

УДК 631.3.05+637.11

КП

№ держреєстрації 0115U001124

Інв №

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
(ВНТУ)

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95; тел., факс. (0432) 51 15 81;

ЗАТВЕРДЖУЮ
проректор з наукової роботи
д.т.н., професор
_____ **С. В. Павлов**

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ
Методи та інформаційно-вимірювальні системи контролю зоотехнічних
параметрів тварин та параметрів технологічних процесів у
тваринницьких фермах
д/т 42-Д-374
(заключний)

Начальник НДЧ,
канд. техн. наук, доцент

В. В. Богачук

Зав. кафедрою метрології та промислової
автоматики, докт. техн. наук, професор

В. Ю. Кучерук

Керівник НДР
докт. техн. наук, професор

В. Ю. Кучерук

Зав. науково-організаційним
відділом НДЧ

М. І. Пашенко

2016

Рукопис закінчено 1 грудня 2016 р.
Результати цієї роботи розглянуто науково-технічною
радою ВНТУ, протокол від 22.12.2016 р. № 5

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР,
докт. техн. наук, професор,
пров. науковий співробітник

В. Ю. Кучерук
(вступ, п.1.1, п.1.2, п.1.3,
п.1.4, п.1.5, п.3.6, п.3.7,
висновки)

Відповідальний виконавець
докт. техн. наук, доцент,
науковий співробітник

П. І. Кулаков
(п.1.6, п.1.7, п.2.1, п.2.2,
п. 2.5, п. 2.6, п.3.1, п.3.2,
п.3.3, п.2.7, п.2.8)

докт. техн. наук, доцент,
науковий співробітник

О. М. Васілевський
(п.4.1, п.4.2, п.3.5, п.3.12)

канд. техн. наук, доцент

Є. А. Паламарчук
(п.5.2, п.5.3, п. 5.4, розробка
програмного забезпечення)

мол. науковий співробітник

Т. В. Гнесь
(п.3.4, п.3.9)

аспірант

Д. В. Мостовий
(п.2.3, п.2.4, п.5.1, п.3.11,
експериментальні дослідження)

технік

М. В. Глушко
(п.3.8, експериментальні
дослідження)

РЕФЕРАТ

Звіт з НДР 240 с. 106 рис. 3 табл. 2 додатка 260 джерел.

Метою роботи є підвищення достовірності вимірювального контролю параметрів ТПВКМ за рахунок розробки нових та удосконалення існуючих методів та засобів контролю, створення нових критеріїв оцінювання стану ТПВКМ, удосконалення існуючих методів ідентифікації тварин.

Об'єктом дослідження є процес вимірювального контролю параметрів ТПВКМ.

Предмет дослідження є методи та засоби вимірювального контролю параметрів ТПВКМ.

У дослідженні вирішено проблему підвищення достовірності контролю параметрів технологічного процесу виробництва коров'ячого молока. Запропоновано критерії кількісного оцінювання стану та небезпеки відхилення від норми стану складових елементів технологічного процесу виробництва коров'ячого молока на основі результатів вимірювання та вимірювального контролю його параметрів. Розроблено оптичний метод оперативного вимірювального контролю відносної масової частки молока у потоці водно-молочного розчину. Запропоновано метод контролю кількості та часу користування тваринами чесальною установкою. Отримали розвиток методи контролю тривалості роботи доїльних установок на основі використання експериментальних статистичних характеристик тривалості доїльних процесів. Використано оптимальну лінійну фільтрацію вихідного сигналу сенсора наявності об'єкта для удосконалення методу контролю проходження тварин на групових доїльних установках. Розвинуто метод вимірювального контролю електропровідності молока шляхом забезпечення рівномірності електричного поля у міжелектродному проміжку вимірювального перетворювача та врахування залежності верхньої границі допуску від поточного дня лактації. Для підвищення достовірності контролю параметрів молоковіддачі розроблено вимірювальний перетворювач рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата, принцип дії якого заснований на фотоелектричному перетворенні площі напруга. Проведено експериментальні дослідження створених засобів контролю, що підтверджують адекватність розроблених теоретичних положень та ефективність запропонованих методів.

Метою дослідження є підвищення достовірності вимірювального контролю параметрів ТПВКМ за рахунок розробки нових та удосконалення існуючих методів та засобів контролю, створення нових критеріїв оцінювання стану ТПВКМ, удосконалення існуючих методів ідентифікації тварин. Основні завдання роботи полягають у наступному:

- здійснити аналіз існуючих методів та засобів вимірювального контролю параметрів ТПВКМ, систематизувати відомі теоретичні підходи, що покладено в основу їх побудови.

- розробити та обґрунтувати критерій оцінювання стану складових елементів ТПВКМ на основі результатів вимірювального контролю його параметрів, та критерій оцінювання небезпеки відхилення від норми стану складових елементів

ТПВКМ на основі результатів вимірювання та вимірювального контролю його параметрів, що дозволить вчасно виявляти небезпеку та факт відхилення стану складових елементів ТПВКМ від норми.

- удосконалити методи оцінювання та вимірювального контролю тривалості роботи основних типів доїльних установок при використанні різних типів доїльних апаратів та різних способів ідентифікації тварин, які забезпечують більш високу достовірність вимірювального контролю у порівнянні з існуючими та можуть бути використані для оцінювання та вимірювального контролю тривалості роботи окремих доярів.

- розробити нові методи, математичні моделі та побудувати відповідні засоби вимірювання та вимірювального контролю параметрів ТПВКМ, які забезпечують вищу точність вимірювання та достовірність вимірювального контролю.

- розробити нові та покращити існуючі методи, засоби та алгоритми ідентифікації тварин на різних типах доїльних установок та при різних способах утримання тварин, що дозволить зменшити вплив помилок ідентифікації на результати вимірювального контролю параметрів ТПВКМ.

- здійснити аналіз основних метрологічних характеристик розроблених засобів вимірювання та вимірювального контролю параметрів ТПВКМ.

- провести експериментальні дослідження, що підтверджують адекватність розроблених моделей, ефективність запропонованих методів і створених на цій основі засобів вимірювального контролю параметрів ТПВКМ.

Теоретичне дослідження процесу роботи з твариною та процесу функціонування різних типів доїльних установок здійснювалося за допомогою методів теорії імовірності. Аналіз та дослідження похибок вимірювання розроблених засобів контролю параметрів ТПВКМ здійснювались у відповідності до теорії похибок вимірювання та обробки результатів експериментальних досліджень. Теоретичне дослідження показників достовірності вимірювального контролю параметрів ТПВКМ здійснювалося з використанням методів теорії вимірювального контролю. Теоретичне дослідження розроблених методів підвищення достовірності вимірювального контролю параметрів ТПВКМ здійснювалося з використанням методів оптимальної лінійної фільтрації та теорії інтерполяції даних.

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ, ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ, ВИРОБНИЦТВО КОРОВ'ЯЧОГО МОЛОКА, ПАРАМЕТРИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ, ТВАРИНИЦЬКА ФЕРМА.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
1 СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	12
1.1 Особливості функціонування ТПВКМ.....	12
1.2 Параметри ТПВКМ та особливості методів і засобів їх контролю	13
1.3 Сучасний стан засобів контролю параметрів ТПВКМ	20
1.4 Сучасний стан систем ідентифікації тварин для ТПВКМ	28
1.4.1 Класифікація систем ідентифікації тварин для ТПВКМ.....	28
1.4.2 Системи ідентифікації рухомих тварин для ТПВКМ.....	30
1.4.3 Системи ідентифікації нерухомих тварин для ТПВКМ.....	36
1.5 Особливості функціонування засобів контролю параметрів ТПВКМ	38
1.5.1 Особливості функціонування засобів контролю параметрів ТПВКМ при прив'язному утриманні тварин.....	38
1.5.2 Особливості функціонування засобів контролю параметрів ТПВКМ при безприв'язному утриманні тварин.....	41
1.6 Проблема підвищення достовірності контролю параметрів ТПВКМ.....	45
1.7 Висновки до розділу.....	48
2 РОЗВИТОК ТЕОРІЇ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТПВКМ.....	49
2.1 Критерій оцінювання стану складових елементів ТПВКМ.....	49
2.2 Критерій оцінювання небезпеки відхилення від норми стану складових елементів ТПВКМ.....	53
2.3 Оптичний метод оперативного вимірювання відносної масової частки молока у водно-молочному розчині.....	59
2.4 Удосконалення методу вимірювального контролю електропровідності молока	66
2.5 Порційний метод вимірювання параметрів молоковіддачі	71
2.6 Методи статистичного оцінювання тривалості доїльних процесів	74
2.6.1 Метод статистичного оцінювання тривалості процесу машинного доїння	75
2.6.2 Метод статистичного оцінювання тривалості роботи стійлової доїльної установки	83
2.6.3 Метод статистичного оцінювання тривалості роботи групових доїльних установок	89
2.6.4 Метод статистичного оцінювання тривалості роботи	

доїльних установок з прохідними станками	92
2.6.4.1 Метод статистичного оцінювання тривалості роботи доїльної установки з паралельно-прохідними станками.....	92
2.6.4.2 Метод статистичного оцінювання тривалості роботи доїльної установки «Тандем».....	95
2.6.5 Метод статистичного оцінювання тривалості роботи конвеєрної доїльної установки	98
2.7 Аналіз впливу помилок ідентифікації тварин на результати контролю параметрів ТПВКМ.....	101
2.8 Висновки до розділу.....	105
3 РОЗРОБКА НОВИХ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТПВКМ.....	107
3.1 Система радіочастотної ідентифікації рухомих тварин з двоконтурною ортогональною антеною	107
3.2 Система автоматичної радіочастотної ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки	112
3.3 Засіб контролю проходження тварини з використанням оптимальної лінійної фільтрації	114
3.4 Удосконалення математичної моделі фотоелектричного вимірювального перетворення площа-напруга	121
3.5 Фотоелектричний ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата на основі вимірювального перетворення площа-напруга	127
3.6 ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом на основі магнітоактивних елементів	132
3.7 Фотоелектричний ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом	134
3.8 Визначення кількості порцій молока та контроль вмісту води у молоці на стійлових доїльних установках	136
3.9 Фотоелектричний ВП миттєвої інтенсивності молоковіддачі	141
3.10 Метод контролю параметрів користування чесальною установкою.....	145
3.11 ВП електропровідності молока з забезпеченням рівномірності електричного поля у міжелектродному проміжку.....	148
3.12 Висновки до розділу.....	153
4 АНАЛІЗ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ ТА ДОСТОВІРНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТПВКМ	155
4.1 Достовірність вимірювального контролю тривалості роботи доїльних установок та доярів	155
4.2 Достовірність вимірювального контролю параметрів	

ТПВКМ при використанні фотоелектричного ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата	160
4.3 Достовірність вимірювального контролю параметрів ТПВКМ при використанні ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом	174
4.4 Висновки до розділу.....	179
5 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ АПАРАТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТПВКМ	182
5.1 Практична реалізація засобів контролю параметрів ТПВКМ	182
5.2 Програмне забезпечення для забезпечення контролю параметрів ТПВКМ	201
5.3 Практичне застосування засобів контролю параметрів ТПВКМ при використанні різних типів доїльних установок	204
5.4 Висновки до розділу.....	207
ВИСНОВКИ.....	209
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	212
ДОДАТКИ.....	229
Додаток А Лістинг програми розрахунку помилок першого і другого роду у пакеті прикладних програм Maple 17.....	229
Додаток Б Програмне забезпечення «АСУ-ФЕРМА-2».....	230

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

А	Антенa
АЦП	Аналого-цифровий перетворювач
БВП	Блок відображення параметрів
БВПК	Блок визначення положення конвеєра
БЗОД	Блок забезпечення обміну даними
БЗПД	Блок забезпечення процесу доїння
БКВП	Блок керування ваговою платформою
БКЗТ	Блок керування зчитувачем транспондерів
БКНТ	Блок контролю наявності тварини
БКПТ	Блок контролю проходження тварини
БКСВ	Блок керування селекційними воротами
БКЧУ	Блок керування чесальною установкою
БУАП	Блок управління автоматом промивки
БУВ	Блок управління воротами
БУДМ	Блок управління дозатором молока
ВП	Вимірювальний перетворювач
ЕГ	Еквівалентний генератор
ЗВ	Засіб вимірювання
ЗВКМ	Засіб вимірювання кількості молока
ЗВКШ	Засіб вимірювання кутової швидкості
ЗКПСМ	Засіб контролю параметрів сирого молока
ЗКПОО	Засіб контролю параметрів охолоджувального обладнання
ЗКПВО	Засіб контролю параметрів вакуумного обладнання
ЗКПГО	Засіб контролю параметрів гноезбирального обладнання
ЗКПДО	Засіб контролю параметрів доїльного обладнання
ЗС	Засіб синхронізації
ЗТ	Зчитувач транспондерів
ІВС	Інформаційно-вимірювальна система
ІВС ПТПВКМ	Інформаційно-вимірювальна система параметрів технологічного процесу виробництва коров'ячого молока
ІВС КТПТПВКМ	Інформаційно-вимірювальна система контролю параметрів технологічного процесу виробництва коров'ячого молока
К	Клавіатура
КП	Комутаційний пристрій
ЛПМ	Лічильник порцій молока
МАЕ	Магнітоактивний елемент
САУТФ	Система автоматичного управління тваринницькою фермою
СКВ	Середньоквадратичне відхилення
ТПВКМ	Технологічний процес виробництва коров'ячого молока
УП	Узгоджувальний пристрій

ВСТУП

Молочне тваринництво є однією з найбільш складних та трудомістких галузей сільськогосподарського виробництва. Його основу складає комплекс взаємозв'язаних процесів та операцій, які утворюють системи і технології утримання тварин та виробництва сирого молока. У теперішній час, на більшості молочних ферм України та інших країн, рівень механізації та автоматизації в середньому не перевищує 60 - 65 %, що значно збільшує собівартість сирого молока. При сучасному стані виробництва молока, в умовах незадовільно розвинутої автоматизації, ступінь підвищення продуктивності праці в одиницях виробленої продукції, при використанні традиційних технологій утримання, годівлі, обліку та доїння, досягнув свого максимального значення. Внаслідок недостатнього рівню цих технологій, потенційні можливості тварин за продуктивністю використовуються на 60 - 70 %. Такі низькі показники зумовлені широким застосуванням застарілого прив'язного утримання тварин, недостатнім рівнем організації та технічного забезпечення тваринницьких ферм. Як свідчить закордонний досвід, для впровадження системної автоматизації, централізації управління тваринницькою фермою, необхідна зміна організаційно-технічних та технологічних форм управління та підходів до проектування технологічного обладнання. Виходячи з цього, перехід молочного господарства на більш ефективну технологічну основу є важливою та невідкладною проблемою.

Технологічний процес виробництва коров'ячого молока (ТПВКМ) являє собою біотехнічну систему, до якої входять машини, технології, групи тварин та колективи операторів, організація і управління технологічними процесами. Отримання молока здійснюється у доїльно-молочному відділенні тваринницької ферми, на частку цього процесу припадає до 70 % затрат людської праці. Найважливішою складовою технологічного процесу отримання молока є біотехнічна система, до складу якої входить людина, машина, тварина – біотехнічна система «людина-тварина-машина». Важливою складовою процесу підвищення інтенсифікації та ефективності виробництва молока є удосконалення та впровадження інформаційно-вимірювальних технологій. У багатьох випадках впровадження сучасних наукоємних інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) контролю параметрів ТПВКМ (ІВС КПТПВКМ) є найважливішим фактором, який забезпечує високі економічні показники підприємства. Вищевказані системи мають прив'язку до типу доїльного обладнання, тому як воно є основним елементом технології виробництва молока, більшість вимірювальної інформації про показники технологічного процесу виробництва молока отримуються саме тут. При використанні таких систем забезпечується отримання оперативної інформації про тварин, швидкий доступ до історії тварини, збільшення удою завдяки доклінічному діагностуванню хвороб, зменшення витрат на ветеринарні препарати, виявлення порушень у технології виробництва молока та відтворення стада, зменшення кількості ялових тварин, підвищення ефективності харчування, підвищення продуктивності та культури праці. Особливо важливе значення для забезпечення ефективності функціонування доїльно-молочного відділення

тваринницької ферми мають засоби вимірювального контролю параметрів ТПВКМ. Практично усі параметри ТПВКМ повинні контролюватися, на основі результатів їх вимірювального контролю робиться висновок про відхилення стану складових елементів ТПВКМ від норми, виявляються факти неякісної роботи доярів, встановлюється невідповідність стада або окремих тварин зоотехнічним вимогам, виявляються недоліки у роботі доїльного обладнання, здійснюється оцінювання ефективності роботи доїльно-молочного відділення ферми. Таким чином, основним завданням засобів вимірювального контролю параметрів ТПВКМ є підвищення рентабельності тваринницького комплексу в цілому, зниження витрат на утримання тварин, підвищення ефективності їх експлуатації. Виходячи з цього, подальший розвиток теорії і практики розробки та впровадження засобів вимірювального контролю параметрів ТПВКМ, з метою покращення їх характеристик, є важливим та актуальним завданням.

Важливою особливістю ТПВКМ є те, що результати вимірювального контролю параметрів його складових елементів характеризують не тільки їх стан, а також стан інших складових елементів та ефективність ТПВКМ в цілому. Практично усі параметри ТПВКМ взаємокорельовані, але критеріальне оцінювання стану ТПВКМ на основі результатів вимірювального контролю його параметрів за допомогою методів теорії імовірності являє собою надзвичайно складне завдання, яке не вирішено. Внаслідок цього, в багатьох випадках не вдається вчасно виявити відхилення стану складових елементів ТПВКМ від норми, прийняти міри для його нормалізації. Виходячи з цього, актуальним завданням є створення критерію оцінювання стану складових елементів ТПВКМ на основі результатів вимірювання та вимірювального контролю його параметрів з використанням інших методів. Також актуальною є розробка критерію оцінювання небезпеки відхилення від норми стану складових елементів ТПВКМ на основі результатів вимірювання та вимірювального контролю його параметрів, використання якого дозволить здійснювати прогнозування стану ТПВКМ та його складових елементів. Параметри молоковіддачі тварини, які є важливою складовою комплексу параметрів ТПВКМ, мають певні особливості, які ускладнюють проведення їх вимірювального контролю з достатньою достовірністю за допомогою існуючих засобів. До таких особливостей відноситься значна нерівномірність потоку молока у процесі молоковіддачі, наявність піни, біологічні особливості тварин, складні умови проведення контролю, значний вплив якості промивання доїльного обладнання на достовірність контролю, людський фактор. Завдання створення засобів вимірювального контролю параметрів молоковіддачі, які мають достатню достовірність, у теперішній час повністю не вирішено. Також важливим та актуальним завданням, яке у теперішній час не вирішено, є оперативне виявлення фактів фальсифікації молока на стійлових доїльних установках. Деякі параметри ТПВКМ, які певним чином характеризують стан його складових елементів, взагалі не контролюються, засоби вимірювального контролю цих параметрів відсутні. Ця обставина зумовлює необхідність розробки відповідних засобів вимірювального контролю. Певні параметри ТПВКМ змінюють своє нормальне значення протягом періоду лактації тварини, відповідно можуть змінюватися межі

допуску при вимірювальному контролі таких параметрів. У теперішній час така зміна меж допуску у багатьох випадках не враховується, внаслідок цього зменшується достовірність вимірювального контролю. Існуючі методи оцінювання продуктивності доїльних установок та вимірювального контролю тривалості їх роботи базуються на використанні фіксованих часових нормативів проведення технологічних операцій, та не враховують тип доїльного апарата і специфічні особливості процесу підготовки тварини до доїння при різних варіантах ідентифікації тварин. Внаслідок цього, достовірність вимірювального контролю тривалості роботи доїльних установок та окремих доярів, що їх обслуговують, в більшості випадків недостатня для адекватного оцінювання якості стада та ефективності роботи доярів. Значний вплив на результати вимірювального контролю параметрів ТПВКМ має якість функціонування систем ідентифікації тварин. При виникненні помилок ідентифікації втрачається інформація про результати вимірювального контролю параметрів ТПВКМ, які відносяться як мінімум до однієї тварини. У деяких випадках, наприклад, на групових доїльних установках, виникнення помилки ідентифікації призводить до втрати інформації про результати контролю параметрів ТПВКМ, які стосуються певної групи тварин. В сукупності, вищевказані факти складають важливу науково-прикладну проблему та визначають актуальність теми дослідження.

1 СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Особливості функціонування ТПВКМ

У технологічному процесі виробництва коров'ячого молока (ТПВКМ) технічні ланки вступають у пряму взаємодію з біологічними об'єктами та утворюють біотехнічну систему «людина-тварина-машина». Схему взаємодії складових елементів ТПВКМ наведено на рис. 1.1 [1]. Основним завданням, яке повинно вирішуватися при виробництві коров'ячого молока, є забезпечення якісного видоювання тварин та їх високої продуктивності протягом усього періоду експлуатації. До складових елементів ТПВКМ входять умови і технологія утримання тварин, їх індивідуальні особливості, конструкція і режими роботи доїльного обладнання, кваліфікація і індивідуальні характеристики операторів машинного доїння, а також умови їх роботи. Ефективність ТПВКМ залежить від відповідності його окремих складових елементів фізіологічним потребам тварин і якості взаємозв'язків між елементами.

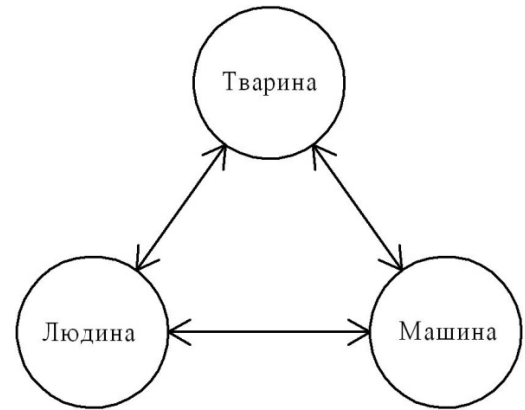


Рисунок 1.1 – Схема взаємодії складових елементів ТПВКМ

Внаслідок взаємодії складових елементів, вихідні параметри ТПВКМ в певній мірі характеризують стан кожного з них. Також вихідні параметри кожного окремого складового елемента характеризують стан інших елементів, що входять до складу ТПВКМ. Практика виробництва молока показує, що в однотипних виробничих умовах, при використанні одних і тих самих доїльних установок, апаратів і тварин, різні оператори машинного доїння одержують різні показники продуктивності, якості молока і захворюваності корів маститом. Виходячи з цього, ефективність систем доїння, у значній мірі залежить від відношення оператора до своїх обов'язків. Особливо значну роль відіграє людина в недосконалих системах доїння, де на неї покладається виконання важливих і трудомістких технологічних операцій, пов'язаних з підготовкою тварин до доїння, підключенням доїльних апаратів, проведенням додоювання тварин, зніманням доїльних апаратів. Важливий вплив на якісні характеристики роботи оператора машинного доїння має також комплексний показник ергономічності доїльної установки. В ТПВКМ на реалізацію рефлексу молоковіддачі та захворюваність тварин маститом в значній мірі впливають типи доїльних апаратів, режими їх роботи, тип доїльної установки, спосіб утримання тварин, технологія і стереотип доїння. Так, наприклад, відсутність у складі доїльної установки систем підготовки тварин до доїння та засобів контролю параметрів молоковіддачі, призводить до порушень технологічного процесу, зниження секреторної функції молочної залози, високого рівня захворюваності маститом, зниження якості молока і погіршення санітарного стану, суттєвого збільшення бактеріальної заплідненості молока. Ефективність

ТПВКМ, окрім технологічної ланки та людського фактора, залежить від індивідуальних характеристик тварин, зокрема від їх стресостійкості та придатності до машинного доїння. Наявність у стаді навіть незначної кількості непридатних до машинного доїння тварин призводить до порушень технологічного процесу доїння. Для забезпечення ефективності ТПВКМ необхідна селекційна робота із створення однорідних стад тварин с високими адаптаційними можливостями і придатних до машинного доїння. ТПВКМ, внаслідок його багатовимірності, внутрішніх зв'язків, змінних умов, нестабільності режимів, вимагає високого рівня досконалості. Практика виробництва молока свідчить, що існуючі системи доїння не завжди забезпечують високоякісне забезпечення ТПВКМ і адекватний взаємозв'язок між його складовими елементами, є недостатньо ефективними і потребують удосконалення. Підвищення ефективності тваринницьких ферм потребує оптимізації варіантів взаємодії чинників «людина-тварина-машина» у різних системах доїння, удосконалення технології доїння, доїльних установок та апаратів. Сучасні тваринницькі ферми потребують впровадження технічних рішень, котрі дають можливість відслідковувати розвиток кожної тварини і оптимально керувати процесом її утримання. Системи автоматизованого управління тваринницькою фермою (САУТФ) забезпечують комплексне управління ТПВКМ, оптимізацію продуктивності тварин, здоров'я стада, ефективність праці обслуговуючого персоналу. Також при їх використанні здійснюється автоматичне створення календарних планів необхідних заходів, облік готового продукту, аналіз та контроль зоотехнічних параметрів тварин, аналіз показників роботи технологічного обладнання, виконуються різноманітні технологічні операції та процедури. Якість забезпечення взаємозв'язку між складовими елементами ТПВКМ, в значній мірі залежить від метрологічних характеристик інформаційно-вимірювальних систем параметрів технологічного процесу виробництва молока (ІВС ПТПВКМ), які, як правило, є складовою частиною САУТФ. Виходячи з цього, подальший розвиток теорії засобів контролю параметрів ТПВКМ, ІВС ПТПВКМ та їх складових елементів, покращення їх метрологічних та інших технічних характеристик, є важливим та актуальним завданням.

1.2 Параметри ТПВКМ та особливості методів і засобів їх контролю

Для конкретизації вимірюваних та контрольованих параметрів ТПВКМ розглянемо положення нейрогормональної теорії лактації [2, 3]. На рис. 1.2 наведено схематичне зображення рефлекторної регуляції молоковіддачі у корів, а на рис. 1.3 – залежність, яка характеризує виведення молока з молочної залози.

Оптимізація взаємодії доїльної машини, людини та тварини, створення доїльного апарата та іншого технологічного обладнання, яке забезпечує ефективну стимуляцію рефлексу молоковіддачі та підвищення продуктивності тварин, є складним науково-технічним завданням комплексного характеру, яке на сьогоднішній день повністю не вирішено [1, 4–6].

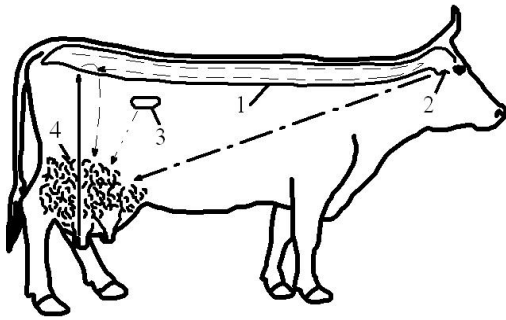


Рисунок 1.2 – Рефлекторна регуляція
молоковіддачі: 1 – спинний мозок; 2 – гіпофіз;
3 – наднирники; 4 – молочна залоза

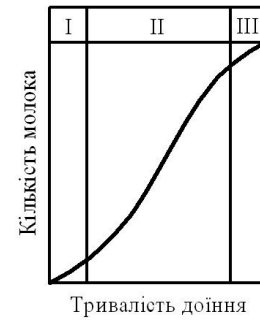


Рисунок 1.3 – Залежність,
яка характеризує виведення
молока з молочної залози

Для виникнення рефлексу молоковіддачі, під час підготовки тварини необхідний енергійний масаж, тому що нервові закінчення закладені глибоко в шкірі дійки, якість виконання цієї операції залежить від оператора. Під час процесу доїння дійкова гума доїльних стаканів механічно діє на рецептори молочної залози, які знаходяться глибоко у тканинах дійки, особливо в їх основі [7]. Внаслідок подразнення рецепторів виникає нервове збудження, яке по волокнах зовнішнього сім'яного нерва досягає спинного мозку. В спинному мозку в поперековій частині нервовий сигнал, як наведено на рис. 1.2, розділяється на два сигнали. Один з сигналів по короткій дузі повертається до м'язових елементів молочної залози цистернального відділу. В результаті відбувається розслаблення цистерни і молоко виводиться з самої цистерни та крупних вивідних протоків (цистернальна порція). Це перша фаза рефлексу молоковіддачі (рис. 1.3), яка виникає через 2 - 6 с після механічного впливу та продовжується 25 - 30 с. По другій довгій дузі нервові імпульси передаються до гіпофізу, який забезпечує виділення гормону окситоцину в кров. Окситоцин, який потрапив у кров, досягаючи молочної залози, викликає скорочення міоепітеліальних клітин альвеол. В результаті, протягом другої фази (рис. 1.3), виникає виведення молока, яке знаходиться в альвеолах. Час від початку подразнення дійок до припуску молока, так званий латентний період, в середньому складає 40 - 50 с. Необхідна для молоковіддачі концентрація окситоцину в крові підтримується короткий термін – від 2 до 5 хвилин, максимум – до 7 хвилин. Руйнація окситоцину в крові супроводжується закінченням рефлексу молоковіддачі. Це явище є фізіологічною основою правила доїння: доїння повинно відбуватися так, щоб максимально використати дію рефлексу молоковіддачі. Високий рівень тиску у порожнинах молочної залози утримується протягом 1,5 - 2 хвилини, після чого поступово починає знижуватись. У відповідності з дослідженнями [5], лактаційний рефлекс у корів складає приблизно 4 - 5 хвилин. У середньому, при нормальних умовах доїння, тиск починає знижуватися після того, як відбудеться видоювання 50 % молока. За 4 - 5 хвилин корова повинна віддати не менше 80 - 90 % молока від удою, після чого починається третя фаза доїння (рис. 1.3), під час якої здійснюється додоювання.

Для оцінювання якості виконання доярами своїх обов'язків, за допомогою відповідних засобів здійснюється контроль низки параметрів ТПВКМ, які регламентуються стандартом [8]. Якість роботи доярів характеризується значенням удою та тривалості доїння, кількістю повторних під'єднань доїльних стаканів, кількістю випадків холостих доїнь (доїльний апарат працює, а припуску молока немає), тривалістю холостих доїнь, кількістю відпадань доїльного апарата. Також, у багатьох випадках, здійснюється контроль параметрів доїльної та інших машин, які є невід'ємними складовими елементами ТПВКМ. До таких параметрів відносяться характеристики пульсуючого вакууму у доїльних стаканах, параметри технічного стану пульсатора, параметри, які характеризують положення маніпулятора та доїльних стаканів.

