

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**РУБІС ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ**

**УДК 631.22**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕХАНІЗАЦІЇ ФЕРМИ  
ВРХ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТУ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання  
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Рубіс О.В.

**Керівник роботи**

Медведський О.В.

кандидат технічних наук, доцент

**Житомир – 2024**

## АНОТАЦІЯ

*Рубіс Олексій Володимирович. Підвищення ефективності механізації ферми ВРХ з модернізацією доїльного апарату. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

Кваліфікаційна робота присвячена підвищенню ефективності механізації ферми великої рогатої худоби шляхом модернізації доїльного апарату.

У процесі роботи були проаналізовані сучасні доїльні системи, виявлені їхні переваги та недоліки. На основі отриманих даних розроблено концептуальну модель модернізованого доїльного апарату, який включає автоматичні системи контролю та управління, що дозволяють оптимізувати процес доїння, зменшити вплив людського фактора та підвищити загальну ефективність ферми.

Проведені розрахунки показали, що впровадження нової технології дозволяє знизити час доїння на 20%, підвищити продуктивність праці на 15%, а також зменшити витрати на обслуговування обладнання. Додатково, новий доїльний апарат сприяє поліпшенню санітарних умов на фермі, що позитивно впливає на якість молока.

Результати дипломного проекту можуть бути використані для подальшого розвитку технологій у молочній галузі, а також для вдосконалення процесів механізації на фермах різного типу.

*Ключові слова: доїльний апарат, механізація, молоко, конструкція, модернізація.*

## ANNOTATION

*Alexey Vladimirovich Rubis. Increasing the efficiency of cattle farm mechanization with the modernization of milking equipment. – Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

The qualification work is dedicated to improving the efficiency of cattle farm mechanisation by modernising the milking machine.

In the course of the work, modern milking systems were analysed, their advantages and disadvantages were identified. Based on the data obtained, a conceptual model of a modernised milking machine was developed, which includes automatic monitoring and control systems that optimise the milking process, reduce the influence of the human factor and increase the overall efficiency of the farm.

Calculations have shown that the introduction of the new technology can reduce milking time by 20%, increase labour productivity by 15%, and reduce equipment maintenance costs. Additionally, the new milking machine helps to improve sanitary conditions on the farm, which has a positive impact on milk quality.

The results of the diploma project can be used for further development of technologies in the dairy industry, as well as for improving mechanisation processes on farms of various types.

*Keywords: milking machine, mechanisation, milk, design, modernisation.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИННОГО ДОЇННЯ.....	8
РОЗДІЛ 2. ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ МЕХАНІЗЦІЇ ФЕРМИ ВРХ ЗА РАХУНОК РОБОТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ.....	15
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	36
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	45

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** У сучасних умовах агропромислового комплексу, де головним завданням є забезпечення високої продуктивності та якості продукції, питання автоматизації та механізації виробничих процесів набуває особливої ваги. Серед різноманітних аспектів сільськогосподарської діяльності, молочна галузь потребує особливої уваги, оскільки ефективність доїльного процесу безпосередньо впливає на економічні показники ферми та якість кінцевої продукції.

Впровадження сучасних автоматизованих систем доїння сприяє зменшенню витрат на обслуговування обладнання та забезпечує його триваліший термін служби. Це дозволяє фермам ефективніше використовувати свої фінансові ресурси.

Сучасні доїльні системи забезпечують більш дбайливе та ефективне доїння, що зменшує ризик пошкодження вимені та покращує гігієнічні умови процесу. Це безпосередньо впливає на якість та безпечність молочної продукції.

Ферми, які використовують модернізоване обладнання, можуть запропонувати ринку продукцію вищої якості та за нижчою собівартістю, що робить їх більш конкурентоспроможними на внутрішньому та зовнішньому ринках.

Модернізація доїльного апарату дозволяє суттєво скоротити час, необхідний для доїння кожної корови, що в свою чергу підвищує продуктивність праці працівників ферми. Це особливо важливо в умовах дефіциту робочої сили в сільськогосподарському секторі.

Враховуючи вищезазначене, можна зробити висновок, що тема дипломного проекту є вкрай актуальною та має значний потенціал для впровадження на практиці, що сприятиме розвитку молочної галузі та підвищенню ефективності сільськогосподарського виробництва в цілому.

**Метою дипломного проекту** є підвищення ефективності механізації ферми великої рогатої худоби шляхом модернізації доїльного апарату з метою оптимізації доїльного процесу, зниження експлуатаційних витрат та підвищення якості молока..

Тому, виходячи з поставленої мети, було сформульовано такі завдання досліджень:

- провести вивчення та узагальнення інформації про існуючі доїльні системи та їхні технічні характеристики;
- визначити технічні вимоги до модернізації доїльного апарату;
- розробити концептуальну модель модернізованого доїльного апарату.

**Об'єкт дослідження** процес доїння великої рогатої худоби на фермах, зокрема, технології та обладнання для доїння.

**Предмет дослідження** модернізація доїльного апарату з метою підвищення ефективності механізації на фермах великої рогатої худоби.

**Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Куликівський В. Л., Пилипович М. М., Буката Д. О., Прокопенко А. О., **Рубіс О. В.** Підвищення ефективності машинного доїння корів шляхом розроблення та оптимізації доїльного обладнання. Збірник тез X-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». м. Житомир, 20 квітня 2024 року. Житомир : ЖАТФК. С. 5-7.

2. Медведський О.В., **Рубіс О. В.** Технологія машинного доїння. Міжнародна науково-практична конференція молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки». м. Рівне, 9-10 травня 2024 року. Рівне : НУВГП. С.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичний інтерес для аграрних підприємств України представляє модернізована конструкція доїльного апарату.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 18 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 46 сторінок комп'ютерного тексту, містить 3 таблиці та 18 рисунків.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕХНОЛОГІЯ МАШИННОГО ДОЇННЯ

#### 1.1 Загальні відомості

Щоб отримати 1 літр молока ручним способом, потрібно виконати між 100 і 150 стисків сосків вимені, що демонструє високий рівень фізичних витрат на цей процес. Понад 150 років тому у різних країнах почали шукати методи, які б спростили доїння. Спочатку використовувались дрібні трубочки, подібні до сучасних молочних катетерів, для видобутку молока. У 1851 році в Англії було створено перший доїльний апарат, який відсмоктував молоко одразу з усіх частин вимені. Згодом було розроблено пристрій, який видавлював молоко, але він не відповідав потребам людей та тварин. У 1895 році в Шотландії з'явилися доїльні апарати з змінним вакуумом і однокамерними стаканами. У 1903 році в Австралії виготовили двокамерні стакани, що почали широко використовуватися [2, 4, 7, 8, 9].

У СРСР в 1928 році почали ввозити зарубіжні доїльні машини і започаткували розробку вітчизняних апаратів, що завершилася створенням тритактного доїльного апарату Корольовим В.Ф. та Мартюгіним Д.Д., а серійне виробництво яких розпочалось лише у 1949 році. У Ризькому ДСКБ за ініціативи Скраманіса А.А. у 1961 році було створено двотактний доїльний апарат ДА-2 "Майга". Процес удосконалення доїльних машин тривав, що призвело до створення моделей ДА-3М, "Волга", Стимул, Доярка, АДУ-1/2, АДУ-1/3, ДА-50, ДА-Ф-50, ДА-Ф-70, ДАЧ-1 та інших. Також розроблено доїльні установки для овець, кіз і кобил [2, 4, 7, 8, 9].

#### 1.2 Доїльні апарати

Сьогодні на ринку представлено різноманітне доїльне обладнання з автоматизованими пневматичними та електронними системами керування, що



включає апарати на двох основних механізмах дії: тритактні (втягування, стиск, перепочинок) та двотактні (втягування, стиск) [2, 4, 7, 8, 9].

Тритактні апарати, як правило, застосовують у стадах з молочною продуктивністю до 4500 кг на корову за лактацію, з можливістю видалення молока зі швидкістю від 2.9 до 4 кг за хвилину. Двотактні машини використовують у стадах, де продуктивність досягає 6000-8000 кг та вище на лактацію, з більшою адаптованістю до механізованого доїння та швидкістю видалення молока від 4 до 9 кг за хвилину. Такі апарати мають розширені параметри: об'єм молочної камери колектора варіюється від 0.25 до 0.35 дм<sup>3</sup>, діаметр молочного шланга може досягати 16 мм, а діаметр присоски доїльної гуми – до 25 мм [2, 4, 7, 8, 9].

Технології машинного доїння класифікуються за трьома рівнями: механічне, автоматизоване та роботизоване доїння [1, 4, 7, 8, 9, 10].

На внутрішньому та міжнародному ринках доїльні системи пропонуються у різних модифікаціях, зокрема з постійним допуском повітря до колектора під час стиснення та з мікровібраціями доїльної гуми під час смоктання, використовуючи вібропульсатор протягом усього процесу доїння або при налаштуванні режиму доїння. Технічні характеристики вітчизняних і закордонних доїльних машин, які використовуються на молочних фермах, представлені в таблиці 2.1 [1, 3, 5, 7, 8, 10].

Існують два головні методи вилучення молока при машинному доїнні: за допомогою вакууму та механічним вичавленням. Останній метод, що імітує ручне доїння, не отримав достатнього розвитку і майже не використовується. Доїльні машини на вакуумній основі діляться на двотактні та тритактні моделі.

Машинне доїння значно підвищує продуктивність роботи оператора, дозволяє отримувати молоко вищої якості за мінімальної собівартості. Витрати праці на доїння складають приблизно 50% від усіх трудових витрат на обслуговування худоби [2, 4, 7, 8, 11, 13].

Машинне доїння також забезпечує ефективне транспортування молока від вимені до місць первинної обробки та зберігання [1, 2, 4, 7, 8, 9].

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики доїльних апаратів, які використовуються на молочних фермах України.

