. В кінцевому підсумку прийшли до висновку, що найкращі результати дає очищення за допомогою гумових роликів, обтягнутих тканиною, які обертаються в протилежних напрямках,. Пізніше ці ролики були замінені на щітки, оскільки вони забезпечують краще очищення, ніж тканина.

Порівняльна оцінка роботизованих доїльних систем провідних фірм-виробників приведена у таблиці 4.1.

Однією з найбільш сильних сторін роботизованої системи VMS (DeLaval) вважається підготовка дійок вимені до доїння. Для цього застосовується спеціальний стакан, який по черзі виконує очистку теплою водою, стимулювання, здоювання перших цівок молока і сушіння кожної дійки. Використання окремого стакана для попередньої підготовки дійок до доїння повністю виключає потрапляння залишків від перших цівок молока і води від промивання в молочну лінію і далі - в молоко. Ополіскування доїльних стаканів всередині і зовні перед доїнням кожної корови і наявність декількох режимів автоматичної оброблення дійок дезинфікуючим розчином після доїння дозволяє підтримувати гігієну корів на високому рівні.



Рис. 4.1. Пристрій переддоїльної обробки DeLaval PureFlow

DeLaval PureFlow не просто промиває, а саме готує вим'я до доїння. Використовуючи спеціальний прозорий стакан, який дозволяє бачити всі процедури підготовки вимені, кожна дійка очищається і стимулюється, щоб забезпечити комфортніший для корови потік молока та підвищити продуктивність.

Щоб забезпечити постійний потік молока, стимулюючи вироблення окситоцину, робот-дояр V300 не просто промиває сосок, але готує його для доїння, використовуючи попереднє зрошення, дійкову гуму, воду, повітря і дезінфікуючий засіб, якщо це необхідно.

При цьому відбувається здоювання перших цівок молока, що видаляються у спеціальний контейнер через окрему лінію. Параметри обробки тварини налаштовуються індивідуально, включаючи можливість додавання засобу для кращого очищення сосків – це і є процес правильної підготовки до доїння.

Після завершення доїння стакан DeLaval PureFlow ретельно промивається та очищається в рамках комплексної процедури очищення, яку автоматично виконує VMS.

Таблиця 4.1. Порівняльна характеристика доїльних роботів

	Lely Astronaut	SAC RDS FutureLine ELITE	Fullwood M ² erlin	GEA Farm Technologies Mlone	DeLaval VMS
Питома енергомiсткiсть процесу доїння. кВт/год	0,37	0,55	0,29	0,19	Немає даних
Середня тривалiсть пiдготовки вименi, с	40	50	34	60	70
Середня тривалiсть пiд'єднання з 1-ї по 4-у дiйку, с	10-15	Немає даних	10-15	30-40	45-50
Фактична тривалiсть доїння, хв	5-6	5-7	5-6	6-6,5	6,5-7,4
Пiдготовка до доїння	- Очищення вименi щiтками; - Стимуляцiя; - Промивання; - Здоювання перших цiвок.	Обробка дiжок окремим пiдготовчим стаканом: - Ополiскування водою; - Висушування; - Здоювання перших цiвок.	Очищення вименi щiтками; Стимуляцiя; Промивання; Здоювання перших цiвок.	Пiдготовка здiйснюється доїльними стаканами: Промивання кожної дiйки; Здоювання перших цiвок; Стимуляцiя.	Обробка дiжок окремим пiдготовчим стаканом: Попереднє здоювання ; Стимуляцiя; Висушування дiжок.
Система управлiння стадом	T4C (Time For Cows) T4C InHerd (Time For Cows InHerd)	TIM program	Crystal Herd Managment	RDM (Robot Data Manager)	DelPro VMS
Зняття доїльних стаканiв	Iндивiдуальне зняття доїльних стаканiв	Автоматичне зняття доїльного стакана, кероване потоком молока iндивiдуально по кожнiй дiйцi	Iндивiдуальне зняття доїльних стаканiв	Можливе як iндивiдуальне зняття доїльного стакана з дiйки так i одночасне за потоком молока	За долями вименi по мiрi завершення доїння за потоком молока

У доїльному роботі Mlone (GEA Farm Technologies) попередня обробка дійок здійснюється за допомогою доїльних стаканів. Після їх підключення виконуються очищення дійок, здоювання перших цівок молока, стимуляція, доїння, відключення. Під час очищення кожна дійка протягом 15 секунд очищається в доїльному стакані водою і просушується потоком повітря. Потім відбувається здоювання перших цівок молока, яке разом з миючою рідиною видаляється з системи за допомогою надійного клапанного механізму. Ця технологія носить назву in-liner-everything («всі операції всередині доїльного стакану») (рис. 4.1.). Це рівномірний, швидкий та комфортний процес, який відбувається всередині доїльного стакану, є ключем до збору молока відмінної якості та максимальної ефективності вашого роботизованого доїльного комплексу. Кожен етап процесу «все в одному стакані» розроблений для того, щоб:

- Забезпечити коровам найкращий процес молоковіддачі
- Забезпечити швидке, дбайливе та повне видоювання
- Захистити здоров'я вимені
- Збирати якісне молоко та швидко доставляти його до молочного резервуара



Рис. 4.2. Технологія «все в одному стакані»

Хоча деякі звуки та запахи в зоні доїння впливають на процес стимуляції, добре відомо, що для оптимального вивільнення окситоцину у корови необхідна ручна стимуляція. У роботизованому доїльному апараті ця ручна стимуляція має відбуватися механічно.

Стимуляція СтімоПульс – це, по суті, зменшена «В-фаза» або фаза відкриття дійкової гуми, коли вона обережно стискається навколо дійки в закритому положенні (без активного доїння). Частота пульсацій може коливатися від 60 до 300 імпульсів на хвилину, тому дійкова гума починає вібрувати, відтворюючи тактильну стимуляцію оператора. Дію СтімоПульс можна запрограмувати для кожної окремої корови залежно від стадії лактації – 20-30 секунд для корови-новотільної та 60-70 секунд для корови наприкінці лактації.

Перехід від стимуляції СтімоПульс до збору молока відбувається абсолютно безперешкодно та без стресу для корови. Окситоцин рухається кровоносною системою, дійка чиста, добре стимульована та висушена завдяки впорскуванню повітря у дійкову гуму – якраз вчасно для швидкого та дбайливого доїння. Процес «все в одному стакані» повторює процедуру підготовки, яку використовують оператори машинного доїння, але тепер він на 100% контролюється процесом для кожної корови під час кожного доїння.

Один з ключів до оптимального доїння – це використання короткого проміжку часу, коли окситоцин вивільняється в кров. Доїння поза цим проміжком часу може подовжити час доїння та мати довгостроковий вплив на здоров'я кінчиків дійок. Завдяки процесу «все в одному стакані» роботу потрібно лише один раз знайти дійку та приєднати доїльний сктакан, а не двічі, як у роботів інших фірм, які готують до доїння та доять за допомогою окремих систем.

Кожній дійці отримує окремий індивідуальний доїльний стакан для очищення (і решти операцій) – спільних доїльних стаканів чи щіток немає. Цей гігієнічний процес допомагає запобігти перехресному забрудненню бактеріями, що викликають мастит, від дійки до дійки. Один доїльний стакан на дійку для кожної корови під час кожного доїння забезпечує ретельне очищення та оптимальну гігієну дійок.

Поєднана дія пульсуючої гуми у певній послідовності та впорскування води (або спеціально розробленого бактерицидного засобу для попереднього

занурення) у головку підкладки ефективно очищає ґрунт на соску. Будь-які стічні води або залишки попереднього здоювання безпечно відводяться у лінію зливу та не змішуються з основним, придатним для продажу молоком.

Час миття дійок можна скоригувати, щоб врахувати середню чистоту вимені на вашій фермі. Стада з чистішими, порівняно з іншими, вим'ям і дійками можуть пришвидшити процес очищення, тоді як стада з більш складними умовами можуть подовжити цей процес. Дослідження, проведене в Університеті штату Пенсильванія, показало, що роботизовані системи могли пропускати дійки під час спроби очищення – в середньому 10% і до 50%, якщо виникали технічні труднощі.

Розробники роботизованого обладнання фірми GEA мали на меті пришвидшити процес доїння та скоротити час роботи боксу. Інші роботи готували занадто повільно – вимагаючи двох поїздок до корови, а також двічі використовуючи камеру для визначення місцезнаходження дійок (найбільш трудомістка змінна в процесі підготовки). Завдяки процесу «все в одному стакані» підготовка та доїння корови відбуваються в одному простому пристрої, що робить доїння швидшим та дозволяє проводити більше доїнь на бокс на день.