При проектуванні нових та модернізації існуючих доїльно-молочних відділень тваринницьких ферм висувуються високі вимоги до визначення продуктивності доїльної установки, що на практиці реалізувати дуже важко. Цим пояснюється той факт, що виробники у своїх рекламних проспектах не наводять її чисельного значення, або наводять його з невисокою точністю [9–32]. Тривалість роботи доїльної установки є важливим параметром, який має домінуюче значення при визначенні продуктивності. Складність визначення продуктивності установки в значній мірі зумовлена недосконалістю існуючих методів оцінювання тривалості машинного доїння. Тривалість роботи доїльної установки повинна знаходитись в певних межах, які залежать від характеристик стада або групи тварин, кількості доїльних апаратів, кількості тварин, алгоритму роботи доїльного апарата, типу доїльної установки, якості роботи дояра, тривалості підготовки тварини, інших факторів. Результат вимірювального контролю цього параметра ТПВКМ в значній мірі характеризує якість роботи доярів. Існуючі методи оцінювання тривалості роботи доїльних установок не враховують специфічні особливості різних їх типів та деякі технологічні операції. Наприклад, не враховується залежність статистичних характеристик тривалості підготовки тварин до доїння від способу їх ідентифікації, як правило, не враховуються особливості роботи певних типів доїльних апаратів. Внаслідок цього, оцінювання та прогнозування тривалості роботи доїльних установок та визначення границь допуску цього параметра, в більшості випадків, не мають достатню точність. Виходячи з цього, подальше вдосконалення методів оцінювання тривалості машинного доїння для різних доїльних установок є важливим та актуальним завданням. Внаслідок удосконалення вищевказаних методів підвищиться точність визначення продуктивності доїльної установки та тривалості її роботи при проектуванні або модернізації, збільшиться ефективність їх інженерного проектування та вимірювального контролю тривалості роботи різних типів доїльних установок. Для вирішення цього завдання необхідно провести експериментальні дослідження, на основі результатів цих досліджень визначити уточнені статистичні характеристики різних варіантів тривалості підготовки тварини до доїння та тривалості машинного доїння при використанні різних типів доїльних апаратів, визначити уточнені статистичні характеристики тривалості роботи з твариною. На основі отриманих результатів необхідно створити методи статистичного оцінювання тривалості ро-

боти доїльних установок і окремих доярів, та методику проведення вимірювального контролю цього параметра.

Параметри молоковіддачі тварин є важливою складовою комплексу параметрів ТПВКМ. Тривалість доїння певним чином характеризує стан тварини, якщо цей параметр значно збільшився, це може свідчити про погану підготовку тварини до доїння, або наявність стресового стану. Середнє значення тривалості доїння конкретної тварини змінюється протягом періоду лактації та визначається шляхом усереднення певної кількості результатів вимірювань [33]. Середня інтенсивність молоковіддачі також характеризує стан тварини, цей параметр визначають як відношення разового удою до тривалості доїння [34]. Якщо середня інтенсивність молоковіддачі конкретної тварини значно зменшилася у порівнянні з середнім значенням, це може свідчити про наявність маститу, або погану підготовку до доїння, або наявність стресового стану. Миттєве значення інтенсивності молоковіддачі контролюється протягом доїння з метою визначення моменту переходу до режиму додоювання та моменту закінчення доїння і автоматичного або ручного зняття доїльних стаканів. При використанні доїльного апарата з функцією додоювання, перехід до цієї фази відбувається при досягненні миттєвою інтенсивністю молоковіддачі значення 0,8 л/хв. Критерієм необхідності закінчення доїння є досягнення миттєвою інтенсивністю молоковіддачі значення 0,2 л/хв. Важливими параметрами молоковіддачі є інтенсивність молоковіддачі в перші тридцять секунд після початку доїння I_{30} , інтенсивність молоковіддачі на часовому проміжку від тридцяти до шістдесяти секунд після початку доїння I_{60} , інтенсивність молоковіддачі на часовому проміжку від шістдесяти до дев'яноста секунд після початку доїння I_{90} . Параметр I_{30} повинен мати значення не менше ніж 1,5 л/хв, а параметри I_{60} та I_{90} знаходяться в межах від 4 л/хв до 11 л/хв. Відхилення цих параметрів від норми свідчить про неякісну підготовку до доїння, наявність у тварини стресового стану, можливу наявність маститу [2]. Важливим показником стану тварини та якості роботи дояра є латентний період. Для вимірювання латентного періоду необхідно визначити момент початку подразнення дійок, що зробити дуже важко. Тому на практиці контролюють час припуску молока, який визначається як час після початку доїння, за який удій тварини склав 100 г. В середньому, якщо тварина не тугодійна, не хвора, не знаходиться в стані стресу та якісно підготовлена до доїння, то протягом 20 с після початку доїння її мінімальний удій повинен складати 100 г [35]. Якщо час, за який було отримано 100 г молока, більший норми, це свідчить про неякісну підготовку тварини до доїння, або можливу наявність стресового стану. Одним з найважливіших параметрів молоковіддачі є удій тварини. Розрізняють разовий удій протягом одного доїння, добовий удій, удій за період лактації. Суттєве зниження разового або добового удою свідчить про можливе захворювання тварини, або її стресовий стан, або про неналежне виконання своїх обов'язків доярцем під час підготовки тварини до доїння. На молочних фермах доїння може здійснюватись два рази на добу – вранці та ввечері, або три рази на добу – вранці, вдень та ввечері. Згідно з зоотехнічними нормами [36, 37], якщо ранковий, денний, або вечірній удій менший на двадцять і більше відсотків аналогічного удою за попередній день, то це є

ознакою неякісної підготовки тварини доярем. Вищевказані параметри молоковіддачі тварин у більшості випадків визначаються шляхом непрямого вимірювання, на основі результатів прямого вимірювання удою та певних часових проміжків. Виходячи з цього, домінуючий вплив на достовірність вимірювального контролю вищевказаних параметрів має точність вимірювання поточного удою. Традиційні засоби вимірювання об'єму та витрат рідини, в більшості випадків не можуть забезпечити достатню точність вимірювання цього параметра внаслідок особливостей процесу молоковіддачі – великого діапазону зміни значення потоку молока, наявності значної кількості піни, інтенсивного забруднення протоків, інших факторів. Існуючі засоби вимірювання об'єму та витрати молока також в багатьох випадках не забезпечують достатню достовірність вимірювального контролю параметрів молоковіддачі, які визначаються на основі результатів прямого вимірювання удою. Виходячи з цього, розробка нових засобів вимірювання поточного удою та інших параметрів молоковіддачі, які задовольняють сучасним вимогам, є актуальним завданням, яке потребує проведення подальших теоретичних та практичних досліджень. Слід відзначити, що у доїльному обладнанні, для вимірювання параметрів молоковіддачі, слід використовувати безконтактні вимірювальні перетворювачі, наприклад фотоелектричні, у яких відсутні рухомі частини. Ця обставина зумовлена тим, що прямий контакт з молоком рухомих частин призводить до швидкого забруднення молочним каменем, що негативно впливає на метрологічні характеристики. Наявність рухомих частин, які не мають прямого контакту з молоком, також небажана, внаслідок значної агресивності навколишнього середовища у доїльно-молочному відділенні ферми. У певних випадках, наприклад, на стійлових доїльних установках, як правило немає потреби у високоточному вимірюванні параметрів молоковіддачі, а використання стаціонарних засобів вимірювання, внаслідок конструктивних особливостей установки, неможливе. Внаслідок цього, на таких установках, вимірювальний контроль параметрів молоковіддачі у багатьох випадках взагалі не відбувається, що негативно впливає на ефективність роботи доїльно-молочного відділення. З вищевказаного впливає необхідність у створенні нових безконтактних вимірювальних перетворювачів параметрів молоковіддачі, та засобів вимірювання на їх основі, які можуть бути використані на будь-яких типах доїльних установок. Для створення таких перетворювачів необхідний аналіз і розробка нових, та удосконалення існуючих математичних моделей фотоелектричного та інших видів безконтактного первинного вимірювального перетворення.

Чесальні установки широко використовуються на сучасних тваринницьких фермах при безприв'язному утриманні тварин. Вони забезпечують підвищення комфорту тварини, збільшують середній добовий удій, зменшують стресовий стан тварини, зменшують витрати на лікування тварин та ремонт обладнання. Окрім того, правильне розташування чесальних установок, допомагає організувати оптимальний рух тварин у корівнику і сприяє їх природній поведінці [38]. Згідно з [39], в середньому тварина користується чесальною установкою від трьох до семи разів на добу. У теперішній час інтенсивність користування чесальною установкою не контролюється, хоча є очевидним, що вимірювальний контроль кількості

разів та тривалості користування чесальною установкою певним чином характеризує стан тварини. Збільшення кількості користувань та тривалості користування чесальною установкою свідчить про імовірність наявності у тварини шкірних захворювань, кліщів або стану «охоти», зменшення кількості та тривалості користування може бути ознакою захворювання тварини, її поганого самопочуття, наявності стресу. Питання вимірювального контролю параметрів користування чесальною установкою у теперішній час потребує подальших досліджень.

З метою раннього розпізнавання хвороб необхідно контролювати ректальну температуру, її контроль здійснюється під час планових оглядів та під час знаходження тварини на доїльній установці [39, 40].

Вага тварини є важливим параметром, який підлягає періодичному контролю. На перехідній стадії після отелення, для виробітку молока і підтримки маси тіла коровам потрібна збільшена кількість енергії, їх енергетичний баланс може стати від'ємним, а отже, підвищується ризик метаболічних порушень. Тому важливо контролювати зміну ваги під час лактації для того, щоб розпізнати і лікувати корів, які піддаються розладам пов'язаним з отеленням і метаболічними порушеннями. Окрім того, своєчасний контроль ваги дозволяє розпізнавати корів із запізнілим відновленням після отелення, визначати втрати або приріст ваги протягом сухостійного періоду, оцінювати споживання сухих речовин, проводити моніторинг проблем зі здоров'ям [39, 40].

У теперішній час мастит є однією з найбільших проблем молочного скотарства. Внаслідок маститу знижується продуктивність тварин, погіршується якість молока та його технологічні властивості, підвищуються витрати на діагностику і лікування тварин, виникає соціальна загроза попадання маститного молока у продаж, недоодержуються телята, ускладнюється племінна робота [41]. При виникненні маститу змінюється цілий комплекс параметрів сирого молока, в тому числі його електропровідність [42]. Найбільший вплив на збільшення значення електропровідності молока мають іони хлоридів та натрію, концентрація яких при маститах значно збільшується [43, 44–46]. Внаслідок цього, найбільш розповсюдженим способом автоматичного виявлення маститу є вимірювальний контроль електропровідності сирого молока під час процесу його отримання [47–52]. При збільшенні температури, електропровідність молока лінійно збільшується [43, 53, 54]. Таким чином, із зміною температури змінюються межі допустимого значення електропровідності. Виходячи з цього, вимірювальний канал електропровідності повинен бути термокомпенсованим [55]. Для виявлення враженої маститом чверті вимені, вимірювальний контроль електропровідності часто здійснюють для кожної чверті окремо. Слід відзначити, що миттєве значення електропровідності може суттєво змінюватись протягом доїння, тому виникає необхідність у створенні методів вимірювального контролю його середнього значення. У відповідності з [42], електропровідність молока, навіть у здорової тварини, значно збільшується протягом першого та останнього місяців лактації. У теперішній час, при вимірювальному контролі електропровідності, це не враховується. Таким чи-

ном, актуальним є проведення досліджень з метою встановлення залежності верхньої границі допуску електропровідності від дня лактації.

Зменшення електропровідності молока нижче мінімально допустимого значення може свідчити про фальсифікацію результатів удою персоналом ферми шляхом розбавлення молока водою. Проблема фальсифікації молока особливо актуальна на стійлових доїльних установках, які використовуються при прив'язному утриманні тварин. Дояри це роблять для завищення показників удою, від яких залежить їх заробітна плата. При фальсифікації молока водою, окрім зменшення його електропровідності, зменшується поглинання світлового потоку при проходженні його крізь водно-молочний розчин, особливо у інфрачервоній ділянці спектру [43]. Існуючі засоби не дозволяють оперативно виявляти вміст води у молоці на стійлових доїльних установках [43, 56]. Виходячи з цього, актуальним є проведення відповідних теоретичних та експериментальних досліджень з метою розробки оптичного методу вимірювання відносної масової частки молока у водно-молочному розчині з метою оперативного вимірювального контролю вмісту води у молоці на стійлових доїльних установках. Відповідно, виникає завдання створення математичної моделі вимірювального каналу відносної масової частки молока у водно-молочному розчині та оптимізації його параметрів з метою забезпечення максимально високих метрологічних характеристик.

Активність є важливим параметром, який визначається як середнє значення кількості рухів тварини протягом певних часових проміжків [57]. Активність під час стану охоти є вищою, ніж під час стадії гальмування та зрівноважування статевого циклу. На основі результатів вимірювального контролю активності визначають оптимальний час осіменіння [58]. У відповідності з [59], при відсутності контролю активності, від 6 до 20 % тварин осіменяється поза межами оптимального часу, за повторного осіменіння – від 8 до 19 % тільних тварин осіменяється поза межами оптимального часу [60, 61]. Наслідком цього є збільшення розмірів неплідності та економічні збитки підприємства. Зменшення активності тварини є ознакою поганого самопочуття, яке може бути зумовлено захворюванням, травмою, або стресовим станом. Контроль активності тварин здійснюється за допомогою відповідних технічних засобів, які, як правило, реалізовані на основі гіроскопічних ВП. У відповідності з [62–66], при використанні автоматичного контролю активності, вдається виявити від 60 до 99 % тварин, які знаходяться в стані охоти.

Румінація (жувальна активність) є важливим показником стану тварини, зміни румінації є ознакою виникнення змін у системі травлення [67]. Чим раніше отримується інформація про проблеми з травленням, тим менше витрат буде потрібно на лікування [68, 69]. Наявність постійного надходження інформації про румінацію сприяє діагностиці проблем здоров'я, забезпечує моніторинг ефективності лікування, дозволяє виявляти проблеми у годівлі [70–73]. Вимірювальний контроль румінації здійснюється за допомогою відповідних ЗВ, до складу яких входить мікрофон, який жорстко закріплений на боковій частині шиї тварини, та мікроконтролер з програмним забезпеченням, призначеним для

обробки вихідного сигналу мікрофона з метою визначення тривалості і ритму жування [68, 73, 74].

Результат оцінювання стану складових елементів ТПВКМ на основі результатів вимірювального контролю тільки одного з параметрів має відносно низьку достовірність внаслідок наявності великої кількості факторів, які впливають на його значення. У відповідності з [75–79], відхилення стану тварини від норми супроводжується одночасною зміною певної кількості параметрів ТПВКМ. Виходячи з цього, є очевидним, що при застосуванні моніторингу та безперервного вимірювального контролю низки параметрів ТПВКМ, можливе вчасне виявлення відхилень стану його складових елементів від норми, внаслідок чого збільшиться ефективність функціонування доїльно-молочного відділення ферми. Слід відзначити, що у теперішній час не існує кількісного критерію оцінювання стану складових елементів ТПВКМ на основі результатів вимірювального контролю його параметрів. Також не існує кількісного критерію оцінювання небезпеки відхилення від норми стану складових елементів ТПВКМ на основі результатів вимірювального контролю його параметрів, який може бути використаний для прогнозування стану складових елементів ТПВКМ. Виходячи з цього, проведення теоретичних та практичних досліджень з метою створення таких критеріїв, є важливим та актуальним завданням.

На більшості доїльних установок здійснюється вимірювання та контроль параметрів ТПВКМ, які стосуються певних груп тварин. До таких параметрів відносяться: загальна кількість отриманого молока, загальний удій певної групи тварин, удій, отриманий кожним доярем, загальний удій отриманий у доїльному станку, тривалість роботи установки, середній удій тварини у групі або стаді за добу, середній удій тварини у групі або стаді за період лактації, середній час доїння тварини у групі або стаді, параметри молока, яке отримано від групи тварин.

У теперішній час невирішеним завданням є високоточний підрахунок порцій молока, сформованих дозатором, на стійлових доїльних установках. На основі результатів їх підрахунку визначається удій, отриманий кожним доярем. Також, на основі результатів цього підрахунку, визначається кількість отриманого молока, середній удій тварини у групі та стаді за добу, середній удій тварини у групі та стаді за період лактації. Внаслідок того, що часові параметри проходження порції молока в значній мірі залежать від забруднення зливного отвору та інших складових елементів дозатора, параметрів вакууму, конфігурації молокопроводу, ступеню спінювання молока, існуючі засоби підрахунку не завжди забезпечують достатню точність. Виходячи з цього, підвищення точності засобів підрахунку порцій молока на стійлових доїльних установках є актуальним завданням.

1.3 Сучасний стан засобів контролю параметрів ТПВКМ

У теперішній час в спектрі продукції усіх основних світових виробників доїльного обладнання присутні засоби вимірювального контролю параметрів ТПВКМ. Такі засоби пропонує вітчизняний виробник ТДВ «Брацлав» [9, 10],

шведська компанія «DeLaval» [11, 12], німецькі компанії «GEA» [13–18] та «Impulsa AG» [19], ізраїльські компанії «Afimilk» [20, 21] та «S.C.R.» [22, 23], російська компанія «Фемакс» [24, 25], американська компанія «Boumatic» [26–28], італійська компанія «Panazoo» [29, 30], датська компанія «SAC» [31], голландська компанія «Lely» [32], інші виробники. Особливістю засобів вимірювального контролю параметрів ТПВКМ є те, що у більшості випадків вони конструктивно суміщені з засобами автоматичного управління певними складовими ТПВКМ, а результати вимірювання та вимірювального контролю можуть використовуватися для забезпечення процесу автоматичного управління. Засоби вимірювального контролю ТПВКМ можуть функціонувати в автономному режимі, але в більшості випадків вони є складовими елементами ІВС ПТПВКМ. Як правило, ІВС ПТПВКМ є складовою частиною САУТФ, або працюють у комплексі з ними, але у деяких випадках можуть використовуватися автономно [80]. ІВС ПТПВКМ використовуються у ТПВКМ при усіх способах утримання тварин та на будь-яких типах доїльних установок [2, 81–83]. Розглянемо розроблену класифікацію ІВС ПТПВКМ [84, 85], яка наведена на рис. 1.4.

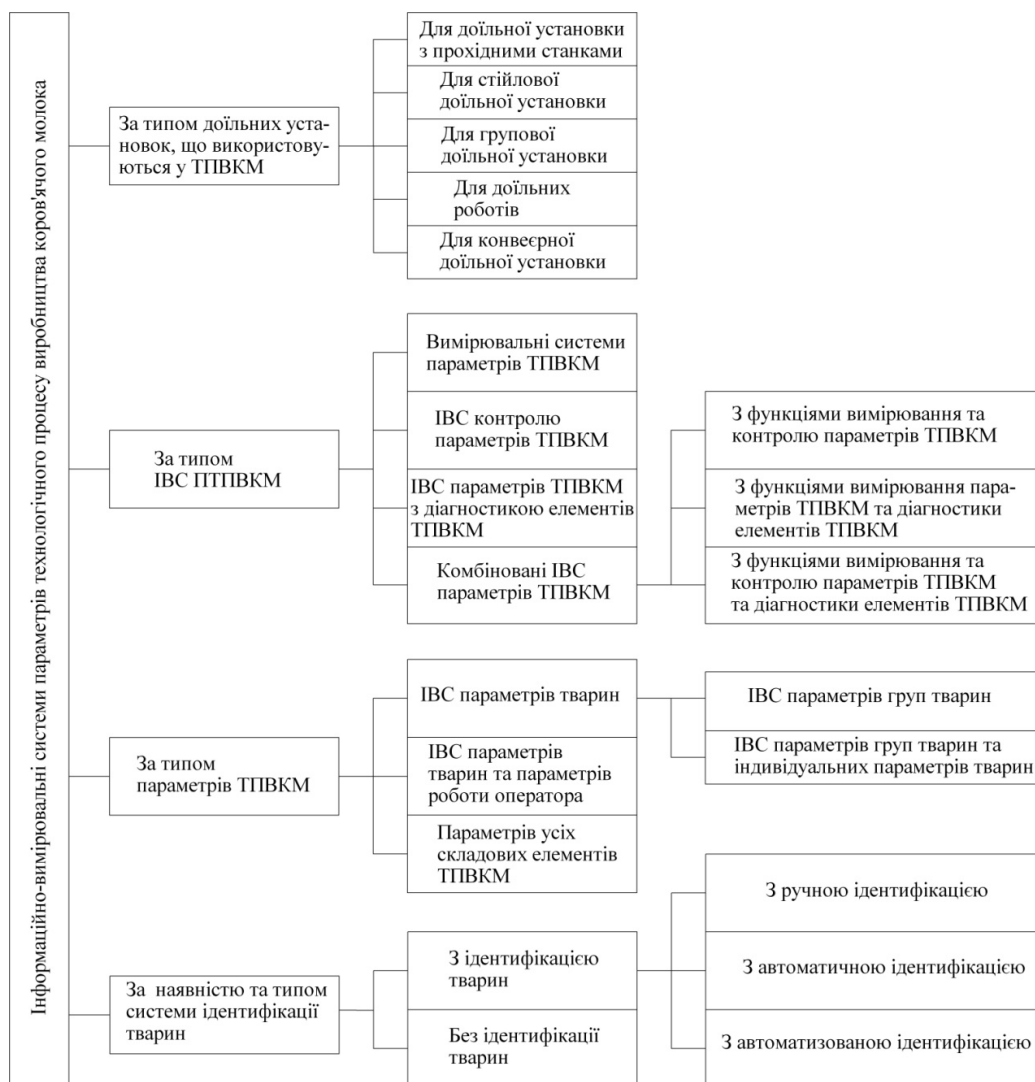


Рисунок 1.4 – Класифікація ІВС ПТПВКМ

ІВС ПТПВКМ поділяються на чотири основних групи за такими класифікаційними ознаками. За типом доїльних установок, що використовуються у ТПВКМ, ІВС ПТПВКМ можуть бути призначені для використання на конвеєрних, групових, стійлових доїльних установках, доїльних установках з прохідними станками, у складі доїльних роботів. Тип доїльної установки в значній мірі визначає структуру ІВС ПТПВКМ, особливості її роботи, наявність певних специфічних вузлів, принципову можливість вимірювання та контролю деяких параметрів ТПВКМ.

За типом ІВС ПТПВКМ поділяються на вимірювальні системи параметрів ТПВКМ (ІВС ПТПВКМ), ІВС контролю параметрів ТПВКМ (ІВС КТПВКМ), ІВС параметрів ТПВКМ з діагностикою елементів ТПВКМ (ІВС ПТПВКМДЕ), комбіновані ІВС параметрів ТПВКМ (КІВС ПТПВКМ). За допомогою ІВС ПТПВКМ здійснюється вимірювальне перетворення параметрів складових елементів ТПВКМ, аналого-цифрове та функціональне перетворення аналогових вимірювальних сигналів, обробка та перетворення вимірювальної інформації, створення та управління потоками вимірювальної інформації, представлення вимірювальної інформації у необхідному вигляді [80]. Результатом роботи ІВС КТПВКМ є інформація про відповідність або невідповідність параметрів елементів ТПВКМ встановленим нормам. ІВС КТПВКМ забезпечують контроль параметрів усіх або окремих складових елементів ТПВКМ. Виміряні значення параметрів порівнюються з межами допуску, після чого формується інформація про їх відповідність нормі. ІВС ПТПВКМДЕ на основі результатів контролю відповідних параметрів, здійснюють діагностику стану складових елементів ТПВКМ. Так на основі результатів вимірювання параметрів тварин, аналізу їх динаміки та взаємозв'язку, здійснюється попередня діагностика можливих захворювань. На основі результатів вимірювання параметрів доїльних машин проводиться їх технічне діагностування. Параметри роботи доярів, певні зоотехнічні параметри тварин та параметри роботи доїльних машин, характеризують якість роботи доярів. На основі результатів контролю цих параметрів виявляються технологічні операції, які доярами проводяться неякісно. КІВС ПТПВКМ можуть одночасно здійснювати вимірювання параметрів складових елементів ТПВКМ, їх автоматичний контроль, проводити діагностування цих елементів. КІВС ПТПВКМ поділяються на системи з функціями вимірювання та контролю параметрів ТПВКМ, системи з функціями вимірювання параметрів ТПВКМ та діагностики елементів ТПВКМ, системи з функціями вимірювання і контролю параметрів ТПВКМ та діагностики стану елементів ТПВКМ. За типом параметрів ТПВКМ, ІВС ПТПВКМ поділяються на ІВС тварин (ІВС ПТ), на ІВС параметрів тварин та параметрів роботи оператора (ІВС ПТПРО), та ІВС параметрів усіх складових елементів ТПВКМ (ІВС ПСЕТПВКМ). ІВС ПТ забезпечують вимірювання, контроль, діагностику стану окремих тварин або груп тварин. Виміряні у цьому випадку параметри є виключно параметрами тварин або груп тварин, але їх значення може певним чином характеризувати якість роботи операторів та доїльних машин. ІВС ПТ, в свою чергу, поділяються на ІВС параметрів груп тварин (ІВС ПГТ), та ІВС параметрів груп тварин та

індивідуальних параметрів тварин (ІВС ПГТІПТ). ІВС ПТПРО окрім функцій ІВС ПТ забезпечують отримання інформації про параметри ТПВКМ, які є виключно параметрами роботи оператора і характеризують якість його роботи. За допомогою ІВС ПСЕТПВКМ забезпечується отримання інформації про параметри усіх складових елементів ТПВКМ: людини, тварини та машин.

За наявністю та типом систем ідентифікації тварин ІВС ПТПВКМ поділяються на системи з ідентифікацією тварин та без ідентифікації тварин. Системи з ідентифікацією тварин поділяються на системи з ручною ідентифікацією, з автоматичною ідентифікацією, з автоматизованою ідентифікацією. За допомогою систем ідентифікації встановлюється індивідуальний номер тварини у стаді, після чого результати вимірювання та контролю відповідних цій тварині параметрів ТПВКМ ставляться у відповідність її стадному номеру. Якщо у ІВС ПТПВКМ відсутня ідентифікація тварин, то у такій системі можливе вимірювання та контроль тільки параметрів групи тварин. У ІВС ПТПВКМ з ручною ідентифікацією, стадний номер тварини вводиться до БЗПД вручну. У ІВС ПТПВКМ з автоматичною ідентифікацією тварини ідентифікуються автоматично, без участі дояра. У ІВС ПТПВКМ з автоматизованою ідентифікацією тварин, ЗТ підноситься до транспондера тварини доярем вручну.

Слід відзначити, що переважна більшість параметрів ТПВКМ контролюються, відповідно, основним типом ІВС, які використовуються у доїльно-молочних відділеннях тваринницьких ферм, є ІВС КПТПВКМ. ІВС КПТПВКМ призначені для отримання вимірювальної інформації про параметри технологічних процесів, необхідного перетворення та обробки цієї інформації, представлення її у необхідному вигляді, здійснення функцій контролю параметрів ТПВКМ [80]. Розглянемо наведену на рис. 1.5 узагальнену структурну схему ІВС КПТПВКМ, до складу якої входять практично усі структурні елементи, використання яких можливе у таких системах [78, 79].

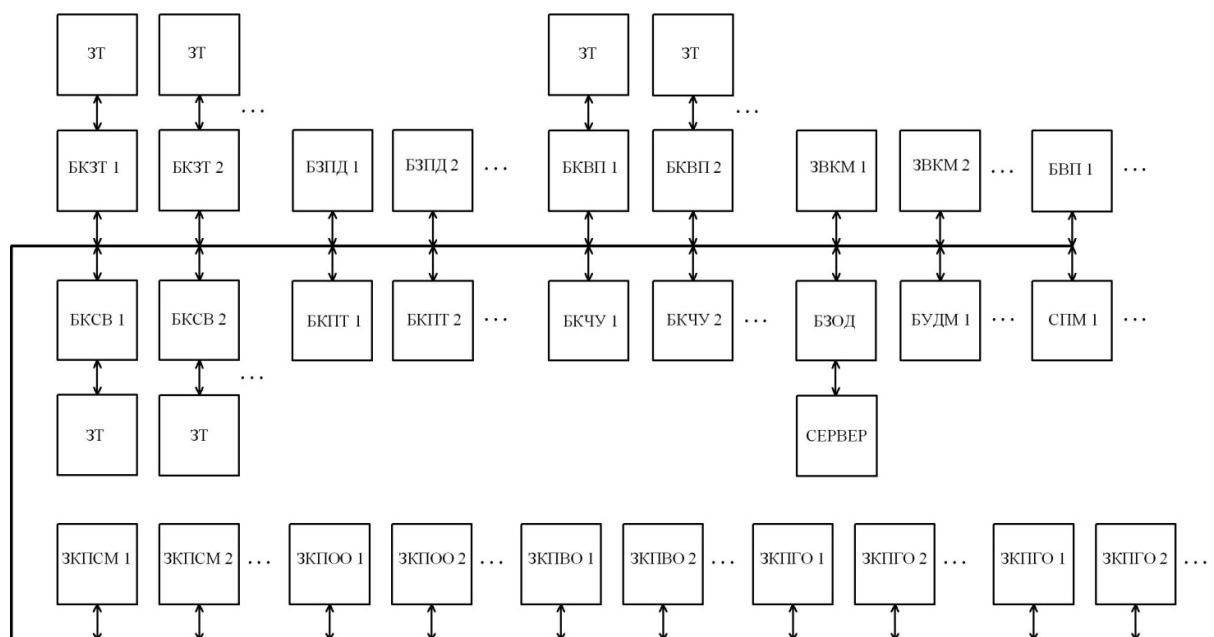


Рисунок 1.5 – Узагальнена структурна схема ІВС КПТПВКМ

До складу узагальненої ІВС КППВКМ входять блоки забезпечення процесу доїння (БЗПД), блок забезпечення обміну даними (БЗОД), зчитувачі транспондерів (ЗТ), блоки керування зчитувачем транспондерів (БКЗТ), блоки контролю проходження тварини (БКПТ), блоки керування селекційними воротами (БКСВ), блоки керування чесальною установкою (БКЧУ), блоки керування ваговими платформами (БКВП), ЗВ кількості молока (ЗВКМ), блоки управління дозатором молока (БУДМ), лічильники порцій молока (ЛПМ), блоки відображення параметрів (БВП), засоби контролю параметрів сирого молока (ЗКПСМ), засоби контролю параметрів охолоджувального обладнання (ЗКПОО), засоби контролю параметрів вакуумного обладнання (ЗКПВО), засоби контролю параметрів гноєзбирального обладнання (ЗКПГО), засоби контролю параметрів доїльного обладнання (ЗКПДО), сервер ІВС КППВКМ, за допомогою якого забезпечується функціонування системи.