Фірма	Марка доїльного апарату	Принцип роботи (число тактів)	Показники роботи доїльних апаратів									
			Величина робочого вакууму		Співвідношення тактів, %			Частота пульсацій, п/хв	Розміри доїльної гуми, мм		Ємність молочної камери колектора, дм <sup>3</sup>	Маса підвісної частини доїльного апарату, кг
			кПа	кгс/см <sup>2</sup>			відпочинок		довжина	діаметр		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Пострадянський простір	"Волга"	3 <sup>x</sup> тактн	51	0,51	65	10	30	60±5	155	22	0,06	1,85
	ДА-2М	2 <sup>x</sup> тактн	50	0,50	66	34	-	85±5	156	22	0,07	2,85
	АДУ-1,02	2 <sup>x</sup> тактн	48	0,48	66	34	-	67±5	155	22	0,10	2,71
	АДУ-1,09	2 <sup>x</sup> тактн	49	0,49	65	40	-	66±6	155	22	0,07	2,61
	АДУ-1,03	3 <sup>x</sup> тактн	46	0,46	66	10	24	65±5	156	22	0,12	2,11
	ДА-Ф-50	2 <sup>x</sup> тактн	49	0,49	65	40	-	65±6	155	22	0,10	2,51
	ДА-Ф-70	2 <sup>x</sup> тактн	49	0,49	65	40	-	65±1	155	22	0,25	2,11
"Вестфалія" (Німеччина)	Стімо-пулс V	2 <sup>x</sup> тактн	49	0,49	65	40	-	65±5	155 (сил.)		0,30	2,80
	Ауго-пулс С електронне керування	2 <sup>x</sup> тактн	49	0,49	65	40	-	65±1	155 (сил.)		0,30	2,80
"Де Лаваль" (Швеція)	Доувак 300В	2 <sup>x</sup> тактн попарний	33	0,34	55	50	-	65±1	165	22	0,3 Гармонія	2,81
			51	0,51	65	40	-					
			33	0,33	55	50	-					
	Доувак НСС-150	2 <sup>x</sup> тактн попарний	39	0,38	65	40	-	65±1	165	22	0,15	2,81
47			0,47									
39			0,39									
Доувак-300С, Доувак-400	2 <sup>x</sup> тактн попарний	39	0,380, 47	65	40	-	65±1	165	22	0,15/0, 3 Гармонія	2,81	
		46										0,39
39	0,39											
Моновак	2 <sup>x</sup> тактн попарний	39	0,39	65	40	-	65±1	165	22	0,15	2,81	
		46	0,47									
39	0,39											
"France Traite Elevage" (Франція)	ФТЕ-2	2 <sup>x</sup> тактн попарний	51	0,51	55 65 65	50 40 35	- - -	65±1	155	23	0,35	2,65
	ФТЕ-10	2 <sup>x</sup> тактн попарний	51	0,51	55 65 65	50 40 35	- - -	65±1	155	24	0,35 0,24 0,18	2,65
"Імпульс"	IS-100	2 <sup>x</sup> тактн попарний	51	0,51	П55 65 65	50 40 40	- - -	65±1	165	23 24	0,10 0,14 0,16	2,65
	IS-160АТ	2 <sup>x</sup> тактн попарний	51	0,51	Д55 75 45	50 30 40	- - -	65±1	165	23 25	0,14 0,16	2,65

Основною частиною доїльної машини є доїльний апарат. Для вилучення молока з цистерн вимені та сосків необхідно створити різницю тисків, достатню

для відкриття сфінктера та подолання гідравлічних втрат напору. Залежно від способу створення цієї різниці тисків доїльні апарати поділяються на витісняючі та висмоктувальні.

Усі сучасні доїльні апарати є висмоктувальні (вакуумного) типу.

Робочими органами доїльного апарату, які здійснюють процес доїння та безпосередньо взаємодіють із тваринами, є доїльні стакани. Розрізняють два типи доїльних стаканів – однокамерні та двокамерні. Нині здебільшого використовуються двокамерні доїльні стакани [2, 4].

### **1.3 Технологія організації доїння**

При доїнні корів у спеціалізованих залах та на спеціально обладнаних майданчиках, тварини розміщуються у доїльних установках, які можуть бути як фіксованими, так і мобільними, індивідуальними або призначеними для групи. Ці станції оснащені необхідними доїльними апаратами та інструментами для моніторингу та керування процесом доїння і догляду за тваринами. Оператор, керуючи процесом, перебуває в спеціальній пониженій зоні, що звільняє його від необхідності нахилитись під час роботи. Такий підхід значно скорочує час на виконання технологічних операцій завдяки механізації та автоматизації, а також підвищує якість роботи через спеціалізацію операторів [2, 4, 7, 8, 11, 13].

Застосування доїльних систем зі стаціонарно розміщеними поспіль індивідуальними станціями типу "Тандем" з боковим входом сприяє організації індивідуального доїння. Це знижує вимоги до формування однорідних груп тварин і мінімізує ризик травмування та зараження маститом під час процесу доїння [2, 14].

Доїльні системи "Ялинка" (рис. 1.2) відмінні тим, що мають групові установки, організовані вздовж обох сторін канами, де корови встановлюються під кутом приблизно  $30^\circ$  до осі канами, головами у напрямку, протилежному оператору. Станки оснащені вхідними і вихідними дверима, що дозволяють

групами по 8 корів займати і залишати місце. Така конструкція потребує створення уніформних груп корів, сприяючи при цьому підвищенню продуктивності операторів [2, 4].

Конвеєрні доїльні системи "Карусель" (рис. 1.3) мають форму обертового конвеєра, де доїльні станки розташовані на обертовій платформі, із засобами для санітарної обробки вимені на вході в конвеєр [10, 13].

Система доїльної машини включає вакуумне джерело і регулятор, стабілізатор пульсацій, а також вакуумну мережу з вакуумметрами, повітряними клапанами та іншими компонентами. Вакуум створюється за допомогою різних типів вакуум-насосів, що працюють від електродвигунів або двигунів внутрішнього згоряння, зокрема у польових умовах. Найпопулярнішими є ротаційні та водокільцеві вакуумні насоси [2, 4, 6, 8, 11, 12].

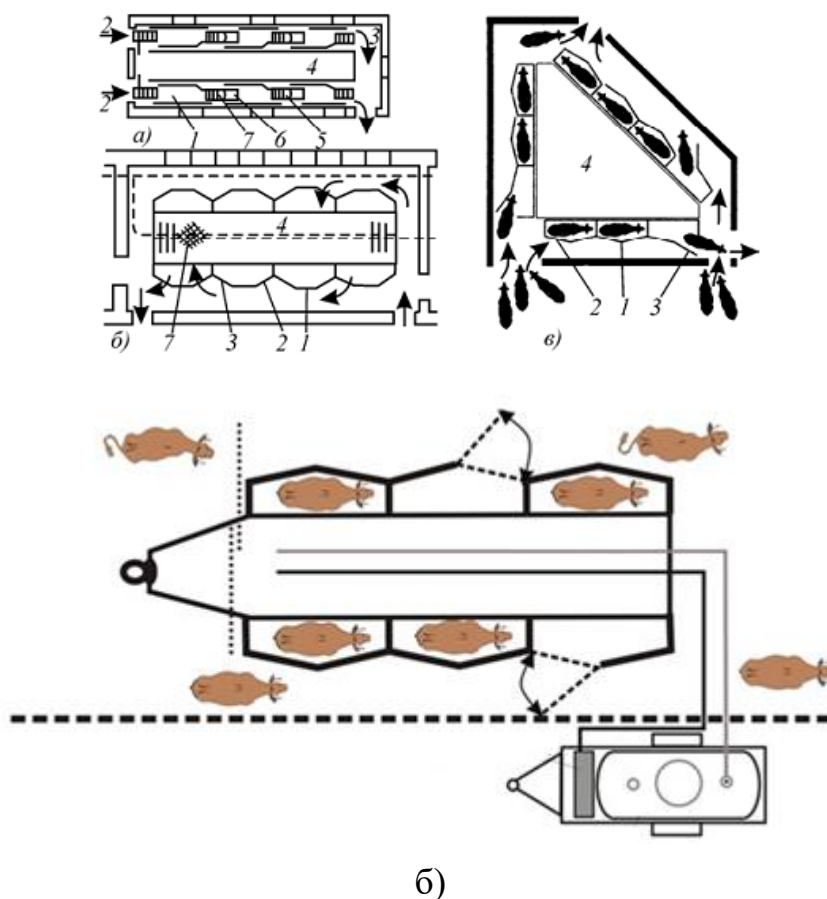


Рис. 1.1. Схеми доїльних залів типу "Тандем": а – з груповими поздовжніми верстатами; б - з індивідуальними верстатами "в лінію"; в – з індивідуальними верстатами "тритон"

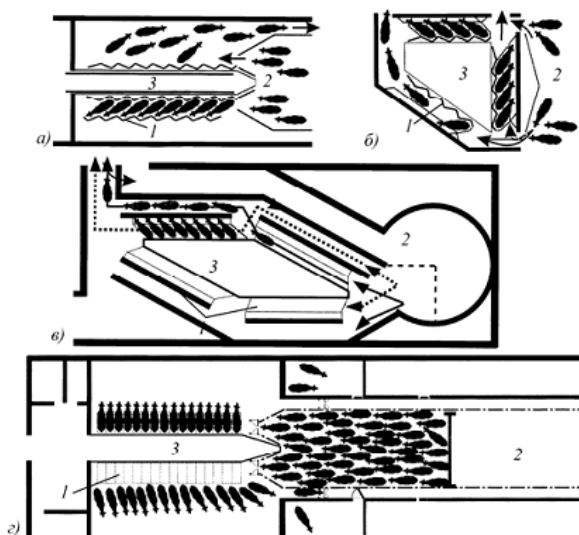


Рис. 1.2. Схеми доїльних залів типу "Ялинка": а - "в лінію"; б - "Тритон"; в - "Полігон"; г - "Паралель";

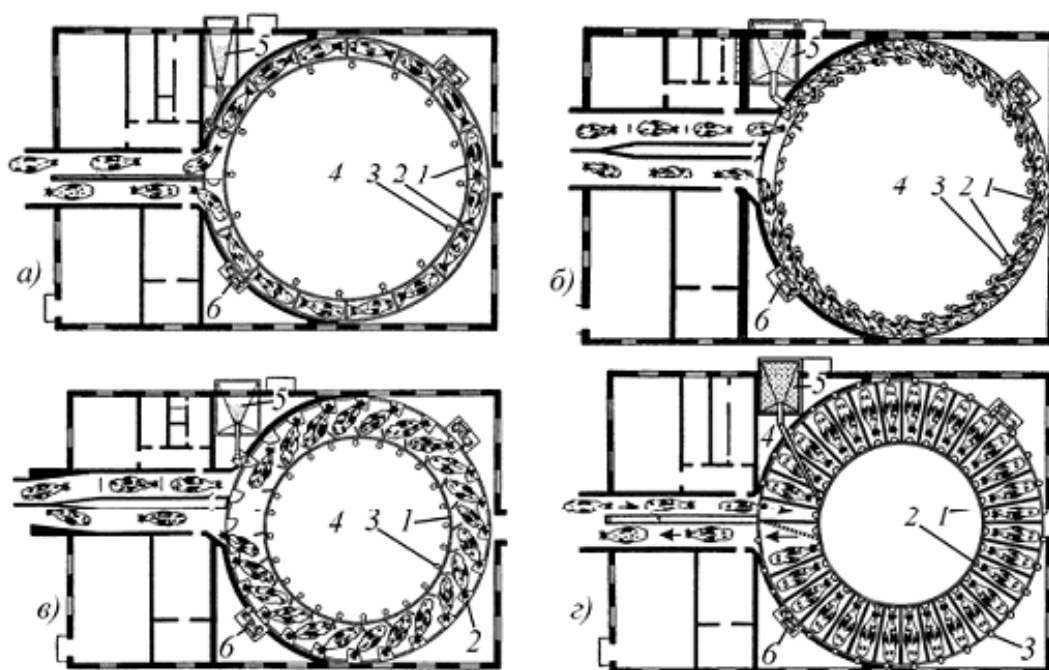


Рис. 1.3 Схеми доїльних залів типу "Карусель": а – з верстатами типу "Тандем"; б - з верстатами типу "Ялинка" головами всередину; в – з верстатами типу "Ялинка" головами назовні; г – "пліч-о-пліч" головами всередину; 1 – верстат; 2 – годівниця; 3 – доїльний апарат; 4 – місце оператора; 5 – бункер із кормами; 6 – привідна станція.