Програмні алгоритми GEA та складні датчики якості мінімізують кількість молока, необхідного для аналізу, щоб ви могли максимізувати кількість молока, що надходить у резервуар. Все зводиться до досягнення ідеального балансу — відбраковування низькоякісного молока та проведення належного механізованого аналізу для збереження високоякісного молока від кожної корови.

Для видалення з дійок складних, зокрема, висохлих і затверділих забруднень доцільне застосування механічного способу, використовуваного, наприклад, в доїльних роботах компаній Lely і Fulwood. Щітковий пристрій (рис. 3.2) забезпечує послідовну очистку дійок з одночасним зволоженням.

Фірма Lely в роботизованій системі Астронавт використовує щітковий очисник. Гігієна та стимуляція вимені забезпечуються завдяки щіткам для

очищення та дезінфекції. За допомогою щіток дійки очищаються більш ретельно ніж при простому ополіскуванні. Щітками також можна очистити нижню частину вимені.



Рис. 4.3. Щітковий очисник Лелі Астронавт

При цьому вакуумна система не використовується, що виключає втрати молока при очищенні, але головне - значно знижується ризик перехресного забруднення дійок. Доїльні стакани залишаються чистими і контактують з чистими дійками. Очищення за допомогою щіток також стимулює нервові закінчення в дійках. Від них сигнали передаються через спинний мозок до гіпофізу корови.

Для вибору способу, що забезпечує ефективну очистку широкого спектру забруднень, проведено аналіз гідромеханічних, гідродинамічних і механічних мийно-очищувальних способів обробки дійок вимені корів перед доїнням (Таблиця 4.2)

При утриманні корів на фермах з вигульними майданчиками і на пасовищах забруднення дійок найчастіше представляють собою комбінації з гною, сечі, підстилки та ґрунту, що мають різними адгезійні та когезійні властивості.

Аналіз способів та засобів переддоїльної обробки вимені на автоматизованих доїльних установах

Способи і засоби підготовки дійок вимені корів на автоматичних ДУ		
Миття дійки		Очистка дійки
Доїльний стакан	Спеціальний стакан для обробки дійки	Щітковий пристрій
Способи впливу робочого органу на дійку		
Гідромеханічний (дійкова гума + миюча рідина)	Гідродинамічний (миюча рідина в турбулентному потоці)	Механічний (щітки+розпилена миюча рідина)
Способи переддоїльної стимуляції дійок		
Вплив пульсуючої дійкової гумми	Вплив потоку рідини	Вплив ворсу щіток
Здоювання перших цівок молока		
Доїльними стаканами у спеціальний резервуар	Спеціальним стаканом	Доїльними стаканами у спеціальний резервуар
Висушування дійки		
Потоком повітря	Потоком повітря	Потоком повітря і ворсом щіток

4.2. Дослідження процесу переддоїльної обробки вимені

Ефективність очищення дійок вимені від забруднень (K_e) є функцією чотирьох груп змінних: параметрів дійки (M_d), параметрів щіткового пристрою ($M_{щп}$), режимів очищення (M_{po}), параметрів забруднення (M_3), яку можна представити у вигляді

$$K_e = \{ M_d, M_{щп}, M_{po}, M_3 \}. \quad (4.1)$$

У загальному вигляді процес підготовки вимені корів до доїння можна описати множиною параметрів, що впливають на ефективність очищення дійок від забруднень:

$$K_e = \{ L_d, d_d, E_d, K_{fd}, K_{nd}, D_{щ}, l_v, d_v, n_n, B_v, N_{пр}, \omega, Q_p, K_{гy}, K_{щк}, t_c, P, t_{od}, K_i, K_{нб}, m_z, K_{zm}, K_{за}, K_{zn} \}, \quad (4.2)$$

де L_d - довжина дійки, мм; d_d - діаметр дійки, мм; E_d - модуль пружності дійки, Па; $D_{щ}$ - діаметр щітки, мм; l_v - довжина ворсу, мм; d_v - діаметр ворсу щітки, мм; n_n - кількість ворсинок в пучку, шт; B_v - модуль відносної жорсткості пучка ворсинок, Па; $N_{пр}$ - потужність приводу щіткового пристрою, Вт; ω - кутова швидкість обертання щітки, рад / с; Q_p - витрата миючої рідини, яка подається на щітку, м³ / хв; t_c - тривалість очищення поверхні дійки, с; P - колове зусилля, Н; t_{od} - тривалість очищення основи дійки, с; $v_{щл}$ - лінійна швидкість щітки, мм / с; m_z - маса забруднення, г; а також коефіцієнти, що враховують K_{fd} - форму дійки, K_{nd} - шорсткість і нерівності (складки) на поверхні дійки, $K_{гy}$ - вологоутримання ворсу щіток, $K_{щк}$ - капілярність ворсу щіток, K_i - інтенсивність механічних впливів пучків ворсу на одиницю довжини дійки, $K_{нб}$ - розташування пучків ворсу на барабані щітки; K_{zm} - фізико-механічні властивості матеріалу забруднення, $K_{за}$ - агрегатний стан матеріалу забруднення; K_{zn} - площа забруднення дійки.

Приймаємо, що очищення соска від забруднень здійснюється пучком ворсу, жорсткість B_n якого може бути пов'язана з жорсткістю окремої ворсинки виразом

$$B_n = K_n E J n_n, \quad (4.3)$$

де K_n - коефіцієнт, $K_n < 1,0$; E - модуль пружності матеріалу ворсу, рівний $2,5 \times 10^4$ Па; J - момент інерції поперечного перерізу ворсу, см⁴.

Якщо в зоні контакту ворсу з соском знаходиться кілька пучків $n_{пп}$, то їх жорсткість B_{mn} підсумовується

$$B_{mn} = K_n E J n_n n_{mn}. \quad (4.4)$$

Вплив пучка ворсу на кінчик дійки залежить від лінійної і кутової швидкостей щіток. У момент першого дотику пучків ворсу щіток до кінчика

дійки вимені у корови виникають больові відчуття. Це точки K1 і K2 в позиції I щіток (рис. 3.6).

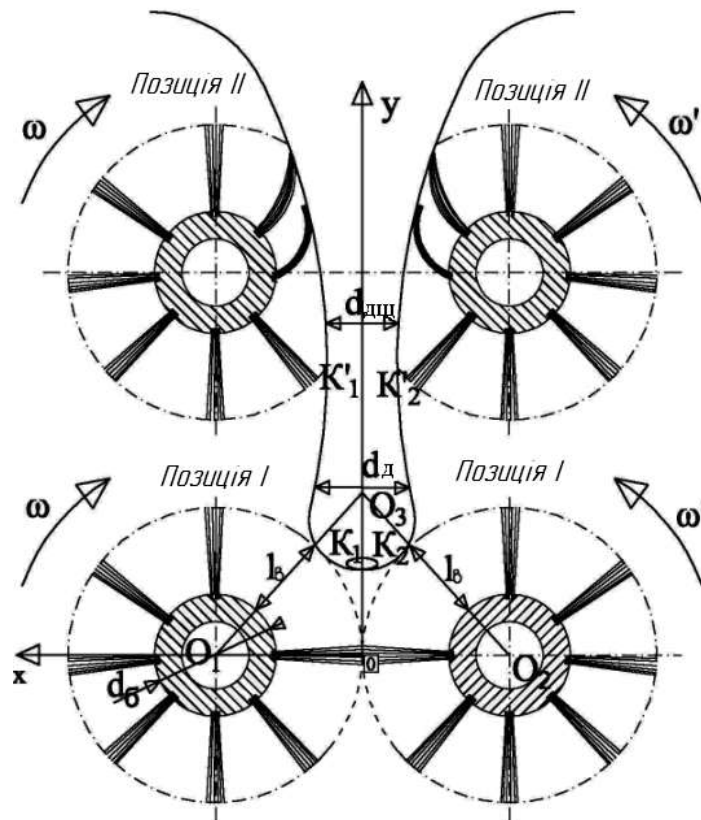


Рис.4.4. Схема взаємодії щіток з дійкою

Абсолютна швидкість v ворсинок в точці O позиціонування щітки (позиція I) може бути представлена у вигляді виразу

$$v_{a\bar{b}} = \sqrt{\omega^2 \left(l_{\delta} + \frac{d_{\delta}}{2} \right)^2 + \left(\frac{L_{\delta}}{t_{\delta}} \right)^2} \quad (4.5)$$

Швидкість вертикального переміщення щіток обмежена часом підготовки корови до доїння і має цілком конкретні значення.