Також до складу ІВС КППВКМ можуть входити специфічні структурні елементи, які використовуються в особливих випадках. До таких елементів, наприклад, відноситься ЗВ кутової швидкості платформи конвеєрної доїльної установки, який використовується у системі автоматичного управління її кутовою швидкістю. Будь-яка доїльна установка має у своєму складі доїльні станки або стійлові місця, розташування яких визначається способом утримання тварин, типом доїльної установки та її структурою. Вони можуть бути обладнані доїльними апаратами з функцією керування процесом доїння та без функції керування процесом доїння, в обох випадках можливе використання ІВС КППВКМ. Найважливішим складовим елементом більшості ІВС КППВКМ є БЗПД, основним завданням якого є забезпечення процесу доїння. При використанні доїльних роботів, групових та конвеєрних доїльних установок, доїльних установок з прохідними станками, БЗПД стаціонарно встановлюється у доїльному станку разом з доїльним апаратом. На стійловій доїльній установці БЗПД переміщується від стійла до стійла разом з доїльним апаратом та доярем. При використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння, які завжди обладнані електромагнітними пульсаторами, БЗПД забезпечує таке управління роботою пульсатора, яке спрямовано на оптимізацію процесу доїння. Оптимальним є такий процес доїння, під час якого імітується теля, тобто в залежності від виміряного значення інтенсивності молоковіддачі змінюється режим пульсацій вакууму у доїльних стаканах і доїльний апарат налаштовується на індивідуальні особливості конкретної тварини. Доїльний апарат без функції керування процесом доїння може бути обладнаний електромагнітним або механічним пульсатором. При використанні таких доїльних апаратів БЗПД не здійснює керування процесом доїння, режим доїння у цьому випадку незмінний, або змінюється в залежності від поточного часу доїння, а не в залежності від інтенсивності молоковіддачі. Також функціональним призначенням БЗПД може бути вимірювання, контроль, візуалізація певної кількості параметрів ТПВКМ, визначення моменту закінчення доїння, зняття доїльного апарата, отримання ідентифікаційної та вимірювальної інформації від транспондерів, які встановлені на тваринах, обмін інформацією з сервером ІВС КППВКМ та іншим обладнанням [9–20]. Окрім цього, за допомо-

гою БЗПД можливе ручне введення та передача до сервера ІВС КПППВКМ інформації про температуру тіла тварин, їх вагу, травмованість, наявність та ступінь маститу, наявність стану охоти, необхідність розколу, ознаки, за якими тварину не можна доїти (наприклад, застосування антибіотиків), інформації про пошкодження або втрату транспондера, деяких інших параметрів [2, 11, 19]. Після закінчення доїння тварини або групи тварин, отриману вимірювальну та службову інформацію БЗПД передає до сервера ІВС КПППВКМ, де здійснюється її обробка за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Слід відзначити, що на доїльних установках найнижчої цінової категорії, БЗПД можуть бути відсутні, але ІВС КПППВКМ може використовуватись. У цьому випадку вимірювання та контроль обмеженої кількості параметрів ТПВКМ забезпечується за допомогою іншого обладнання.

Основним елементом, який забезпечує обмін даними між сервером ІВС КПППВКМ та іншими її складовими, є БЗОД. Завданням БЗОД є управління потоками даних, які виникають в системі, буферизація та перетворення даних, перетворення інтерфейсів, забезпечення завадостійкості тощо. Уся вимірювальна та службова інформація елементами системи передається до БЗОД, який після необхідної її обробки, передає ці дані до сервера ІВС КПППВКМ. Передача даних від сервера до елементів системи також здійснюється за посередництва БЗОД. Слід відзначити, що потоки вимірювальної інформації у ІВС КПППВКМ мають випадковий характер, характеристики інформаційних потоків в значній мірі визначаються типом доїльної установки, об'єм вимірювальної та допоміжної інформації у ІВС КПППВКМ відносно невеликий, тому не виникає необхідності у використанні швидкодіючих інтерфейсів для обміну даними. Найбільш важливими параметрами інтерфейсу, у цьому випадку, є його надійність, життєздатність та завадостійкість, тому що робота ІВС КПППВКМ здійснюється в умовах високого рівня промислових завод та великої імовірності механічних пошкоджень елементів системи.

При застосуванні у ІВС КПППВКМ автоматичної або автоматизованої ідентифікації, на тваринах закріплюються транспондери, отримання інформації від них здійснюється за допомогою ЗТ. Транспондери бувають пасивними та активними, пасивні транспондери не мають власного джерела живлення і використовуються тільки для ідентифікації. До складу активних транспондерів, які мають власне джерело живлення, можуть входити ЗВ активності та румінації [20–23].

БКЗТ призначений для забезпечення живлення ЗТ, керування режимами його роботи, дешифрації та перетворення даних, які надходять від ЗТ, перетворення інтерфейсів, виявлення помилок читання коду транспондера шляхом аналізу контрольних сум або інших методів, передачі даних отриманих від ЗТ до інших елементів ІВС КПППВКМ. В залежності від способу та місця ідентифікації тварин та типу установки, БКЗТ може бути інтегрований в БЗПД, БКСВ або БКВП.

За допомогою БКПТ встановлюється факт проходження тварини до доїльного станка доїльної установки, вагової платформи, селекційних воріт, доїльного робота [21, 86]. Фактично, БКПТ здійснює операцію підрахунку тварин у потоці.

Необхідність використання БКПТ зумовлена тим, що внаслідок втрати транспондера або помилки ідентифікації можлива втрата вимірювальної інформації, яка стосується як окремих тварин, так і їх груп. Застосування БКПТ дозволяє зменшити ці втрати. Слід відзначити, що рух тварин у потоці має хаотичний характер, тварини випадково змінюють швидкість та напрямок руху, роблять спроби порушити чергу, зупиняються та присідають. Внаслідок цього, існуючі БКПТ у більшості випадків не здатні забезпечити достатню достовірність контролю проходження тварин. Виходячи з цього, створення нового, високоточного методу контролю проходження тварин у потоці, є важливим та актуальним завданням, вирішення якого дозволить значно зменшити втрати вимірювальної інформації про параметри ТПВКМ.

За допомогою БКСВ забезпечується управління потоком тварин у доїльно-молочному відділенні тваринницької ферми. Після закінчення доїння тварини прямують до місця утримання, на їх шляху розташовуються селекційні ворота, за допомогою яких конкретна тварина спрямовується в місце утримання або в спеціальне приміщення, в якому проводяться ветеринарні та зоотехнічні процедури. Кількість БКСВ залежить від типу та структури доїльної установки, управління БКСВ здійснюється за допомогою інформації, яка надходить від сервера ІВС КППТВКМ. Кожний БКСВ обладнаний БКПТ та ЗТ, відповідно, до його складу входить інтегрований БКЗТ. Після ідентифікації у БКСВ аналізується інформація стосовно цієї тварини, яка надійшла від сервера, після чого приймається рішення про напрямок її руху. Рішення про розкол може бути прийняте на основі результатів контролю параметрів ТПВКМ, або на основі інформації, яку дояр вручну вводить до сервера або БЗПД (наприклад наявність травми, маститу та ін.).

Сучасні тваринницькі ферми з безприв'язним утриманням обладнуються автоматичними установками для чесання тварин, які розташовуються у місцях їх руху. Управління чесальною установкою здійснюється за допомогою БКЧУ, який забезпечує управління напрямком обертання електродвигуна, вимірювальний контроль струму споживання електродвигуна з метою запобігання його перевантаження, вимірювання та вимірювальний контроль інших необхідних параметрів.

За допомогою вагової платформи здійснюється вимірювання та контроль ваги тварин. Забезпечення функціонування вагової платформи здійснюється за допомогою БКВП. У сучасних системах цей процес автоматизований, тому БКВП обладнується ЗТ. При відсутності автоматичних вагових платформ результати вимірювання ваги вводяться вручну до сервера системи або до БКВП.

Будь-яке доїльно-молочне відділення тваринницької ферми має у своєму складі одну або декілька ємностей для зберігання молока, де воно перемішується або охолоджується протягом часу зберігання. Усі розрахунки з покупцями молока здійснюються на основі результатів вимірювання його кількості у цих ємностях. Для вимірювання кількості цього молока використовується ЗВКМ, який є складовою частиною ІВС КППТВКМ [2].

Виключно на стійлових доїльних установках, у складі ІВС КППТВКМ застосовуються БУДМ та ЛПМ. БУДМ керує електромагнітними клапанами дозатора,

здійснює підрахунок порцій молока для визначення удою у кожній лінії, за допомогою БЗОД здійснює обмін даними з сервером. ЛПМ виконує такі самі функції, що і БУДМ, окрім управління електромагнітними клапанами.

БВП іноді використовується на доїльних установках різних типів, за допомогою цього функціонального вузла, у ІВС КППВКМ візуалізуються деякі параметри ТПВКМ та результати їх вимірювального контролю.

Виробниками і покупцями сирого молока використовуються ЗКПСМ для контролю його якості. За допомогою ЗКПСМ контролюються такі параметри: жирність, вміст соматичних клітин, густина, в'язкість, рН, вміст білку, вміст лактози, температура, вміст води, вміст солі, бактеріальна заплідненість, деякі інші параметри [43].

За допомогою ЗКПГО вимірюються та контролюються параметри, необхідні для забезпечення роботи гноезбирального обладнання. З метою запобігання примерзання скребка у холодну пору року здійснюється контроль температури підлоги, при її зниженні нижче порогового рівня забезпечуються антиприммерзальні рухи скребка. Для калібрування скреперної системи, компенсації зміни довжини троса, реалізації алгоритму усунення перешкод, здійснюється вимірювання та вимірювальний контроль струму споживання привідного електродвигуна та лінійного зміщення скребка відносно початкового положення [87].

При використанні ЗКПВО, на основі результатів вимірювального контролю струму споживання, фазних напруг, температури обмоток, кутової швидкості, здійснюється діагностика технічного стану основного та резервного електродвигунів вакуумної установки. Окрім того, на основі результатів вимірювання розрідження у різних місцях вакуумпроводу, здійснюється автоматична підтримка його оптимального значення [9, 88].

ЗКПДО призначені для вимірювання та контролю комплексу параметрів доїльного обладнання, до яких відносяться шпаруватість, амплітуда, частота, тривалість, співвідношення тактів, тривалість перехідних процесів та фронтів пульсуючого вакууму у доїльних стаканах доїльних апаратів. Також ці засоби здійснюють автоматичний контроль технічного стану та діагностику доїльного обладнання, контроль наявності пульсацій у доїльних стаканах, контроль технічного стану пульсаторів, контроль положення маніпулятора з метою запобігання його падінню, вимірювання температури та рівня води і миючих засобів у системі промивання, деяких інших, специфічних для кожної доїльної установки параметрів [2].

Невід'ємною складовою частиною ТПВКМ є його охолодження. Завдяки зниженню температури створюються умови, при яких стримується розвиток мікроорганізмів і збільшується час зберігання [89, 90]. За допомогою ЗКПОО здійснюється контроль рівня, температури та ваги сирого молока у охолоджувальних ємностях, забезпечується контроль функціонування, діагностика та управління роботою складових елементів охолоджувального обладнання.

1.4 Сучасний стан систем ідентифікації тварин для ТПВКМ

Системи ідентифікації тварин є важливим елементом ТПВКМ, функціонування засобів вимірювального контролю параметрів ТПВКМ без систем ідентифікації відбувається із значним обмеженням функціональності. Завданням систем ідентифікації тварин у ТПВКМ є встановлення відповідності між номером тварини у стаді, та результатами вимірювання і контролю параметрів ТПВКМ, які пов'язані з цією твариною. Внаслідок виникнення помилок ідентифікації може бути втрачена інформація про одну або декілька тварин, в результаті чого знижується ефективність функціонування тваринницької ферми. Виходячи з цього, до систем ідентифікації тварин висуваються високі вимоги стосовно надійності їх роботи. Системи ідентифікації, які використовуються у ТПВКМ, мають специфічні особливості, які визначаються способом утримання тварин та конструктивними особливостями доїльної установки, параметри цих систем регулюються міжнародними стандартами [91, 92]. Системи ідентифікації входять до складу доїльних комплексів, які пропонують практично усі світові виробники [9–32].

1.4.1 Класифікація систем ідентифікації тварин для ТПВКМ

На рис. 1.6 наведено розроблену класифікацію систем ідентифікації тварин для ТПВКМ [93, 94]. Системи ідентифікації тварин для ТПВКМ за місцем розташуванням транспондера поділяються на такі, у яких транспондер закріплений на шії, холці, вусі, нозі, шлунку, або під шкірою тварини.

За динамікою об'єкта ідентифікації, системи ідентифікації тварин для ТПВКМ поділяються на системи з ідентифікацією тварин під час руху, на системи з ідентифікацією нерухомих тварин, та на комбіновані системи. При використанні селекційних воріт тварини ідентифікуються під час руху. На стійлових доїльних установках, доїльних установках з прохідними станками, при використанні доїльних роботів здійснюється ідентифікація нерухомих тварин. На групових доїльних установках, конвеєрних доїльних установках та на вагових платформах може здійснюватись ідентифікація рухомих та нерухомих тварин. Якщо на доїльній установці та ваговій платформі здійснюється ідентифікація нерухомих тварин, а селекційні ворота на фермі не використовуються, то така система ідентифікації для ТПВКМ відноситься до систем з ідентифікацією нерухомих тварин. У випадку, якщо на доїльній установці, ваговій платформі та селекційних воротах здійснюється ідентифікація рухомих тварин, то така система відноситься до систем з ідентифікацією тварин під час руху. Якщо на фермі здійснюється ідентифікація тварин як під час руху, так і в нерухомому положенні, то така система відноситься до комбінованих систем ідентифікації.

За місцем використання ЗТ у системах ідентифікації тварин для ТПВКМ, вони поділяються на такі, у яких здійснюється ідентифікація на доїльній установці, на селекційних воротах та доїльній установці, на доїльній установці та ваговій платформі, на доїльній установці та селекційних воротах і ваговій платформі.

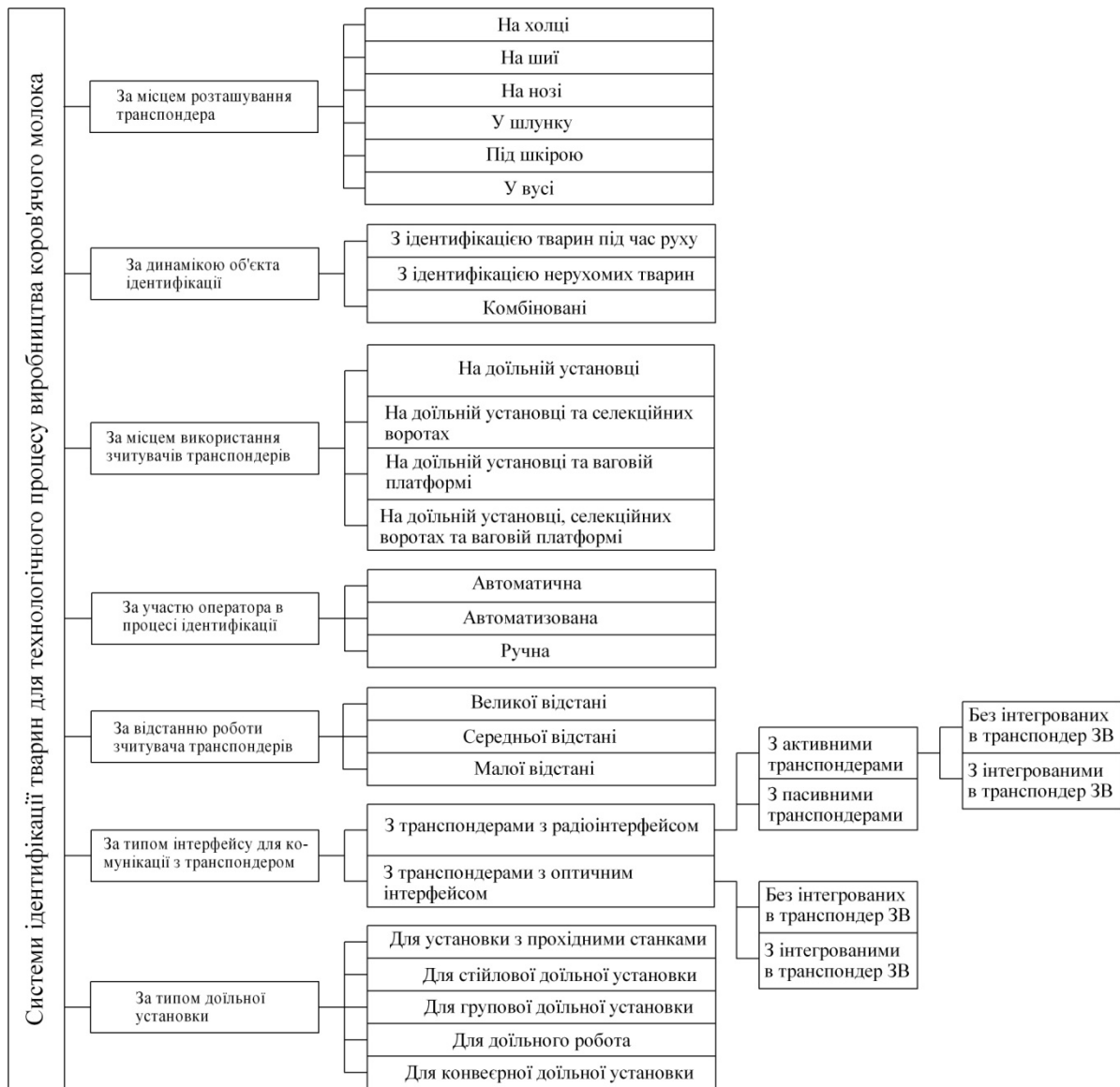


Рисунок 1.6 – Класифікація систем ідентифікації тварин для ТПВКМ

За участю оператора в процесі ідентифікації, системи ідентифікації тварин для ТПВКМ поділяються на автоматичні, автоматизовані, ручні. При ручній ідентифікації номер тварини вводиться вручну до БЗПД. При автоматизованій ідентифікації кожний БЗПД обладнаний ЗТ, який перед початком підготовки тварини до доїння дояр вручну наближає до транспондера [9]. При використанні автоматичних систем, ідентифікація тварин відбувається без участі оператора.

За відстанню роботи ЗТ системи ідентифікації тварин для ТПВКМ поділяються на малої відстані, середньої відстані, великої відстані. ЗТ малої відстані використовуються при автоматизованій ідентифікації у доїльних станках. ЗТ середньої відстані використовуються при автоматичній ідентифікації нерухомих тварин, та іноді, для ідентифікації рухомих тварин, ЗТ великої відстані – при автоматичній ідентифікації рухомих та нерухомих тварин.

За типом інтерфейсу для комунікації з транспондером системи ідентифікації тварин для ТПВКМ поділяються на системи з транспондерами з оптичним

інтерфейсом та системи з транспондерами з радіоінтерфейсом. Конструкція кріплення транспондерів з оптичним інтерфейсом така, що трансивер завжди знаходиться зверху тварини на її холці, а ЗТ знаходиться у доїльному станку над твариною. При входженні тварини до доїльного станка транспондер активізується за сигналом від ЗТ, після чого здійснюється обмін даними [75]. Усі типи транспондерів з оптичним інтерфейсом активні, тобто потребують автономних елементів живлення, які треба періодично замінювати. Найбільш розповсюдженими у теперішній час є системи ідентифікації тварин для ТПВКМ з використанням транспондерів з радіоінтерфейсом, так звані системи радіочастотної ідентифікації [92]. У таких системах обмін даними між ЗТ та транспондером здійснюється за допомогою радіозв'язку. У ТПВКМ використовуються як активні, так і пасивні транспондери для систем радіочастотної ідентифікації. Завдяки наявності автономного джерела живлення, при використанні активних транспондерів досягається велика відстань зчитування і можливість інтеграції ЗВ активності та румінації. Але найбільш розповсюдженими є засоби радіочастотної ідентифікації тварин з пасивними транспондерами [95, 96]. До складу такого транспондера входить індуктивна антена, трансивер та мікропроцесор [97, 98]. Коли транспондер знаходиться у робочій зоні ЗТ, його коливальна система накопичує енергію, якої достатньо для приведення у дію мікропроцесора і трансивера. Мікропроцесор генерує у відповідь на запит ЗТ пакет даних з кодом транспондера, ЗТ дешифрує код транспондера, після чого він передається до сервера ІВС КППВКМ. Сервер, на основі отриманого коду транспондера, визначає номер тварини у стаді, та повертає його до БЗПД для візуалізації [99, 100].

Системи ідентифікації тварин з транспондерами з оптичним інтерфейсом та системи радіочастотної ідентифікації з активними транспондерами поділяються на системи з транспондерами з інтегрованими ЗВ та без інтегрованих ЗВ. Системи з транспондерами без інтегрованих ЗВ призначені виключно для визначення стадного номера тварини. У системах з транспондерами з інтегрованими ЗВ здійснюється вимірювання активності тварини та румінації.

За типом доїльної установки системи ідентифікації тварин для ТПВКМ можуть бути призначені для конвеєрної, групової, стійлової доїльної установки, для доїльної установки з прохідними станками, для доїльного робота.

1.4.2 Системи ідентифікації рухомих тварин для ТПВКМ

Ідентифікація тварин під час руху відбувається виключно в автоматичному режимі з використанням ЗТ середньої та великої відстані. Цей спосіб ідентифікації може бути використаний на вході на конвеєрну або групову доїльну установку, на селекційних воротах та автоматичній ваговій платформі. ЗТ середньої відстані можуть використовуватись тільки якщо транспондери закріплені на нозі, шії або у вусі тварини, у цьому випадку, вони повинні бути закріплені з тієї сторони тварини, з якої знаходиться ЗТ. На рис. 1.7 наведено варіант структурної схеми системи ідентифікації тварин під час руху для групових доїльних установок [101].

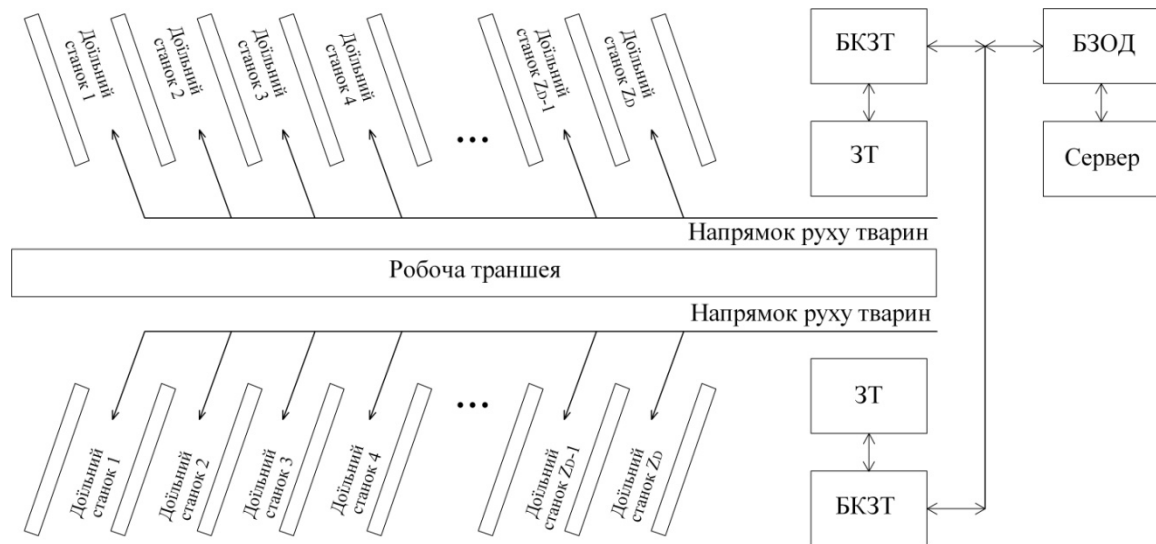


Рисунок 1.7 – Структурна схема системи ідентифікації тварин під час руху для групових доїльних установок

До групових доїльних установок відносяться установки типу «Паралель» та «Ялинка», різниця між ними полягає у різному розташуванні тварин у доїльних станках. Групова доїльна установка складається з певної кількості робочих траншей, сторони кожної траншеї обладнані стаціонарними доїльними станками. Вхід та вихід тварин на сторону траншеї здійснюється групами, кількість тварин у групі дорівнює кількості доїльних станків Z_D на одній стороні. Під час входу тварин, вони на шляху до доїльних станків проходять через робочу зону ЗТ. Конструктивно, прохід виконаний так, що тварина яка увійшла першою, буде знаходитись в першому доїльному станку, друга – в другому, і т. д. При проходженні тварин через робочу зону ЗТ коди транспондерів дешифруються за допомогою БКЗТ та передаються до БЗОД. БЗОД передає їх до сервера системи, де визначаються номери тварин у стаді, які відповідають кодам транспондерів, та порядок їх розташування у доїльних станках.

При певних умовах, на групових доїльних установках, при використанні систем ідентифікації тварин під час руху, можливе виникнення помилок ідентифікації, які зумовлені такими причинами [86, 102]. Ідентифікація може не відбутися, або відбутися з помилкою, внаслідок біологічних особливостей руху тварин (наприклад, коли тварина увійшла на прохід до доїльних станків, ідентифікувалася, а потім знову вийшла з проходу), порушення регулярності черги, відсутності або втрати транспондера на окремих тваринах. Окрім того, транспондер може бути механічно пошкоджений, не потрапити в робочу зону ЗТ, при використанні радіочастотної ідентифікації знаходитись в положенні, коли площини індуктивних антен ЗТ та транспондера взаємно перпендикулярні. Наслідком виникнення помилки ідентифікації, може бути втрата ідентифікаційної інформації про всіх тварин групи [102]. У наведеному варіанті системи ця проблема або взагалі не вирішується, або вирішується шляхом ручного корегування результатів ідентифікації доярами під час підготовки тварини до доїння. Внаслідок помилок

ідентифікації втрачаються дані про результати вимірювання та контролю параметрів ТПВКМ, що відповідають групі з Z_D тварин.

Для зменшення впливу помилок ідентифікації, у ІВС КПТПВКМ використовується система ідентифікації тварин під час руху з ідентифікацією проходження тварини, структурну схему якої наведено на рис. 1.8 [86].

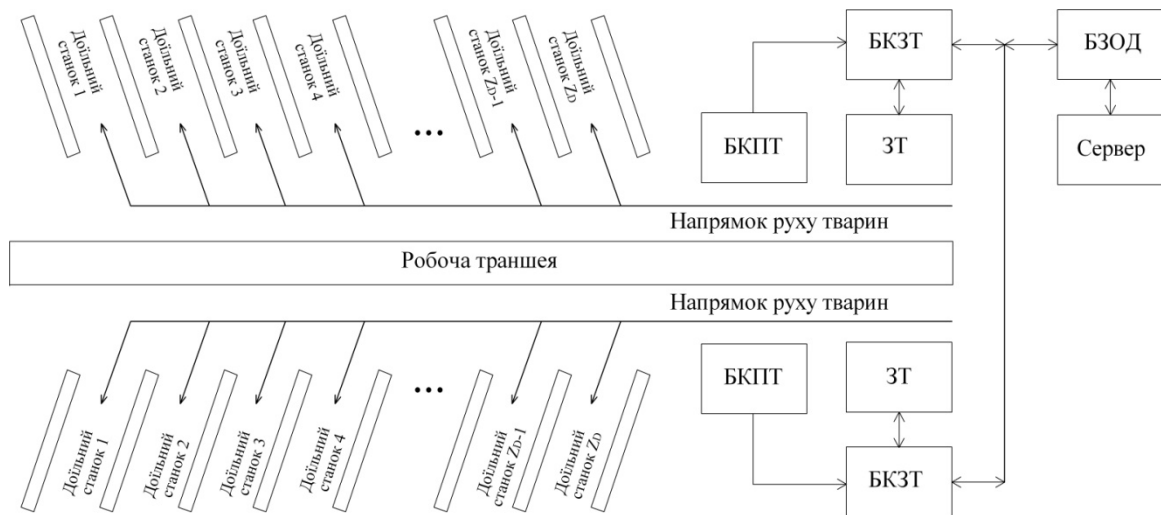


Рисунок 1.8 – Структурна схема системи ідентифікації тварин під час руху для групових доїльних установок з ідентифікацією проходження тварини

До складу наведеної структурної схеми системи ідентифікації входить БКПТ, який реалізується на основі давачів наявності об'єкта. Принцип його дії заснований на проведенні вимірювального контролю часу знаходження тварини в робочій зоні давача. На шляху до доїльного станка тварина проходить через робочу зону ЗТ, після чого – через робочу зону БКПТ. При входженні кожної тварини групи на доїльну сторону, до БКЗТ надходить код транспондера від ЗТ, і через певний проміжок часу – сигнал від БКПТ. Наявність одного з цих сигналів є ознакою проходження тварини до станка. Таким чином, кожному транспондеру відповідає сигнал БКПТ, порядковий номер якого дорівнює номеру доїльного станка, у якому знаходиться відповідна тварина. Якщо виникла помилка ідентифікації, сигнал від БКПТ все одно надходить до БКЗТ. Ознакою того, що одна з тварин не ідентифікована, є два послідовних сигнали від БКПТ, що надійшли до БКЗТ. Порядковий номер другого сигналу БКПТ є номером доїльного станка, у якому знаходиться не ідентифікована тварина. При виникненні помилок ідентифікації однієї або декількох тварин групи, буде втрачена інформація, яка стосується тільки цих тварин, інформація яка стосується ідентифікованих тварин не буде втрачена.

На рис. 1.9 наведено структурну схему системи ідентифікації тварин під час руху для групових доїльних установок з контролем присутності тварини у доїльному станку.