Схему доїльного залу типу "Карусель" представлено на рис. 2.4.

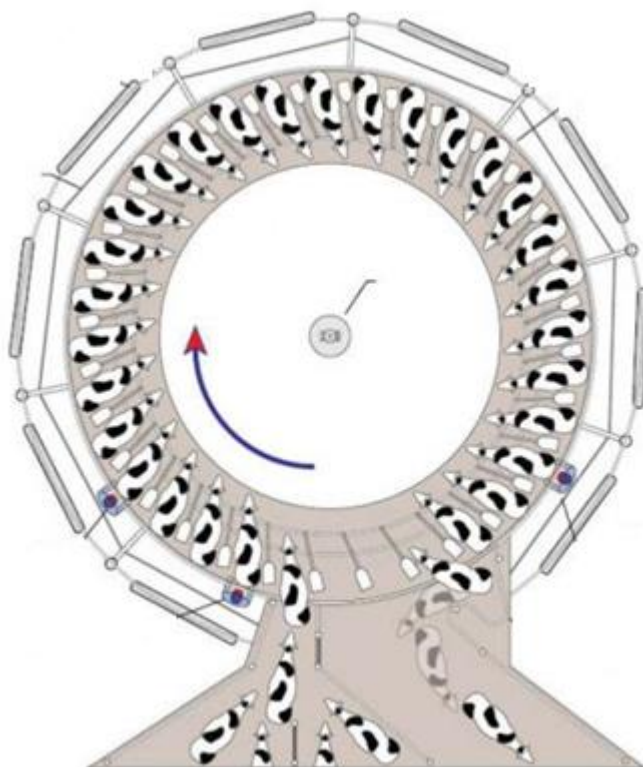


Рис. 1.4 Схема доїльного залу типу "Карусель"

## РОЗДІЛ 2

### ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ МЕХАНІЗЦІЇ ФЕРМИ ВРХ ЗА РАХУНОК РОБОТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

#### 2.1 Класифікація роботів

Сучасний етап розвитку суспільства призводить до зменшення ручної праці людини, і заміна її на роботу машин. Це зумовлює необхідність упровадження автоматизованих і роботизованих комплексів у всі галузі народного господарства [2].

Існує безліч визначень поняття "робот":

- робот (від чеськ. robota) - електромеханічний, пневматичний, гідравлічний пристрій або їхня комбінація, призначений для заміни людини в промисловості, небезпечних середовищах тощо. (Вікіпедія) [3].

- робот - машина-автомат, що моделює властивості та функції живих організмів і, зокрема, імітує дії людини під час переміщення в просторі знарядь і об'єктів праці [4].

Таким чином, робот - поняття невизначене, і тому до класу роботів можна віднести багато автоматичних пристроїв.

Аналізуючи літературні джерела, можна виділити класи роботів:

- промислові;
- дослідницькі;
- військові.

У даній роботі основна увага приділяється тільки промисловим роботам, оскільки 2 інших класи дуже специфічні і не мають жодного відношення до сільського господарства [3].

Промислові роботи призначені для виконання важкої, монотонної, шкідливої та небезпечної для здоров'я людей фізичної роботи.

Своєю чергою промислові роботи поділяються на види[5]:

- транспортні;
- сільськогосподарські;
- промислові;
- будівельні;
- побутові.

Класифікація робіт може так само здійснюватися за іншими ознаками, необхідними для розроблення типажу.

За характером виконання технологічних операцій роботи поділяються на [2]:

- технологічні роботи - виконують основні технологічні операції. Вони безпосередньо беруть участь у техпроцесі як обладнання (згинання, зварювання, фарбування, складання тощо);

- допоміжні (підйомно-транспортні) виконують функції перенесення об'єкта у вертикальній і горизонтальній площинах. Їх застосовують для обслуговування основного технологічного обладнання;

- універсальні роботи - виконують різноманітні технологічні операції - основні та допоміжні.

За ступенем спеціалізації:

- спеціальні - тільки для виконання однієї технологічної операції або обслуговування конкретного технологічного обладнання;

- спеціалізовані - призначені для виконання технологічних операцій одного виду;

- багатоцільові - для виконання різних основних і допоміжних операцій і вони належать до числа універсальних.

За системою основних координатних переміщень [2]:

- прямокутна: плоска; просторова

- полярна: плоска; циліндрична; сферична; сферична

За кількістю ступенів рухливості:

з одним, двома і n- ступенями рухливості.



## 2.2. Сільськогосподарські роботи

На сучасному етапі розвитку техніки роботи в сільському господарстві використовують для:

- обробітку ґрунту;
- збирання врожаю;
- посіву;
- догляду за посівами;
- доїння тварин;
- годівлі тварин;
- робіт у парниках і для інших трудомістких робіт.

Ці роботи використовуються і виробляються в основному в розвинених країнах. Так в Японії для збирання врожаю полуниці компанією Romobility Youto використовується робот, представлений на рис. 2.1.



Рис. 2.1 Робот для збирання полуниці

У Швеції виробляється універсальний робот для сільського господарства RoboTrac рис. 2.2.

RoboTrac – повністю програмований роботизований працівник, здатний замінити цілу команду фермерів. Ця машина вмє орати землю, обробляти ґрунт, садити рослини, запилювати їх, прополювати, а також виконувати інші подібні функції

Найбільш розвиненими на сьогоднішній день є роботи для тваринництва. Так, для годівлі тварин голландська фірма Lely Vector випускає автоматичну систему годівлі, яку представлено на рис. 2.3.

Автоматична система годування складається з кормової кухні з пристроєм захоплення корму, а також робота для змішування і подачі корму. На кормовій кухні готуються кілька видів корму, які потім передаються пристроєм захоплення корму до робота для змішування та подачі корму. Це дає змогу незалежно подавати змішаний раціон у потрібне місце кормової алеї корівника.



Рис. 2.2. Універсальний робот для сільського господарства RoboTrac.

У нашій країні в тваринництві роботи поки що застосовуються тільки для доїння ВРХ. Таких роботів виробляють багато іноземних фірм, таких як: "Lely" і "Prolion" (Нідерланди), "Fullwood" (Велика Британія), "Alfa-Laval-Agri" (Швеція), "Westfalia-Landtechnik" (Німеччина), "Gascoigne Melotte" (Франція) та інші. Доїльний робот фірми Lely представлений на рис. 2.4 [5].



Рис. 2.3. Автоматична система годування Lely Vector [5].

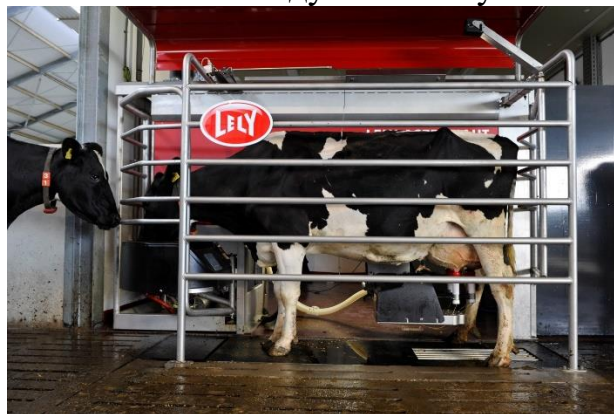


Рис. 2.4 Доїльний робот Lely Astronaut A4.

Принцип роботи робота-дояра розглянемо в пункті 2.3.

### 2.3 Роботизовані доїльні установки

Перспективою розвитку молочного скотарства ХХІ століття стане широке використання безлюдних енергоощадних технологій виробництва та безприв'язного утримання тварин. Розробка й апробація таких технологій

розпочалася наприкінці минулого століття і базується на застосуванні доїльних роботів на молочних фермах. Роботизована установка (рис. 2.5) – це огорожений із чотирьох боків доїльний майданчик, на якому може розміститися одна корова [2, 4, 7].

Після того, як корова, ідентифікована системою, заходить у доїльний майданчик (приміщення), кожух (7) отримує сигнал і опускається на шарнірі (8) для виконання операцій доїння. Рухомий рукав (5), на кінці якого розташований скануючий пристрій (3) і щітки (4), обертається навколо шарніра (6) у напрямку до вимені корови. Після сканування надягають доїльні стакани (1). Якщо разовий надій корови становить понад певний рівень (7-10 л), то корова отримує спеціальну цукерку, що стимулює її до наступного відвідування доїльного робота. Доїльні роботи на 1 доїльне місце розташовуються безпосередньо в корівнику і можуть видоювати 55 - 65 корів. Роботизовані установки на кілька доїльних місць (від 2 до 4) розміщують в окремому приміщенні й можуть обслуговувати до 160 корів [1, 4, 5, 7, 8].