При очищенні дійки найбільш тяжко видаляються тверді забруднення. При цьому дія щіток на дійку супроводжується ударами пучків ворсу, деформаціями забрудненої поверхні дійки, волочінням частинок забруднень ворсинками і їх відкиданням.

Повне колове зусилля P на пучках ворсу щітки складається з сили P_1 , що витрачається на удар і сили P_2 , що витрачається на волочіння і відкидання частинок забруднень, тобто

$$P = P_1 + P_2 \quad (4.6)$$

Силу удару P_1 , можна визначити з умови рівності імпульсу сили зміни кількості руху забрудненої маси (частки ґрунту, ґрунту, гною і т.д.), тобто:

$$P_1 \Delta t = m_3 (v_2 - v_1), \quad (4.7)$$

де Δt - тривалість часу удару, с; m_3 - маса забруднюючих частинок, по яких наносяться удари, кг; v_2 - швидкість маси забруднення в кінці удару, м/с; v_1 - швидкість руху маси на початку удару, м/с. Використовуючи прийняті в роботах В.П. Горячкіна положення про пропорційність сили повному коловому зусиллю P , тобто $P_2 = f P$, де f - коефіцієнт пропорційності, що характеризує ступінь забруднення і підставляючи і в вираз (3.6), отримуємо

$$P = \frac{m_3 \alpha v_{a\delta}}{\Delta t (1 - f)}, \quad (4.8)$$

де α - коефіцієнт пропорційності. Значення потужності, необхідної для видалення забруднення, можна отримати, якщо помножити обидві частини рівності (3.8) на колову швидкість щітки

$$N_i = \frac{m_3 \alpha v_{a\delta} \omega}{\Delta t (1 - f)},$$

$$N_0 = \sum_{i=1}^n N_i. \quad (4.9)$$

Вплив ворсу щіток на дійку корови може бути як позитивним, тобто необхідним для видалення забруднень, так і негативним, що викликає ушкодження епідермісу шкіри дійки, руйнування бар'єру для патогенів, больові відчуття.

Щітковий пристрій, впливаючи на забруднення дійку не повинен залишати пропусків, пошкоджувати дійки і забиватися забрудненнями.

Ефективному очищенню і рівномірному впливу на дійку повинна сприяти така розстановка пучків ворсу, при якій не залишаються незаймані смужки і перекриття в момент їх ударів по дійці, під час волочіння і в момент відкидання забруднення.

Інтенсивність механічних впливів щіток Кщі на дійку можна представити як відношення колової швидкості щітки (v_k) до лінійної швидкості (v_m) вертикального переміщення щіткового пристрою вздовж дійки. З урахуванням параметрів пристрою і режимів очищення

$$K_{щi} = \frac{\left[\frac{\pi n}{60} \left(\frac{d_{\delta}}{2} + l_{\delta} \right) t_{\delta} + L_{\delta} \right]}{L_{\delta}} \quad (4.10)$$

Для ефективного очищення дійок необхідно формування регульованих параметрів: частоти обертання щіток і кількості рідини, що подається, в залежності від матеріалу і агрегатного стану забруднення.

Ефективність очищення дійок багато в чому визначається ефективністю функціонування пристрою подачі води до оброблюваних зон.

Висота підняття h рідини в капілярній порожнині, утвореної між ворсинками щітки, визначається (з рівняння Жюрена) зрівноважуванням лапласового і гідростатичного тисків і повинна дорівнювати довжині ворсу.

Площа перетину капіляра $S_{кап}$ визначається з виразу

$$S_{кап} = 0,215d_{\delta}^2 \quad (4.11)$$

Об'єм рідини $V_{пн}$, що вбирається щіткою, яка містить $n_{п}$ пучків ворсу, буде дорівнювати:

$$V_{пн} = n_{п} n_{к} 0,215d_{\delta}^2 l_{\delta} \quad (4.12)$$

Діапазон часу $t_{вп}$ подачі рідини становить від 0,15 ... 1,0 с, де мінімальна тривалість часу $t_{вмін}$, дорівнює часу одного повного оберту барабана щітки.

Форсунка повинна забезпечувати витрату рідини ($м^3/хв$), частина якої буде ввібрана і утримана пучками ворсу

$$Q_p = K_{ey} V_{mn} / t_{en}, \quad (4.13)$$

де K_{ey} – коефіцієнт вологоутримання щіток.

$$K_{ey} = V_{mn} / V_{\phi} \quad (4.14)$$

де V_{ϕ} - об'єм рідини, поданий форсункою на щітку за час $t_{вп}$.

Чим раціональніше використовується м'яка рідина, тим вище коефіцієнт K_{ey} . Даний коефіцієнт залежить від параметрів форсунки, швидкості розпилюваної рідини та її дисперсності, режимів роботи щіток і їх параметрів. Емпірично встановлено, $K_{ey} = 1,5 \dots 2,5$.

Місце розташування форсунки вибирається з урахуванням того, щоб вона не торкалася вимені корови, тому необхідно її розмістити знизу та, крім того, вона повинна перебувати поза зоною А траєкторії польоту відділених частинок (рис.3.6). Остання визначається експериментально.

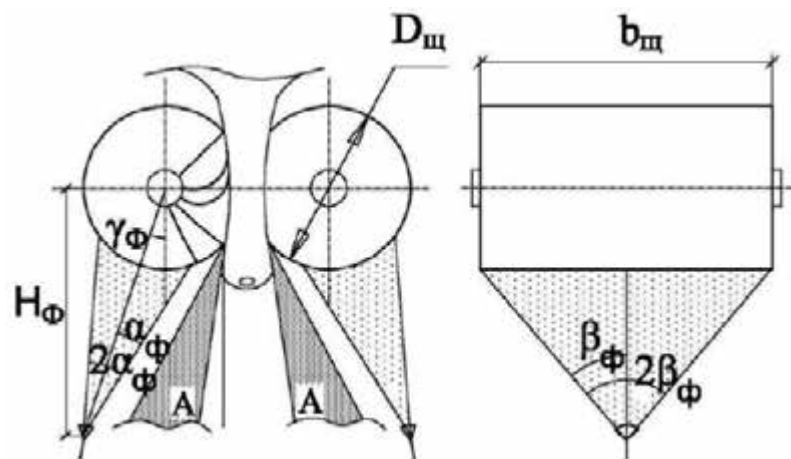


Рис. 4.5. Розрахункова схема розміщення форсунки:

$b_{щ}$ - ширина щітки, H_{ϕ} - висота розташування форсунки, α_{ϕ} - половинний кут факела розпилювання по діаметру щітки, β_{ϕ} - половинний кут розпилювання по ширині щітки, γ_{ϕ} - кут розташування форсунки.

Половинний кут відхилення факела розпилювання по діаметру щітки

$$\alpha_{\phi} = \arctg\left(0,9K_{d\phi} \frac{D_{uy}}{H_{\phi}}\right), \quad (4.15)$$

де $K_{d\phi} = 0,7$ коефіцієнт, що враховує сектор розпилу факела по діаметру щітки.

Половинний кут розпилювання по ширині щітки,

$$\beta_{\phi} = \arctg\left(K_{b\phi} \frac{b_{uy}}{2H_{\phi} - D_{uy}}\right), \quad (4.16)$$

де $K_{b\phi} = 1,05$ коефіцієнт, що враховує сектор розпилу факела по ширині щітки.

Отримані вирази дозволяють отримати параметри кутів комбінованої форсунки, утвореної розміщенням один за одним коничною насадкою і соплом, що забезпечує формування дрібнодисперсного крапельного низьконапірного факела з кутовими розмірами $2\alpha_{\phi}$ і $2\beta_{\phi}$.

Основні параметри форсунки визначаються з рівняння Бернуллі з урахуванням встановленого вище значення $Q_{ж}$, п'єзометричної висоти - $h_{ст}$, діаметра трубопроводу - d_T , наступним чином.

Діаметр форсунки

$$d_{\phi} = 0,95 \sqrt{\frac{Q_p}{\sqrt{gh_{cm}}}} \quad (4.17)$$

Тиск рідини P_p в подаючому трубопроводі:

$$P_p = \rho \left(0,635 \frac{Q_p}{d_T} - gh_{cm} \right) \quad (4.18)$$

При припущеннях сталості модуля пружності, форми і шорсткості поверхні дійки, лінійної і кутової швидкостей щіток і жорсткості ворсу, вологоутримання пучка ворсу, подачі м'якої рідини на щітки, однорідності фізико-механічних, адгезійних і когезійних властивостей забруднення на дійці розроблений алгоритм функціонування та сукупність системи рівнянь (3.1) - (3.18) є математичною моделлю, яка встановлює залежності параметрів забрудненої дійки і конструктивно-режимних параметрів пристрою.