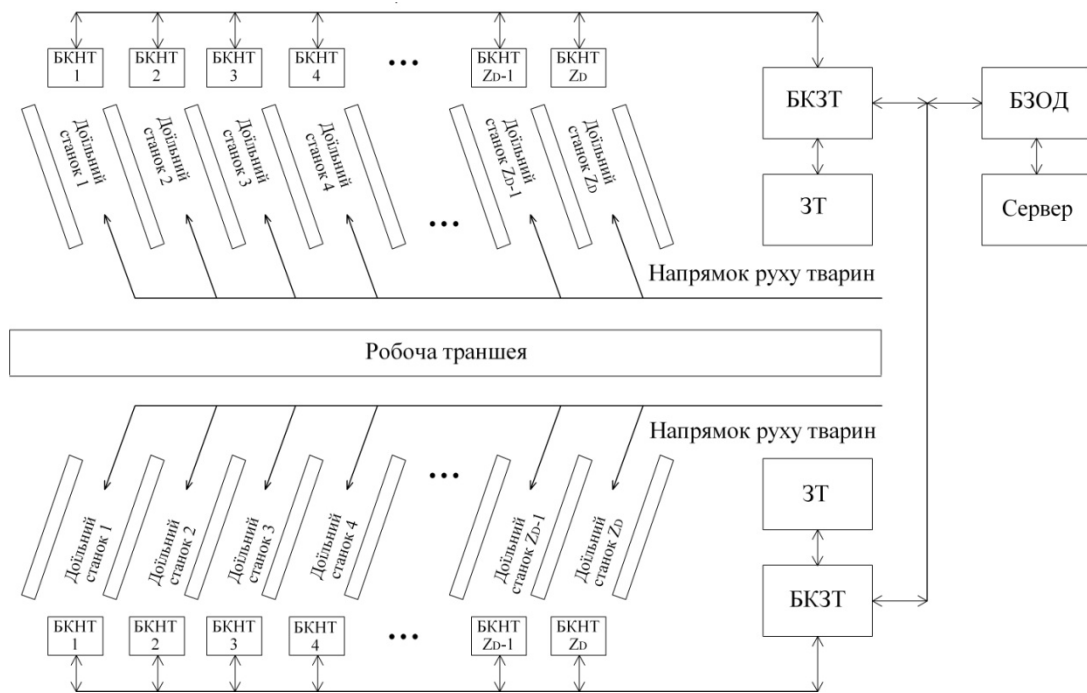


Рисунок 1.9 – Структурна схема системи ідентифікації тварин під час руху для групових доїльних установок з контролем присутності тварини у доїльному станку

У цій системі кожний доїльний станок обладнаний блоком контролю наявності тварини (БКНТ), для його реалізації використовуються датчики наявності об'єкта. При входженні кожної тварини групи на доїльну сторону, до БКЗТ спочатку надходить код транспондера від ЗТ, і через певний проміжок часу – сигнал від БКНТ, який містить інформацію про номер доїльного станка. Якщо виникла помилка ідентифікації, сигнал від БКНТ все одно надходить до БКЗТ. Таким чином, ознакою того, що одна з тварин не ідентифікована, є два послідовних сигнали від БКНТ, що надійшли до БКЗТ. Навіть якщо не ідентифікована тварина швидше зайшла до доїльного станка, ніж ідентифікована попередня, алгоритмічно визначається номер станка, в якому знаходиться не ідентифікована тварина. У цій системі також при виникненні помилок ідентифікації однієї або декількох тварин групи, буде втрачена інформація, яка стосується тільки цих тварин [86].

На рис. 1.10 наведено структурну схему системи ідентифікації тварин під час руху для конвеєрних доїльних установок. Особливістю конвеєрних доїльних установок є те, що тварини рухаються разом з доїльними станками під час доїння, а дояр залишається на одному місці. Доїльна платформа, на якій розташовані стаціонарні доїльні станки, обертається з певною кутовою швидкістю, тварини по черзі заходять на платформу і розміщуються у станках. Під час входження тварин на платформу, вони на шляху до доїльного станка проходять через робочу зону ЗТ, в результаті чого відбувається зчитування коду транспондера. До складу цієї системи ідентифікації входить блок визначення положення конвеєра (БВПК), за допомогою якого визначається поточне положення конвеєра з метою визначення номера доїльного станка, у який зайшла тварина.

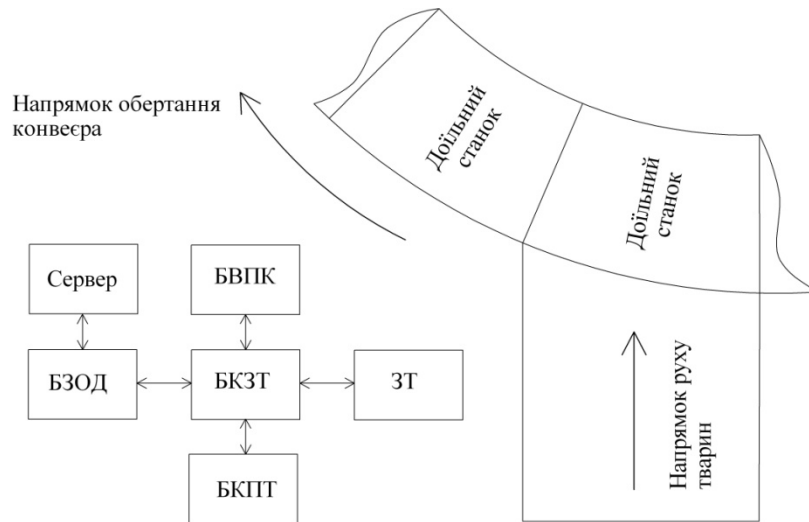


Рисунок 1.10 – Структурна схема системи ідентифікації тварин під час руху для конвеєрних доїльних установок

За допомогою БКПТ здійснюється виявлення тварини у випадку збою ЗТ, втрати транспондера, або порушення черги тварин внаслідок біологічних особливостей їх руху. За сигналами від БКПТ та БВПК, БКЗТ передає до сервера системи інформацію про номери доїльних станків, у яких знаходяться тварини [13, 75, 83].

На рис. 1.11 наведено структурну схему системи ідентифікації тварин під час руху для селекційних воріт. Коли тварина входить в прохід селекційних воріт, транспондер попадає в робочу зону ЗТ, його код зчитується і передається до БКЗТ, який, в свою чергу, передає його до БКСВ. БКСВ за допомогою БЗОД передає отриману інформацію до сервера системи. Сервер на основі отриманого коду транспондера встановлює номер тварини в стаді і необхідний напрямок її руху. Ця інформація сервером передається до БЗОД, який передає її до БКСВ.

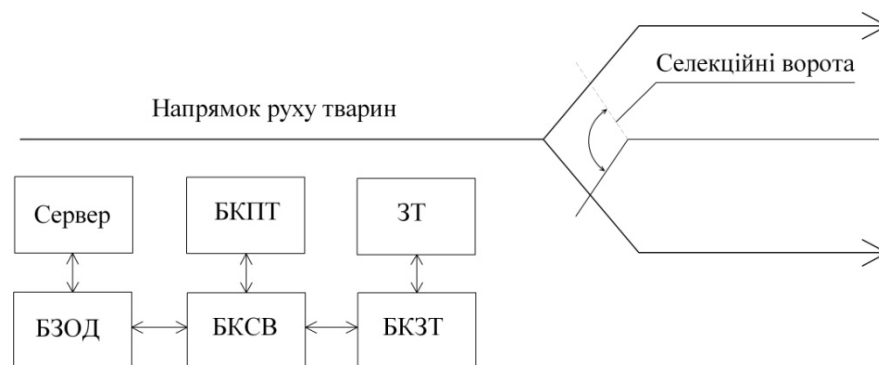


Рисунок 1.11 – Структурна схема системи ідентифікації тварин під час руху для селекційних воріт

На основі отриманої інформації БКСВ здійснює управління приводом селекційних воріт для направлення тварини в потрібному напрямку. За допомо-

гою БКПТ здійснюється виявлення тварини при виникненні помилки ідентифікації, у цьому випадку, за сигналом від БКПТ, БКСВ встановлює селекційні ворота у таке положення, щоб не ідентифікована тварина була відокремлена [75].

На рис. 1.12 наведено структурну схему системи ідентифікації тварин під час руху для автоматичної вагової платформи.

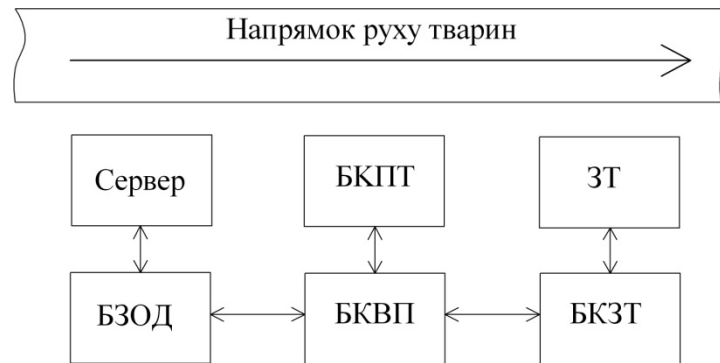


Рисунок 1.12 – Структурна схема системи ідентифікації тварин для автоматичної вагової платформи під час руху

Система автоматичного зважування тварин складається з однієї або декількох вагових платформ, які встановлюються на шляху тварин до доїльного залу, або на виході з нього. Коли тварина входить в прохід до вагової платформи, транспондер попадає в робочу зону ЗТ великої або середньої відстані, в результаті чого зчитується його код, який за допомогою БКЗТ передається до БКВП. На ваговій платформі тварина автоматично зважується, після чого результат вимірювання ваги та код транспондера, за посередництва БЗОД, БКВП передає до сервера системи. За допомогою БКПТ здійснюється виявлення тварини у випадку виникнення помилки ідентифікації. При використанні БКПТ знижується імовірність того, що результати вимірювання ваги однієї тварини будуть віднесені до іншої.

Слід відзначити, що сучасні системи радіочастотної ідентифікації під час руху не здатні забезпечити ідентифікацію усіх без виключення тварин. Якщо код транспондера визначений з помилкою і цей помилковий код співпадає з кодом транспондера іншої тварини стада, то результати контролю відповідних параметрів ТПВКМ будуть віднесені до цієї тварини. У випадку, якщо помилковий код не співпадає з кодом транспондера іншої тварини стада, то результати вимірювання цих параметрів будуть віднесені до умовної тварини з нульовим стадним номером. У цих двох випадках втрачається інформація тільки про одну тварину, інформація про результати вимірювання та контролю параметрів інших тварин залишається достовірною. На групових доїльних установках, при виникненні помилки ідентифікації, у певних випадках можлива втрата інформації про результати вимірювання та контролю, яка стосується усіх тварин групи [102]. Виходячи з цього, актуальним є підвищення достовірності систем радіочастотної ідентифікації тварин на групових доїльних установках, в тому числі, шляхом удосконалення існуючих антенних систем.

1.4.3 Системи ідентифікації нерухомих тварин для ТПВКМ

На доїльних установках з прохідними станками, на стійлових доїльних установках та у складі доїльних роботів здійснюється ідентифікація тільки нерухомих тварин. Використання систем ідентифікації тварин нерухомих тварин обмежується економічними факторами, тому що собівартість таких систем значно більша, ніж систем ідентифікації тварин під час руху. Також такі системи можуть бути застосовані на конвеєрних і групових доїльних установках, на вагових платформах. Імовірність помилки ідентифікації нерухомих тварин значно менша, ніж помилки ідентифікації під час руху [95]. На рис. 1.13 наведено варіант структурної схеми автоматичної системи ідентифікації нерухомих тварин у доїльних станках на основі ЗТ середньої або великої відстані.

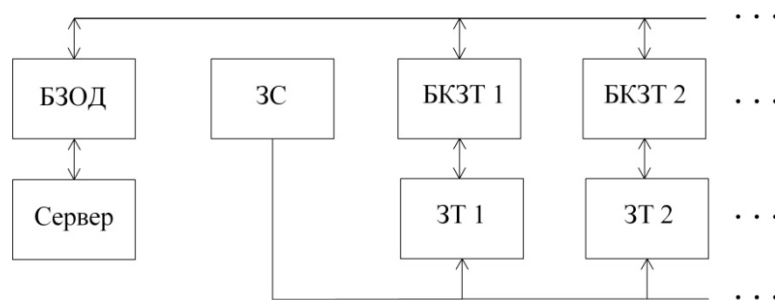


Рисунок 1.13 – Структурна схема автоматичної системи ідентифікації нерухомих тварин у доїльних станках на основі ЗТ середньої або великої відстані

У цьому варіанті системи ідентифікації кожний доїльний станок обладнаний ЗТ великої або середньої відстані. Після входження тварини у станок здійснюється її автоматична ідентифікація, після чого починається процес доїння. Код транспондера дешифрується за допомогою відповідного БКЗТ, який в свою чергу передає його до БЗОД. БЗОД передає отриманий код до сервера системи, який визначає стадний номер тварини та передає його до відповідних БЗПД. Отриманий стадний номер візуалізується на індикаторі БЗПД, дояр може перевірити його відповідність реальному номеру тварини, та у випадку виникнення помилки ідентифікації вручну скорегувати. Якщо автоматична ідентифікація тварини неможлива внаслідок втрати або виходу з ладу транспондера, дояр має можливість ввести номер тварини вручну. Якщо ідентифікація тварини не відбулася, то результати контролю відповідних параметрів ТПВКМ будуть віднесені до умовної тварини [86]. У ЗТ великої та середньої відстані потужність радіовипромінювання може досягати десятків Вт [95, 96, 98]. У наведеній системі вони розташовуються на невеликій відстані один від одного і не можуть працювати одночасно внаслідок взаємного впливу [99, 103]. Для усунення взаємного впливу ЗТ у системі використовується засіб синхронізації (ЗС), який в будь-який момент часу забезпечує роботу тільки одного ЗТ, тобто за його допомогою забезпечується послідовна періодична активація усіх ЗТ системи. Якщо використовуються транспондери та ЗТ з оптичним інтерфейсом, то ЗС не потрібний.

Структурна схема іншого варіанта автоматичної системи ідентифікації нерухомих тварин у доїльних станках, при використанні радіочастотної ідентифікації на основі ЗТ великої або середньої відстані та локальних антен, наведена на рис. 1.14.

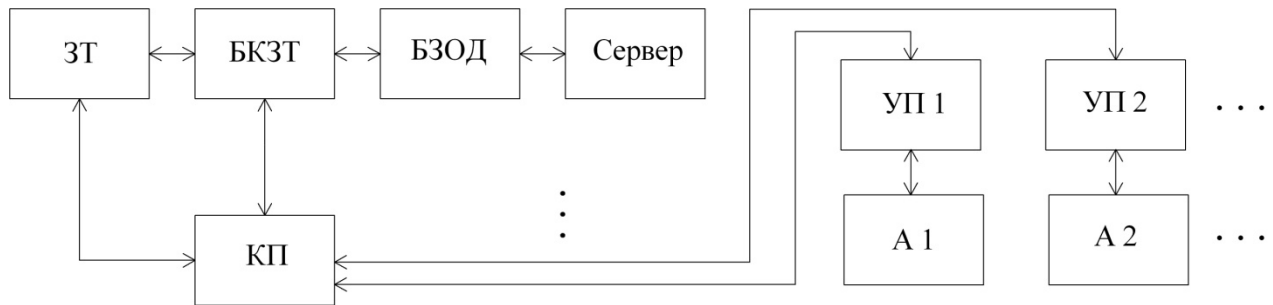


Рисунок 1.14 – Структурна схема автоматичної системи радіочастотної ідентифікації нерухомих тварин при використанні ЗТ великої або середньої відстані та локальних антен

У цьому варіанті системи кожний доїльний станок обладнаний локальною антеною (А). Кожна антена з'єднана з узгоджувальними пристроями (УП), які в свою чергу, за допомогою коаксіальних кабелів з'єднані з комутаційним пристроєм (КП). УП необхідні для узгодження кіл ЗТ з параметрами антенного тракту, які значно залежать від довжини коаксіальних кабелів. За командами, які надходять від БКЗТ, КП здійснює послідовне під'єднання УП до вихідних та входних кіл ЗТ для зчитування кодів транспондерів в усіх доїльних станках. З виходу КП сигнал надходить на вхід ЗТ, який визначає код транспондера та передає його до БКЗТ. БКЗТ за посередництва БЗОД передає код разом з номером доїльного станка до сервера, який визначає стадний номер тварини та повертає його до відповідного БЗПД. В іншому, робота наведеної системи аналогічна тій, що була розглянута вище.

На рис. 1.15 наведено структурну схему автоматизованої системи радіочастотної ідентифікації нерухомих тварин на основі ЗТ малої відстані. У цій системі кожний БЗПД обладнаний ЗТ, який має відстань зчитування не більшу десяти - п'ятнадцяти сантиметрів та невелику потужність радіовипромінювання [86, 95, 96]. Невелика потужність зумовлює можливість одночасної роботи ЗТ внаслідок відсутності взаємного впливу.

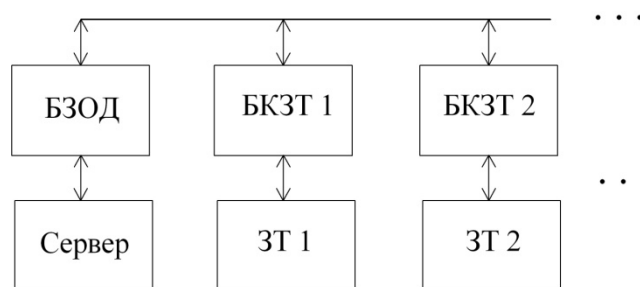


Рисунок 1.15 – Структурна схема автоматизованої системи радіочастотної ідентифікації нерухомих тварин на основі ЗТ малої відстані

Ідентифікація тварин здійснюється автоматизовано, дояр перед початком підготовки тварини підносить ЗТ до транспондера, який розташований на задній нозі. Код транспондера за допомогою БКЗТ передається до сервера системи за посередництва БЗОД. Сервер визначає стадний номер тварини та повертає його до відповідного БЗПД. Отриманий від сервера стадний номер відображується на індикаторі БЗПД, дояр може перевірити його відповідність реальному номеру, та при виявленні помилки ідентифікації вручну скорегувати. При неможливості ідентифікації дояр вводить номер тварини вручну, за допомогою клавіатури БЗПД. Якщо ідентифікація взагалі неможлива, то результати контролю відповідних параметрів ТПВКМ будуть віднесені до умовної тварини. При використанні такої системи збільшується трудомісткість роботи дояра та збільшується тривалість роботи доїльної установки [86].

1.5 Особливості функціонування засобів контролю параметрів ТПВКМ

Контроль параметрів ТПВКМ здійснюється при усіх способах утримання тварин та на будь-яких типах доїльних установок. Спосіб утримання та тип доїльної установки визначають можливість використання тих чи інших засобів контролю параметрів ТПВКМ. Як вказано вище, засоби контролю параметрів ТПВКМ можуть функціонувати в автономному режимі, але в більшості випадків вони є складовими елементами ІВС КППВКМ. Розглянемо особливості функціонування засобів контролю параметрів ТПВКМ, які використовуються при різних способах утримання тварин у складі ІВС КППВКМ.

1.5.1 Особливості функціонування засобів контролю параметрів ТПВКМ при прив'язному утриманні тварин

Прив'язне утримання зумовлює застосування виключно стійлових доїльних установок, які мають не більше восьми стійлових ліній. На рис. 1.16 наведена типова структурна схема ІВС КППВКМ з автоматичною або автоматизованою системою ідентифікації тварин для такої установки [104].

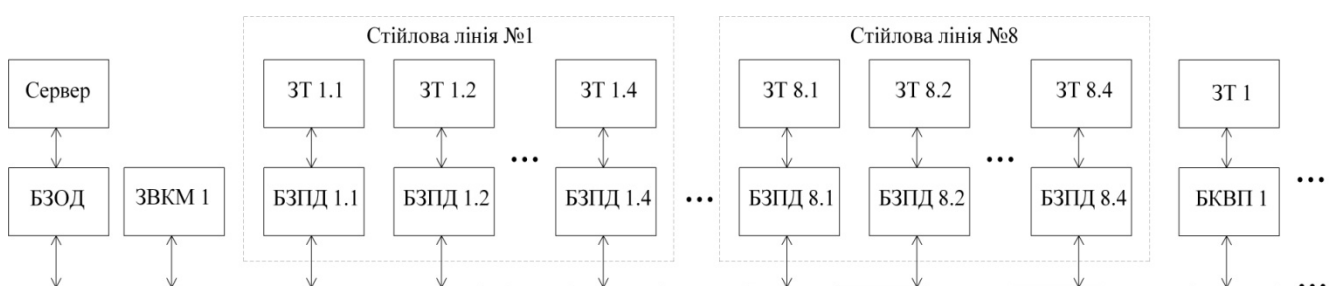


Рисунок 1.16 – Структурна схема ІВС КППВКМ з автоматичною або автоматизованою системою ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки

Контроль більшості параметрів ТПВКМ у цій системі здійснюється за допомогою БЗПД під час доїння. Після закінчення доїння кожної тварини, результати вимірювання та контролю параметрів ТПВКМ, номер транспондера або стадний номер тварини, передаються до сервера системи за посередництва БЗОД, за допомогою ЗВКМ вимірюється загальна кількість отриманого молока, селекційні ворота не використовуються, але вага тварин може контролюватися. У цьому випадку БКВП обладнані ЗТ та мають інтегрований БКЗТ.

На рис. 1.17 наведено типовий варіант структурної схеми ІВС КППВКМ з ручною системою ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки. У цій ІВС КППВКМ відсутні ЗТ, номер тварини вводиться вручну до БЗПД за допомогою клавіатури (К). Якщо номер тварини або номер стійлового місця не буде введений доярком перед початком доїння, то робота БЗПД буде програмно заблокована. В усьому іншому робота цієї ІВС КППВКМ аналогічна попередньо розглянутій.

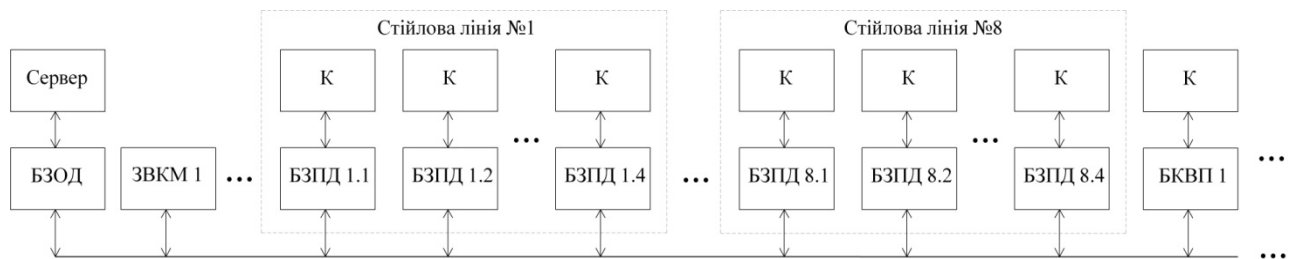


Рисунок 1.17 – Структурна схема ІВС КППВКМ з ручною системою ідентифікацією тварин для стійлової доїльної установки

На рис. 1.18 наведено типову структурну схему варіанта ІВС КППВКМ для стійлової доїльної установки, у якому ідентифікація тварин не здійснюється.

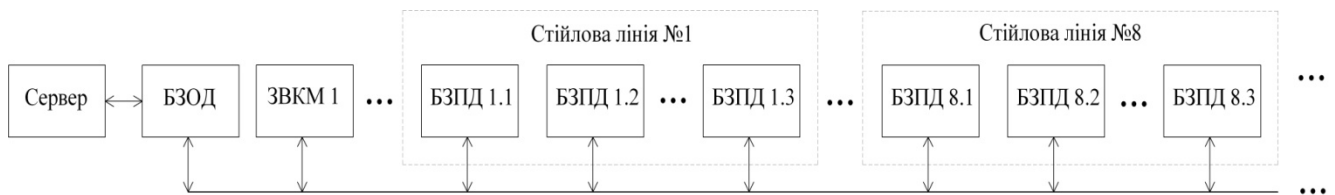


Рисунок 1.18 – Структурна схема ІВС КППВКМ без ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки

Індивідуальні параметри тварин у такій системі не контролюються, за її допомогою можливе отримання інформації тільки про параметри певних груп тварин, які є частиною комплексу параметрів ТПВКМ. У наведеній на рис. 1.18 ІВС КППВКМ може бути отримана вимірювальна інформація про середні значення деяких параметрів молока у кожній лінії, загальну кількість отриманого молока, загальний удій групи тварин у лінії, тривалість роботи установки, тривалість роботи кожної лінії, середній удій тварин окремих ліній та всього стада, середній час доїння тварин окремих ліній та всього стада, кількість повторних під'єднань доїльних апаратів у кожній лінії, кількість холостих доїнь у кожній лінії,

тривалість холостих доїнь у кожній лінії, кількість відпадань доїльного апарата у кожній лінії. Уся необхідна для визначення цих параметрів вимірювальна інформація отримується за допомогою БЗПД під час доїння, після закінчення доїння інформація за посередництва БЗОД передається до сервера системи. Можливий варіант, коли у такій системі проводиться контроль ваги тварин. У цьому випадку, при зважуванні тварин здійснюється ручна ідентифікація, номер вводиться доярем до БКВП за допомогою клавіатури, після чого відповідна інформація передається до сервера системи. Вага тварини у такому варіанті системи є єдиним індивідуальним параметром тварини, що контролюється.

На рис. 1.19 наведено найбільш розповсюджений варіант структурної схеми ІВС КПППВКМ для стійлової доїльної установки, у якому не використовуються БЗПД.

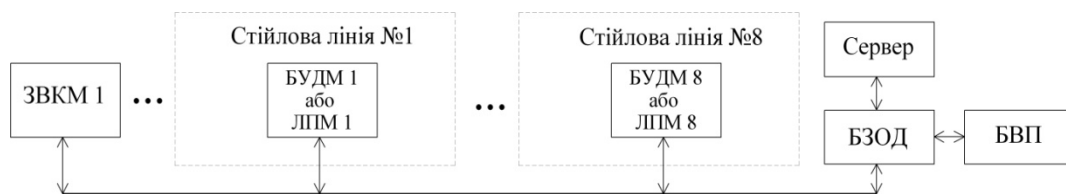


Рисунок 1.19 – Структурна схема ІВС КПППВКМ для стійлової доїльної установки з відсутністю БЗПД

Індивідуальні параметри тварин у такій системі не вимірюються, можливе отримання вимірювальної інформації тільки про параметри певних груп тварин [9]. У цій ІВС КПППВКМ отримується вимірювальна інформація про кількість порцій молока сформованих дозатором, загальну кількість отриманого молока, загальний удій групи тварин у лінії, тривалість роботи установки, тривалість роботи кожної лінії, середній удій тварин окремих ліній та всього стада, середній час доїння тварин окремих ліній та всього стада. Вимірювання та контроль цих параметрів здійснюється за допомогою БУДМ або ЛПМ, які за допомогою БЗОД передають отриману інформацію до сервера системи та БВП. У ІВС КПППВКМ, яка наведена на рис. 1.19, можливий контроль ваги тварин. Він здійснюється так само, як і у попередньо розглянутій ІВС КПППВКМ, структурна схема якої наведена на рис. 1.18.

Слід відзначити, що на стійлових доїльних установках здебільше використовують ручну ідентифікацію, або не здійснюють ідентифікацію тварин взагалі. Спосіб ідентифікації нерухомих тварин, який застосований у ІВС КПППВКМ на рис. 1.16 та рис. 1.17, збільшує трудомісткість роботи дояра. У [83] наведено систему автоматичної ідентифікації, у якому номери тварин та відповідні номери їх стійлових місць знаходяться у спеціалізованій базі даних, номер тварини автоматично візуалізується на індикаторі БЗПД, а дояр повинен перевірити його вірність та підтвердити або скорегувати його. При зміні стійлового місця або групи, при виведенні тварини в сухостій виникає необхідність у корегуванні бази даних, що на практиці не завжди можна вчасно забезпечити. Окрім того, перевірка відповідності номера стійла номеру тварини та його корегування збільшує трудомісткість роботи дояра. Для забезпечення максимальної продуктивності

стійлової доїльної установки дояр повинен дотримуватись регламенту роботи, тобто доїння повинно відбуватись у певній послідовності у відповідності з номерами стійлових місць. На практиці, дояри не завжди дотримуються регламенту, внаслідок чого знижується продуктивність установки. Виходячи з цього, виникає необхідність створення методу радіочастотної ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки, за допомогою якого ідентифікація буде здійснюватись автоматично, та який забезпечить актуалізацію бази даних тварин в напівавтоматичному режимі та примусове виконання доярем регламенту роботи.

1.5.2 Особливості функціонування засобів контролю параметрів ТПВКМ при безприв'язному утриманні тварин

На рис. 1.20 наведена типова структурна схема ІВС КППТПКМ для групової доїльної установки з ідентифікацією тварин під час руху [9, 86, 104].

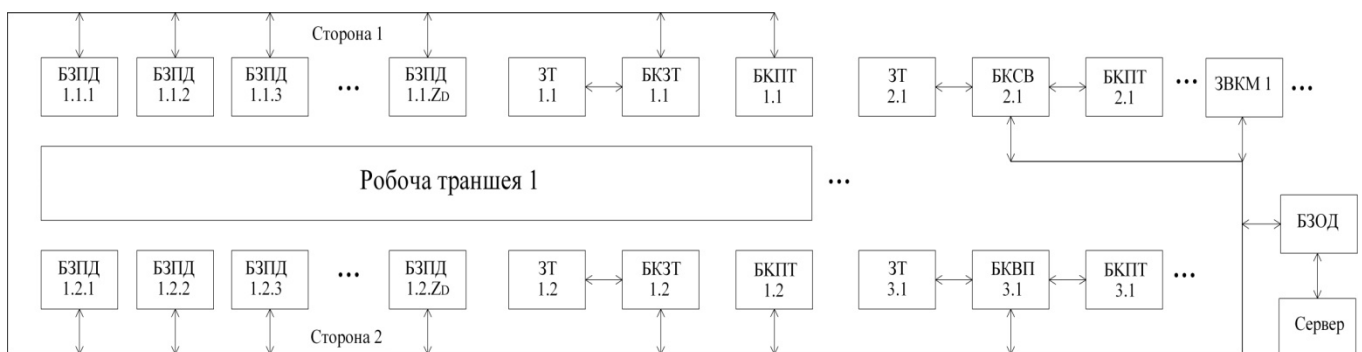


Рисунок 1.20 – Структурна схема ІВС КППТПКМ для групової доїльної установки з ідентифікацією тварин під час руху

За допомогою ІВС КППТПКМ при використанні групової доїльної установки з ідентифікацією тварин під час руху можливе вимірювання та контроль більшості параметрів ТПВКМ. До складу ІВС КППТПКМ входять BKPT, які забезпечують контроль проходження тварин та їх підрахунок у потоках при проходженні до доїльних станків, до селекційних воріт та вагових платформ. Вимірювання та контроль відповідних тваринам параметрів ТПВКМ здійснюється за допомогою БЗПД, після закінчення доїння результати і номер транспондера тварини або її стадний номер передаються до сервера за посередництва БЗОД.