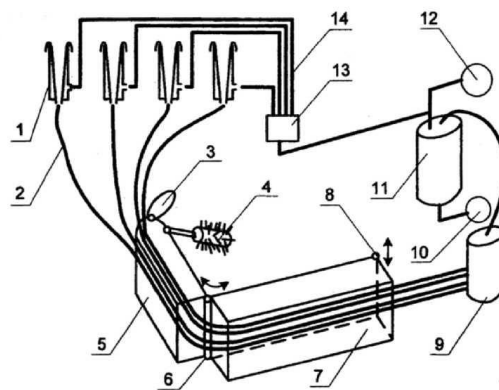


Рис. 2.5. Принципова схема доїльного робота: 1 – доїльна склянка; 2 – шланг молочний; 3 – скануючий пристрій; 4 – щітки; 5 – рукав; 6 – шарнір; 7 – кожух; 8 – шарнір; 9 – лічильник молока; 10 – насос молочний; 11 – молокоприймач; 12 – насос вакуумний; 13 – блок пульсаторів; 14 – шланг вакуумний [7].

Нині у світі існує понад 10 фірм, які розробляють і виробляють роботизовані доїльні системи. Найвідомішими є такі фірми: "Лелі", "Меко",

"Гасконь Мелот", "Шума", "Пролін Б.В", "АМС Ліберті" (Нідерланди), "Дювелсдорф", "Вестфалія" (Німеччина), "Фулвуд" (Велика Британія) та інші.

Технічні характеристики доїльних роботів наведено в табл. 2.1 [8].

У світовій практиці існує два типи доїльних роботів:

- один доїльний бокс, який обслуговує один робот;
- АМС-доїльна установка, в якій рухомий робот для надягання доїльних стаканів у доїння вимені корів обслуговує кілька доїльних боксів [9].

Доїльні роботи "Астронавт" випускаються фірмою "Лелі" (Нідерланди) вже впродовж останніх 15 років, і загалом їх реалізовано в Європі до 10 000 доїльних систем різної комплектації - від 1 доїльного боксу на 50 корів, до установки на 9 місць для стада 540 корів. За даними голландських учених, використання доїльних роботів дає змогу підвищити продуктивність дійного стада на 10-20%. Створення та використання роботизованих доїльних систем сприяє [5].

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики доїльних роботів [4].

Показники	Тип і фірма доїльних установок-роботів										
	"Астронавт" ("Лелі")	"Мерлін" (Фулвуд)	ФМС ("Де Лаваль")	"Фрідом" ("проліон")	"Солос" ("Манус")	"Зеніт" (Госконь Меллот)	"Леонардо" ("Вест-Фалія")	"проліон" ("АМС-Ліберті")	"Мірос" ("Манус")	"Цінує" ("Госконь Меллот")	
Розміри приміщення											
довжина, м	4,4	4,7	4,0	7,0	7,0	4,0	9,25-14,5	9,0-15,0	9,0-15,0	7,4-13	
ширина, м	3,8	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,8	4,0	4,0	3,9	
висота, м	2,1	2,6	3,0	3,0	3,0	3,0	2,6	3,0	3,0	3,0	
Обсяг приміщення, м <sup>3</sup>	35,1	46,4	48,0	84,0	84,0	48,0	114,4-180,9	118,8-198,0	118,8-198,0	86,6-155,6	
Кількість корів, які обслуговуються установкою, голів	1 бокс	60	60	60	60	60	55	-	-	-	-
	2 бокси	-	-	-	-	-	-	80	90	90	90
	3 бокси	-	-	-	-	-	-	130	120	135	130
	4 бокси	-	-	-	-	-	-	170	150	165	160

Спосіб очищення вимені корови	Двома щітками, які обертуються	Двома щітками, які обертуються	Ополіскування в чаші, висушування повітрям	Ополіскування в чаші, висушування повітрям	Ополіскування в чаші, висушування повітрям	Ополіскування в чаші, висушування повітрям	Щітками, які обертуються	Ополіскування в чаші, висушування повітрям	Ополіскування в чаші, висушування повітрям	Ополіскування в чаші, висушування повітрям
Розпізнавання дійок вимені корови	Лазер	Лазер	Лазер і відеокамера	Ультразвук	Ультразвук	Ультразвук	Оптичний вимір	Ультразвук	Ультразвук	Ультразвук

- розв'язанню соціальних питань, скороченню витрат фізичної праці в сільськогосподарському виробництві і, зокрема, у тваринництві;
- заміні ручної праці механізмами і роботами, дає певну вигоду;
- забезпечення подальшого зростання продуктивності тварин.

Разом із цим надійність системи встановлення доїльних стаканів на соски вимені в технічному плані, у зв'язку з різними формами вимені та сосків у корів, вирішена на 83-85% і потребує подальшого вдосконалення [2, 4, 7, 8, 11, 13].

Процес доїння здійснюється в такій послідовності [5]:

- входження корови в стійло робота;
- ідентифікація тварини;
- встановлення очікуваного надою корови;
- блокування корови, якщо очікувана кількість перевершує мінімально запрограмований рівень;
- якщо доїння дозволено, видача певної кількості корму;
- миття сосків і підключення апарату;
- доїння однієї частини за іншою;
- дезінфекція сосків;
- звільнення корови.

Робот реєструє основні показники доїння [3]:

- кількість і час доїнь кожної корови;

- продуктивність корови очікувана та реальна;
- середня швидкість надходження молока;
- споживання концентрату.

Робот виконує дії, які повторюються, реєструє і записує в пам'ять комп'ютера дані, пов'язані з процесом доїння [2].

Аналіз, інтерпретація даних, турбота про стадо - це справа фермера. Практично всі моделі роботів розраховані на 150...170 доїнь на добу. Тобто, за 2...3-х разового доїння один робот у змозі обслужити 50-70 корів на добу. Застосування робота ефективно, коли загальне виробництво молока цих корів становить 400...500 тис. літрів на рік [12].

Як правило, роботів придбали господарства багатогалузевого виробництва.

На молочній фермі витрати часу в молочному цеху займають 70% часу. Це в середньому 7,4 години щоденної роботи в точно відведений період часу. Тому більшість фермерів мотивує купівлю робота бажанням скоротити та спростити ручну працю в молочному цеху, звільнити час для роботи на інших напрямках діяльності господарства [9].

Робот дає змогу скоротити зайнятість фермера на доїнні на 2,5 години на день, або до 900 годин на рік.

Використання робота дещо ускладнює організацію випасу стада на відкритих пасовищах. Однак навіть після придбання робота половина господарств практикує випасання корів на пасовищах [13].

Тип будівлі для доїння не потребує будь-яких особливостей, а розміри можуть бути суттєво меншими. Під час проєктування будівлі можливе розташування робота таке, що забезпечує вільний вхід до нього корів або примусовий вхід (обов'язковий прохід через робота під час переходу від ділянки для харчування до ділянки для відпочинку та сну). Жодної суттєвої переваги однієї з цих систем не помічено [8].

Монтаж робота займає в середньому всього 2 години. Фермер повністю освоює управління роботом за період не більше 6 місяців.

Аналіз показав економічної оцінки показав, що питомі капітальні вкладення при використанні доїльного робота зменшуються і досягають мінімуму в діапазоні програм 50...70 голів. За більшого поголів'я необхідно встановлювати другий робот для доїння другої корови або встановити один робот для одночасного доїння двох корів. За поголів'я 70...130 корів питомі капітальні вкладення при використанні такого робота відносно менші. Робот для трьох корів має менші питомі капітальні вкладення за 130...190 голів, а потім - до 240 менша величина питомих капітальних вкладень за використання двох роботів для одночасного доїння двох корів [9].

Питомі капітальні вкладення в доїльних залах 2 по 6 і 2 по 10 у 2-3 рази нижчі. При цьому необхідно враховувати, що доїння в доїльних залах зазначеного типу потребуватиме додатково 2 робітників. Застосування комп'ютерного управління обліку та розподілу суттєво зменшить різницю порівняно з роботом [13].

Узагальнюючи результати виконаного аналізу, можна виокремити такі чинники, найзначніші під час використання робота і традиційного обладнання машинного залу [7]:

- у європейських країнах фермер приймає рішення про придбання робота переважно в тих випадках, коли йому доводиться наймати для щоденного доїння найманого працівника [1, 2, 4, 7, 8];

- у фермера з'являється можливість більше часу приділити управлінню стадом, аналізувати дані, зафіксовані роботом [1, 2, 4, 7, 8];

- під час використання робота необхідно звертати увагу на рівномірність отелення протягом року, щоб унеможливити перевантаження робота в певні періоди [1, 2, 4, 7, 8];

- вільний випас погано поєднується з роботою робота, оскільки скорочується можливість відвідування його коровами;



- під час селекційного добору необхідно контролювати правильність форми вимені корів (зазвичай корови з неправильною формою вимені становлять 8% стада) [2, 4, 7, 8, 11, 13];

- при виборі типу робота необхідно враховувати можливість його максимального завантаження. Для попередньої оцінки може бути використаний критерій мінімальних питомих капітальних вкладень [2, 4, 7, 8, 11, 13].

Таким чином, робота не слід розглядати як конкурента традиційному обладнанню доїльної зали, а радше як альтернативу для певного кола фермерів.

#### **2.4. Роботизація процесу доїння в зарубіжних країнах**

Лідерами з продажу роботів-доярів у світі є 5 компаній DeLaval, Westfalia Landtechnik, lely, Fullwood і Vou-Matic. Лідером ринку є компанія DeLaval. У 2015 році у світі працює близько 20 000 доїльних роботів переважно від фірм Lely та DeLaval. Країни де використовуються роботи-дояри представлено на рис. 2.6.