Отримані залежності дозволяють визначити технічні вимоги та раціональні параметри пристрою, що забезпечують підвищення ефективності очищення дійок вимені корів від забруднень.

Для оцінки ефективності очищення дійок вимені корів використовуються показники - коефіцієнт $k_{екз}$, що характеризує ефективність очищення дійки, приведений до початкової кількості забруднення, а також коефіцієнт $k_{енд}$, приведений до одиниці площі дійки. Обидва коефіцієнта виражаються в процентах:

$$k_{екз} = \left(1 - \frac{m_n - m_з}{m_n}\right) \cdot 100, \quad (4.19)$$

де m_n і $m_з$ - відповідно, початкова і залишкова кількість забруднення, г.

$$k_{енд} = \left(1 - \frac{m_{нз}}{m_{nn}}\right) \cdot 100, \quad (4.20)$$

де $m_{нз}$ і m_{nn} - відповідно, залишкова і початкова кількість забруднень на одиницю площі дійки, г/см².

4.3. Розроблення схеми експериментальної установки

Щітки ефективно видаляють навіть присохлий бруд і гній. Це єдина система, що очищає зону навколо дійок, яка стикається з доїльними стаканами, і нижню частину вимені.

Щітки також забезпечують швидку і ефективну тактильну стимуляцію, яка необхідна для вивільнення гормону окситоцину. Така стимуляція зменшує час надягання доїльних стаканів, покращує швидкість доїння і ступінь видоювання, що підвищує продуктивність роботи.

Проте досвід експлуатації доїльних роботів свідчить, що навіть щіткові пристрої на доїльних роботах не завжди в змозі забезпечити ефективне очищення дійок від забруднень. Проблема посилюється при несприятливих погодних умовах, зокрема, в дощові дні. При цьому погіршуються мікробіологічні показники якості молока і збільшується кількість механічних забруднень, частина з яких залишається на молочному фільтрі, а частина потрапляє в зібране молоко.

У зв'язку з цим виникає необхідність удосконалити конструктивно-режимні параметри щіткового пристрою та алгоритм його функціонування(рис. 1) з метою підвищення ефективності очищення дійок від забруднень і якості молока.

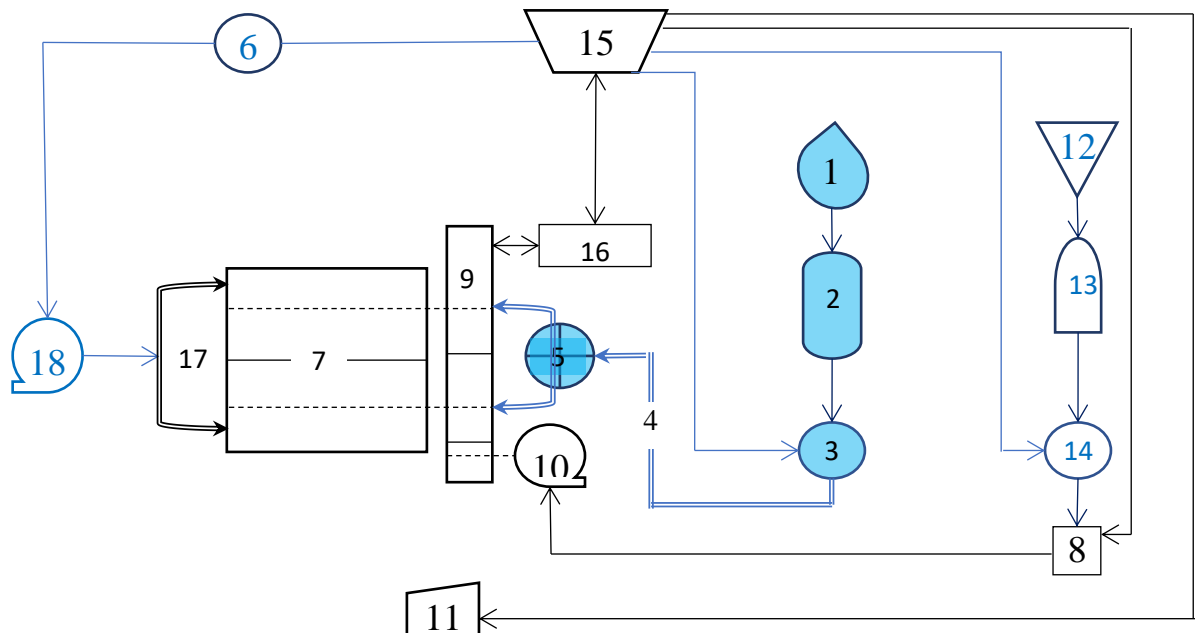


Рис. 4.6. Пристрій для очищення дійок вимені корів:

1 – резервуар для миючої рідини, 2 – насос, 3 – гідравлічний клапан, 4 – трубопровід, 5 – розподільник рідини, 6 – пневматичний клапан, 7 – щітки, 8 – реле тиску, 9 - приводні шестерні, 10 – електродвигун, 11 – маніпулятор, 12 – компресор, 13 – ресивер, 14 – пневматичний клапан, 15 – блок керування, 16 – датчик частоти обертання, 17 – струшувач, 18 – пневмопривод.

Були розроблені маніпулятор з пневмоприводом і пристрій для формування заданого кута повороту щітки. При цьому використовувалися: набір зразків штучних сосків із гуми, дерева, шкіри натуральної з глянцевою та замшевою поверхнями, оргскла; сім щіток з розмірами: діаметр ворсинки, мм/довжина ворсу, мм/кількість ворсинок, шт. (04/30/50; 04/25/70; 04/20/60; 0,3/25/40; 02/50/70; 0,18/15/150; 0,15/40/160, виконаними з різних полімерних та натуральних матеріалів.

Для визначення ступеня впливу конструктивно-режимних параметрів пристрою на ефективність видалення забруднень з дійок вимені корів застосований статистичний метод планування експерименту. Серед восьми досліджуваних змінних виділені дві групи. До першої групи змінних віднесені чотири керованих технологічних параметра: n - частота обертання щіток (170, 320, 470), хв^{-1} ; Q - витрата миючої рідини (120, 160, 200), $\text{мл} / \text{хв}$; t - тривалість очищення кожної з 4-х дійок (6, 8, 10), с ; x - стан зволоження щіток, варіюється на трьох рівнях: сухі щітки (виконання 1), щітки, зволожені перед очищенням дійки (виконання 2), щітки, зволожувані під час очищення (виконання 3). До другої групи змінних віднесені контрольовані фізіологічні параметри і параметри, що залежать від умов утримання тварин: s - площа поперечного перерізу дійки (3,0; 4,5; 6,0) см^2 ; M - матеріал забруднення (якісний параметр) варіює на трьох рівнях: гній, гній з підстилкою, суглинок; W - вологість матеріалу забруднення (20, 50, 80), %; $m_{\text{пз}}$ - початкова маса забруднень на одиниці площі поверхні дійки, $\text{г}/\text{см}^2$.

Остаточню були виділені 4 фактори:

n - частота обертання щіток (170, 320, 470), хв^{-1} ;

Q - витрата миючої рідини (120, 160, 200), $\text{мл} / \text{хв}$;

t - тривалість очищення кожної з 4-х дійок (6, 9, 12), с ;

x - стан зволоження щіток.

За критерії оптимізації технологічного процесу прийнято:

$K_{\text{спд}}$ - ефективність очищення дійок, %;

N – споживана потужність, Вт.

4.4. Результати експериментальних досліджень

Після визначення значимих коефіцієнтів регресії та проведеного розкодування для зручності використання при розрахунках отримали рівняння регресії.