На рис. 1.21 наведена типова структурна схема ІВС КППТПКМ для групової доїльної установки з ідентифікацією нерухомих тварин [9, 86, 104]. У цьому варіанті ІВС КППТПКМ кожний БЗПД обладнаний ЗТ, якщо використовуються ЗТ середньої або великої відстані, здійснюється автоматична ідентифікація тварин. У цьому випадку можливе використання селекційних воріт та вимірювання і контроль більшості параметрів ТПВКМ. Якщо використовується ЗТ малої відстані, у системі здійснюється автоматизована ідентифікація тварин, селекційні ворота не використовуються, румінація не контролюється. Контроль активності тварин можливий тільки у випадку, якщо відповідний ЗВ інтегрований в транспондер або закріплений на задній нозі тварини.

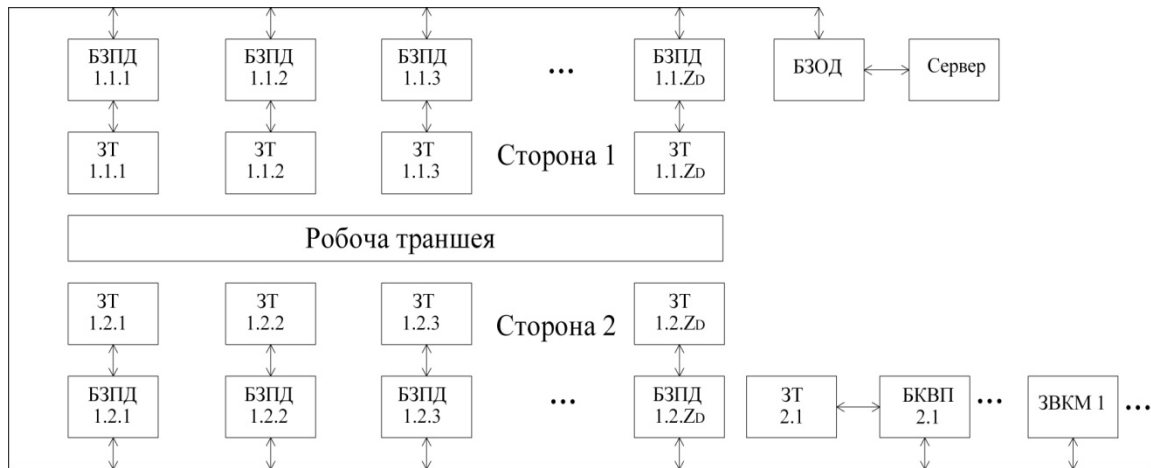


Рисунок 1.21 – Структурна схема ІВС КІТТІВКМ для групової доїльної установки з ідентифікацією нерухомих тварин

На рис. 1.22 наведено типову структурну схему ІВС КІТТІВКМ для групової доїльної установки з ручною ідентифікацією нерухомих тварин.

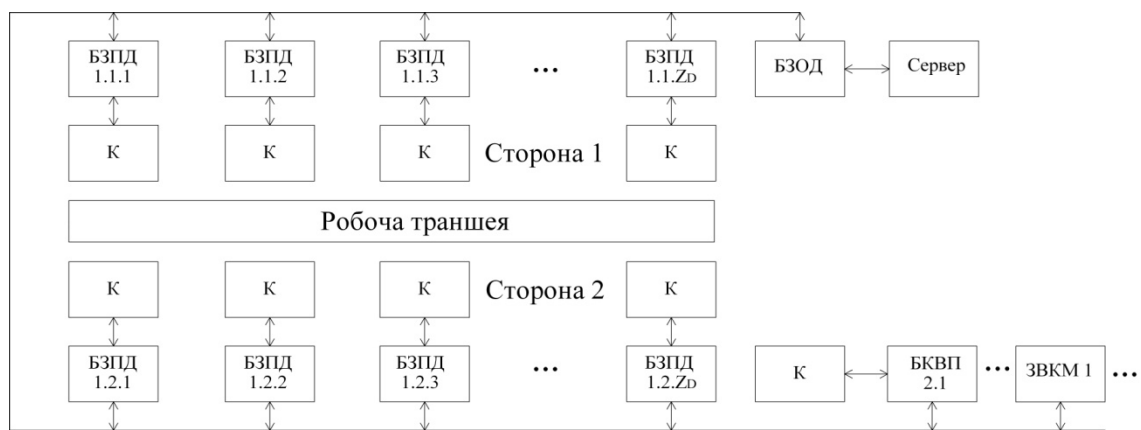


Рисунок 1.22 – Структурна схема ІВС КІТТІВКМ для групової доїльної установки з ручною ідентифікацією нерухомих тварин

У такій системі відсутні ЗТ, під час підготовки тварини до доїння у доїльному станку та на вагових платформах стадний номер тварини вводиться доярком вручну за допомогою інтегрованої до БЗПД та БКВП клавіатури. У ІВС КІТТІВКМ з ручною ідентифікацією тварин неможливий контроль румінації, активності, використання селекційних воріт. Вимірювання та контроль більшості інших параметрів ТПВКМ за допомогою цієї системи можливий.

На групових доїльних установках найнижчої цінової категорії використовуються ІВС КІТТІВКМ без ідентифікації тварин, структурна схема такої ІВС наведена на рис. 1.23. При використанні наведеної системи можливе вимірювання та контроль загальної кількості отриманого молока, загального удою груп тварин, удою, який отриманий на кожній стороні установки, удою у кожному станку, тривалості роботи установки, середнього удою тварин, середнього часу доїння тварин.

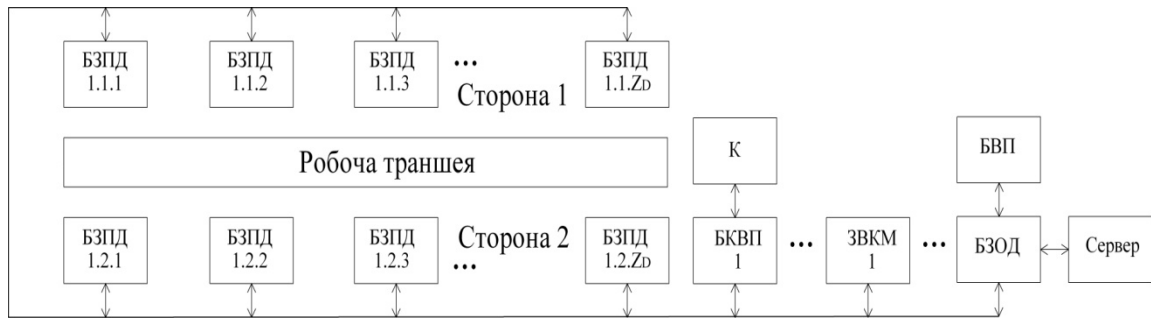


Рисунок 1.23 – Структурна схема ІВС КППТІВКМ для групової доїльної установки без ідентифікації тварин

Також можливий контроль електропровідності молока, підрахунок кількості повторних під'єднань доїльних стаканів, підрахунок кількості випадків холостих доїнь, вимірювання тривалості холостих доїнь, підрахунок кількості відпадань доїльних апаратів. Контроль ваги тварин у цій системі здійснюється у ручному режимі, стадний номер тварини вводиться оператором вручну за допомогою клавіатури інтегрованої до БКВП. До складу ІВС КППТІВКМ для групової доїльної установки без ідентифікації тварин як правило, входить БВП, за допомогою якого відображається поточний удій на всій установці, відображається поточний час доїння та деякі інші параметри.

При безприв'язному утриманні та великій кількості тварин використовуються конвеєрні доїльні установки, які відносяться до установок найвищої цінової категорії. На фермах обладнаних конвеєрними доїльними установками використовуються усі можливі технічні складові ТПІВКМ. На рис. 1.24 наведено типову структурну схему ІВС КППТІВКМ для конвеєрної доїльної установки з ідентифікацією тварин під час руху.

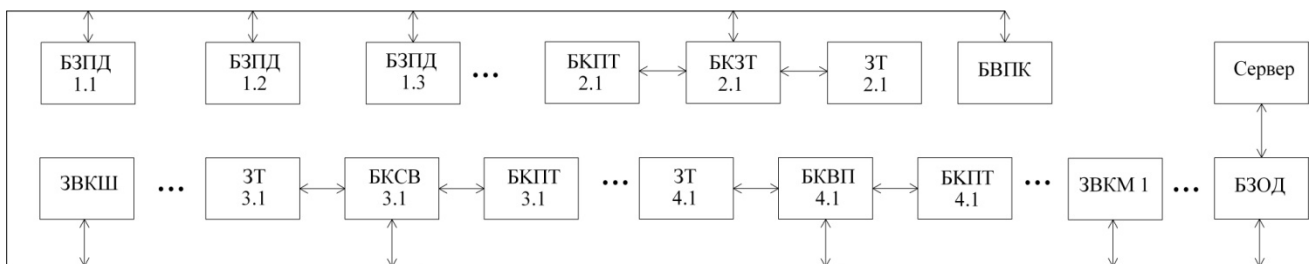


Рисунок 1.24 – Структурна схема ІВС КППТІВКМ для конвеєрної доїльної установки з ідентифікацією тварин під час руху

Під час входу тварин на конвеєр, тварини ідентифікуються за допомогою відповідного ЗТ, коди транспондерів за допомогою БКЗТ передаються до БЗОД. БЗОД передає їх до сервера, де визначаються номери тварин у стаді, які відповідають кодам транспондерів. Після цього сервер, за посередництва БЗОД, передає номери тварин до відповідних БЗПД. Вимірювальна інформація про активність тварин та їх румінацію отримується за допомогою ЗТ під час ідентифікації. За допомогою БВПК забезпечується вимірювання кута повороту

доїльної платформи для визначення номера доїльного станка, у який зайшла тварина. Вимірювальна інформація, яка отримується за допомогою ЗВ кутової швидкості (ЗВКШ) необхідна на тих установках, у яких кутова швидкість платформи змінюється в залежності від очікуваного значення тривалості доїння тварин. Виміряні та контрольовані параметри ТПВКМ разом з номерами тварин передаються до сервера ІВС КППТВКМ.

На рис. 1.25 наведено типову структурну схему ІВС КППТВКМ для конвеєрної доїльної установки з ідентифікацією нерухомих тварин.

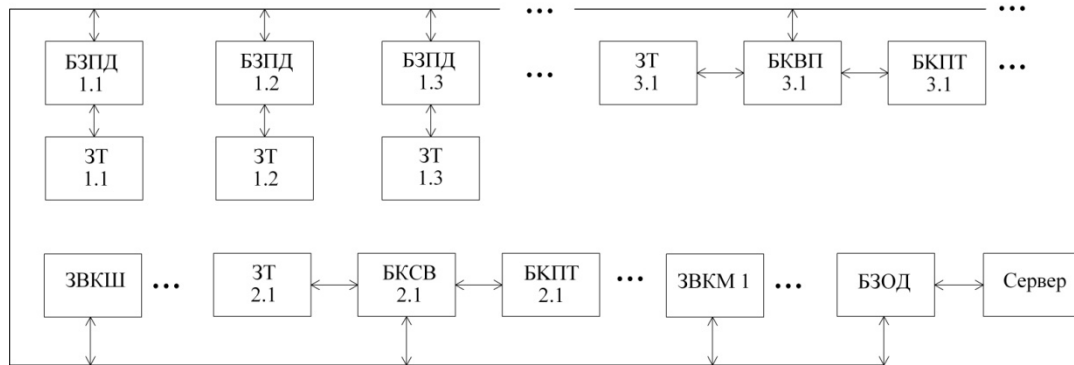


Рисунок 1.25 – Структурна схема ІВС КППТВКМ для конвеєрної доїльної установки з ідентифікацією нерухомих тварин

У такій системі ідентифікація тварин здійснюється у доїльних станках за допомогою ЗТ великої або середньої відстані, які там розміщені. Таке технічне рішення дозволяє значно підвищити надійність роботи системи ідентифікації, але значно збільшує собівартість ІВС КППТВКМ. В усьому іншому функціонування цієї ІВС КППТВКМ аналогічне попередньо розглянутій.

На рис. 1.26 наведена типова структурна схема ІВС КППТВКМ при використанні доїльних роботів. При використанні доїльних роботів усі технологічні операції виконуються в автоматичному режимі [105–107]. Після входу тварин на платформу доїльного робота, вони ідентифікуються за допомогою відповідних ЗТ, коди транспондерів дешифруються за допомогою БКЗТ інтегрованих в БЗПД та за допомогою БЗОД передаються до сервера, де визначаються номери тварин у стаді, які відповідають кодам транспондерів.

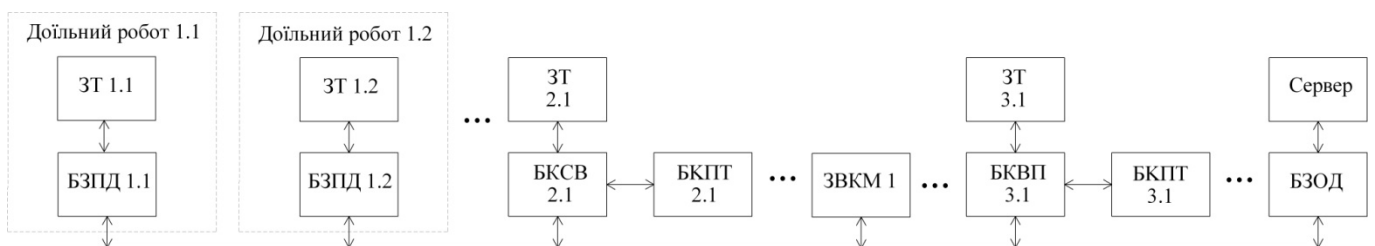


Рисунок 1.26 – Структурна схема ІВС КППТВКМ при використанні доїльних роботів

Вимірювальна інформація про активність та румінацію отримується за допомогою ЗТ під час ідентифікації. Виміряні за допомогою БЗПД параметри ТПВКМ ставляться у відповідність стадним номерам тварин та передаються до сервера.

При безприв'язному утриманні тварин також використовуються доїльні установки з прохідними станками, до яких відноситься установка «Тандем» та установка з паралельно-прохідними станками. На таких установках здійснюється виключно ідентифікація нерухомих тварин. Структурні схеми ІВС КППВКМ з ідентифікацією нерухомих тварин та без їх ідентифікації для групових доїльних установок та доїльних установок з прохідними станками збігаються (рис. 1.21 – 1.22).

1.6 Проблема підвищення достовірності контролю параметрів ТПВКМ

Аналіз особливостей контролю параметрів ТПВКМ, особливостей функціонування ТПВКМ, сучасних ІВС КППВКМ, проведений у попередніх підрозділах, дозволив дійти до наступних висновків:

1. У теперішній час не існує критерію оцінювання стану складових елементів ТПВКМ на основі результатів вимірювального контролю його параметрів. Створення такого критерію є важливим та актуальним завданням, яке потребує проведення відповідних досліджень. Вирішення цього завдання дозволить вчасно встановлювати факт наявності високої імовірності відхилень стану складових елементів ТПВКМ від норми, приймати відповідні міри для його нормалізації.

2. У теперішній час не існує критерію оцінювання небезпеки відхилення від норми стану складових елементів ТПВКМ на основі результатів вимірювання та вимірювального контролю його параметрів. Створення такого критерію є важливим завданням, вирішення якого дозволить прогнозувати виникнення відхилень стану елементів ТПВКМ від норми та приймати міри для їх попередження.

3. Існуючі методи статистичного оцінювання часу роботи з твариною не враховують тривалість різних специфічних технологічних операцій, які здійснюються протягом підготовки тварини до доїння, та в більшості випадків не враховують алгоритм роботи доїльного апарата. Внаслідок цього, неможливо з достатньою точністю оцінити тривалість роботи різних типів доїльних установок та окремих доярів, що їх обслуговують, з достатньою точністю визначити границі допуску цих параметрів для здійснення вимірювального контролю. Для вирішення цього завдання необхідно створити новий метод статистичного оцінювання часу роботи з твариною, який враховує усі можливі варіанти технологічних операцій.

4. Відомі методи не забезпечують достатню точність прогнозування тривалості роботи доїльних установок та визначення границь допуску тривалості роботи доїльних установок і окремих доярів для вимірювального контролю цих параметрів. Виникає необхідність у створенні нових методів статистичного оцінювання тривалості роботи існуючих типів доїльних установок та доярів, що їх обслуговують, які базуються на методі статистичного оцінювання часу роботи з твариною, враховують функціональний зв'язок між статистичними характеристи-

ками тривалості роботи доїльних установок та доярів, кількістю тварин у стаді, кількістю доїльних апаратів, типом доїльного апарата.

5. Традиційні ЗВ об'єму та витрат рідини в більшості випадків не можуть забезпечити достатню точність вимірювання параметрів молоковіддачі внаслідок певних особливостей цього процесу. Існуючі ЗВ об'єму та витрати молока також в багатьох випадках не забезпечують достатню точність для здійснення вимірювального контролю параметрів ТПВКМ, які визначаються на основі результатів прямого вимірювання удою. Виходячи з цього, розробка нових ЗВ поточного удою та інших параметрів молоковіддачі, які задовольняють сучасним вимогам, є актуальним завданням, вирішення якого дозволить підвищити достовірність вимірювального контролю параметрів ТПВКМ.

6. Для вимірювання та вимірювального контролю параметрів молоковіддачі, внаслідок певних особливостей цього процесу, оптимальним є використання безконтактних первинних ВП, у яких відсутні рухомі частини. Окрім того, у деяких випадках, використання існуючих стаціонарних засобів вимірювання, внаслідок конструктивних особливостей деяких доїльних установок, неможливе. Тому існує необхідність у створенні нових безконтактних ВП параметрів молоковіддачі та ЗВ на їх основі, які можуть бути використані на будь-яких типах доїльних установок.

7. Для створення нових та удосконалення існуючих безконтактних первинних ВП параметрів молоковіддачі, необхідне удосконалення існуючих математичних моделей фотоелектричного первинного вимірювального перетворення.

8. У теперішній час інтенсивність користування чесальною установкою конкретними тваринами не контролюється, хоча вимірювальний контроль кількості разів та тривалості користування цією установкою певним чином характеризує стан тварини. Створення засобів вимірювального контролю параметрів користування чесальною установкою дозволить автоматично виявляти тварин з зниженою активністю та підозрою на наявність шкірних захворювань і кліщів.

9. Електропровідність молока значно збільшується протягом першого та останнього місяців лактації. У теперішній час, при вимірювальному контролі електропровідності молока з метою виявлення маститу, це не враховується. Таким чином, актуальним є проведення досліджень з метою створення методу визначення залежності верхньої границі допуску електропровідності молока від дня лактації. Використання цього методу дозволить збільшити ступінь достовірності виявлення маститу на першому та останньому місяці лактації. Окрім цього, у існуючих засобах вимірювального контролю електропровідності молока не забезпечується нерівномірність електричного поля у міжелектродному проміжку, що є джерелом додаткової похибки вимірювання цього параметра.

10. У теперішній час засобів для оперативного виявлення фактів фальсифікації молока водою на стійлових доїльних установках не існує. Виходячи з цього, існує необхідність у створенні та теоретичному і практичному дослідженні оптичного методу вимірювання відносної масової частки молока у водно-молочному розчині, який заснований на вимірюванні інтенсивності оптичного випромінювання, яке проходить крізь нього. Відповідно, виникає завдання створення математичної моделі вимірювального каналу відносної масової частки

молока у водно-молочному розчині та оптимізації його параметрів з метою забезпечення максимально високих метрологічних характеристик.

11. Невирішеним завданням є високоточний підрахунок порцій молока, сформованих дозатором, на стійлових доїльних установках. Підвищення точності засобів підрахунку порцій молока на стійловій доїльній установці є актуальним завданням, вирішення якого дозволить підвищити достовірність вимірювального контролю удою, який отриманий кожним доярем.

12. Існуючі засоби підрахунку тварин у потоці не здатні забезпечити високу точність. Внаслідок цього, при виникненні помилок ідентифікації, в певних випадках можлива втрата результатів вимірювального контролю параметрів ТПВКМ, які стосуються не тільки окремих тварин, а і груп тварин. Виникає необхідність у створенні нового методу та засобу контролю проходження тварин для забезпечення більш точного їх підрахунку у потоці.

13. Сучасні антенні системи, які входять до складу систем радіочастотної ідентифікації тварин під час руху, не здатні забезпечити ідентифікацію абсолютно усіх тварин. Наслідком помилки ідентифікації є втрата результатів вимірювального контролю параметрів неідентифікованих тварин, а в певних випадках – втрата результатів вимірювального контролю параметрів груп тварин. Виникає необхідність у створенні нових антенних систем з покращеними характеристиками для систем радіочастотної ідентифікації тварин під час руху.

14. Для забезпечення максимальної продуктивності стійлової доїльної установки дояр повинен дотримуватись регламенту роботи, тобто доїння тварин повинно відбуватись у певній послідовності у відповідності з номерами стійлових місць. Виникає необхідність створення методу радіочастотної ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки, за допомогою якого ідентифікація буде здійснюватись автоматично, та який забезпечить актуалізацію бази даних тварин в напівавтоматичному режимі і забезпечить примусове виконання доярем регламенту роботи. Наслідком розробки та впровадження такого методу буде підвищення ефективності роботи доїльно-молочного відділення тваринницької ферми.

Із вищенаведеного слідує, що з метою підвищення достовірності вимірювального контролю параметрів ТПВКМ, необхідно проводити дослідження у напрямку подальшого розвитку теоретичних основ побудови і створення нових методів та засобів вимірювання та вимірювального контролю параметрів ТПВКМ, методів, математичних моделей та алгоритмів вимірювального перетворення контрольованих параметрів, створення критерію оцінювання стану та критерію оцінювання небезпеки відхилення від норми стану елементів ТПВКМ, методик визначення границь допуску контрольованих параметрів.

На цій основі сформульовану важливу науково-прикладну проблему – підвищення показників достовірності контролю параметрів ТПВКМ за рахунок розробки нових методів та засобів контролю, подальший розвиток теорії методів та засобів контролю параметрів ТПВКМ, розвиток принципів побудови засобів вимірювального контролю параметрів ТПВКМ, що здатні забезпечити підвищений рівень достовірності, розвиток теорії оцінювання та прогнозування

стану складових елементів ТПВКМ на основі результатів вимірювального контролю його параметрів. Таким чином, метою подальших досліджень, направлених на вирішення актуальної задачі підвищення достовірності вимірювального контролю параметрів ТПВКМ, є:

- розвиток основних положень теорії побудови методів та засобів контролю параметрів ТПВКМ, спрямованих на підвищення їх точності вимірювання та достовірності контролю;
- розробка нових та вдосконалення існуючих методів та засобів контролю параметрів ТПВКМ;
- оцінювання метрологічних характеристик та достовірності контролю параметрів ТПВКМ при використанні розроблених та удосконалених методів та засобів;
- розробка та практична реалізація апаратних та програмних засобів контролю параметрів ТПВКМ.

1.7 Висновки до розділу

1. Проведено аналіз особливостей функціонування ТПВКМ, встановлено, що забезпечення якості взаємозв'язку між складовими елементами ТПВКМ в значній мірі залежить від достовірності контролю його параметрів. Виходячи з цього, розвиток теорії засобів і методів контролю параметрів ТПВКМ, спрямованих на підвищення достовірності, є важливим та актуальним завданням.

2. Здійснено аналіз параметрів ТПВКМ та особливостей їх контролю, виявлено причини, які зумовлюють недостатню точність існуючих ЗВ та недостатню достовірність контролю параметрів ТПВКМ.

3. Проведено аналіз засобів контролю параметрів ТПВКМ, які можуть виконувати функцію складових елементів ІВС КППВКМ, розглянуто варіанти і умови їх застосування та принципи функціонування. На основі проведеного аналізу розроблено класифікацію сучасних ІВС ПТПВКМ та узагальнену структурну схему ІВС КППВКМ, здійснено аналіз її функціонування.

4. Проведено аналіз систем ідентифікації рухомих та нерухомих тварин для ТПВКМ, виявлено їх недоліки. На основі результатів проведеного аналізу розроблено класифікацію існуючих систем ідентифікації тварин для ТПВКМ.

5. Здійснено огляд та аналіз засобів контролю параметрів ТПВКМ, які використовуються при прив'язному та безприв'язному утриманні тварин, розглянуто їх особливості.

6. Сформульовано проблему підвищення достовірності контролю параметрів ТПВКМ, мету та задачі подальших досліджень.

2 РОЗВИТОК ТЕОРІЇ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТПВКМ

2.1 Критерій оцінювання стану складових елементів ТПВКМ

Під час функціонування ТПВКМ виникають події, які негативно впливають на його ефективність. До таких подій відносяться захворюваність тварин, запалювальні процеси та травмованість, наявність у тварин паразитів, стану «охоти», неякісне виконання персоналом своїх функціональних обов'язків, відмови технічних засобів, та інше. Результати вимірювального контролю параметрів ТПВКМ характеризують не тільки його стан в цілому, а і окремих складових елементів ТПВКМ. Виходячи з цього, на основі результатів вимірювального контролю параметрів ТПВКМ можна здійснити оцінювання стану його окремих складових елементів та виявити наявність певних подій, які негативно впливають на ефективність його роботи. Основною ознакою виникнення певної події є негативний результат вимірювального контролю відповідного параметра ТПВКМ. Так, наприклад, при захворюваності тварини маститом, основною ознакою цієї події є збільшення електропровідності молока вище межі допуску, ознакою стану «охоти» у тварини є збільшення її активності вище межі допуску, ознакою фальсифікації молока водою є зменшення нижче порогового значення його оптичної щільності, та інше. Слід відзначити, що у багатьох випадках невідповідність значення певного параметра ТПВКМ межах допуску може виникнути внаслідок великої кількості різноманітних факторів, тобто ця обставина не гарантує наявності відповідної події. У відповідності з [75–79], відхилення стану ТПВКМ від норми, як правило, супроводжується одночасною зміною та знаходженням за межами допуску певної кількості його параметрів. Таким чином, оцінити стан складових елементів ТПВКМ можливо на основі результатів вимірювального контролю декількох його параметрів.

На рис. 2.1, у якості прикладу наведені експериментальні залежності деяких параметрів ТПВКМ, які стосуються однієї тварини, від дня лактації при виникненні маститу. На початкових стадіях маститу починає збільшуватись електропровідність молока, і на певному етапі її значення перевищує максимально допустиме, що є основною ознакою його виникнення. Однак на електропровідність молока, окрім наявності маститу, впливають також кормові добавки, деякі ліки, поточна доба лактації, раціон харчування та інші фактори. Тому метод виявлення маститу тільки за результатами вимірювального контролю електропровідності молока має недостатньо високу достовірність. Як слідує з рис. 2.1, майже одночасно із збільшенням електропровідності зменшується разовий удій тварини, внаслідок погіршення її самопочуття починає зменшуватись активність, збільшується температура тіла. Експериментальне виявлення цих факторів свідчить про наявність у тварини початкових стадій маститу з достатньо високим ступенем імовірності. Слід відзначити, що остаточний висновок про наявність маститу та його ступінь можна зробити тільки після проведення відповідних лабораторних досліджень молока та вимені тварини.

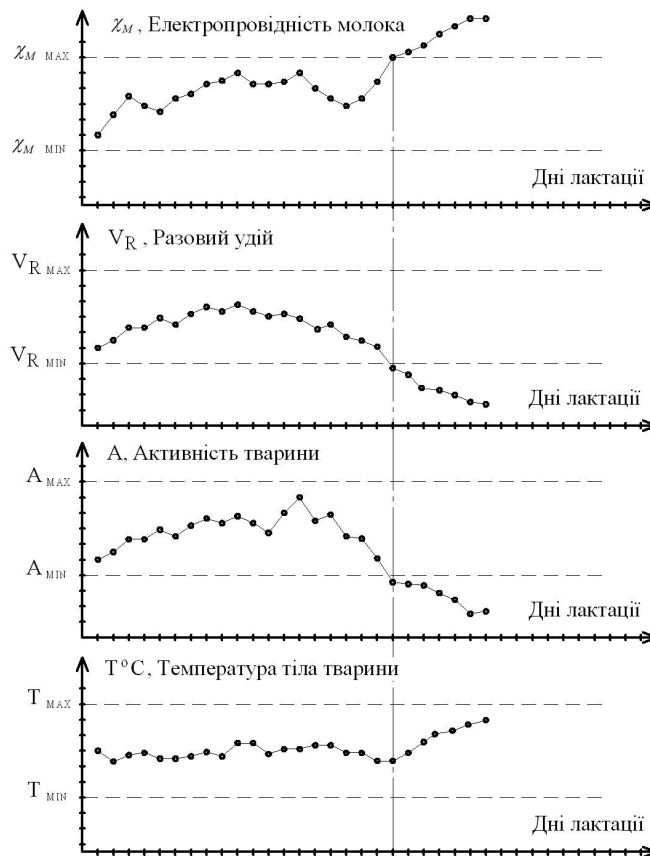


Рисунок 2.1 – Типові залежності деяких параметрів ТПВКМ, які стосуються однієї тварини, від дня лактації при виникненні маститу

Збільшення температури тіла тварини вище верхньої границі допуску одночасно із збільшенням тривалості латентного періоду, збільшенням тривалості доїння, зменшення середньої інтенсивності молоковіддачі та інтенсивності молоковіддачі протягом першого, другого, та третього тридцятисекундного часового інтервалу після початку доїння, є певною ознакою наявності запалювального процесу або інфекційного захворювання. Збільшення тривалості латентного періоду та тривалості доїння одночасно із зменшенням середньої інтенсивності молоковіддачі та інтенсивності молоковіддачі протягом першого, другого, та третього тридцятисекундного часового інтервалу після початку доїння може бути ознакою неякісної підготовки тварини до доїння, або наявністю стресового стану, який може виникнути внаслідок великої кількості причин. Одночасне зменшення активності, румінації, разового удою та добового удою є ознакою наявності стресового стану або травмованості тварини, одночасне збільшення активності та румінації свідчить про стан "охоти".