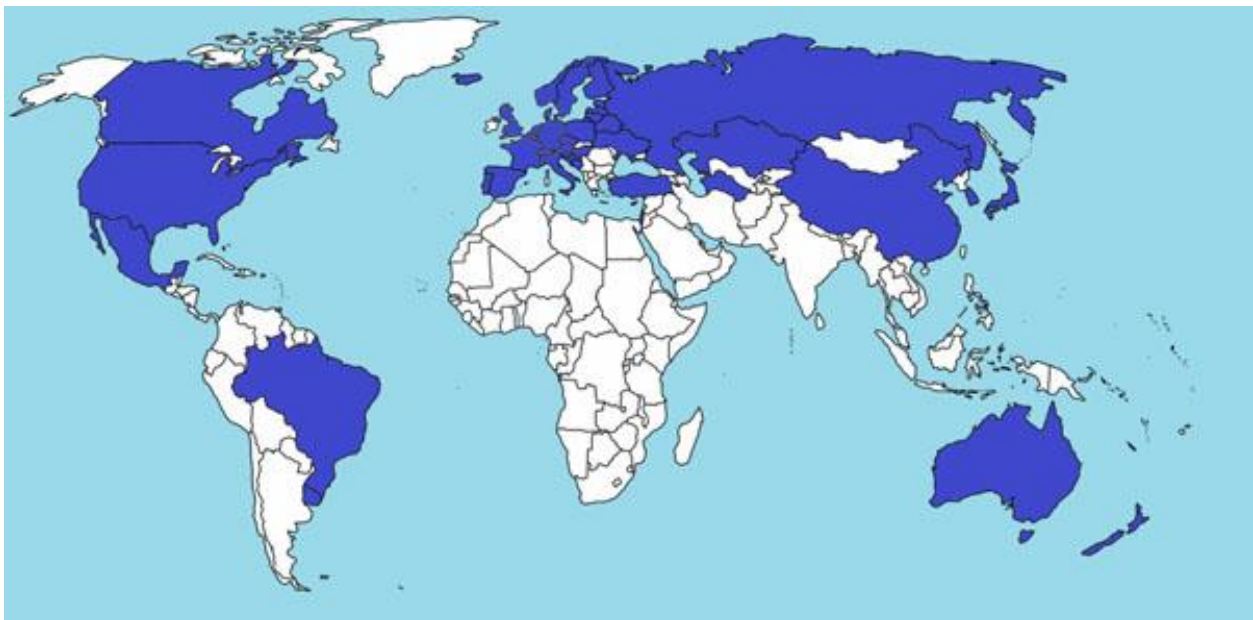


Рис. 2.6. Країни, які використовують роботів-доярів

Перші роботи-дояри почали продавати тільки 1992 року, творцем такої системи є голландська фірма Lely Industries [1, 7, 9, 13, 15].

Загальна кількість ферм у США становить близько 66000. Майже всі вони перебувають у сімейних володіннях. Середня кількість тварин на фермі становить сто тридцять п'ять штук. 75% ферм мають у своїх володіннях менше 100 тварин і не використовують роботів-доярів у себе на виробництві. Ферми, кількість тварин на яких вища за 100 тварин, дають 77% від загальної кількості молока, виробленого в США [1, 7, 9, 13, 15].

Молочні ферми загалом по країні виробляють на рік 79 400 млн. літрів молока на рік. Молочна галузь США найрозвиненіша в штаті Каліфорнія (21,3 % від загального обсягу виробництва молока в країні) [1, 7, 9, 13, 15].

Власний робот-дояр у США був створений набагато пізніше, ніж у Європі, а саме 2001 року в університеті штату Орегон. І процес роботизації молочного виробництва набагато відстає від Європейських показників.

Виробництвом роботів-доярів США займається фірма Vou-Matic. Найбільш поширеними в США є роботи-дояри фірми Westfalia.

Особливістю доїння у США також є те, що операторами доїння можуть бути лише чоловіки [2, 4, 8].

Для прикладу розглянемо процес доїння на одній із найбільших ферм у штаті Каліфорнія Йосеміті Джерсі. Кількість дійних корів 2400 голів породи Джерсей. Середній удій 8235 кг на рік із жирністю 4,9%. Доїння проводять 3 рази на день, на одного робітника припадає 340 дійних корів. Доїння проводять у доїльній залі типу "Карусель" на 50 голів фірми Westfalia [10, 11, 14].

У залі використовується система GEA Farm Technologies і робот Mlone рис. 2.7 [5].

Mlone - це багатобоксовий доїльний робот, за допомогою якого паралельне доїння проводиться в 1 - максимум 5 боксів, залежно від розмірів самої системи.

Для оптимального використання продуктивності робота-дояра, GEA Farm Technologies працює за принципом "спрямування корів на основі селекції". Тварини автоматично обираються системою залежно від готовності їх до процесу доїння. Тварини, яких програма GEA Farm Technologies визначила як

готових до доїння, прямуватимуть у зону очікування перед роботом-доярком. Корови не готові до процесу доїння прямуватимуть до кормового столу [7, 9].



Рис. 2.7. Робот-дояр Мlone [2, 7, 9].

У США на тваринницьких підприємствах, де використовується роботи-дояри, також використовують автоматичну селекцію тварин за допомогою "Guided Exit" (спрямований вихід) і "Free Exit" (вільний вихід) рис. 2.8 [7, 9].

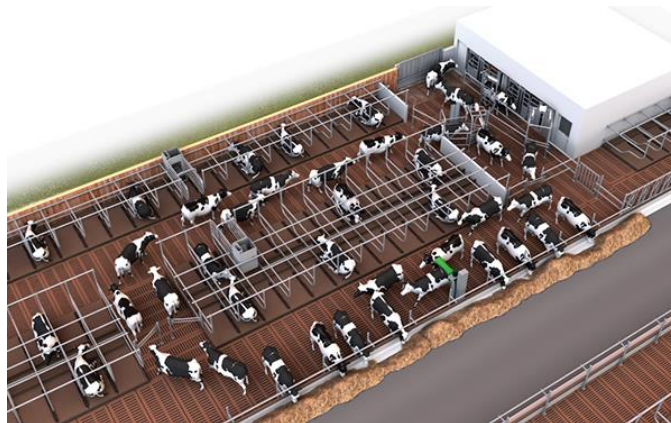


Рис. 2.8. Автоматична селекція тварин за допомогою "Guided Exit"

Основною ідеєю доїльного центру є поєднання зони очікування доїння з попередньою селекцією, а також можливість селекції тварин і після доїння. Коли використовується система спрямованого виходу "Guided Exit" - перед входом у доїльні бокси знаходиться прогін. Ворота прогону під'єднані до вихідних воріт доїльних боксів. Корови, які виходять із доїльних боксів, можуть спрямовуватися назад до зони годівлі або опціонально до селекційного відсіку, звідки тварин можна спрямовувати в різні зони корівника [3, 7, 9].

"Guided Exit" має низку переваг [7, 9]:

- подоєні корови не зможуть одразу ж повторно потрапити до доїльного боксу і заблокувати його для відвідування ВРХ, які очікують на чергу, готовими до доїння;

- подоєні корови не можуть зустрітися з готовими до доїння в зоні очікування;

- зона очікування повністю надається в розпорядження тільки готових до доїння корів;

- можливість з'єднання селекційних воріт після доїння безпосередньо з роботом.

На відміну від "Guided Exit" у системі "Free Exit" немає прогону перед доїльними боксами робота-дояра. Подоєні ВРХ через зону очікування та попередню селекцію повторно повертаються в корівник. Корови, чий надій виявиться меншим за певне порогове значення, одразу можуть знову відселектуватися в зону очікування доїння. Ця функція особливо цікава для ферм, у яких із конструктивних причин не можна здійснити ідею інтеграції в доїльний центр системи селекції після доїння [10, 12].

Переваги "Free Exit":

- відсутні додаткові витрати на організацію прогону.

На Голландію припадає лише 2% європейських земель, але в молочних фермах цієї країни виробляють 14% молока в Європі. У Голландії вирощують 2 млн дійних корів. У Голландії на 1 га пасовищ припадає здебільшого 3...3,5 дійних корови. Середній розмір ферм ВРХ - 38 корів, але вони поступово збільшуються шляхом об'єднань і злиттів ферм. Середня річна продуктивність однієї корови – 7043 кг, а в 1982 р. вона становила 5300 кг, вміст білка – 3,4%.

У Голландії найбільш поширені роботи компанії Lely (Lely Astronaut). Систему вирощування ВРХ з використанням робота Lely Astronaut представлено на рис. 2.9 [10, 12].

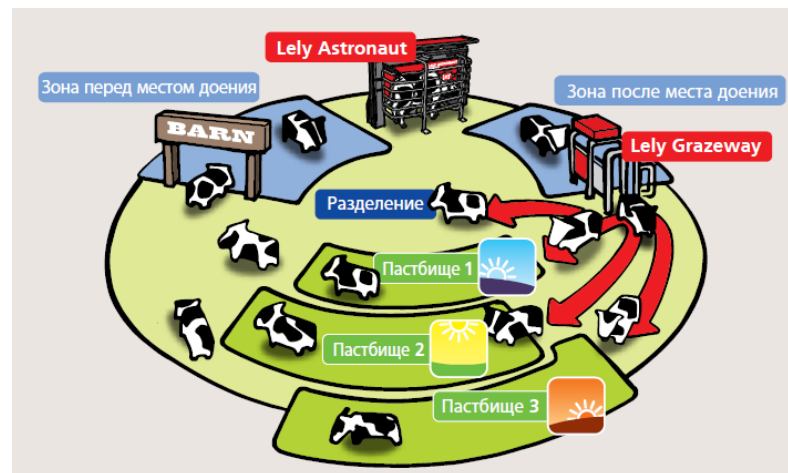


Рис. 2.9 Технологія вирощування ВРХ з випасом і використання обладнання компанії Lely.

Перевагою випасу з використанням роботизованої системи є той факт, що концентрат, який видає робот-дояр, стає не єдиним мотивуючим фактором. Отримання свіжого корму двічі або тричі на добу призводить до збалансованого та регулярного відвідування доїльного-робота, а також зводить до мінімуму споживання концентратів [10, 12].

Особливістю робота стійла Lely Astronaut є конструкція проходу, названа концепцією "I-flow" (рисунок 4.5). Завдяки конструкції стійла корова заходить і виходить із нього, рухаючись уперед і не завертаючи. Це полегшує і прискорює процес привчання корови до доїння та підвищує пропускну спроможність системи, а, відповідно, і продуктивність робота-дояра [8, 10, 12].

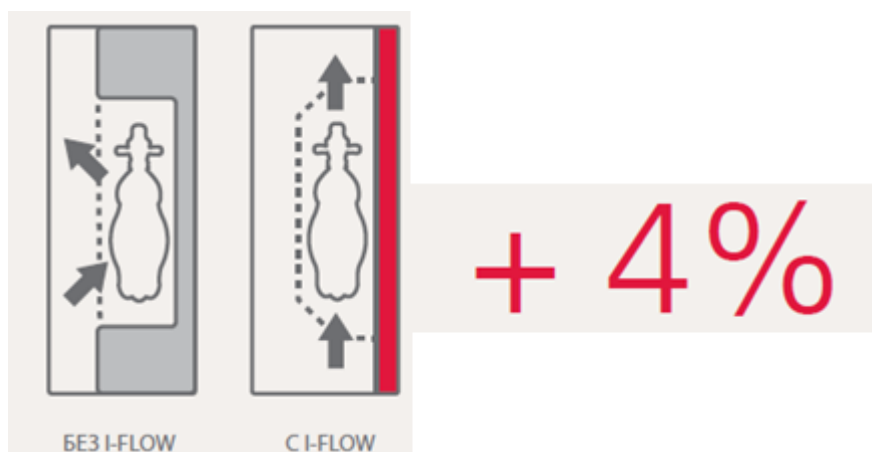


Рис. 2.10. Концепції проходу стійла в роботі Lely Astronaut

Проведений порівняльний аналіз на фермах Голландії кількох тисяч роботів із концепцією "I-flow" і кількох тисяч більш ранніх версій роботів без

концепції "I-flow" дав змогу дійти висновку, що час, проведений у стійлі однією коровою, скоротився майже на 4%. Скорочення часу перебування корови в роботі-доярі впливає і на його продуктивність [10, 12].