Ефективність очищення дійок:

$$K_{\text{спд}} = 8,66n - 12,5Q + 1,2t + 18,9x + 4,65x^2 \quad (4.21)$$

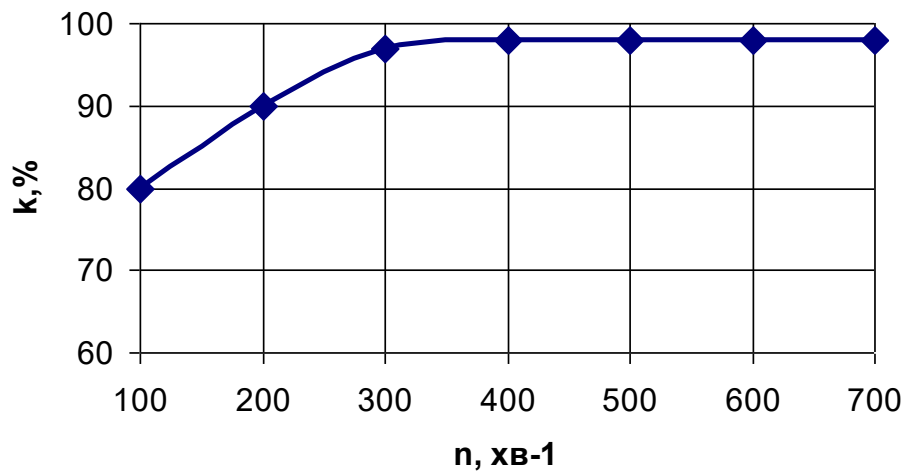


Рис. 4.8. Залежність коефіцієнта $K_{снд}$ від частоти n обертання щіток.

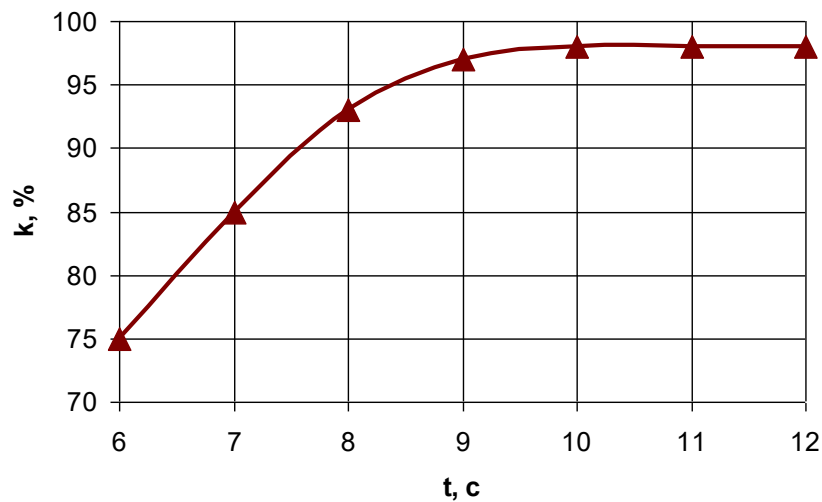


Рис. 4.9. Залежність коефіцієнта $K_{снд}$ від тривалості t очищення дійки.

Рівняння регресії для визначення споживаної потужності:

$$N = 11,08 + 4,72t - 7,32nt + 1,26n^2 \quad (4.22)$$

Результати досліджень по визначенню крутного моменту приводу щіткового пристрою показують, що його значення, в залежності від тиску живлення від 150 до 250 кПа, збільшується від 1,5 до 4,0 Н м. При цьому модуль пружності капронового ворсу $E = 2,5 \times 10^4$ Па.

При зволоженні щіток опір між ворсом і дійкою збільшується, що призводить до зниження частоти їх обертання. При збільшенні площі контакту з дійкою частота обертання щіток знижується до 40%.

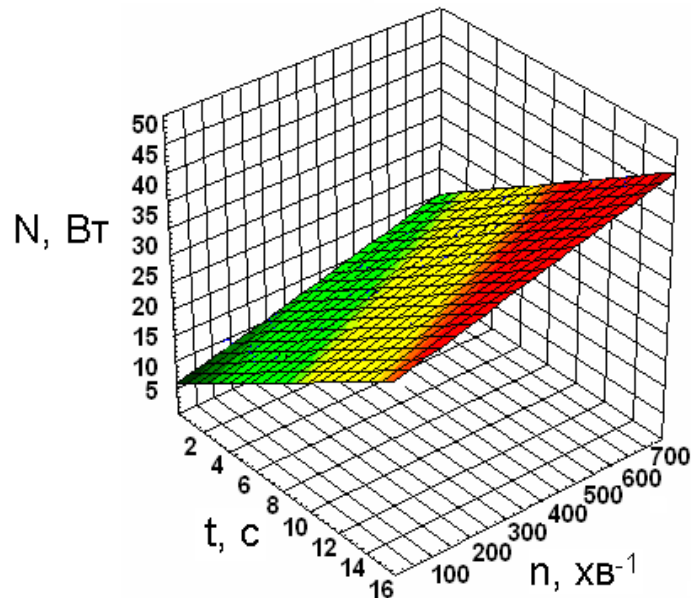


Рис. 4.10. Вплив на споживану потужність N тривалості t обробки однієї дійки та частоти n обертання щіток.

Дослідження показують, що пучки ворсу повинні бути виконаними з матеріалів, що володіють капілярними властивостями. Доцільно використовувати щітки з капронової волосіні з параметрами: діаметр ворсинки - 0,18 мм, довжина ворсу - 15 мм, кількість ворсу в пучку - 150 шт., Діаметр щітки - 60 мм, довжина щітки - 120 мм, кількість пучків по довжині - 16 шт., по колу - 18 шт. При цьому максимальна кількість води, увібрана щіткою 18г, відбувається при подачі через розроблену форсунку 30 ... 40г.

Форсунка повинна забезпечувати розпилення струменя води прямокутного перетину на ширину щітки 130 мм з відстані 60-80мм. Витрата рідини - 10 ... 15г/с. Її збільшення не призводить до збільшення кількості води на щітках і підвищенню ефективності очищення дійки.

Результати досліджень з визначення кількості забруднень, що переносяться з дійки на ворс щіток показують, що вологі щітки самоочищаються значно краще, ніж сухі, як при видаленні гною, так і суглинку. При зниженні частоти обертання значно гірше з щіток віддаляється суглинок, при чому на вологі щітки забруднення налипають в два рази більше, ніж на сухі.

Встановлено, що найбільша ефективність очищення дійки вимені корови від забруднень у вигляді вологого гною або гною з підстилкою (солома) забезпечується при реалізації такого алгоритму, при якому щітки зволожуються водою в процесі очищення кожної дійки корови.

При цьому коефіцієнт ефективності очищення $K_{\text{спд}}$, забруднення у вигляді рідкого гною вологістю 85%, становить 99,8%. Очищення дійок від твердих забруднень у вигляді висохлого гною або гною з підстилкою (солома) доцільно проводити в два цикли з розмочуванням забруднень. Забруднення у вигляді суглинку доцільно видаляти при найбільшій подачі миючої рідини на щітки.

Для ефективного очищення дійок необхідно формування регульованих параметрів: частоти обертання щіток і кількості рідини, що подається, в залежності від матеріалу і агрегатного стану забруднення

Діаметр щітки i , відповідно, довжина ворсу також впливають на ефективність очищення. При збільшенні діаметра щітки зменшується зона дійки на яку впливає ворс, який виходить з прискоренням з зачеплення з дійкою, що призводить до зниження ефективності видалення забруднень. Обмеженням по зменшенню діаметру щітки i , відповідно, довжині ворсу, є діаметр дійки, який повинен бути стиснений ворсом при очищенні.

Отже, на основі проведених експериментальних досліджень можна рекомендувати такі раціональні параметри щіткового пристрою для переддоїльної обробки вимені: діаметр щітки - 60 мм, довжина щітки - 120-130 мм, частота обертання щітки $300-400 \text{ хв}^{-1}$, кількість пучків по довжині - 15-20 шт., по колу 16-20 шт., тиск миючої рідини - 0,2 МПа.

Встановлено, що в заданому діапазоні режимів очищення, щітковий пристрій з розрахунковими параметрами забезпечує ефективне очищення дійок у всіх випадках забруднень.

Результати експериментальних досліджень підтверджують адекватність розробленої математичної моделі і розрахункових параметрів розробленого пристрою.

Розроблено алгоритм роботи пристрою для очищення дійок вимені корови (рис. 4.11).