Для більшості варіантів відхилень стану складових елементів ТПВКМ можна виділити множину параметрів, значення яких, при наявності відхилення, може не відповідати границям допуску. Оптимальним кількісним показником стану складових елементів ТПВКМ є імовірність наявності того чи іншого варіанту відхилення. Теоретично, її можливо визначити на основі результатів вимірювального контролю параметрів ТПВКМ, враховуючи їх взаємодіюваність, з використанням методів теорії імовірності. Але такий

спосіб визначення імовірності являє собою надзвичайно складне завдання, яке потребує проведення дуже великої кількості експериментальних досліджень. Для вирішення цього завдання, пропонується критерій оцінювання стану складових елементів ТПВКМ на основі результатів вимірювального контролю його параметрів, який визначається наступним чином. Під контрольованим параметром першого рівня будемо розуміти такий параметр ТПВКМ, відхилення якого від норми є основною ознакою виникнення певного відхилення стану складового елемента ТПВКМ. Нехай для виявлення відхилення стану складового елемента ТПВКМ від норми здійснюється вимірювальний контроль N_K параметрів, які корельовані з контрольованим параметром першого рівня. Під контрольованим параметром другого рівня будемо розуміти той контрольований параметр, який має найбільше значення модуля коефіцієнту кореляції з контрольованим параметром першого рівня. Відповідно, під контрольованим параметром другого рівня, будемо розуміти той параметр, який має друге за величиною значення модуля коефіцієнту кореляції з контрольованим параметром першого рівня. Таким чином, контрольованим параметром i -го рівня є той контрольований параметр, який має i -те за величиною значення модуля коефіцієнту кореляції з контрольованим параметром першого рівня. Позначимо через $P_{K1}, P_{K2} \dots P_{Ki} \dots P_{KN_K}$ - результати вимірювального контролю контрольованих параметрів 1, 2 ... i ... N_K рівня. Прийmemo, що якщо значення контрольованого параметра i -го рівня не відповідає нормі, то $P_{Ki} = 1$, якщо відповідає нормі – $P_{Ki} = 0$. Позначимо через $\rho_{K11}, \rho_{K12} \dots \rho_{K1i} \dots \rho_{K1N_K}$ коефіцієнти кореляції між контрольованим параметром першого рівня та контрольованими параметрами 1, 2 ... i ... N_K рівня, вони визначаються на основі експериментальних даних наступним чином. В результаті проведення серії з n_K вимірювань визначається послідовність результатів вимірювання контрольованого параметра першого рівня $p_{K11}, p_{K12} \dots p_{K1n_K}$, та послідовність з n_K результатів вимірювання контрольованих параметрів i -го рівня $p_{Ki1}, p_{Ki2} \dots p_{Kin_K}$, їх середнє значення визначається за виразами

$$\bar{p}_{K1} = \frac{1}{n_K} \sum_{j=1}^{n_K} p_{K1j}, \quad (2.1)$$

$$\bar{p}_{Ki} = \frac{1}{n_K} \sum_{j=1}^{n_K} p_{Kij}. \quad (2.2)$$

Дисперсія вищевказаних результатів вимірювання визначається за виразами

$$D_{K1} = \frac{1}{n_K} \sum_{j=1}^{n_K} (p_{K1j} - \bar{p}_{K1})^2, \quad (2.3)$$

$$D_{Ki} = \frac{1}{n_K} \sum_{j=1}^{n_K} (p_{Kij} - \bar{p}_{Ki})^2. \quad (2.4)$$

Коваріація вищевказаних послідовностей даних результатів вимірювання, яка є мірою зв'язку між ними, визначається виразом

$$\Upsilon_K = \frac{1}{n_K} \sum_{j=1}^{n_K} (p_{K1j} - \bar{p}_{K1})(p_{Kij} - \bar{p}_{Ki}). \quad (2.5)$$

Коефіцієнт кореляції $\rho_{K_{li}}$, який є нормованою величиною, що знаходиться в межах від -1 до 1, визначається за виразом

$$\rho_{K_{li}} = \frac{\Upsilon_K}{\sqrt{D_{K_1} D_{K_i}}}. \quad (2.6)$$

Чисельне значення критерію оцінювання стану складових елементів ТПВКМ на основі результатів вимірювального контролю його параметрів пропонується визначати за виразом

$$K_{PO} = \frac{|\rho_{K_{11}}| P_{K_1} + |\rho_{K_{12}}| P_{K_2} + \dots + |\rho_{K_{li}}| P_{K_i} + \dots + |\rho_{K_{1N_K}}| P_{K_{N_K}}}{|\rho_{K_{11}}| + |\rho_{K_{12}}| + \dots + |\rho_{K_{li}}| + \dots + |\rho_{K_{1N_K}}|} = \frac{\sum_{i=1}^{N_K} |\rho_{K_{1i}}| P_{K_i}}{\sum_{i=1}^{N_K} |\rho_{K_{1i}}|}. \quad (2.7)$$

З урахуванням того, що критерій оцінювання стану елементів ТПВКМ на основі результатів вимірювального контролю його параметрів є сенс визначати тільки тоді, коли $P_{K_i} = 1$, а у будь-якому випадку $|\rho_{K_{11}}| = 1$, вираз (2.7) приймає вигляд

$$K_{PO} = \frac{1 + \sum_{i=2}^{N_K} |\rho_{K_{1i}}| P_{K_i}}{1 + \sum_{i=2}^{N_K} |\rho_{K_{1i}}|}. \quad (2.8)$$

Чим більше значення критерію наближається до одиниці, тим більша імовірність наявності відповідного відхилення стану складових елементів ТПВКМ від норми. Від чисельного значення критерію залежить прийняття рішення стосовно міроприємств, спрямованих на усунення подій, що спричинили вищевказане відхилення стану. Запропонований критерій оцінювання стану складових елементів ТПВКМ може приймати значення в межах від мінімального значення $K_{PO\ MIN}$ до одиниці, мінімальне значення критерію визначається за виразом

$$K_{PO\ MIN} = \frac{1}{1 + \sum_{i=2}^{N_K} |\rho_{K_{1i}}|}. \quad (2.9)$$

Теоретично, мінімальне значення вищевказаного критерію може знаходитись в межах, які визначається співвідношенням

$$K_{PO\ MIN} \in (0; 1]. \quad (2.10)$$

У якості прикладу, розглянемо оцінювання можливості наявності маститу у певної тварини. Якщо значення контрольованого параметра першого рівня, яким у цьому випадку є електропровідність молока, є більшим, ніж верхнє граничне значення поля допуску, а усі інші контрольовані параметри знаходяться у межах допуску, критерій оцінювання стану має мінімальне значення. При такому значенні критерію немає необхідності у невідкладному проведенні трудомісткої процедури виведення тварини з доїльної групи та проведення лабораторних аналізів, тому як електропровідність молока може збільшитись внаслідок цілого ряду факторів. У такому випадку необхідно продовжувати вимірювальний контроль відповідних параметрів та визначення критерію оцінювання стану протягом наступних доїнь. Якщо електропровідність у подальшому не зменшиться до нормального значення, тварину необхідно вивести з доїльної групи, провести лабораторні аналізи та

відповідне лікування. У випадку, якщо критерій оцінювання стану прийняв значення більше, ніж мінімально можливе, вищевказані міроприємства треба провести негайно. Слід відзначити, що корельованість параметрів ТПВКМ при виникненні різних варіантів відхилень стану її складових елементів від норми у теперішній час повністю не досліджена.

2.2 Критерій оцінювання небезпеки відхилення від норми стану складових елементів ТПВКМ

Доцільним є критеріальне оцінювання небезпеки відхилення від норми стану складових елементів ТПВКМ з метою прогнозування виникнення негативної події. Для такого оцінювання на основі результатів вимірювання та вимірювального контролю параметрів ТПВКМ пропонується застосувати функцію Іордана [108–110]

$$f_{\varepsilon}(y) = \frac{\cos y}{\sqrt{1 + \varepsilon_K \sin^2 y}}. \quad (2.11)$$

Основна властивість цієї функції полягає в тому, що із зміною її параметра ε_K в діапазоні $-1 < \varepsilon_K \leq \infty$ при $-\pi/2 \leq y \leq \pi/2$ форма функції змінюється від практично прямокутної до дельта-функції Дірака. Максимум функції Іордана дорівнює одиниці при $y=0$, при $y=\pm\pi/2$ функція Іордана дорівнює нулю. Виходячи з цього, для оцінювання небезпеки відхилення від норми стану складових елементів ТПВКМ на основі результатів вимірювання та вимірювального контролю його параметрів, пропонується використати функцію

$$f_K(y) = 1 - f_{\varepsilon}(y) = 1 - \frac{\cos y}{\sqrt{1 + \varepsilon_K \sin^2 y}}. \quad (2.12)$$

Як впливає з рис. 2.1, на якому наведено просторове зображення цієї функції, незалежно від ε_K , вона досягає максимального значення, яке дорівнює одиниці, при $y=\pm\pi/2$, а її мінімальне значення дорівнює нулю при $y=0$. Тобто, можна прийняти, що номінальному значенню контрольованого параметра $p_{K i NOM}$ відповідає нульове значення змінної y функції (2.12).

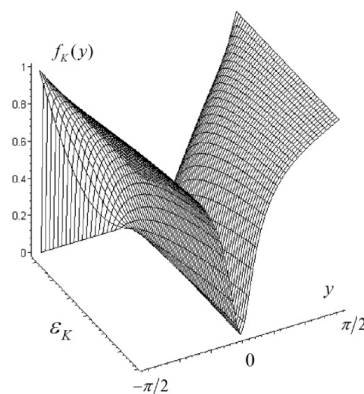


Рисунок 2.2 – Просторове зображення функції оцінювання небезпеки відхилення від норми стану складових елементів ТПВКМ

Позначимо через $\Delta_{K i}$ допустиме відхилення контрольованого параметра від номінального значення. Тоді значенню змінної $y = \pi/2$ функції (2.12) буде відповідати верхня границя допуску контрольованого параметра, яка визначається виразом

$$p_{K i MAX} = p_{K i NOM} + \Delta_{K i}. \quad (2.13)$$

Значенню змінної $y = -\pi/2$ функції (2.12) буде відповідати нижня границя допуску контрольованого параметра, яка визначається виразом

$$p_{K i MIN} = p_{K i NOM} - \Delta_{K i}. \quad (2.14)$$

Змінна ε_K функції (2.12) визначається на основі результатів експерименту та експертного оцінювання взаємозв'язку між результатами вимірювання параметрів ТПВКМ та імовірністю небезпеки подальшого їх виходу за межі допуску. Таким чином, змінну y функції (2.12), у загальному випадку можна представити як функцію

$$y = f(p_{K i}, \Delta_{K i}, p_{K i NOM}), \quad (2.15)$$

де $p_{K i}$ - результат вимірювання i -го контрольованого параметра ТПВКМ.

Як слідує з (2.13) та (2.14), зміні результату вимірювання параметра ТПВКМ на величину $\Delta_{K i}$ відповідає зміна значення y на $\pi/2$, тобто коефіцієнт пропорційності між цими величинами визначається виразом

$$k_y = \frac{2\Delta_{K i}}{\pi}. \quad (2.16)$$

Виходячи з цього, справедливе співвідношення

$$k_y y = p_{K i} - p_{K i NOM}. \quad (2.17)$$

Підставивши (2.16) до (2.17) та провівши нескладні перетворення, отримуємо аналітичний вираз для функції (2.15)

$$y(p_{K i}, \Delta_{K i}, p_{K i NOM}) = \frac{\pi(p_{K i} - p_{K i NOM})}{2\Delta_{K i}}. \quad (2.18)$$

При проведенні вимірювального контролю, як правило, виконуються умови $\Delta_{K i} = const$ та $p_{K i NOM} = const$. Якщо границі допуску симетричні відносно номінального значення i -того контрольованого параметра ТПВКМ (наприклад, при вимірювальному контролі тривалості роботи доїльної установки), то залежність кількісного показника небезпеки відхилення цього параметра від норми, від результату його вимірювання, якщо контрольований параметр знаходиться в межах допуску, отримуємо, підставивши (2.18) до (2.12)

$$f_{K i}(p_{K i}) = 1 - \frac{\cos\left(\frac{\pi(p_{K i} - p_{K i NOM})}{2\Delta_{K i}}\right)}{\sqrt{1 + \varepsilon_K \sin^2\left(\frac{\pi(p_{K i} - p_{K i NOM})}{2\Delta_{K i}}\right)}}, \quad p_{K i} \in [p_{K i MIN}; p_{K i MAX}] \quad (2.19)$$

Якщо i -тий контрольований параметр ТПВКМ знаходиться поза межами допуску, тобто, якщо виконується співвідношення

$$p_{K i} \in (-\infty; p_{K i MIN}) \cup (p_{K i MAX}; +\infty), \quad (2.20)$$

пропонується вважати, що кількісне оцінювання небезпеки відхилення цього параметра від норми дорівнює максимальному значенню функції (2.12) – одиниці. Таким чином, для симетричного відносно номінального значення інтервалу границь допуску i -того контрольованого параметра ТПВКМ, залежність кількісного показника небезпеки відхилення цього параметра від норми, від результату його вимірювання, визначається виразом

$$f_{K i}(p_{K i}) = \begin{cases} 1, & p_{K i} \in (-\infty; p_{K i MIN}) \cup (p_{K i MAX}; +\infty); \\ 1 - \frac{\cos\left(\frac{\pi(p_{K i} - p_{K i NOM})}{2\Delta_{K i}}\right)}{\sqrt{1 + \varepsilon_K \sin^2\left(\frac{\pi(p_{K i} - p_{K i NOM})}{2\Delta_{K i}}\right)}}, & p_{K i} \in [p_{K i MIN}; p_{K i MAX}]. \end{cases} \quad (2.21)$$

Типові графіки цієї функції при різних значеннях ε_K наведено на рис. 2.3.

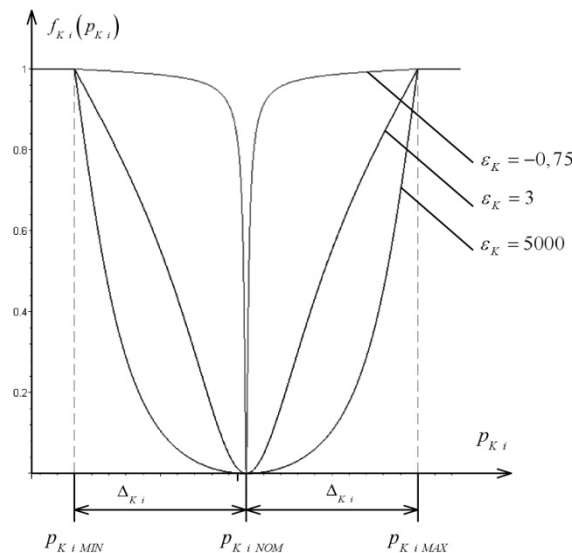


Рисунок 2.3 – Типова залежність кількісного показника оцінювання небезпеки відхилення параметра ТПВКМ від норми від результату його вимірювання при симетричному інтервалі границь допуску та різних значеннях ε_K

У випадку асиметричного, відносно номінального значення контрольованого параметра інтервалу допуску (наприклад, при вимірювальному контролі часу роботи з твариною), верхня границя i -того контрольованого параметра визначається за виразом (2.13), а нижня границя контрольованого параметра визначається за виразом

$$p_{K i MIN} = p_{K i NOM} - k_a \Delta_{K i}, \quad (2.22)$$

де k_a - коефіцієнт асиметрії.

Як і у попередньому випадку, якщо i -тий контрольований параметр ТПВКМ знаходиться поза межами допуску, оцінювання небезпеки його відхилення від норми дорівнює одиниці. Якщо результат вимірювання дорівнює номінальному значенню i -того контрольованого параметра ТПВКМ, оцінювання небезпеки його

го відхилення від норми дорівнює нулю. Таким чином, залежність показника оцінювання небезпеки відхилення i - того параметра від норми, від результату його вимірювання, при асиметричному інтервалі границь допуску визначається виразом

$$f_{K_i}(p_{K_i}) = \begin{cases} 0, & p_{K_i} = p_{K_i \text{ NOM}}; \\ 1, & p_{K_i} \in (-\infty; p_{K_i \text{ MIN}}) \cup (p_{K_i \text{ MAX}}; +\infty); \\ 1 - \frac{\cos\left(\frac{\pi(p_{K_i} - p_{K_i \text{ NOM}})}{2k_a\Delta_{K_i}}\right)}{\sqrt{1 + \varepsilon_K \sin^2\left(\frac{\pi(p_{K_i} - p_{K_i \text{ NOM}})}{2k_a\Delta_{K_i}}\right)}}, & p_{K_i} \in [p_{K_i \text{ MIN}}; p_{K_i \text{ NOM}}]; \\ 1 - \frac{\cos\left(\frac{\pi(p_{K_i} - p_{K_i \text{ NOM}})}{2\Delta_{K_i}}\right)}{\sqrt{1 + \varepsilon_K \sin^2\left(\frac{\pi(p_{K_i} - p_{K_i \text{ NOM}})}{2\Delta_{K_i}}\right)}}, & p_{K_i} \in (p_{K_i \text{ NOM}}; p_{K_i \text{ MAX}}]. \end{cases} \quad (2.23)$$

Типовий графік залежності оцінювання небезпеки відхилення параметра ТПВКМ від норми від результату його вимірювання при асиметричних границях допуску наведений на рис. 2.4.

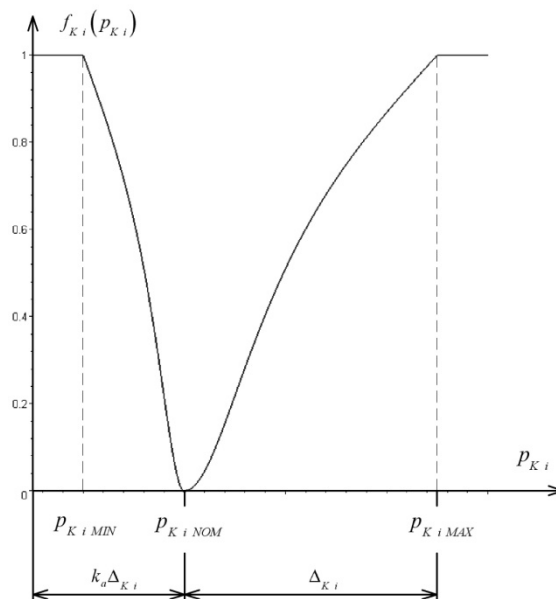


Рисунок 2.4 – Типова залежність оцінювання небезпеки відхилення параметра ТПВКМ від норми від результату його вимірювання при асиметричних границях допуску

При вимірювальному контролі параметрів ТПВКМ іноді існує тільки одна границя допуску. У цьому випадку, можливі два варіанти – існує тільки верхня границя контрольованого параметра (наприклад, при вимірювальному контролі електропровідності молока для виявлення маститу), або існує тільки нижня границя контрольованого параметра (наприклад, при вимірювальному контролі разо-

вого удою). У першому випадку параметр ТПВКМ відповідає нормі, якщо він не перевищує граничне значення $p_{K i MAX}$, відповідно, справедливим є співвідношення

$$\Delta_{K i} = p_{K i MAX} - p_{K i MIN M}, \quad (2.24)$$

де $p_{K i MIN M}$ - мінімальне можливе значення контрольованого параметра, яке у даному випадку еквівалентне параметру $p_{K i NOM}$ у виразі (2.18).

Виходячи з цього, підставивши (2.24) до (2.18), та врахувавши, що $\Delta_{K i} = const$ та $p_{K i MIN M} = const$, отримуємо вираз для змінної y функції (2.12)

$$y(p_{K i}) = \frac{\pi(p_{K i} - p_{K i MIN M})}{2(p_{K i MAX} - p_{K i MIN M})}. \quad (2.25)$$

Якщо значення i - того контрольованого параметра ТПВКМ знаходиться вище границі допуску, то оцінювання небезпеки відхилення його від норми дорівнює одиниці, а якщо його значення менше, ніж мінімальне значення контрольованого параметра, оцінювання небезпеки відхилення дорівнює нулю. Підставивши (2.25) до (2.12) отримуємо у загальному вигляді вираз для оцінювання небезпеки відхилення i - того параметра ТПВКМ від норми від результату його вимірювання, при наявності тільки верхньої границі допуску

$$f_{K i}(p_{K i}) = \begin{cases} 0, & p_{K i} < p_{K i MIN M}; \\ 1, & p_{K i} > p_{K i MAX}; \\ 1 - \frac{\cos\left(\frac{\pi(p_{K i} - p_{K i MIN M})}{2(p_{K i MAX} - p_{K i MIN M})}\right)}{\sqrt{1 + \varepsilon_K \sin^2\left(\frac{\pi(p_{K i} - p_{K i MIN M})}{2(p_{K i MAX} - p_{K i MIN M})}\right)}}, & p_{K i} \in [p_{K i MIN M}; p_{K i MAX}]. \end{cases} \quad (2.26)$$

У другому випадку, параметр ТПВКМ відповідає нормі, якщо він не менше, ніж граничне значення $p_{K i MIN}$, відповідно, справедливим є вираз

$$\Delta_{K i} = p_{K i MAX M} - p_{K i MIN}, \quad (2.27)$$

де $p_{K i MAX M}$ - максимальне можливе значення контрольованого параметра, яке у даному випадку еквівалентне параметру $p_{K i NOM}$ у виразі (2.18).

Виходячи з цього, підставивши (2.25) до (2.18), та врахувавши, що $\Delta_{K i} = const$ та $p_{K i MAX M} = const$, отримуємо вираз для змінної y функції (2.12)

$$y(p_{K i}) = \frac{\pi(p_{K i} - p_{K i MAX M})}{2(p_{K i MAX M} - p_{K i MIN})}. \quad (2.28)$$

Якщо, значення i - того контрольованого параметра ТПВКМ знаходиться нижче границі допуску, то оцінювання небезпеки його відхилення від норми дорівнює одиниці, а якщо його значення більше, ніж максимальне можливе значення контрольованого параметра, оцінювання небезпеки відхилення дорівнює нулю. Врахувавши це, та підставивши (2.28) до (2.12), отримуємо вираз для залежності показника небезпеки відхилення i - того параметра ТПВКМ від норми від результату його вимірювання, при наявності тільки нижньої границі допуску

$$f_{K_i}(p_{K_i}) = \begin{cases} 1, & p_{K_i} < p_{K_i \text{ MIN}}; \\ 0, & p_{K_i} > p_{K_i \text{ MAX M}}; \\ 1 - \frac{\cos\left(\frac{\pi(p_{K_i} - p_{K_i \text{ MAX M}})}{2(p_{K_i \text{ MAX M}} - p_{K_i \text{ MIN}})}\right)}{\sqrt{1 + \varepsilon_K \sin^2\left(\frac{\pi(p_{K_i} - p_{K_i \text{ MAX M}})}{2(p_{K_i \text{ MAX M}} - p_{K_i \text{ MIN}})}\right)}}, & p_{K_i} \in [p_{K_i \text{ MIN}}; p_{K_i \text{ MAX M}}]. \end{cases} \quad (2.29)$$

Типові залежності кількісного показника небезпеки відхилення параметра ТПВКМ від норми від результату його вимірювання при наявності тільки однієї границі допуску наведено на рис. 2.5.

Критерій небезпеки відхилення стану ТПВКМ від норми на основі результатів вимірювання та вимірювального контролю його параметрів пропонується у загальному вигляді визначати за виразом

$$K_{PN} = a_1 f_{K_1}(p_{K_1}) + a_2 f_{K_2}(p_{K_2}) + \dots + a_i f_{K_i}(p_{K_i}) + \dots + a_{N_K} f_{K_{N_K}}(p_{K_{N_K}}) = \sum_{i=1}^{N_K} a_i f_{K_i}(p_{K_i}), \quad (2.30)$$

де $a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_{N_K}$ - вагові коефіцієнти, значення яких визначається на основі результатів експериментальних досліджень та експертної оцінки взаємозв'язку та взаємного впливу параметрів ТПВКМ при виникненні небезпеки подальшого відхилення від норми стану елементів ТПВКМ.

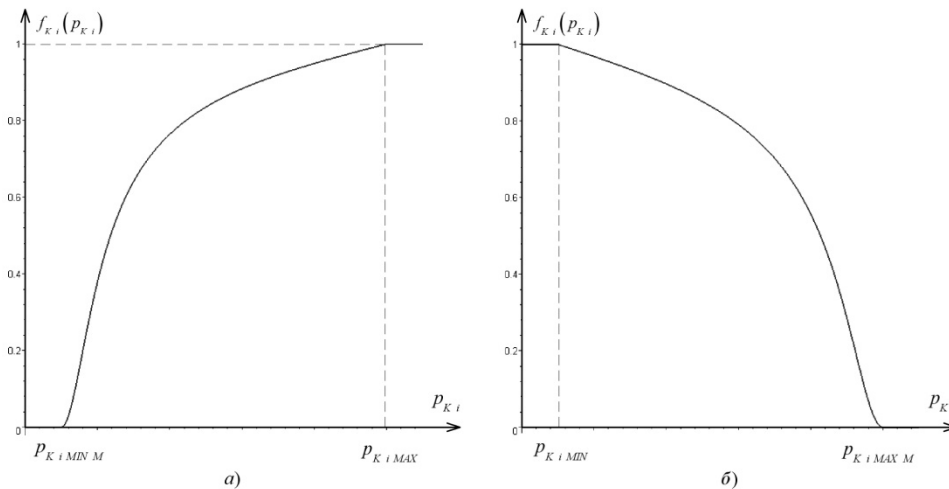


Рисунок 2.5 – Типові залежності кількісного показника небезпеки відхилення параметра ТПВКМ від норми від результату його вимірювання при наявності однієї границі допуску; *а* – при наявності тільки верхньої границі допуску; *б* – при наявності тільки нижньої границі допуску

Вагові коефіцієнти у виразі (2.30) повинні задовольняти умові

$$\sum_{i=1}^{N_K} a_i = 1. \quad (2.31)$$

Чисельне значення запропонованого критерію може змінюватися від нуля до одиниці, чим більше його значення наближається до одиниці, тим більша імовірність виникнення відхилення стану складових елементів ТПВКМ від норми. Тип відхилення визначається контрольованим параметром першого рівня.

2.3 Оптичний метод оперативного вимірювання відносної масової частки молока у водно-молочному розчині

Метод оперативного вимірювання відносної масової частки молока у водно-молочному розчині заснований на функціональній залежності поглинання інфрачервоного випромінювання водно-молочним розчином від відносної масової частки молока. Провівши вимірювання інтенсивності інфрачервоного випромінювання, яке пройшло крізь водно-молочний розчин, та порівнявши його з інтенсивністю випромінювання, яке падає на розчин, за відповідною функціональною залежністю визначається відносна масова частка молока.

Розглянемо теоретичні засади запропонованого оптичного методу оперативного вимірювання відносної масової частки молока у водно-молочному розчині [111]. Ослаблення монохроматичного випромінювання речовиною визначається законом Бугера-Ламберта-Бера, який зв'язує вихідну та вхідну інтенсивність оптичного випромінювання, при його проходженні через речовину [112–115]

$$I = I_0 e^{-\alpha cd}, \quad (2.32)$$

де I_0 - інтенсивність випромінювання, яке падає на речовину; d - товщина шару; c - концентрація речовини; α - коефіцієнт поглинання речовини.

Закон Бугера-Ламберта-Бера може бути записаний з використанням десятичних логарифмів

$$I = I_0 \cdot 10^{-k(\lambda)cd}, \quad (2.33)$$

де λ - довжина хвилі оптичного випромінювання; $k(\lambda)$ - коефіцієнт екстинкції, який є функцією довжини хвилі оптичного випромінювання.

Пропускання речовиною випромінювання характеризується коефіцієнтом пропускання, який визначається як

$$K_{PR}(\lambda) = \frac{I}{I_0} = 10^{-k(\lambda)cd}. \quad (2.34)$$

Важливою характеристикою речовини є її оптична щільність, яка визначається за виразом

$$D(\lambda) = \lg \frac{I_0}{I} = k(\lambda)cd. \quad (2.35)$$

Проходячи через розчин з n компонентів, випромінювання кожним з них поглинається по різному. Результуюче поглинання отримується адитивним накладенням окремих компонентів. Відповідно, оптична щільність n - компонентної суміші визначається за виразом

$$D(\lambda) = \sum_{i=1}^n k_i(\lambda)c_i d, \quad (2.36)$$

де $k_i(\lambda)$ - коефіцієнт екстинкції i - того компоненту суміші; c_i - концентрація i - того компоненту суміші.

Для водно-молочного розчину $n=2$, відповідно, його оптична щільність визначається за виразом [112]

$$D_{VM}(\lambda) = d(k_M(\lambda)c_M + k_V(\lambda)c_V), \quad (2.37)$$

де $k_M(\lambda)$ - коефіцієнт екстинкції молока; c_M - концентрація молока у водно-молочному розчині; $k_V(\lambda)$ - коефіцієнт екстинкції води; c_V - концентрація води у водно-молочному розчині.

Об'єм водно-молочного розчину, що поглинає випромінювання, визначається виразом [111]

$$V_K = V_M + V_V = \frac{m_M}{\rho_M} + \frac{m_V}{\rho_V}, \quad (2.38)$$

де m_M - маса молока у водно-молочному розчині; ρ_M - щільність молока; m_V - маса води у водно-молочному розчині; ρ_V - щільність води.