Унікальна концепція маніпулятора Lely Astronaut контролює весь процес доїння: оскільки всі датчики розміщені безпосередньо в самому маніпуляторі, вимірювання виконується поблизу від вимені і тому є найбільш точним [10, 12].

Переваги маніпулятора Lely Astronaut [10, 11]:

- конструкція, зручна для корови;
- доїльні стакани надійно розміщуються в маніпуляторі;
- ефективніше очищення і стимуляція;
- максимально швидке виявлення сосків;
- індивідуальне адаптивне доїння за допомогою динамічної пульсації;
- спокійне доїння завдяки скороченню числа рухів маніпулятора;
- точне вимірювання якості молока поблизу від місця забору;
- склянка ніколи не опиниться на підлозі;
- економія енергії завдяки скороченню кількості рухів;
- надійна конструкція і міцні матеріали.

Однією зі складових доїльного робота є система очищення Lelywash, яка впродовж усієї зміни здійснює різні види очищення. Придбана як опція система очищення паром Lely Pura очищає доїльні стакани гарячою паром, а потім протягом короткого проміжку часу промиває їх простою водою. Спільними зусиллями ці дві системи усувають 99,9% усіх бактерій [10, 11].

У роботизованій системі Lely Astronaut є система управління фермою Lely T4C. Система збирає і реєструє всі дані, одержувані з численних датчиків роботів Lely Astronaut. Проаналізувавши отримані дані, вона повідомляє чітку і корисну інформацію, яка спрощує і прискорює прийняття стратегічних і оперативних рішень. Систему управління Lely T4C можна під'єднати до будь-якої ЕОМ, яка збирає або використовує інформацію [4, 6, 10, 12].

У Швеції 110000 ферм середня площа 40 га. Середнє число дійних корів на фермах становить 20 голів. Продуктивність ВРХ 6500-7000 кг молока в Тваринництві працює 3% працездатного населення і забезпечують 90% країни в продовольстві [10, 11, 13].

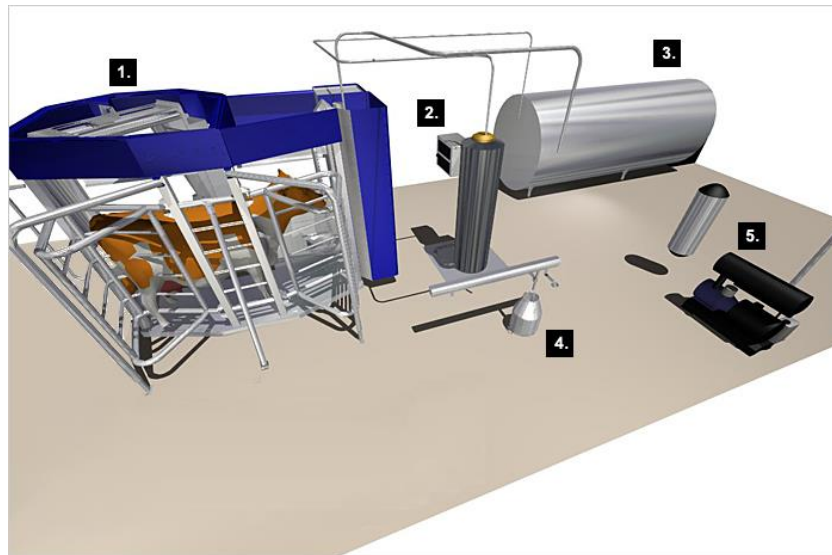
Роботизовані системи використовують на фермах із чисельністю стада понад 120 голів. Найпоширеніші роботи-дояри, які використовуються у Швеції, це DeLaval VMS™ (рис. 2.11).



Рис. 2.11. Робот-дояр DeLaval VMS - Робот-дояр DeLaval VMS.

Головним компонентом робота-дояра компанії "ДеЛаваль" є автоматична система з комп'ютерним керуванням, яка раціоналізує або значно скорочує ручну працю, пов'язану з доїнням корів у стадах.

Інтерфейс із сенсорним екраном дає змогу здійснювати швидко та інтуїтивно керування всією системою. Робот використовує гнучкий гідравлічний роботизований маніпулятор із лазерами та системою обробки зображень для точного, швидкого виявлення сосків корови. Маніпулятор не втомлюється і не може втратити терпіння під час роботи з важкими коровами - він має цілий набір опцій, які допомагають приєднати доїльні стакани до вимені корів із нестандартним розташуванням дійок і прискорити процес приєднання до стандартного вимені.



Рису. 2.12. Система добровільного доїння фірми DeLaval.

Систему можна просто перемкнути на ручний режим доїння для навчання нових корів, а з функцією "AutoReach", розташування сосків кожної корови визначається автоматично, що дає змогу негайно приступити до процесу доїння. Можна заощадити велику кількість часу за допомогою автоматичного регулювання допусків на доїння, що ґрунтуються на часі, очікуваному надії молока, номері лактації та DIM (днів доїння). Також можна використовувати портативний або кишеньковий комп'ютер для дистанційного керування молочною фермою.

Із системою VMS компанії "ДеЛаваль" можна здійснювати моніторинг кожної корови в індивідуальному порядку, навіть у стадах, що складаються із сотень корів. Точно ідентифікуючи кожну корову, засіб управління молочною фермою DelPro позначає прапорцями тварин із відхиленнями, наприклад тих, які мають відхилення від нормального рівня доїння чи активності. Використовуючи спеціальні зони сортування для корів разом з інтелектуальними сортувальними та розділювальними воротами, пов'язаними з комп'ютером, Ви можете легко здійснювати відокремлення корів та керувати ними в автоматичному режимі.



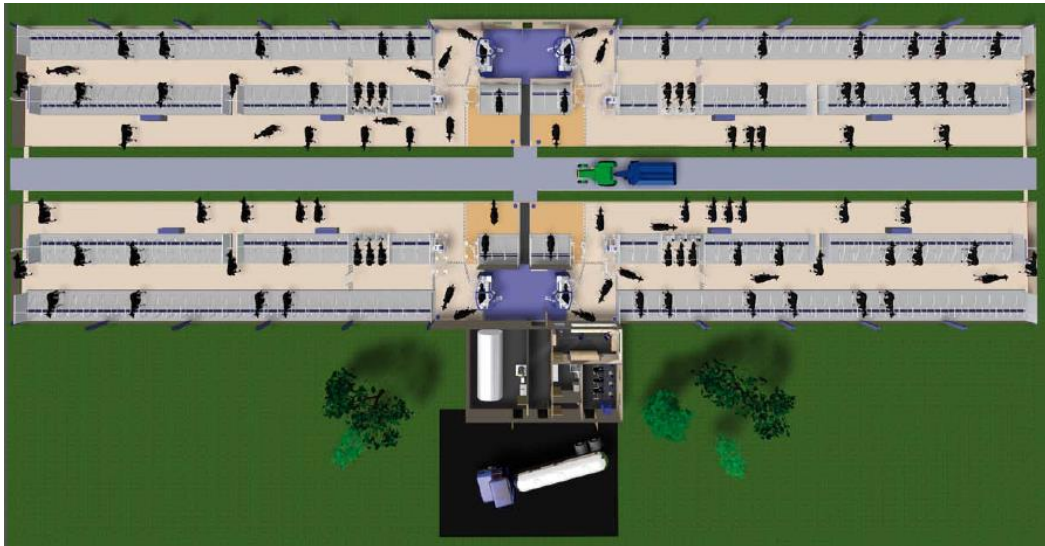


Рис. 2.13. Типова ферма у Швеції з використанням робота-дояра фірми DeLaval [11, 13].

Робот-дояр компанії "ДеЛаваль" і засіб управління молочною фермою DelPro автоматизують виконання повсякденних завдань, що дає змогу економити ще більше часу. "Розумний" і водночас простий індекс, званий MDI, надає найостаннішу інформацію про стан здоров'я кожної корови після доїння. Оператор може розраховувати на щоденну допомогу системи VMS у режимі автоматичного навчання нових корів, що вводяться до корівника, а також у режимі автоматичного встановлення допусків на доїння, на основі днів доїння та очікуваного надою. А за допомогою лічильника соматичних клітин, що працює в реальному часі та програмного забезпечення Herd Navigator, отримуємо швидкий моментальний знімок стану здоров'я кожної конкретної тварини в стаді [10, 12].

Якість молока під час використання Робота-дояра гарантується унікальною санітарно-технічною конструкцією доїльної станції та вдосконаленими датчиками, які використовуються для моніторингу кожної чверті вимені кожної корови. Особливі функції, як-от гнойовий лоток із неіржавкої сталі, автоматичне очищення підлоги, промивання всіх доїльних склянок зсередини та ззовні перед відвідуванням доїльної станції кожною коровою, а також негайне подання сигналу тривоги в разі від'єднання доїльних склянок - усе це сприяє підвищенню якості молока. Також система оснащена унікальною склянкою очищення сосків, яка очищає та висушує соски корови перед доїнням. А для важких умов існує

опція очищення системи протитечією, яка допомагає очищати доїльні стакани між доїннями, що забезпечує найвищі стандарти чистоти в будь-який час доби.

Оптичний лічильник молока вимірює електропровідність, швидкість потоку, надій молока, а також рівень вмісту крові в молоці в кожній чверті вимені [10, 12].

Молоко, що має відхилення від норми, буде автоматично відбраковано відповідно до критеріїв, які Ви встановлюєте в програмному забезпеченні.

Опція у вигляді лічильника соматичних клітин ОСС компанії "ДеЛаваль" забезпечує точний підрахунок вмісту соматичних клітин у молоці кожної тварини під час кожного доїння, а Herd Navigator надає миттєвий знімок стану здоров'я кожної тварини, проаналізувавши компоненти, що містяться в молоці. Керуюча програма системи VMS надійно зберігає всі ці дані та події для їх перегляду в потрібний момент.

У разі використання кілька роботів-доярів у Швеції використовується система Herd Navigator™ (рис. 2.14).