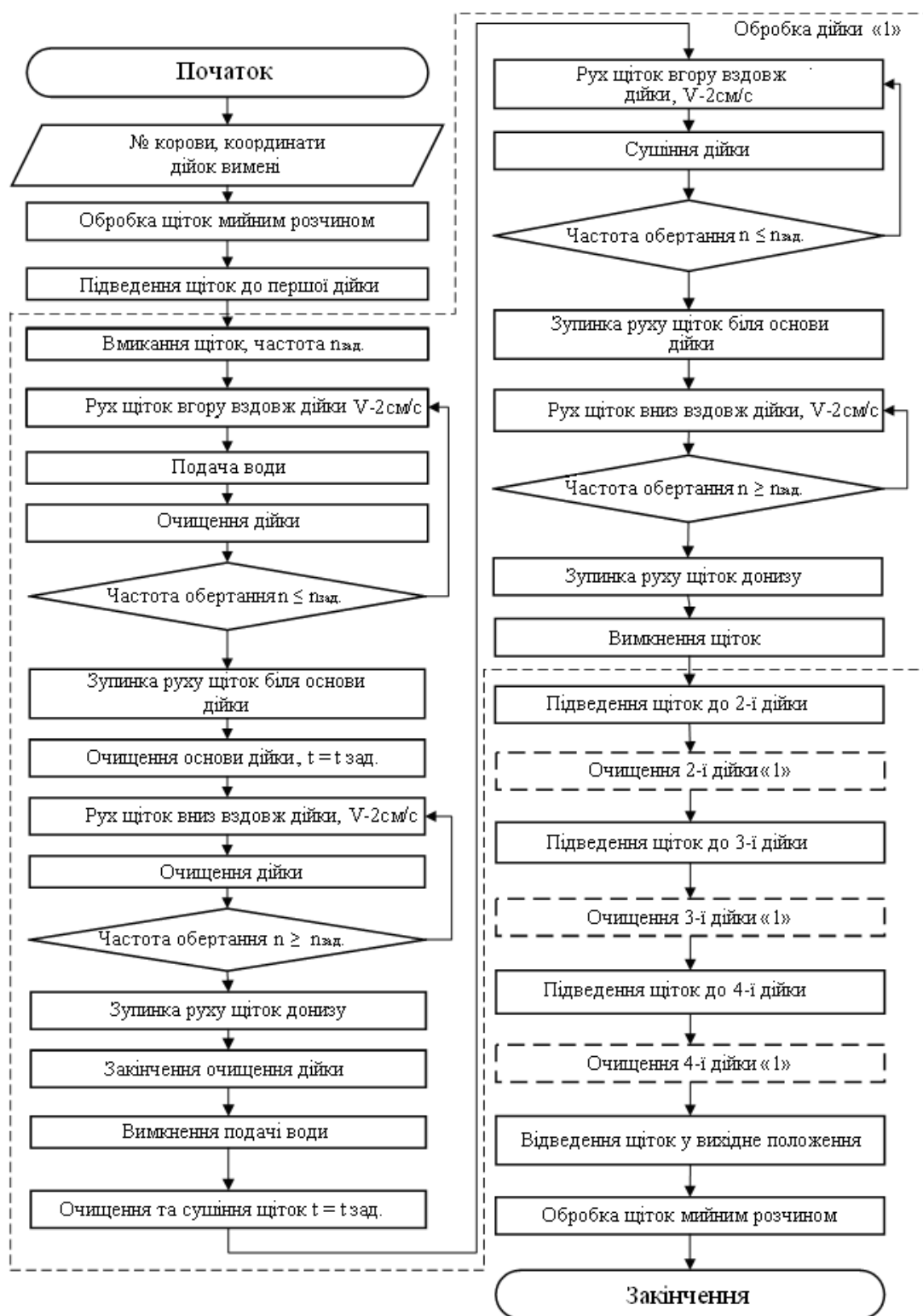


Рис. 4.11. Алгоритм функціонування пристрою очищення дійок вимені корів

Даний алгоритм забезпечує послідовне здійснення вологе очищення кожної дійки і основи вимені з подальшим їх висушуванням, фіксованою очищення основи дійки і завершення очищення дійки вимені корови.

5. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНИХ РІШЕНЬ

5.1. Загальні положення

Однією з головних перешкод, що стримує в Україні впровадження проектів роботизованого доїння корів у вітчизняних господарствах, є його висока вартість. За критерієм співставлення відношення вартості одного умовного місця в тваринницьких приміщеннях із розрахунку на корову роботизовані станції добровільного доїння набагато поступаються аналогічному за функцією сучасному автоматизованому доїльному залу навіть у лінійці обладнання однієї і тієї ж самої компанії.

Дозволити собі сьогодні придбати роботизовану систему добровільного доїння можуть поки що лише агрохолдинги або ж великі сільськогосподарські підприємства. Адже вартість обладнання внаслідок девальвації гривні досить суттєво зросла за останній рік, проте не є абсолютно непід'ємною для інвестора, який має бажання займатися виробництвом високоякісного молока. Проте без впровадження таких технологій вітчизняній галузі молочного скотарства буде досить складно конкурувати не лише за можливість експорту молочної продукції на ринки інших країн, де діють досить жорсткі критерії її якості та харчової безпеки, але й зберегти позиції на внутрішньому ринку.

Забезпечити виробництво сирого молока відповідно до європейських стандартів можна лише, використовуючи сучасне доїльне обладнання — автоматизовані доїльні зали та роботизовані доїльні станції.

До переліку економічних переваг використання технологій роботизованого доїння передусім слід віднести:

- суттєве підвищення якості отриманого молока, що відповідає усім екологічним вимогам безпечного виробництва продукції, а відповідно, її ціна завжди є вищою;

- покращення умов утримання тварин, зниження захворювань і подовження господарського їх використання;
- підвищення молочної продуктивності дійного стада, що в цілому забезпечує одержання більшого обсягу доходу на корову;
- економія на необхідності будівництва доїльної зали, оскільки цю технологію можна впровадити шляхом реконструкції наявних тваринницьких приміщень;
- ефективно і гнучке використання робочого часу та зменшення фактору трудомісткості у собівартості виробництва продукції;
- приносити користь споживачам і суспільству в цілому.

Якість молока — це передусім вища ціна реалізації, а отже, і прибутковість виробництва. Саме це дає найбільшу економічну перевагу, що поряд з високою продуктивністю корів та низькою трудомісткістю виробництва молока забезпечує конкурентоспроможність продукції на будь-якому ринку.

Загалом крім економічних переваг від впровадження цієї технології у вітчизняних реаліях виникає соціальний аспект зайнятості сільського населення. Зазначимо, що сьогодні в сільській місцевості, на жаль, із кожним роком відсоток населення працездатного віку суттєво зменшується, а відтак, з часом виникне проблема із пошуком кваліфікованих працівників. Навіть вже сьогодні в окремих регіонах відчувається дефіцит бажаючих працювати на тваринницьких фермах.

Впровадження роботизованих технологій доїння корів, насамперед, значно полегшує важку і кропітку працю тваринників, а отже, навпаки є прикладом соціальної відповідальності агробізнесу. В Україні майбутнє цієї технології — розвиток роботизованих молочних ферм сімейного типу.

Оцінка економічної ефективності запропонованих рішень здійснювалась на прикладі роботизованого молочного комплексу в с. Почуйки Попільнянського району Житомирської обл. на базі ПСП «Україна», яке входить до групи компаній «Ерідон».

5. 2. Розрахунок техніко-економічних економічних показників

Ступінь досконалості прийнятих (розроблених) технологічних та інженерно-технічних рішень оцінюють питомими показниками, до яких, зокрема, належать ресурсозатрати (затрати праці, енергоємність та металомісткість виконання одиниці певної роботи або виробництво одиниці запланованої продукції, а також пов'язані з цим експлуатаційні та приведені витрати, економічний ефект.

Затрати праці на виконання кожної операції визначають так: стосовно операцій, пов'язаних із використанням технічних засобів — за кількістю годин роботи цих засобів та кількістю обслуговуючого персоналу; на ручних роботах — за діючими нормативами або нормами, встановленими для цих робіт у даному господарстві.

Добові затрати праці Z_d на операцію становлять:

$$Z_d = t_i N_{обі} n_{mi}; \quad (5.1)$$

річні

$$Z_p = Z_d D_{pj}, \quad (5.2)$$

де t_i — тривалість роботи i -го операційного обладнання протягом доби, год; $N_{обі}$ — кількість персоналу, що обслуговує дане операційне обладнання, чоловік; n_{mi} — кількість машин, які виконують дану операцію; D_p - кількість днів, протягом яких повторюється j -та операція протягом року.

Витрати матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів розраховуються відповідно до діючих нормативів, а їх вартість — за встановленими розцінками.

Експлуатаційні витрати суттєво залежать від рівня механізації виробничих процесів. Структура цих витрат C формується за такими показниками:

$$C = O_n + E + A + P, \quad (5.3)$$

де O_n — оплата праці робітників;

E — вартість споживаних енергоресурсів, грн;

A — амортизаційні відрахування (на реновацію технічних засобів).
грн;

P — відрахування на ремонт і технічне обслуговування машин та обладнання, грн.

Заробітна плата обслуговуючого персоналу за виконання окремих операцій залежить від розряду робіт, кваліфікації виконавців та операційних затрат праці.