Концентрація води у водно-молочному розчині визначається як

$$c_V = \frac{m_V}{V_K} = \frac{m_V}{\frac{m_M}{\rho_M} + \frac{m_V}{\rho_V}} = m_V \frac{\rho_M \rho_V}{m_M \rho_V + m_V \rho_M}. \quad (2.39)$$

Концентрація молока у водно-молочному розчині

$$c_M = \frac{m_M}{V_K} = \frac{m_M}{\frac{m_M}{\rho_M} + \frac{m_V}{\rho_V}} = m_M \frac{\rho_M \rho_V}{m_M \rho_V + m_V \rho_M}. \quad (2.40)$$

Відносна масова частка молока у водно-молочному розчині визначається як

$$\eta = \frac{m_M}{m_M + m_V}. \quad (2.41)$$

З виразу (2.41) після нескладних перетворень отримуємо

$$m_V = m_M \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right). \quad (2.42)$$

Підставимо (2.42) в (2.39) та (2.40), після перетворень отримуємо вирази, які зв'язують концентрацію молока та води у водно-молочному розчині з відносною масовою часткою молока.

$$c_V = \frac{\rho_M \rho_V \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)}{\rho_V + \rho_M \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)}, \quad (2.43)$$

$$c_M = \frac{\rho_M \rho_V}{\rho_V + \rho_M \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)}. \quad (2.44)$$

Підставимо (2.43) та (2.44) до (2.37), та після перетворень отримуємо залежність оптичної щільності водно-молочного розчину від відносної масової частки молока

$$D_{VM}(\lambda) = \frac{d \rho_M \rho_V \left(k_M(\lambda) + k_V(\lambda) \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) \right)}{\rho_V + \rho_M \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)}. \quad (2.45)$$

З урахуванням виразу (2.35), після перетворень отримуємо

$$I = I_0 \cdot 10^{-\frac{d \rho_M \rho_V \left(k_M(\lambda) + k_V(\lambda) \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) \right)}{\rho_V + \rho_M \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)}}. \quad (2.46)$$

Вираз (2.46) є математичною моделлю поглинання оптичного випромінювання водно-молочним розчином. Цей вираз зв'язує інтенсивність оптичного випромінювання, що проходить крізь розчин, з відносною масовою часткою молока у розчині.

При використанні фотоприймача на основі пари фотодіод – операційний підсилювач, у відповідності з [116–119], його вихідна напруга, у першому наближенні, зв'язана з інтенсивністю випромінювання співвідношенням

$$U_F = IS_{I_0}(\lambda)R_{ZZ}S_{VD}, \quad (2.47)$$

де $S_{I_0}(\lambda)$ - інтегральна струмова чутливість фотодіоду; S_{VD} - площа фоточутливого шару фотодіоду, що освітлюється; R_{ZZ} - опір в колі зворотного зв'язку операційного підсилювача.

Підставимо (2.46) до (2.47) та отримаємо залежність вихідної напруги фотоприймача на основі пари фотодіод – операційний підсилювач від відносної масової частки молока у водно-молочному розчині.

$$U_F(\eta) = I_0 S_{I_0}(\lambda) R_{ZZ} S_{VD} \cdot 10^{-\frac{d \rho_M \rho_V \left(k_M(\lambda) + k_V(\lambda) \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) \right)}{\rho_V + \rho_M \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)}}. \quad (2.48)$$

На рис. 2.6 наведено сімейство визначених за виразом (2.48) теоретичних залежностей вихідної напруги фотоприймача на основі пари фотодіод - операційний підсилювач, від відносної масової частки молока у водно-молочному розчині, при різних значеннях інтенсивності випромінювання $I_{0.1} - I_{0.4}$.

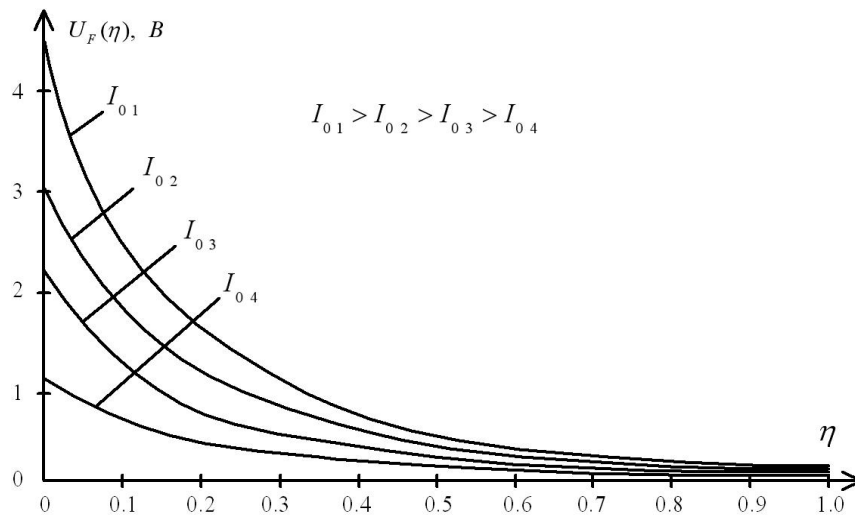


Рисунок 2.6 – Теоретичні залежності вихідної напруги фотоприймача на основі пари фотодіод - операційний підсилювач від відносної масової частки молока у водно-молочному розчині при різних значеннях інтенсивності випромінювання

Вирішивши рівняння (2.48) відносно η , отримуємо вираз, який зв'язує відносну масову частку молока у водно-молочному розчині з вихідною напругою фотоприймача на основі пари фотодіод - операційний підсилювач

$$\eta = \frac{\rho_M \lg \frac{U_F(\eta)}{I_0 S_{I_0}(\lambda) R_{ZZ} S_{VD}} + d \rho_M \rho_V k_V(\lambda)}{(\rho_M - \rho_V) \lg \frac{U_F(\eta)}{I_0 S_{I_0}(\lambda) R_{ZZ} S_{VD}} + d \rho_M \rho_V (k_V(\lambda) - k_M(\lambda))}. \quad (2.49)$$

Інфрачервона спектрометрія широко використовується для контролю якості харчових продуктів [112, 120]. Молоко та водно-молочний розчин відносяться до речовин з значним ступенем поглинання інфрачервоного випромінювання в ближній ділянці спектру, яка характеризується довжинами хвиль від 0,75 до 2,5 мкм [43, 120]. Ця обставина зумовлює високу чутливість запропонованого методу.

На рис. 2.7 наведено типові експериментальні спектральні характеристики пропускання інфрачервоного випромінювання ближньої ділянки спектру для молока та води, товщина шару яких складає $d = 10$ мм [112].

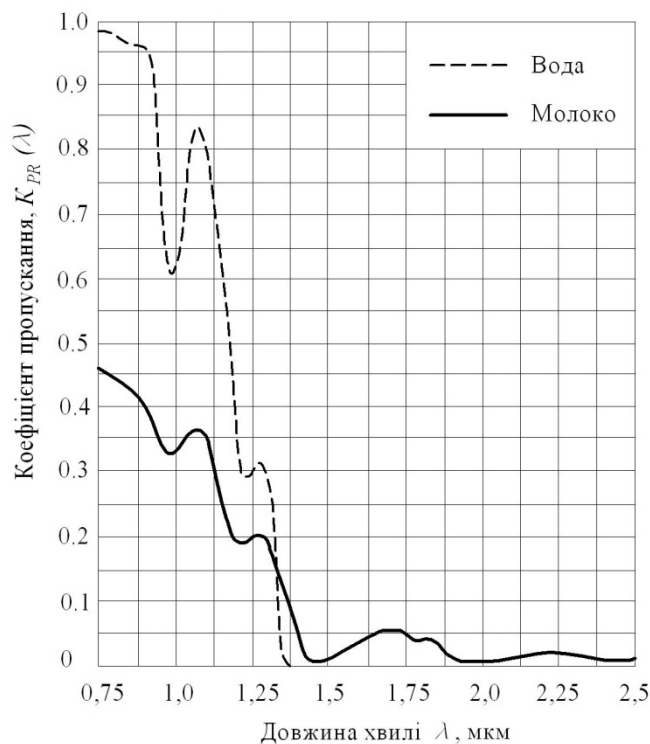


Рисунок 2.7 – Типові експериментальні спектральні характеристики пропускання інфрачервоного випромінювання ближньої ділянки спектру для молока та води, товщина шару яких складає $d = 10$ мм

Спектральна характеристика пропускання речовини являє собою залежність коефіцієнту пропускання, який визначається виразом (2.34), від довжини хвилі оптичного випромінювання. Коефіцієнт екстинкції з коефіцієнтом пропускання зв'язані співвідношенням

$$k(\lambda) = -\frac{1}{cd} \lg K_{PR}(\lambda). \quad (2.50)$$

Слід відзначити, що форма спектральної характеристики пропускання дуже сильно залежить від товщини шару речовини d . Аналітичний вираз, який описує

спектральну характеристику пропускання, може бути отриманий тільки шляхом інтерполяції результатів експериментальних даних.

Знайдемо оптимальне значення довжини хвилі оптичного випромінювання, при якій чутливість засобу вимірювання буде максимальною. Є очевидним, що чутливість буде максимальною на тій довжині хвилі, на якій відношення коефіцієнту пропускання води до коефіцієнту пропускання молока буде максимальним. У цьому випадку забезпечується максимальне зменшення поглинання інфрачервоного випромінювання молоком за рахунок наявності води. Для визначення оптимального значення довжини хвилі інфрачервоного випромінювання проведемо інтерполяцію спектральних характеристик пропускання молока та води (рис. 2.7). Відомо, що якісні результати інтерполяції досягаються при використанні кубічної сплайнової функції, яка складається з кусків кубічних поліномів, при використанні яких неможливі пульсації інтерполюючої функції [121, 122]. Кубічні сплайни уявляють собою кубічні параболи, які в кожному випадку точно проходять через дві опорні точки, які визначаються за експериментальними спектральними характеристиками (рис. 2.8).

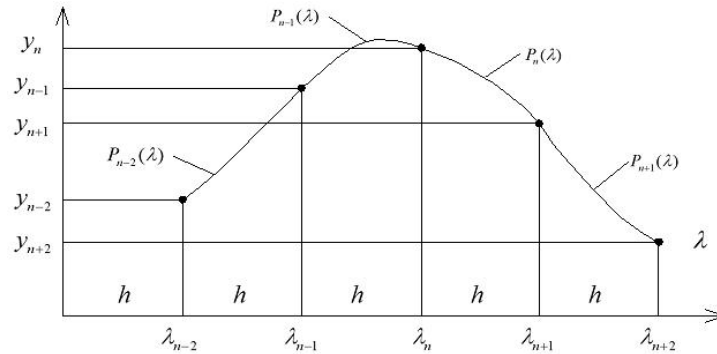


Рисунок 2.8 – Інтерполяція за допомогою кубічних сплайнів

При наявності N опорних точок сплайнова функція складається з $N-1$ окремих поліномів. У місцях стиків значення кусків кубічних поліномів збігаються між собою та із значеннями функції, що інтерполюється, також збігаються значення їх першої та другої похідної. Кубічний поліном $P_n(\lambda)$ між опорними точками λ_n та λ_{n+1} визначається за виразом

$$P_n(\lambda) = a_n + b_n(\lambda - \lambda_n) + c_n(\lambda - \lambda_n)^2 + d_n(\lambda - \lambda_n)^3, \quad \lambda \in [\lambda_n, \lambda_{n+1}], \quad n=1, 2, \dots, N-1. \quad (2.51)$$

Розіб'ємо вісь абсцис на рівні відрізки, довжина яких визначається виразом

$$h = \lambda_{n+1} - \lambda_n. \quad (2.52)$$

Тоді для поліному $P_n(\lambda)$ в опорних точках отримуємо

$$P_n(\lambda_n) = a_n = y_n, \quad (2.53)$$

$$P_n(\lambda_{n+1}) = a_n + b_n h + c_n h^2 + d_n h^3 = y_{n+1}, \quad (2.54)$$

$$P_n'(\lambda_n) = b_n = y_n', \quad (2.55)$$

$$P_n'(\lambda_{n+1}) = b_n + 2c_n h + 3d_n h^2 = y_{n+1}', \quad (2.56)$$

$$P_n''(\lambda_n) = 2c_n = y_n'', \quad (2.57)$$

$$P_n''(\lambda_{n+1}) = 2c_n + 6d_n h = y_{n+1}''. \quad (2.58)$$

З рівнянь (2.53) – (2.58) визначаються невідомі коефіцієнти через задані опорні величини та невідомі похідні другого порядку на кінцях часткових інтервалів

$$a_n = y_n, \quad (2.59)$$

$$b_n = \frac{1}{h}(y_{n+1} - y_n) - \frac{1}{6}h(y_{n+1}'' - 2y_n''), \quad (2.60)$$

$$c_n = \frac{y_n''}{2}, \quad (2.61)$$

$$d_n = \frac{1}{6h}(y_{n+1}'' - y_n''). \quad (2.62)$$

Коефіцієнти b_n , c_n та d_n знаходяться, коли відомі другі похідні у точках λ_n та λ_{n+1} . Для їх знаходження необхідно скористатися неперервністю першої та другої похідної на внутрішніх опорних точках. Підставивши (2.60), (2.61) та (2.62) до (2.56), та провівши нескладні перетворення отримуємо

$$P_n'(\lambda_{n+1}) = \frac{1}{h}(y_{n+1} - y_n) + \frac{1}{6}h(2y_{n+1}'' - y_n''), \quad (2.63)$$

$$P_{n-1}'(\lambda_n) = \frac{1}{h}(y_n - y_{n-1}) + \frac{1}{6}h(2y_n'' - y_{n-1}''). \quad (2.64)$$

Неперервність вимагає, щоб похідні сусідніх з'єднаних один з одним поліномів в опорній точці λ_n були однакові, тобто

$$P_{n-1}'(\lambda_n) = P_n'(\lambda_n). \quad (2.65)$$

Ця умова, з урахуванням рівнянь (2.64) та (2.60) веде до рівняння

$$y_{n-1}'' + 4y_n'' + y_{n+1}'' = \frac{6}{h^2}(y_{n+1} - 2y_n - y_{n-1}). \quad (2.66)$$

При використанні звичайних сплайнів викривлення на краях інтервалу інтерполяції прирівнюються до нуля, тобто

$$y_1'' = y_N'' = 0. \quad (2.67)$$

Після цього на основі (2.66) складається система рівнянь, шляхом вирішення якої обчислюються похідні другого порядку на $N-2$ внутрішніх опорних точках для $n = 2, 3, \dots, N-1$. На основі обчислених похідних другого порядку за виразами (2.59) – (2.62) визначаються коефіцієнти a_n , b_n , c_n та d_n для кожного поліному. При використанні інтерполяції кубічними сплайнами, можна використовувати точні або асимптотично точні оцінки похибок сплайн-інтерполяції на класах функцій [122]. Всі вони складні для використання, тому доречно обмежитись тільки порядковими оцінками похибок. Якщо функція $f(\lambda)$ належить до класу $C^k[a; b]$ функцій, неперервних на $[a; b]$, і які мають неперервні похідні до k -того порядку ($k = 0, 1, 2, 3, 4$), то для похибки інтерполяції функції $f(\lambda)$ та її похідних дійсна оцінка

$$\max_{a < \lambda < b} |f^{(p)}(\lambda) - P_n^{(p)}(\lambda)| \leq c_f \cdot h^{k-p}, \quad k \geq p, \quad (2.68)$$

де c_f - невід'ємна константа.

Для функції $f(\lambda) \in C^4[a; b]$ порядок наближення $f(\lambda)$ звичайним кубічним сплайном $P_n(\lambda)$ дорівнює $o(h^4)$, порядок наближення похідної $f'(\lambda)$, дорівнює $o(h^3)$ та буде складати малу величину у порівнянні з іншими похибками.

Таким чином, спектральну характеристику пропускання інфрачервоного випромінювання ближньої ділянки спектру для молока можна представити у вигляді інтерполюючої функції

$$K_{PRM}(\lambda) = \begin{cases} a_{1M} + b_{1M}(\lambda - \lambda_1) + c_{1M}(\lambda - \lambda_1)^2 + d_{1M}(\lambda - \lambda_1)^3, & \lambda \in [\lambda_1, \lambda_2]; \\ a_{2M} + b_{2M}(\lambda - \lambda_2) + c_{2M}(\lambda - \lambda_2)^2 + d_{2M}(\lambda - \lambda_2)^3, & \lambda \in [\lambda_2, \lambda_3]; \\ \dots \\ a_{N-1M} + b_{N-1M}(\lambda - \lambda_{N-1}) + c_{N-1M}(\lambda - \lambda_{N-1})^2 + d_{N-1M}(\lambda - \lambda_{N-1})^3, & \lambda \in [\lambda_{N-1}, \lambda_N], \end{cases} \quad (2.69)$$

а спектральну характеристику пропускання інфрачервоного випромінювання ближньої ділянки спектру для води

$$K_{PRV}(\lambda) = \begin{cases} a_{1V} + b_{1V}(\lambda - \lambda_1) + c_{1V}(\lambda - \lambda_1)^2 + d_{1V}(\lambda - \lambda_1)^3, & \lambda \in [\lambda_1, \lambda_2]; \\ a_{2V} + b_{2V}(\lambda - \lambda_2) + c_{2V}(\lambda - \lambda_2)^2 + d_{2V}(\lambda - \lambda_2)^3, & \lambda \in [\lambda_2, \lambda_3]; \\ \dots \\ a_{N-1V} + b_{N-1V}(\lambda - \lambda_{N-1}) + c_{N-1V}(\lambda - \lambda_{N-1})^2 + d_{N-1V}(\lambda - \lambda_{N-1})^3, & \lambda \in [\lambda_{N-1}, \lambda_N]. \end{cases} \quad (2.70)$$

Для визначення оптимальної довжини хвилі, на який відношення коефіцієнту пропускання води до коефіцієнту пропускання молока буде максимальним, знайдемо відношення функції (2.70) до (2.69)

$$K_{PRMV}(\lambda) = \frac{K_{PRV}(\lambda)}{K_{PRM}(\lambda)} = \begin{cases} \frac{a_{1V} + b_{1V}(\lambda - \lambda_1) + c_{1V}(\lambda - \lambda_1)^2 + d_{1V}(\lambda - \lambda_1)^3}{a_{1M} + b_{1M}(\lambda - \lambda_1) + c_{1M}(\lambda - \lambda_1)^2 + d_{1M}(\lambda - \lambda_1)^3}, & \lambda \in [\lambda_1, \lambda_2]; \\ \frac{a_{2V} + b_{2V}(\lambda - \lambda_2) + c_{2V}(\lambda - \lambda_2)^2 + d_{2V}(\lambda - \lambda_2)^3}{a_{2M} + b_{2M}(\lambda - \lambda_2) + c_{2M}(\lambda - \lambda_2)^2 + d_{2M}(\lambda - \lambda_2)^3}, & \lambda \in [\lambda_2, \lambda_3]; \\ \dots \\ \frac{a_{N-1V} + b_{N-1V}(\lambda - \lambda_{N-1}) + c_{N-1V}(\lambda - \lambda_{N-1})^2 + d_{N-1V}(\lambda - \lambda_{N-1})^3}{a_{N-1M} + b_{N-1M}(\lambda - \lambda_{N-1}) + c_{N-1M}(\lambda - \lambda_{N-1})^2 + d_{N-1M}(\lambda - \lambda_{N-1})^3}, & \lambda \in [\lambda_{N-1}, \lambda_N]. \end{cases} \quad (2.71)$$

На оптимальній довжині хвилі інфрачервоного випромінювання виконується співвідношення

$$K_{PRMV}(\lambda_{OPT}) = \max_{[\lambda_1, \lambda_N]} K_{PRMV}(\lambda). \quad (2.72)$$

Таким чином, знаходження оптимальної довжини хвилі зводиться до вирішення стандартного завдання визначення максимуму функції (2.71). На рис. 2.9, а, наведено результати інтерполяції за допомогою звичайних кубічних сплайнів спектральних характеристик пропускання води та молока, які наведені на 2.7, а на рис. 2.9, б – графік функції (2.71). Як слідує з рис. 2.9, б, оптимальне значення довжини хвилі інфрачервоного випромінювання для визначення відносної масової частки молока у водно-молочному розчині, при $d = 10$ мм складає приблизно 0,91 мкм.

Перспективним є використання запропонованого методу визначення масової частки молока у водно-молочному розчині для виявлення фактів фальсифікації молока доярами на стійлових доїльних установках.

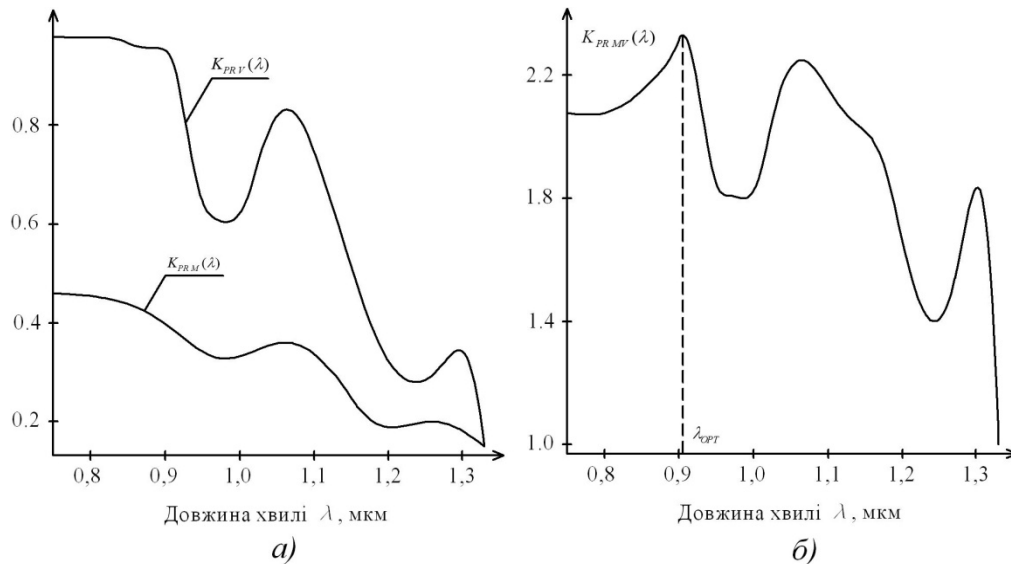


Рисунок 2.9 – Інтерполяція спектральних характеристик пропускання води і молока та відношення їх інтерполуючих функцій; *a* – інтерполуючі функції спектральних характеристик пропускання води та молока; *б* – відношення інтерполуючих функцій спектральних характеристик пропускання води та молока

2.4. Удосконалення методу вимірювального контролю електропровідності молока

У теперішній час практично усі світові виробники доїльного обладнання виготовляють засоби контролю електропровідності молока, які використовуються для виявлення маститу [9–31]. Вищевказані засоби можуть бути інтегровані до БЗПД, або виконані у переносному конструктиві, можуть забезпечувати контроль електропровідності суміші молока з усіх чвертей вимені, або окремо, для кожної чверті. Переносні засоби здійснюють вимірювальний контроль електропровідності перших струменів молока. У цьому випадку, на результати контролю впливає забрудненість вимені, об'єм порції молока, часовий проміжок між доїннями, кваліфікація оператора, температура молока та її зміна в процесі вимірювання. У багатьох існуючих засобах контролю електропровідності молока не здійснюється температурна компенсація, хоча температура контрольованої порції, яка залежить від особливостей тварини і температури навколишнього середовища, впливає на виміряне значення електропровідності. Відповідно, внаслідок відсутності температурної компенсації, зменшується достовірність вимірювального контролю. Слід відзначити, що згідно [42], електропровідність молока залежить від дня лактації тварини, що у існуючих засобах контролю не враховується. Таким чином, актуальним є подальше підвищення точності вимірювання та достовірності контролю електропровідності молока.

У молоці виникає електропровідність внаслідок наявності у ньому іонів. Для уніфікації результатів контролю електропровідності молока пропонується проводити вимірювальний контроль його питомої електропровідності, яка відповідає

контрольній температурі $T_{KM} = 20$ °С. Між питомою електропровідністю молока та швидкістю його іонів існує залежність, яка визначається виразом [43]

$$\chi_M = \frac{e_e n_e c_e N_{LE}}{1000} (u_+ + u_-), \quad (2.73)$$

де c_e - концентрація іонів; n_e - електрохімічна валентність; N_{LE} - число Лошмідта; u_+ - швидкість руху катіонів; u_- - швидкість руху аніонів.

Окрім цього, вираз (2.73) можна представити у вигляді [43]

$$\chi_M = \frac{\alpha_e f_\lambda c_e n_e}{1000} (l_{+\infty} + l_{-\infty}), \quad (2.74)$$

де α_e - ступінь дисоціації; f_λ - коефіцієнт електропровідності молока, за допомогою якого враховується міжіонна взаємодія; $l_{+\infty}$ - рухомість катіонів при нескінченному розбавленні; $l_{-\infty}$ - рухомість аніонів при нескінченному розбавленні.

Залежність питомої електропровідності молока від температури визначається виразом

$$\chi_M = \chi_{M0} (1 + \alpha_M \Delta T), \quad (2.75)$$

де χ_{M0} - питома електропровідність молока при контрольній температурі T_{KM} ; α_M - температурний коефіцієнт електропровідності молока, $\alpha_M = 0,02$ °С⁻¹; ΔT - різниця між поточною температурою молока T_{PM} та контрольною температурою.

Як слідує з виразу (2.75), температура має значний вплив на електропровідність молока, збільшення температури на 1 °С призводить до збільшення електропровідності на 1%. Виходячи з цього, температурна компенсація результатів вимірювання електропровідності призводить до підвищення достовірності її контролю.

Розглянемо рис. 2.10, на якому наведено типову експериментальну залежність питомої електропровідності молока від часу протягом доїння [123]. Наведена залежність побудована на основі даних, отриманих протягом шести днів від 32 корів при їх трьохразовому доїнні, інтервал між вибірками складав шість секунд. Як слідує з рис. 2.10 та результатів робіт [43, 46, 48–51, 123], миттєве значення електропровідності значно змінюється протягом доїння та залежить від багатьох випадкових факторів, таких як спінювання молока, неповне покриття електродів, турбулентність потоків молока, значення інтенсивності молочного потоку, особливостей утримання тварин, типу кормів та кормових домішок, стану здоров'я тварини, періоду лактації, індивідуальних та породних особливостей тварин. Таким чином, з метою зменшення впливу випадкових факторів на достовірність контролю, доцільним є вимірювальний контроль середнього значення питомої електропровідності молока при контрольній температурі за час доїння, методика його вимірювання полягає в наступному. Протягом доїння проводиться N_{MC} одночасних вимірювань миттєвих значень питомої електропровідності молока $\chi_{M i}$, $\chi_{M i+1} \dots \chi_{M N_{MC}}$ та поточної температури молока $T_{PM i}$, $T_{PM i+1} \dots T_{PM N_{MC}}$ в певні моменти часу t_i , $t_{i+1} \dots t_{N_{MC}}$. На основі результатів цих вимірювань, за допомогою

виразу (2.75), визначаються відповідні миттєві значення питомої електропровідності молока $\chi_{M0 i}, \chi_{M0 i+1} \dots \chi_{M0 N_{MC}}$ при контрольній температурі.

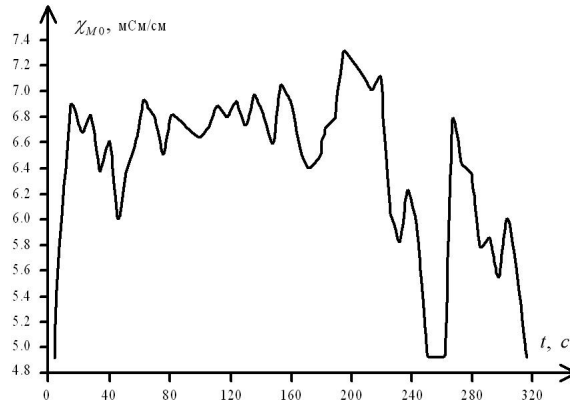


Рисунок 2.10 – Типова залежність питомої електропровідності молока від часу протягом доїння

Для визначення середнього значення питомої електропровідності молока при контрольній температурі за час доїння, внаслідок її стрибкоподібної зміни, доцільно використати кусочно-лінійну інтерполяцію даних. Кусочно-лінійна інтерполуюча функція залежності питомої електропровідності молока при контрольній температурі від часу протягом доїння, у загальному випадку визначається виразом

$$\chi_{M0i}(t) = \begin{cases} \frac{\chi_{M0 2} - \chi_{M0 1}}{t_2 - t_1} t + \chi_{M0 1} - \frac{\chi_{M0 2} - \chi_{M0 1}}{t_2 - t_1}, & t \in [t_1, t_2]; \\ \dots \\ \frac{\chi_{M0 i+1} - \chi_{M0 i}}{t_{i+1} - t_i} t + \chi_{M0 i} - \frac{\chi_{M0 i+1} - \chi_{M0 i}}{t_{i+1} - t_i}, & t \in [t_i, t_{i+1}]; \\ \dots \\ \frac{\chi_{M0 N_{MC}} - \chi_{M0 N_{MC}-1}}{t_{N_{MP}} - t_{N_{MP}-1}} t + \chi_{M0 N_{MC}-1} - \frac{\chi_{M0 N_{MC}} - \chi_{M0 N_{MC}-1}}{t_{N_{MP}} - t_{N_{MP}-1}}, & t \in [t_{N_{MC}-1}, t_{N_{MC}}]. \end{cases} \quad (2.76)$$

Типовий графік функції, яка описується виразом (2.76), наведений на рис. 2.11.

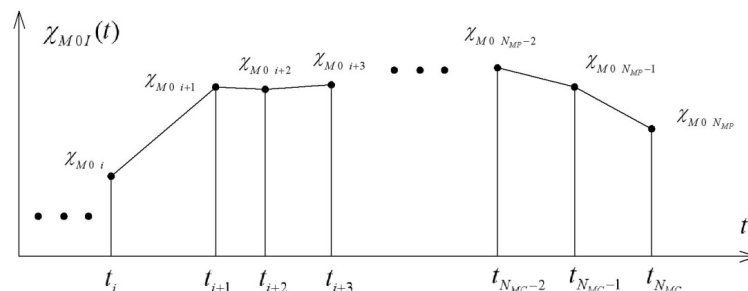


Рисунок 2.11 – Кусочно-лінійна інтерполяція результатів вимірювання залежності питомої електропровідності молока при контрольній температурі від часу

Середнє за час доїння значення питомої електропровідності молока при контрольній температурі, при використанні цифрового інтегрування інтерполюючої функції за методом трапецій, визначається виразом

$$\chi_{M0S} = \frac{1}{t_{N_{MC}} - t_1} \int_0^{t_{N_{MC}}} \chi_{M0I}(t) dt = \frac{1}{t_{N_{MC}} - t_1} \sum_{i=1}^{N_{MC}-1} \frac{\chi_{M0I+1} + \chi_{M0I}}{2} (t_{i+1} - t_i). \quad (2.77)$$

У роботі [42] проведено дослідження зміни електропровідності молока протягом періоду лактації. На рис. 2.12 наведено типовий графік зміни середньої питомої електропровідності молока здорових тварин протягом лактаційного періоду, який отриманий шляхом інтерполяції за допомогою звичайних кубічних сплайнів даних, які у роботі [42] наведені у табличному вигляді. Результати вимірювання електропровідності у роботі [42] та на рис. 2.12 представлені у вимірних значеннях струму I_{CM} , який протікає через молоко між електродами певної конфігурації. Інтерполююча функція, графік якої наведений на рис. 2.12, визначається виразом

$$\chi_{LC}(s_{LC}) = \begin{cases} a_{1LC} + b_{1LC}(s_{LC} - s_{LC1}) + c_{1LC}(s_{LC} - s_{LC1})^2 + d_{1LC}(s_{LC} - s_{LC1})^3, & s_{LC} \in [s_{LC1}, s_{LC2}]; \\ a_{2LC} + b_{2LC}(s_{LC} - s_{LC2}) + c_{2LC}(s_{LC} - s_{LC2})^2 + d_{2LC}(s_{LC} - s_{LC2})^3, & s_{LC} \in [s_{LC2}, s_{LC3}]; \\ \dots \\ a_{iLC} + b_{iLC}(s_{LC} - s_{LCi}) + c_{iLC}(s_{LC} - s_{LCi})^2 + d_{iLC}(s_{LC} - s_{LCi})^3, & s_{LC} \in [s_{LCi}, s_{LCi+1}]; \\ \dots \\ a_{N-1LC} + b_{N-1LC}(s_{LC} - s_{LCN_{LC-1}}) + c_{N-1LC}(s_{LC} - s_{LCN_{LC-1}})^2 + d_{N-1LC}(s_{LC} - s_{LCN_{LC-1}})^3, & s_{LC} \in [s_{LCN_{LC-1}}, s_{LCN_{LC}}], \end{cases} \quad (2.78)$$

де a_{iLC} , b_{iLC} , c_{iLC} , d_{iLC} - коефіцієнти звичайних інтерполюючих сплайнів; s_{LC} - поточний день лактації; s_{LCi} - порядкові номери днів лактації, в які проводилися експериментальні дослідження, уявляють собою абсциси стиків інтерполюючих сплайнів; N_{LC} - номер останнього дня лактації (як правило, тривалість лактаційного періоду дорівнює треста п'ять днів).