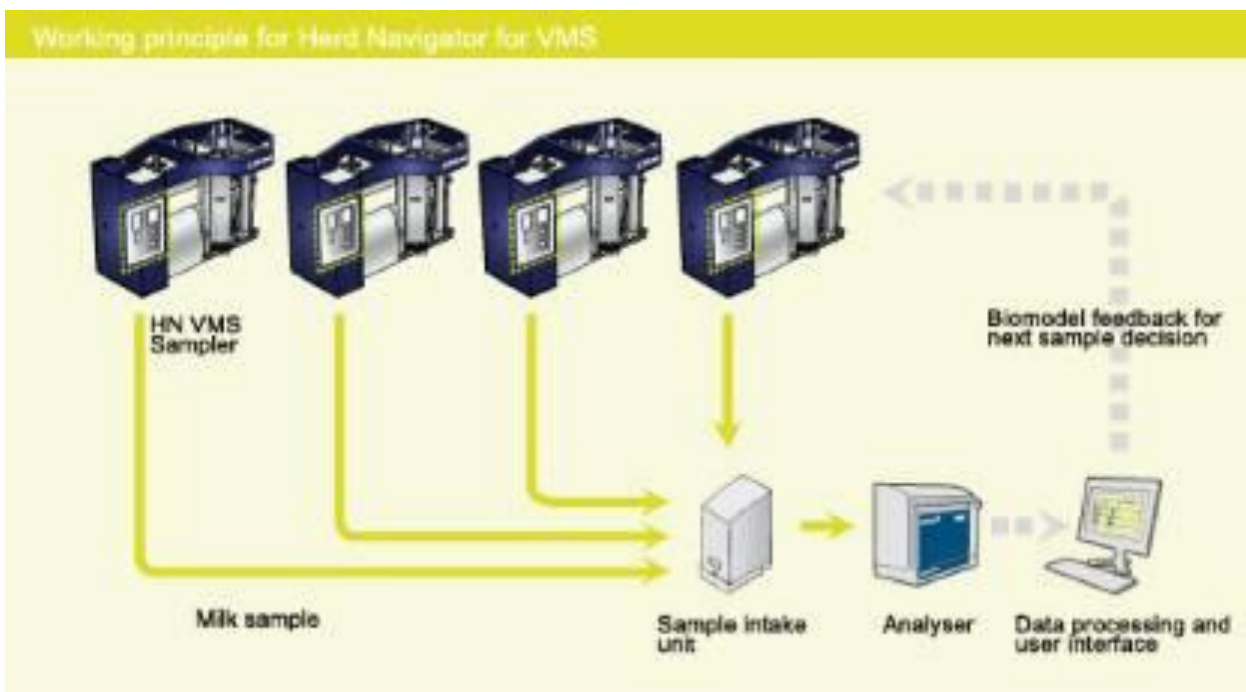


Рисунок 2.14. Система Herd Navigator™

Під час доїння корів у системі добровільного доїння DeLaval VMS автоматично відбираються репрезентативні проби молока. Вони негайно відправляються в аналізуючий прилад. Результати аналізу обробляються за

передовою біологічною моделлю, що дає змогу визначити, яким коровам необхідна особлива увага. Ця інформація відображається в легкому для розуміння форматі в системі управління стадом великої худоби VMS на комп'ютері [8, 9, 10, 12].

Біологічні моделі, що використовуються в системі Herd Navigator™, автоматично визначають, від яких корів буде взята проба молока, за якого доїння, і які параметри молока слід аналізувати [10, 12].

Система Herd Navigator забезпечує приголомшливі результати в плані продуктивності та прибутковості. Це можливо завдяки тому, що дані, які збирає система, і діагностика, яку вона проводить, дають можливість завчасно вживати саме тих заходів, які необхідні для підтримання і поліпшення здоров'я стада.

## РОЗДІЛ 3

### КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1. Модернізація доїльного апарату

Модернізація являє собою удосконалення колектора доїльного апарату. Колектор розподіляє змінний вакуумметричний тиск по доїльних склянках, формуючи режим їхньої роботи, збирає молоко з доїльних склянок і сприяє його евакуації в молокоприймач.

Колектор доїльного апарату двотактного основного виконання складається з корпусу з кронштейном, гумової шайби, що фіксується на стрижні клапана, розподільник кріпиться до корпусу двома гвинтами.

Удосконалення являє собою збільшення об'єму молочної камери колектора, що веде до збільшення геометричних розмірів кришки. Під час роботи доїльного апарату відбувається іноді їх спадання. Під час падіння доїльного апарата кришка колектора падає на підлогу, отримуючи при цьому ударне навантаження, яке може зруйнувати кришку. Для уникнення цього необхідно визначити товщину кришки колектора.

Визначимо необхідну товщину 3 мм Полікорбанат ЛТ-10 стінок корпусу колектора з умови

$$\sigma_{зр} = \frac{F_g}{W} \leq [\sigma] = 12 \text{ МПа}, \quad (3.1)$$

де  $W$  – момент опору конструкції;

$F_g$  – зовнішня сила на корпус,

$$F_g = (P_a + P_o) * S, \quad (3.2)$$

де  $P_a$  – атмосферний тиск  $P_a = 1,00$  кПа;

$P_o$  – вакуумметричний тиск  $P_o = 0,48$  кПа;

$S$  – площа поверхні небезпечної ділянки кришки колектора,  $\text{м}^2$ ,

де  $R$  – радіус корпусу  $R = 0,2$  м;

$H$  – висота  $H = 0,6$  м.

$$F_g = (1,00 + 0,48) \times 3,28 \times 0,2 \times 0,6 = 1,58 \text{ кПа.}$$

$$W = \frac{b \times h^2}{6},$$

де  $b$  – ширина небезпечного перерізу, мм;

$h$  – товщина, мм.

Тоді

$$\sigma_{cp} = \frac{6 * F_g}{b * h} \leq [\sigma]. \quad (3.3)$$

Звідси:

$$h = \sqrt{\frac{6 * F_g}{b * [\sigma]}} = \sqrt{\frac{6 * 1580 * 10^{-3}}{12 * 0,2}} = 0,003 \text{ м} = 3 \text{ мм.}$$

Отже, товщина стінки кришки колектора має бути 3 мм.

Для збільшення продуктивності праці оператора машинного доїння на доїльній установці встановлено пристрій зняття доїльного апарата, який з'єднувався з колектором доїльного апарата жорстко в "захопленні", що ускладнювало роботу оператора. Тому для поліпшення умов пристрій зняття з'єднаємо за петлю.

Перевіримо петлю на міцність  $F = m \times g = 2,65 \times 9,8 = 26 \text{ Н.}$

Поздовжня сила  $F_{np} = F \times \sin 45^\circ = 26 \times 0,7071 = 18,4 \text{ Н.}$

Поперечна сила  $F_{non} = F \times \cos 45^\circ = 26 \times 0,7071 = 18,4 \text{ Н.}$

Згинальний момент від дії  $F_{non}$

$$M_{3z} = F_{non} \times l = 18,4 * 0,052 = 0,956 \text{ Н.}$$

Виникають напруження в петлі від дії  $M_{3z}$  і  $F_{np}$

$$\sigma = \frac{F}{A} + \frac{M_{3z}}{W} \leq [\sigma]; \quad (3.4)$$

$$A = b \times h^2;$$

$$W = b \times h^2 / 6;$$

$$\sigma = \frac{18,4}{6 \times 2^2} + \frac{0,956 \times 10^3 \times 6}{6 \times 2^2} = 240,3 \text{ Па;}$$

$$\sigma = 240,3 \text{ Па} < [\sigma] = 80 * 10^6 \text{ Па.}$$

Умова виконується.

### 3.2 Конструювання ванни для дезінфекції доїльної гуми

Якість роботи доїльного стакана значною мірою залежить від якості доїльної гуми. Якість доїльної гуми оцінюється такими фізико-механічними властивостями: довжина, пружність, жорсткість, крутильність гуми, а також наявність мікро- та макротріщин. Від цих якісних показників залежить продуктивність ВРХ і довговічність експлуатації стада [11, 13].

Ці показники мають контролюватися щомісяця (під час виконання ТО-1). Тобто необхідно проводити дезінфекцію, відкисання і "відпочинок" доїльної гуми. Як показує досвід цього господарства, цей процес виконується невчасно (у цьому господарстві два-три рази на рік), а якісні показники доїльної гуми після дезінфекції, відкисання та "відпочинку" не відповідають своїх номінальних значень. Тому необхідно сконструювати ванну для даного процесу, яка дає змогу набути якісним показникам доїльної гуми своїх номінальних значень і відповідно до потреб зменшити енергетичні витрати на даний процес.

Відповідно до поставлених завдань, а також для перевірки достовірності теоретичних передумов розроблення дипломного проекту необхідно розглянути такі питання [11, 13]:

- вивчити залежності продуктивності, якості та енергоємності процесу дезінфекції та окислення доїльної гуми від основних параметрів ванни:

$V$  - об'єм однієї ванни,  $m^3$  ;

$Q_e$  - кількість теплоти, необхідної для нагрівання води, Дж;

$t_n$  - час нагрівання води в одній ванні, год;

$t_2$  - робоча температура води у ванні,  $^{\circ}C$ .

- за результатами досліджень розробити та перевірити у виробничих умовах модельний зразок ванни для дезінфекції та відкисання доїльної гуми, оцінити її ефективність роботи.

Під час вивчення технологічного процесу дезінфекції доїльної гуми неможливо обійтися без даних про деякі фізико-механічні властивості доїльної

гуми. У нашому випадку вивчали вплив на якісні та енергетичні показники основних параметрів процесу та технічного засобу для дезінфекції гуми. За базовий вихідний об'єкт візьмемо гуму з доїльної установки робота-дояра фірми "Де Лаваль" [11, 13].

Ціла низка фізико-механічних властивостей гуми тією чи іншою мірою впливають на ефективність процесу доїння корів. Під час розгляду ми обмежилися лише тими з них, які безпосередньо впливають на процес доїння і входять до складу отриманих теоретичних залежностей. У процесі вивчення визначили такі фізико-механічні властивості гуми: довжину та жорсткість гуми.

Соскова гума дуже швидко зношується (старіє) під дією жирів, що поглинаються під час дотику до неї молока, шкіри вимені та під дією світла. Під дією жирів гума набухає, стає менш пружною і на її поверхні з'являються мікро- і макротріщини. Для відновлення пружних властивостей гумі проводять так званий "відпочинок". Перед постановкою гуми на "відпочинок" її знежирюють, оскільки в іншому разі її "старіння" триватиме [11, 13].