Вартість енергоресурсів визначають за формулою:

$$E = W C_e \quad (5.4)$$

де W — витрати енергоресурсів, пов'язані з виконанням даної операції;

C_e — їх питома ціна.

Сума річних відрахувань на амортизацію, технічне обслуговування і ремонт машин та обладнання визначається залежно від балансової вартості кожного засобу й діючих норм відрахувань:

$$A = a B_m k_s ; P = p B_m k_s , \quad (5.5)$$

де a і p — нормативні частки відрахувань від балансової вартості;

B_m - обладнання відповідно на амортизацію, технічне обслуговування і ремонт машин;

k_s — коефіцієнт використання засобів механізації:

$$k_s = t_f / t_{nl} , \quad (5.6)$$

де t_f і t_{nl} — відповідне річне фактичне та планове завантаження машини, год.

Балансова вартість машин та обладнання становить:

$$B_m = B_{np} (1 + \varepsilon + \mu), \quad (5.7)$$

де B_{np} — преїскурантна (відпускна) ціна машини;

ε і μ — коефіцієнти, що враховують частку витрат від вартості машини на її транспортування і монтаж, відповідно $\varepsilon = 0,13$ та $\mu = 0,15$ (стосовно машин, які не потребують монтажу, останній показник не враховується).

Коли окремі машини використовуються для виконання різних видів робіт чи обслуговують тварин різного виробничого напрямку (наприклад, кормоприготувальне обладнання, кормороздавачі, мобільні засоби прибирання та транспортування гною), експлуатаційні витрати розподіляють пропорційно часу, відпрацьованому на виконуваних операціях чи виробництвах.

Для повного врахування капіталовкладень та експлуатаційних витрат на виробництво тваринницької продукції слід враховувати також вартість виробничих та допоміжних приміщень і споруд, які використовуються при виконанні відповідних робіт.

Питома трудомісткість будь-якого виробничого процесу z_{on} становить:

$$z_{on} = Z_{np} / Q, \quad (5.8)$$

а виробництва одиниці тваринницької продукції Z_{np}

$$Z_{np} = \Sigma Z_p / \Pi, \quad (5.9)$$

де Z_{np} — затрати праці на виконання даного виробничого процесу, люд.-год;

Q — продуктивність технологічного обладнання;

Z_p — сумарні річні затрати праці на виробництво даної продукції, люд.-год;

Π — річний вихід продукції.

Питома енергоємність визначається відношенням витраченої енергії до обсягу виконаної роботи чи одержаної продукції:

$$q_n = W_{pn} / Q; \quad (5.10)$$

$$q_{np} = W_{pич} / \Pi, \quad (5.11)$$

де q_n і q_{np} — питома енергоємність відповідно технологічного процесу та виробленої продукції; W_{pn} і $W_{pич}$ — витрати енергії відповідно на виконання даного технологічного процесу та на все виробництво.

Питома металомісткість процесу m_{on} і продукції, що виробляється, m_{np} становлять:

$$m_{on} = \Sigma M_{oni} / Q ; \quad (5.12)$$

$$m_{np} = \Sigma M / \Pi , \quad (5.13)$$

де ΣM_{oni} — маса обладнання i -тої технологічної операції (машини), на якій виконується даний виробничий процес, кг; ΣM — сумарна маса обладнання, що виробляє заплановану продукцію, кг.

Питомі показники експлуатаційних витрат визначаються за формулами:

$$c_{on} = C_{on} / \Pi ; \quad (5.14)$$

$$c_{np} = C / \Pi , \quad (5.15)$$

де c_{on} і c_{np} — питомі експлуатаційні витрати відповідно на виконання даного процесу (операції) та виробництво запланованої продукції; C_{on} — річні експлуатаційні витрати на виконання даного процесу.

Розрахункову економічну ефективність проектних рішень порівняно з базовим варіантом визначають за різницею приведених витрат. Річний економічний ефект E_p розраховується за формулою:

$$E_p = (c_1 - c_2) + E_n (K_1 - K_2) + \Delta\Pi, \quad (16)$$

де c_1 і c_2 — річні експлуатаційні витрати на виробництво одиниці продукції відповідно за базовим та спроектованим варіантами; K_1 і K_2 — сума капіталовкладень у відповідних варіантах; E_n — нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, $E_n = 0,15$; $\Delta\Pi$ — вартість додаткової продукції або зміни щодо її якості

Обчислення показників економічної ефективності згідної приведенієї методики здійснювався за допомогою програми Excel Microsoft. Отриманні результати були занесені в таблицю 5.1.

Основні техніко-економічні показники

Назва показника	Існуючий варіант	Запропонований варіант
Річний надій молока, т	1718	1889
Величина капіталовкладень, грн.	641090	9000000
Питомі затрати праці, люд.-год/т	21,1	8,5
Сума експлуатаційних затрат, грн.:	660977,7	608046,0
в т. ч. оплата праці	567500,0	547508,8
вартість спожитих енергоресурсів	27900,6	14249,2
відрахування на амортизацію	34235,1	24169,6
відрахування на ремонт і технічне обслуговування	31342,0	22127,2
Приведені затрати, грн.	747141,5	683577,3
Річний економічний ефект, грн.		4518287,4

Отже в результаті впровадження запропонованої технології доїння буде отримано річний економічний ефект 4518287,4 грн.

Період окупності вкладених фінансових коштів в удосконалення процесу доїння буде становити 2 роки.

ВИСНОВКИ

Забезпечити виробництво сирого молока відповідно до європейських стандартів можна лише використовуючи сучасне доїльне обладнання — автоматизовані доїльні зали та роботизовані доїльні станції.

Запропонована конструкція щіткового пристрою для переддоїльної обробки вимені, проведені теоретичні та експериментальні дослідження процесу очищення дійок.

Дослідження показують, що пучки ворсу повинні бути виконаними з матеріалів, що володіють капілярними властивостями. Доцільно використовувати щітки з капронової волосіні з параметрами: діаметр ворсинки - 0,18 мм, довжина ворсу - 15 мм, кількість ворсу в пучку - 150 шт.

На основі проведених експериментальних досліджень можна рекомендувати такі раціональні параметри щіткового пристрою для переддоїльної обробки вимені: діаметр щітки - 60 мм, довжина щітки - 120-130 мм, частота обертання щітки $300-400 \text{ хв}^{-1}$, кількість пучків по довжині - 15-20 шт., по колу 16-20 шт., тиск миючої рідини - 0,2 МПа.

Запропонований пристрій для переддоїльної обробки вимені рекомендуємо використовувати у складі існуючих роботизованих доїльних систем, особливо на тих доїльних установках, що використовуються при утриманні тварин на вигульних майданчиках і пасовищах.

Оцінка техніко-економічних показників застосування розробленого пристрою для переддоїльного очищення дійок вимені корів показує його ефективність за рахунок зниження бактеріального обсіменіння і механічних забруднень молока.

Період окупності вкладених фінансових коштів в удосконалення процесу доїння буде становити 2 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Болтянська Н. І. Аналіз факторів виникнення маститу у корів. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка.- Харків, Вип. 209, 2020. С. 67-69
2. Борщ О.В., Особливості доїння корів на роботизованій установці. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва, №2, 2014. С. 131-135.
3. Кірсанов В.В., Павкін Д.Ю., Цимбал А.А., 2015. Результати обробки експериментальних даних доїльних роботів у чвертях вимені / В.В. Інновації в сільському господарстві, випуск 4, С. 122-128.
4. Кравчук В. Результати експертизи технології виробництва молока з вико-ристанням доїльних роботів / В. Кравчук, С. Постельга, Л. Кириченко. В. Смоляр // Техніка і технології АГІК. - 2016. - № 4. - С. 25-28.
5. Кухтин, М., Болтик, Н., Перкій, Ю., & Проценко, Т. (2021). Роль санації шкіри дійок вимені корів у профілактиці маститу. Conference "Modern Methods of Diagnostic, Treatment and Prevention in Veterinary Medicine", 95. Retrieved from <https://nvlvet.com.ua/index.php/conference/article/view/4513>
6. Control of environmental mastitis in lactation. Compiled by AHDB and the Dairy Mastitis Control Plan Team at the University of Nottingham and Quality Milk Management Services, 2020.
7. Sharipov, D & Yakimov, O & Gainullina, M & Kashaeva, A & Kamaldinov, I. (2021). Development of automatic milking systems and their classification. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 659. 012080. 10.1088/1755-1315/659/1/012080.
8. Berg W, Rose-M eierhöfer S, Ammon C, Kobbe C. 2014. Dipping efficiency and teat dip residues in milk using an automatic dipping system. Journal of Dairy Science. 97(6):3689–3693.