Крім того, за наявності мікро- та макротріщин у них залишаються частинки жирів. Це призводить до накопичення бруду та розвитку в них шкідливих мікроорганізмів. Усе це може призвести до захворювання тварин, а отже зменшення їхньої продуктивності. Для цього проводять дезінфекцію гуми. При цьому знищуються шкідливі мікроорганізми, знежирюється гума і здійснюється очищення мікро- і макротріщин [12, 14].

Ці операції є обов'язковими під час проведення ТО-1. Як правило їх об'єднують в одну операцію, яка об'єднує всі вимоги, що поставлені до заданих процесів.

Дезінфекцію і відкисання гуми проводять такими способами [1, 3]:

а) промиту доїльну гуму поміщають у ванну з 1,5 %-ним розчином каустичної соди і проводять дезінфекцію за температури 70 °С протягом 30 хвилин та охолоджують. Потім її очищають щітками і обполіскують чистою

водою. Після дезінфекції її зберігають у спеціальній шафі за температури не нижче +5 °С протягом двох тижнів за рахунок чого гума "відпочиває";

б) вимочують промиту доїльну гуму в 5%-ному розчині каустичної соди протягом усього періоду "відпочинку". Перед установкою в доїльні апарати її очищають щітками й обполіскують чистою, теплою водою.

Якість проведення дезінфекції та відкисання доїльної гуми оцінюють за такими показниками:

- жорсткість гуми, визначається за допомогою динамометричного приладу за певного навантаження;

- довжина гуми в ненапруженому стані, повинна відповідати номінальному значенню;

- крутіння доїльної гуми, контролюється мітками на ній, які мають бути в одній площині;

- ступінь очищення доїльної гуми від бруду, жиру і мікроорганізмів.

Останнє складніше виявити, бо здебільшого забруднення походить від мікро- та макротріщин наявних у доїльній гумі. Тому здебільшого перевірку якості очищення проводять візуально або за допомогою лупи та інших

Обсяг води, що знаходиться в одній ванні, для нашої установки становить  $V = 0,115 \text{ м}^3$ . Оптимальна температура процесу дезінфекції та відкисання доїльної гуми становить  $t = 70...80 \text{ °С}$ , але для нашої установки приймаємо  $t = 70\text{°С}$ . Для визначення потужності ТЕНів користуються залежністю:

$$Q_T \geq Q_v, \quad (3.5)$$

де  $Q_m$  – кількість теплоти, що виділяється ТЕНами за певний час, Дж;

$Q_v$  – кількість теплоти, необхідної для нагрівання певного об'єму води, Дж.

Кількість теплоти, що виділяється ТЕНами за певний час, розраховується за формулою, Дж:

$$Q_m = N \cdot t, \quad (3.6)$$

де  $N$  – потужність ТЕНів, що знаходяться в одній ванні, приймаємо два ТЕНи з потужністю 2,0 кВт, тобто  $N = 4000 \text{ Вт}$ ;



$t$  – час роботи ТЕНів, приймаємо попередньо 180 хв, тобто  $t = 10800$  с.

Тоді:

$$Q_m = 4000 \cdot 10800 = 43200000 \text{ Дж.}$$

Кількість теплоти, необхідна для нагрівання певного об'єму води, розраховується за формулою, Дж:

$$Q_e = \beta \cdot Q_o, \quad (3.7)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, що враховує втрати теплоти, приймаємо  $\beta = 1,3$ ;

$Q_o$  – теплота необхідна для нагрівання води, розраховується за формулою, Дж.

$$Q_o = c \cdot \rho \cdot V \cdot (t_2 - t_1), \quad (3.8)$$

де  $c$  – питома теплоємність води,  $c = 4180$  Дж/(кг · град);

$\rho$  – щільність води за цієї температури, приймаємо температуру води  $16$  °С, тоді  $\rho = 996$  кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм води, що знаходиться в одній ванні, м;

$t_1$  і  $t_2$  – відповідно температура початку і кінця нагріву води, приймаємо  $t_1 = 16$  °С і  $t_2 = 70$  °С.

Тоді:

$$Q_o = 4180 \cdot 996 \cdot 0,115 \cdot (70 - 16) = 25853968,8 \text{ Дж,}$$

$$Q_e = 1,3 \cdot 25853968,8 = 33610159,44 \text{ Дж.}$$

Тоді розраховуємо точний час нагрівання води в одній ванні, год:

$$t_n = \frac{Q_e}{N \cdot 3600}. \quad (3.9)$$

Тоді:

$$t_n = \frac{33610159,44}{4000 \cdot 3600} = 2,3 \text{ год.}$$

Аналогічно проводимо розрахунки для других параметрів ванни, причому приймаємо, що потужність ТЕНів залишається постійною і дорівнює  $N = 4,0$  кВт. Результати заносимо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри ванни для дезінфекції та відкисання доїльної гуми

№ п/п	$V, \text{ м}^3$	$Q_{\text{в}}, \text{ кДж}$	$t_{\text{н}}, \text{ рік}$	$-t, \text{ } ^\circ\text{C}$
1	0,070	20458,36	1,42	70
2	0,075	21919,67	1,52	70
3	0,080	23380,98	1,62	70
4	0,085	24842,29	1,73	70
5	0,090	26303,60	1,83	70
6	0,095	27764,91	1,93	70
7	0,100	29226,23	2,03	70
8	0,105	30687,54	2,13	70
9	0,110	32148,85	2,23	70
10	0,115	33610,16	2,30	70
11	0,120	35071,47	2,44	70
12	0,125	36532,78	2,54	70
13	0,130	37994,09	2,64	70
14	0,135	39455,40	2,74	70
15	0,140	40916,72	2,84	70

Теоретично підрахувати якість процесу неможливо, тому вважатимемо, що показники якості при зміні розмірів ванни будуть постійними (після того, як буде сконструйована ванна, ми порівняємо якість процесу на практиці). З практичного досвіду відомо, що стандартна ванна з об'ємом  $V = 0,115 \text{ м}^3$  недоцільна, оскільки ванна споживає багато енергії і завжди незаповнена (в умовах даного господарства). Тому порадившись із працівниками підприємства, я запропонував ванну об'ємом  $V = 0,075 \text{ м}^3$ . Необхідно також замінити ТЕНи. Оскільки, як показує досвід дані тінні не можуть створити оптимальних умов

процесу дезінфекції та відкисання доїльної гуми (робочої температури  $t = 70-80^{\circ}\text{C}$ ), що негативно впливає на якість дезінфекції та відкисання доїльної гуми. Для збільшення якості процесу необхідно дещо змінити і конструкцію ванни (див. графічну частину).

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведений аналіз сучасних доїльних систем виявив їхні основні переваги та недоліки. Було встановлено, що значна частина фермерських господарств використовує застаріле обладнання, яке не відповідає сучасним вимогам ефективності та якості. Це створює потребу в модернізації доїльних апаратів для підвищення продуктивності та якості молочної продукції.

На основі визначених технічних вимог була розроблена концептуальна модель модернізованого доїльного апарату. Новий апарат включає автоматизовані системи контролю та управління, що дозволяють оптимізувати процес доїння, зменшити вплив людського фактора та покращити загальну ефективність.

Результати кваліфікаційної роботи підтвердили ефективність модернізованого доїльного апарату. Зокрема, вдалося знизити час доїння на 20%, підвищити продуктивність праці на 15%, а також зменшити витрати на обслуговування обладнання. Це свідчить про високий потенціал впровадження нової технології на фермах різного типу та масштабу.

Використання модернізованого доїльного апарату забезпечує більш дбайливе доїння, що зменшує ризик травмування вимені корів та покращує гігієнічні умови процесу. Це безпосередньо впливає на підвищення якості молока, що є важливим чинником для конкурентоспроможності продукції на ринку.

Результати роботи мають значний потенціал для практичного впровадження у молочну галузь. Зокрема, модернізовані доїльні апарати можуть бути застосовані на фермах різного масштабу для підвищення ефективності виробництва та покращення якості молочної продукції.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шеременко Є. С. Підвищення ефективності роботи доїльного апарату попарної дії : дипломна робота освітнього ступеня «Магістр» : 208, Агроінженерія / Євгеній Сергійович Шеременко ; наук. кер. Віталій Володимирович Івлєв ; Дніпровський держ. аграр.-екон. ун-т. Інженерно-технологічний ф-т, Каф. інжинірингу технічних систем. Дніпро, 2024. 72 с.
2. Коваленко О. В. Механізація та автоматизація у тваринництві: навчальний посібник Київ: Видавництво НУБіП України, 2021. 180 с.
3. Мельник В. П. Технології та обладнання для доїння ВРХ: підручник. Вінниця: ВНАУ, 2022. 150 с.
4. Гайдай І. І. Системи механізації молочного виробництва. Львів: Львівський національний аграрний університет, 2019. 130 с.
5. Білоус А. М. Інноваційні технології у молочному скотарстві. Полтава: Полтавська державна аграрна академія, 2020. 140 с.
6. Соколовський М. В. Автоматизація процесів у тваринництві. Харків: ХНАУ, 2021. 160 с.
7. Дяченко П. О. Обладнання та механізація молочного виробництва. Київ: Аграрна наука, 2020. 170 с.
8. Мартиненко В. Г. Ефективність використання доїльних апаратів на фермах ВРХ. Дніпро: ДДАЕУ, 2021. 120 с.
9. Гуменюк С. О. Розвиток та модернізація молочного скотарства. Одеса: ОДАУ, 2019. 110 с.
10. Козаченко О. А. Ефективність роботи доїльного обладнання. Запоріжжя: ЗДАУ, 2022. 140 с.
11. Міщенко І. В. Автоматизація та механізація процесів у молочному скотарстві. Чернігів: ЧДАЕУ, 2020. 130 с.

12. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

13. Кравченко О. В. Підвищення продуктивності молочного скотарства. Київ: Видавництво НУБіП України, 2021. 170 с.

14. Іванов І. П. Модернізація обладнання для молочного скотарства. Суми: СНАУ, 2020. 140 с.

15. Ніколенко А. Ю. Технології та обладнання для доїння ВРХ. Харків: ХНАУ, 2021. 160 с.

16. Лукашенко П. І. Ефективність використання сучасних доїльних систем. Львів: ЛНАУ, 2019. 130 с.

17. Смирнов В. О. Інноваційні рішення у молочному виробництві. Вінниця: ВНАУ, 2020. 150 с.

18. Тимошенко М. В. Автоматизація та механізація доїльних процесів. Київ: Аграрна наука, 2021. 160 с.