9. Galton DM. 2004. Effects of an automatic postmilking teat dipping system on new intramammary infections and iodine in milk. *Journal of Dairy Science*. 87(1):225-231
10. Палій А. П. Техніко-технологічні інновації у молочному скотарстві : монографія / А. П. Палій, А. П. Палій. – Харків : Міськдрук, 2019. 324 с.
11. Добробут корів на молочних комплексах : навч. посіб. / В. І. Гноєвий, В. І. Лебединський, І. В. Гноєвий, Т. А. Бугай ; за ред. В. І. Лебединського. – Харків : «Оперативна поліграфія» ФОП Здоровий Я. А., 2018. 248 с.
12. Удосконалення технології утримання племінних телиць як фактор підвищення економічних показників виробництва молока на молочних комплексах / В. І. Лебединський, Т. А. Бугай, В. І. Гноєвий, І. В. Гноєвий, О. К. Трішин // *Ветеринарія, технології тваринництва та природокористування* / Харків. держ. зоовет. акад. – Харків, 2018. – № 2. – С. 150–154. DOI: 10.31890/vttr.2018.02.39.
13. Наукові і практичні складові технології застосування доїльних роботів на молочному комплексі ПСП «Вільшанське» / В. І. Лебединський, Т. А. Бугай, І. В. Гноєвий, В. І. Гноєвий, О. К. Трішин // *Ветеринарія, технології тваринництва та природокористування* / Харків. держ. зоовет. акад. – Харків, 2019. – № 3. – С. 185–193. DOI: 10.31890/vttr.2019.03.25.
14. Bugay, Tetyana & Gnoevyi, Igor & Naumenko, Alexander & Gnoevyi, Victor. (2020). ПЕРЕДУМОВИ РОБОТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ДОЇННЯ КОРІВ. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Livestock*. 30-37. 10.32845/bsnau.lvst.2020.1.5.
15. Romero, G., Bueso-Ródenas, J., Alejandro, M., Moya, F., & Díaz, J. R. (2021). Effect of vacuum level and pulsation parameters on milking efficiency and animal welfare of murciano-granadina goats milked in mid-line and low-line milking machines. *Animals*, 12(1), 40.
16. de Koning, C. J. A. M. (2021). Automatic milking systems: State of the art and recent developments. *Wageningen Livestock Research*. <https://doi.org/10.18174/546845>

17. Jago, J. G., Burke, J. L., Williamson, J. H., & Matthews, L. R. (2020). The use of automatic milking systems in dairy farming: Effects on animal welfare and productivity. *Animal*, 14(10), 2070–2079. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001091>
18. Kravchenko, D. S., Popova, L. A., & Mazur, O. M. (2023). Challenges and prospects of implementing robotic milking systems in Ukraine. *Ukrainian Journal of Agricultural Engineering*, 30(2), 25–32. <https://doi.org/10.32515/ujag.2023.2.3>
19. Rabobank. (2023). The future of robotic milking: Global trends and adoption. Rabobank Industry Reports. <https://www.rabobank.com/research>
20. Rodenburg, J. (2020). Welfare implications of automatic milking systems in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 103(6), 5745–5756. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17432>
21. Ю.М. Сиромятников, П.С. Сиромятніков, О.В. Гавриленко. (2025). Роботизовані системи доїння корів: переваги та перспективи. Матеріали XXI міжнародного форуму молоді "Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті" 17-18.
22. Легкодух В. А., Луценко М. М. (2018) перспективи розвитку технології роботизованого доїння корів. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. 51-55. Вип. 3. DOI: 10.31521/2313-092X/2018-3(99)-8
23. М.М. Луценко, Д.В. Зволейко. Ефективність використання роботизованих систем доїння. *Техніка і технології АПК*. 2013. № 5. С. 13-15.
24. Луценко М. Промислове використання високопродуктивних корів на сучасних молочних комплексах / А. Палій, М. Луценко // *Тваринництво України*. – 2017. № 3–4. – С. 14– 16.
25. М. М. Луценко , В. В. Попков. Мотивація доїння високопродуктивних корів в умовах роботизованих систем. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького*. Серія: Сільськогосподарські науки, 2024, т 26, № 101. С. 205-209
26. Karttunen J.P. Occupational health and safety of Finnish dairy farmers using automatic milking systems [Електронний ресурс] / J.P. Karttunen, R.H. Rautiainen, S. Lunner-Kolstrup // *Front. Public. Health*. – Режим доступу до ресурсу : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2016.00147/full>

27. Смоляр В. І в молочному скотарстві – напрямок на роботизацію / В. Смоляр, Ю. Тютюнник // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 11. – С. 31-35.
28. Ясенецький В. Доїльні роботи – майбутнє молочних ферм / В. Ясенецький // Техніка і технології АПК. – 2013. – № 5. – С. 26-29.
29. Зволейко Д. Удосконалення систем доїння в Україні / Д. Зволейко // Тваринництво України. – 2013. – № 11. – С. 39- 42. 22. Палій А. П. Застосування роботизованих систем як шлях підвищення ефективності процесу отримання молока / А. П. Палій, О. А. Науменко, О. А. Чигрин // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2016. – Вип. 170. – С. 66-60.
30. Смоляр В. Рівень захворювань корів на мастит за використання різних типів доїльних установок / В. Смоляр // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 1. – С. 17-19.
31. Tousova R. The comparison of milk production and quality in cows from conventional and automatic systems / R. Tousova // Journal of Central European Agriculture. – Zagreb, 2014. – №4. – P. 115–123.
32. Кернасюк Ю. Роботизоване доїння корів: окупність інвестицій / Ю. Кернасюк // Агробізнес сьогодні. – 2015. – № 17 (312). – С. 48–52.
33. Кернасюк Ю., Гайденко О. Роботизовані системи у тваринництві. Агробізнес сьогодні. – 2024. <https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/29069-robotyzovani-systemy-u-tvarynnytstvi.html>
34. Корівник щасливих корів [Електронний ресурс] // Молоко і ферма. – серпень 2017. – № 4 (41) – Режим доступу до ресурсу : <http://magazine.milkua.info/indexukr.php?id=254>.
35. Новий вимір українського села: на Сумщині корів доять роботи [Електронний ресурс]: Сумська ТПП. – 2018 – Режим доступу до ресурсу: <http://www.cci.sumy.ua/news/145/4329/>
36. Доїльні роботи: покращення виробництва за допомогою автоматизованого віджиму молока та аналітики керування коровами [Електронний ресурс]: 2024. Режим доступу до ресурсу: <https://agtecher.com/uk/milking-robots/>

37. Meskens L., Vandermersch M., Mathijs E. Implication of the introduction of automatic milking on dairy farms // Agriculture and Human Values, 2015, vol. 38 Availableat at: <https://scholar.google.com.ua>.
38. Brzozowski M., Piwczynski D., Sitkowska B., Kolenda M. The impact of installation of automatic milking system on production and reproduction traits of dairy cows // Reproduction in Domestic Animals, 2018, vol. 53, pp. 1123-1129. Availableat at: <https://onlinelibrary.wiley.com>
39. Tremblay M., Hess P., Christenson M., McIntyre K., Slink B. Factors associated with increased milk production for automatic milking systems. Youmal of dairy science, 2016, vol. 99, pp.3824-3837. Availableat at: <http://www.youmalofdairyscience.org>
40. Castro A., Pereira J., Amiama C., Barrasa M. Long-term variability of bulk milk somatic cell and bacterial counts associated with dairy farms moving from conventional to automaticmilking systems // Italian journal of animal science, 2018, vol. 17, pp.. 218-225. Availableat at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>
41. Гігієнічне значення окремого здоювання перших порцій молока / Є. М. Кривохиже, М. Т. Мусієнко, М. В. Степанюк, Ж. Г. Свергун, Я. Г. Русенко // Науковий вісник Львівського НУТЗМБТ ім. С. З. Гжицького. Львів, 2013. Т. 15, № 3 (57), ч. 3. С. 368-371 .
42. Палій А. П. Роль технологічних чинників в одержанні високоякісного молока // Вісник Харківського НТУСГ ім. П. Василенка. Харків, 2017. Вип. 181: Технічні системи і технології тваринництва. Технічний сервіс машин для рослинництва. С. 94-97.
43. Філіпенко І. Д., Помітун І. А. Вплив лінійних ознак вимені на процес доїння корів у стійлі. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків, Вип. 209, 2020.- С. 83-85.