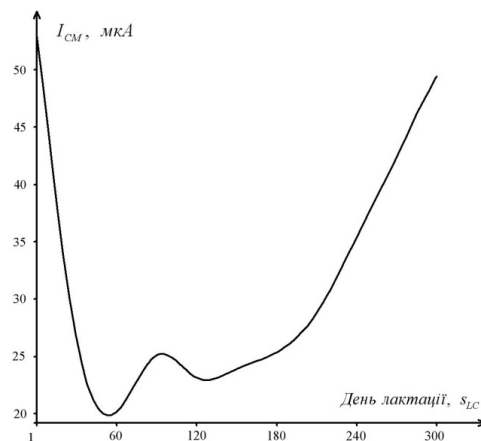


Рисунок 2.12 – Типовий графік зміни середньої питомої електропровідності молока здорових тварин протягом лактаційного періоду

Питома електропровідність сирого молока здорової тварини при температурі 20°C , за даними різних авторів [43, 46, 48–51], знаходиться в межах від $30 \cdot 10^{-4}$ до $80 \cdot 10^{-4}$ См/см. Значення електропровідності молока у здорових тварин з різних

чвертей вимені різко змінюється в залежності від дня лактації. В процесі дослідження середнього значення електропровідності молока на протязі доби [42], встановлено, що її середні за доїння значення близькі між собою, різниця між ними недостовірна. Найменше значення середньої електропровідності спостерігається при денному доїнні, найбільше – при вечірньому доїнні. Як слідує з результатів роботи [42] та рис. 2.11, найбільш значне збільшення електропровідності молока відбувається у першій та останній місяці лактації. На другому місяці лактації значення електропровідності молока знижується більш ніж в два рази у порівнянні із значенням на початок лактації, після цього, на протязі восьми місяців, електропровідність змінюється в межах значень, характерних для нормального молока. З початку десятого місяця лактації середня електропровідність молока збільшується до значення, яке не характерне для нормального молока, хоча за межі допуску як правило не виходить. Середня електропровідність молока досягає максимуму у момент початку сухостійного періоду. Внаслідок великої кількості факторів, що впливають на електропровідність молока, іноді виникає ситуація, коли електропровідність молока здорової тварини на першому та останньому місяці лактації виходить за межі допуску, внаслідок чого приймається помилкове рішення про наявність маститу. Як вказано вище, у існуючих засобів контролю електропровідності молока автоматично не враховується її залежність від дня лактації, внаслідок цього зменшується достовірність вимірювального контролю. З метою збільшення достовірності діагностики маститу за результатами вимірювального контролю середнього, за час доїння, значення питомої електропровідності молока при контрольній температурі, пропонується концепція зміни значення верхньої межі допуску в залежності від дня лактаційного періоду. Нижня границя допуску при вимірювальному контролі встановлюється на рівні $\chi_{M\min} = 30 \cdot 10^{-4}$ См/см для усього лактаційного періоду. Верхню границю допуску пропонується визначати наступним чином. З другого по дев'ятий включно місяці лактаційного періоду, коли електропровідність змінюється в межах, характерних для нормального молока, верхня границя межі допуску встановлюється на рівні $\chi_{M\max} = 80 \cdot 10^{-4}$ См/см. Внаслідок наближення значення питомої електропровідності на першому та останньому місяці лактаційного періоду до значення $\chi_{M\max}$, знижується достовірність її контролю, при чому, в певних випадках, значення питомої електропровідності молока здорової тварини може бути більшим, ніж $\chi_{M\max}$. Верхня межа допуску, у цьому випадку, повинна бути пропорційна відношенню нормального значення електропровідності у певний день першого або останнього місяця лактації до середнього значення електропровідності у період з другого по дев'ятий місяць лактації включно. У необхідний день першого або останнього місяця лактації $s_{LC\ 1,10}$, за виразом (2.78) визначається нормальне, середнє за час доїння значення питомої електропровідності молока при контрольній температурі $\chi_{LC}(s_{LC\ 1,10})$. Середнє значення електропровідності молока, при контрольній температурі, у період з другого по дев'ятий місяць лактації включно, визначається за виразом

$$\chi_{LCS} = \frac{1}{s_{NL2} - s_{NL1}} \int_{s_{NL1}}^{s_{NL2}} \chi_{LC}(s_{LC}) ds_{LC}, \quad (2.79)$$

де s_{NL1} - номер першого дня другого місяця лактаційного періоду; s_{NL2} - номер останнього дня дев'ятого місяця лактаційного періоду;

Верхню границю допуску значення питомої електропровідності молока пропонується визначати за виразом

$$\chi_{M_{\max 1,10}} = k_{LC} \frac{\chi_{LC}(s_{LC 1,10})}{\chi_{LCS}} \chi_{M_{\max}}, \quad (2.80)$$

де k_{LC} - поправочний коефіцієнт.

Поправочний коефіцієнт визначається на основі статистичної обробки результатів вимірювання середнього, за час доїння, значення питомої електропровідності молока при контрольній температурі здорових та хворих на мастит тварин, які знаходяться на першому та останньому місяцях лактаційного періоду.

2.5 Порційний метод вимірювання параметрів молоковіддачі

Найчастіше, для вимірювання параметрів молоковіддачі, які є складовою частиною параметрів ТПКМ, використовують ковшовий вимірювальний перетворювач або спеціалізовані оптичні та кондуктометричні вимірювальні перетворювачі. За допомогою засобів вимірювання на їх основі забезпечується вимірювання удою, тривалості доїння, інтенсивності потоку молока та інших параметрів, які необхідні для САУТФ та для реалізації алгоритму оптимального доїння. Досягнута у теперішній час точність вимірювання та достовірність контролю в багатьох випадках недостатня для відмови від трудомісткої процедури періодичних контрольних доїнь, оцінювання та прогнозування стану тварин, визначення моменту закінчення доїння для зняття доїльного апарата, забезпечення оптимального процесу доїння. Використання традиційних засобів вимірювання кількості рідини, запозичених з інших галузей, виявилось малоефективним, оскільки процес молоковіддачі є унікальним, а точність показань молокомірів залежить від фізико-хімічних властивостей молока, динаміки молоковіддачі, ряду інших чинників [53]. У роботі [34] розглянуто оптичний первинний вимірювальний перетворювач інтенсивності потоку молока для доїльного апарата. При його використанні неможливо забезпечити високу точність вимірювання удою та інших похідних параметрів внаслідок значного впливу на результат вимірювання піни та бульбашок повітря, які обов'язково виникають на виході колектора. Тому такий вимірювальний перетворювач та засоби вимірювання параметрів молоковіддачі на його основі використовуються на доїльних установках низької цінової категорії. Внаслідок наявності та випадкового характеру появи пазирів та піни у молочній лінії доїльного апарата значно збільшується похибка первинного вимірювального перетворення традиційних кондуктометричних вимірювальних перетворювачів витрати рідини [53]. У оптичного кореляційного витратоміру молока, який пропонується у [83], похибка вимірювання значно

збільшується при великих значеннях молочного потоку та при наявності у ньому піни та пузирів повітря. Це пов'язано з тим, що вихідні сигнали його розташованих на певній відстані фотоприймачів, які корелюються, у цих умовах втрачають подібність. При використанні ротаційних витратомірів [2] для вимірювання інтенсивності молочного потоку та удою, виникає швидке їх забруднення молочним каменем, що призводить до збільшення похибки вимірювання та відмов, а за допомогою існуючих технічних та хімічних засобів неможливо забезпечити їх якісне післядоїльне промивання. Використання ультразвукових витратомірів [124, 125] для вимірювання удою та інтенсивності молочного потоку виявилось мало-ефективним внаслідок значного збільшення похибки вимірювання внаслідок наявності бульбашок та піни, а також великого значення похибки вимірювання при малих потоках молока та малих діаметрах молокопроводу. Широко розповсюджені ковшові ВП та засоби вимірювання кількості молока на їх основі [126–131] відрізняються надійністю. При використанні ковшових ВП удій визначається з певною дискретністю (як правило сто грам), що унеможливорює високоточне вимірювання миттєвої інтенсивності молоковіддачі, що є дуже важливим для визначення моменту зняття доїльного апарата. Перспективним є вимірювання удою та інших параметрів молоковіддачі на основі порціонного вимірювання рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата, що зумовлює необхідність розробки спеціалізованих первинних вимірювальних перетворювачів рівня молока та засобів вимірювання на їх основі. Для використання у доїльному обладнанні бажано використовувати безконтактні вимірювальні перетворювачі, наприклад фотоелектричні, у яких відсутні рухомі частини. Ця обставина зумовлена тим, що наявність рухомих частин значно погіршує якість промивки, внаслідок чого збільшується бактеріальна заплідненість молока.

Розглянемо конструкцію та принцип дії молокоприймальної камери доїльного апарата, схематичне креслення якої наведено на рис. 2.13. Під дією пульсуючого вакууму, який утворюється за допомогою пульсатора в доїльних стаканах, молоко з колектора всмоктується через піновідділювач в молокоприймальну камеру. У цій камері розташований певний первинний вимірювальний перетворювач рівня рідини та зливний електроклапан. В процесі доїння рівень молока в молокоприймальній камері збільшується. Після досягнення певного рівня відкривається зливний клапан і накопичене в камері молоко скидається у загальний молокопровід. В залежності від інтенсивності молоковіддачі встановлюється рівень, при якому здійснюється скидання молока.

Позначимо через S_M площу дна молокоприймальної камери, тоді об'єм i - тої порції молока визначається виразом

$$V_{Mi} = S_M H_{Mi}, \quad (2.81)$$

де H_{Mi} - рівень молока в камері перед скиданням i - тої порції.

Разовий удій тварини визначається виразом

$$V_R = S_M \sum_{i=1}^{N_M} H_{Mi} = \sum_{i=1}^{N_M} V_{Mi}, \quad (2.82)$$

де N_M - кількість порцій молока, скинутих в молокопровід на протязі тривалості доїння однієї тварини.

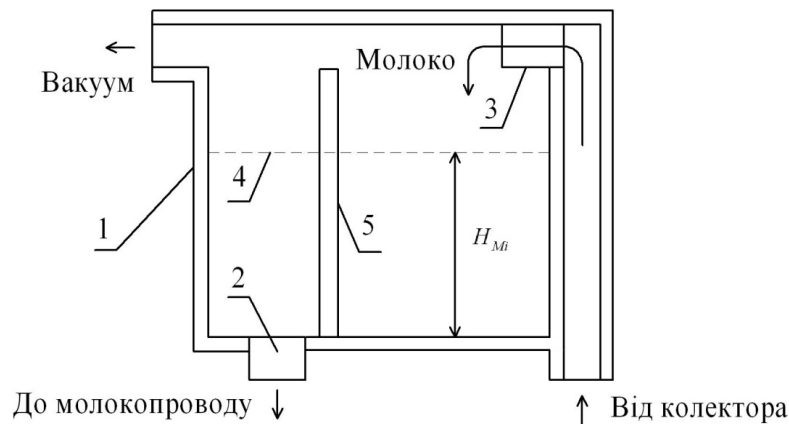


Рисунок 2.13 – Схематичне креслення молокоприймальної камери доїльного апарата: 1 - корпус камери; 2 - зливний електрочапан; 3 – піновідділювач; 4 - рівень молока; 5 – вимірювальний перетворювач рівня рідини

Протягом доїння вимірюється поточний час та тривалість доїння кожної тварини t_{TD} . Середню інтенсивність молоковіддачі I_{MS} визначають як відношення разового удою до тривалості доїння

$$I_{MS} = \frac{V_R}{t_D} = \frac{1}{t_D} S_M \sum_{i=1}^{N_M} H_{Mi} = \frac{1}{t_D} \sum_{i=1}^{N_M} V_{Mi} \quad (2.83)$$

Інтенсивність молоковіддачі на протязі перших тридцяти секунд після початку доїння визначається виразом

$$I_{30} = \frac{V_{M30}}{T_{30}}, \quad (2.84)$$

де V_{M30} - удій тварини на тридцятій секунді після початку доїння; T_{30} - часовий інтервал тривалістю тридцять секунд.

Удій на тридцятій секунді після початку доїння визначається за виразом

$$V_{M30} = S_M \left(H_{M30} + \sum_{i=1}^{N_{M30}} H_{Mi} \right), \quad (2.85)$$

де H_{M30} – рівень молока у молокоприймальній камері доїльного апарата на тридцятую секунду після початку доїння; N_{M30} – кількість повних порцій молока, що були сформовані станом на тридцятую секунду після початку доїння.

Інтенсивність молоковіддачі на протязі часового інтервалу від тридцяти до шістдесяти секунд після початку доїння визначається виразом

$$I_{60} = \frac{V_{M60} - V_{M30}}{T_{30}}, \quad (2.86)$$

де V_{M60} - удій тварини на шістдесятій секунді після початку доїння.

Удій на шістдесятій секунді після початку доїння визначається за виразом

$$V_{M60} = S_M \left(H_{M60} + \sum_{i=1}^{N_{M60}} H_{Mi} \right), \quad (2.87)$$

де H_{M60} – рівень молока у молокоприймальній камері доїльного апарата на шістдесятю секунду після початку доїння; N_{M60} – кількість повних порцій молока, що були сформовані станом на шістдесятю секунду після початку доїння.

Інтенсивність молоковіддачі на протязі часового інтервалу від шістдесяти до дев'яноста секунд після початку доїння визначається виразом

$$I_{90} = \frac{V_{M90} - V_{M60}}{T_{30}}, \quad (2.88)$$

де V_{M90} - удій тварини на дев'яностій секундні після початку доїння.

Удій на дев'яностій секундні після початку доїння визначається за виразом

$$V_{M90} = S_M \left(H_{M90} + \sum_{i=1}^{N_{M90}} H_{Mi} \right), \quad (2.89)$$

де H_{M90} – рівень молока у молокоприймальній камері доїльного апарата на дев'яносту секунду після початку доїння; N_{M90} – кількість повних порцій молока, що були сформовані станом на дев'яносту секунду після початку доїння.

Миттєва інтенсивність молоковіддачі визначається як перша похідна удою за часом, час цифрового диференціювання у цьому випадку значно менший, ніж час, за який у молокоприймальній камері формується порція молока. Позначимо через V_{M1} об'єм молока у камері в момент часу t_1 , а через V_{M2} - об'єм молока у камері в момент часу t_2 . Тоді вираз, за яким визначається миттєва інтенсивність молоковіддачі

$$I_{MV} = \frac{V_{M2} - V_{M1}}{t_2 - t_1} = \frac{S_M (H_{M2} - H_{M1})}{t_2 - t_1}, \quad (2.90)$$

де H_{M1} , H_{M2} - відповідно рівень молока у камері в моменти часу t_1 та t_2 .

Час припуску молока T_p визначається як час після початку доїння, за який удій тварини склав сто грам. Об'єм молокоприймальної камери доїльного апарата перевищує об'єм, який відповідає ста грамам молока, тобто $N_M = 1$. Виходячи з цього, об'єм молока, який відповідає ста грамам його ваги, визначається виразом

$$V_{M100} = S_M H_{M100}, \quad (2.91)$$

де H_{M100} - рівень молока у молокоприймальній камері, який відповідає ста грамам його ваги.

Алгоритм контролю часу припуску молока полягає в наступному. Через двадцять секунд після початку доїння здійснюється вимірювання об'єму молока у молокоприймальній камері. Якщо виміряне у цей момент часу значення об'єму молока більше або дорівнює V_{M100} , вважається, що час припуску відповідає нормі.

2.6 Методи статистичного оцінювання тривалості доїльних процесів

Як було наведено у першому розділі, результати вимірювального контролю тривалості роботи доїльних установок та доярів, що їх обслуговують, певним чином характеризують якість та відповідність стада зоотехнічним вимогам та якість

роботи доярів. Для визначення границь допуску тривалості роботи основних типів доїльних установок, та доярів, що їх обслуговують, необхідно визначити статистичні характеристики цього параметра. Розглянемо запропонований метод статистичного оцінювання тривалості доїльних процесів при використанні основних типів доїльних установок та різних способах утримання тварин, при різній кількості тварин, доярів, доїльних апаратів, та при використанні різних типів доїльних апаратів.

2.6.1 Метод статистичного оцінювання тривалості процесу машинного доїння

Невід'ємною складовою процесу машинного доїння є технологічний процес підготовки тварини. В роботах [132, 133] розглянуто цей процес і пропонується вважати постійною його тривалість при розрахунках продуктивності доїльної установки. Це твердження можна вважати об'єктивним тільки для випадку використання доїльних роботів, у яких тривалість підготовки є детермінованою величиною. На звичайних доїльних установках тривалість підготовки тварини є випадковою величиною, яка залежить від низки факторів об'єктивного і суб'єктивного характеру, наприклад, від способу утримання тварин, кваліфікації оператора, його відповідальності, інших випадкових факторів. Процес підготовки тварини до доїння складається з таких технологічних операцій: миття вимені, ручне видоювання перших струменів молока, масаж вимені, протимаститна обробка вимені, вдягання доїльних стаканів. У випадку, якщо доїльна установка обладнана ІВС КППТВКМ, у якій передбачена ідентифікація тварин, можуть додаватись ще такі технологічні операції: ручне введення номера тварини за відсутності автоматичної ідентифікації, піднесення доярем до транспондера тварини ЗТ (для випадків автоматизованої ідентифікації), ручне введення номера тварини, якщо не спрацювала система ідентифікації [134]. Окрім того можуть бути присутні випадкові затримки технологічних операцій, які зумовлені недостатньою кваліфікацією або недобросовісністю дояра, падінням доїльних стаканів, відмовами технічних засобів машинного доїння та іншими причинами.

На основі проведених досліджень [135, 136], встановлено, що диференційна функція розподілу часу підготовки тварини до доїння t_p наближається до хі-квадрат розподілу як при прив'язному утриманні тварин, так і при безприв'язному. Аналітичний вираз для хі-квадрат розподілу тривалості підготовки тварини до доїння [137]

$$p_{PD}(t_p) = \frac{t_p^{\frac{k_{PD}-1}{2}} e^{-\frac{t_p}{2}}}{2^{\frac{k_{PD}}{2}} \Gamma(k_{PD}/2)}, \quad (2.92)$$

де k_{PD} – параметр функції розподілу; $\Gamma(z)$ – гамма-функція Ейлера.

Для диференційної функції хі-квадрат розподілу математичне очікування визначається виразом

$$M_{PD} = \int_0^{+\infty} \frac{t_P^{\frac{k_{PD}}{2}} e^{-\frac{t_P}{2}}}{2^{\frac{k_{PD}}{2}} \Gamma(k_{PD}/2)} dt_P = k_{PD}, \quad (2.93)$$

а дисперсія

$$D_{PD} = \int_0^{+\infty} \frac{(t_P - k_{PD})^2 t_P^{\frac{k_{PD}-1}{2}} e^{-\frac{t_P}{2}}}{2^{\frac{k_{PD}}{2}} \Gamma(k_{PD}/2)} dt_P = 2k_{PD}. \quad (2.94)$$

Час видоювання тварини є випадковою величиною, яка певною мірою залежить від принципу розподілу тварин за групами, алгоритму роботи доїльного апарата, типу доїльного апарата, типу доїльної установки і т. д. У роботах [138–140] пропонується як статистичну модель часового інтервалу видоювання тварини використовувати нормальну функцію розподілу та здійснювати прогнозування тривалості доїння за допомогою квадратичної регресії. У роботах [141, 142] пропонується в якості статистичної моделі часового інтервалу тривалості доїння на конвеєрних установках використовувати нормальну функцію розподілу, в роботі [143] пропонується те саме для установки «Ялинка», в роботах [144, 145] – для усіх доїльних установок, у [146] – для установки «Карусель». Слід відзначити, що нормальний розподіл не відображає важливу особливість часового інтервалу тривалості доїння, а саме те, що тривалість доїння не може бути меншою за певну величину або нуль. Окрім того, внаслідок наявності певної кількості тугодійних тварин, функція розподілу тривалості доїння повинна мати певну асиметрію, чого не має нормальний закон. Можливість попадання на доїльну установку сухостійної тварини також не враховується при використанні нормального закону. У роботах [2, 147] наводяться результати досліджень, на основі яких пропонується вважати тривалість видоювання тварини розподіленою за логнормальним законом, який широко використовується для статистичного оцінювання параметрів багатьох біологічних процесів [148, 149]. В результаті проведених досліджень встановлено, що функція розподілу часу доїння тварини наближається до логнормальної, якщо тварини розподілені на велику кількість груп у відповідності до стадії їх лактаційного періоду. В реальності ця умова виконується дуже рідко. Окрім цього, в [2, 147] не враховується час мінімальної роботи доїльного апарата з функцією керування процесом доїння, який має детерміноване значення, та не враховується доїння сухостійних тварин.

На рис. 2.14 наведена циклограма алгоритму роботи з доїльним апаратом, який має функцію керування процесом доїння.

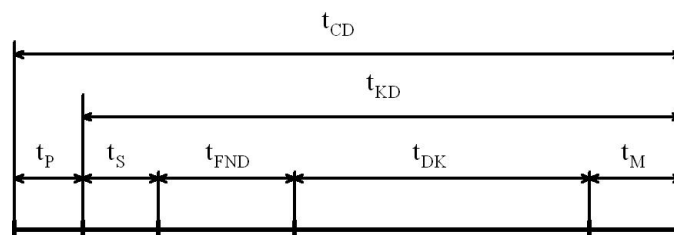


Рисунок 2.14 – Циклограма типового алгоритму роботи з доїльним апаратом, який має функцію керування процесом доїння

Після підготовки тварини протягом часу t_p та одягання доїльних стаканів, дояр запускає доїльний апарат, який протягом детермінованого часу t_s здійснює стимуляцію вимені. Після закінчення фази стимуляції відбувається перехід до фази некерованого доїння. Під час фази некерованого доїння протягом детермінованого часу t_{FND} інтенсивність молоковіддачі тварини не вимірюється. Після цього здійснюється перехід до фази керованого доїння, під час якої вимірюється інтенсивність молоковіддачі, і, в залежності від її значення, встановлюється частота і шпаруватість пульсацій вакууму в доїльних стаканах доїльного апарата. Фаза керованого доїння має випадкову тривалість t_{DK} . Після того як відбулося зниження інтенсивності молоковіддачі нижче 0,8 л/хв, відбувається перехід до фази додоювання, під час якої протягом детермінованого часу t_M здійснюється періодичний масаж вимені. При збільшенні інтенсивності молоковіддачі протягом фази додоювання, можлива пролонгація її тривалості. Час керованого доїння t_{KD} при використанні доїльного апарата з функцією керування процесом доїння визначається як сума часу фази стимуляції, часу фази некерованого доїння, часу фази керованого доїння, часу фази масажу вимені. Загальний час роботи з твариною при використанні доїльного апарата з функцією керування процесом доїння визначається як сума часу керованого доїння та часу підготовки тварини до доїння.

На рис. 2.15 наведена циклограма типового алгоритму роботи з доїльним апаратом без функції керування процесом доїння.

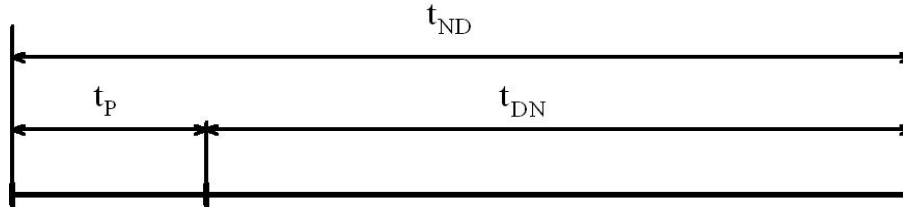


Рисунок 2.15 – Циклограма типового алгоритму роботи з доїльним апаратом без функції керування процесом доїння

Після підготовки тварини до доїння протягом часу t_p дояр запускає доїльний апарат, який протягом випадкового часу некерованого доїння t_{DN} здійснює видоювання тварини. Через певний проміжок часу дояр візуально оцінює поточний стан процесу доїння, і за певними ознаками робить суб'єктивний висновок про необхідність його завершення. Таким чином, при використанні доїльного апарата без функції керування процесом доїння, час некерованого доїння t_{DN} , за який здійснюється видоювання тварини, є випадковою величиною. Загальний час роботи з твариною при використанні доїльного апарата без функції керування процесом доїння визначається як сума часу некерованого доїння і часу підготовки доїння. В результаті проведення досліджень часу некерованого доїння t_{DN} для доїльних апаратів без функції керування процесом доїння, встановлено, що розподіл цього інтервалу наближається до гамма-розподілу і визначається виразом [137]

$$p_{DN}(t_{DN}) = \frac{t_{DN}^{l_{DN}} e^{-\frac{t_{DN}}{m_{DN}}}}{m_{DN}^{l_{DN}+1} \Gamma(l_{DN} + 1)}, \quad (2.95)$$

де l_{DN} , m_{DN} – параметри розподілу.

Математичне очікування часу некерованого доїння t_{DN} при використанні доїльних апаратів без функції керування процесом доїння визначається виразом

$$M_{DN} = \int_0^{+\infty} \frac{t_{DN}^{l_{DN}+1} e^{-\frac{t_{DN}}{m_{DN}}}}{m_{DN}^{l_{DN}+1} \Gamma(l_{DN} + 1)} dt_{DN} = m_{DN} (l_{DN} + 1), \quad (2.96)$$

а дисперсія часу некерованого доїння t_{DN} при використанні доїльних апаратів без функції керування процесом доїння визначається виразом

$$D_{DN} = \int_0^{+\infty} \frac{(t_{DN} - m_{DN} (l_{DN} + 1))^2 t_{DN}^{l_{DN}} e^{-\frac{t_{DN}}{m_{DN}}}}{m_{DN}^{l_{DN}+1} \Gamma(l_{DN} + 1)} dt_{DN} = m_{DN}^2 (l_{DN} + 1). \quad (2.97)$$

В результаті дослідження випадкового часу фази керованого доїння t_{DK} доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння, встановлено, що функція розподілу цього інтервалу також наближається до гамма-розподілу та визначається виразом

$$p_{DK}(t_{DK}) = \frac{t_{DK}^{l_{DK}} e^{-\frac{t_{DK}}{m_{DK}}}}{m_{DK}^{l_{DK}+1} \Gamma(l_{DK} + 1)}, \quad (2.98)$$

де l_{DK} , m_{DK} – параметри розподілу.

Таким чином, математичне очікування часу фази керованого доїння визначається виразом

$$M_{DK} = \int_0^{+\infty} \frac{t_{DK}^{l_{DK}+1} e^{-\frac{t_{DK}}{m_{DK}}}}{m_{DK}^{l_{DK}+1} \Gamma(l_{DK} + 1)} dt_{DK} = m_{DK} (l_{DK} + 1). \quad (2.99)$$

Дисперсія часу фази керованого доїння визначається виразом

$$D_{DK} = \int_0^{+\infty} \frac{(t_{DK} - m_{DK} (l_{DK} + 1))^2 t_{DK}^{l_{DK}} e^{-\frac{t_{DK}}{m_{DK}}}}{m_{DK}^{l_{DK}+1} \Gamma(l_{DK} + 1)} dt_{DK} = m_{DK}^2 (l_{DK} + 1). \quad (2.100)$$

При використанні доїльного апарата без функції керування процесом доїння, загальний час роботи з твариною визначається як сума двох часових інтервалів – тривалості підготовки тварини до доїння та часу некерованого доїння

$$t_{ND} = t_P + t_{DN}. \quad (2.101)$$

Ці дві випадкові величини є незалежними, тому функція розподілу їх суми $p_{ND}(t_{ND})$ знаходиться як згортка їх функцій розподілу [150]

$$p_{ND}(t_{ND}) = p_{PD}(t_{ND}) * p_{TD}(t_{ND}) = \int_0^{+\infty} \frac{\tau^{\frac{k_{PD}-1}{2}} (t_{ND} - \tau)^{l_{DN}} e^{-\frac{2t_{ND} + \tau(m_{DN}-2)}{2m_{DN}}}}{2^{\frac{k_{PD}}{2}} m_{DN}^{l_{DN}+1} \Gamma(l_{DN} + 1) \Gamma(k_{PD}/2)} d\tau. \quad (2.102)$$

Наведений інтеграл аналітично не визначається і обчислити його можливо тільки за допомогою чисельних методів.

Математичне очікування загального часу роботи з твариною для доїльного апарата без функції керування процесом доїння визначається виразом

$$M_{ND} = m_{DN} (l_{DN} + 1) + k_{PD}, \quad (2.103)$$

а дисперсія

$$D_{ND} = m_{DN}^2 (l_{DN} + 1) + 2k_{PD}. \quad (2.104)$$

Час керованого доїння для доїльного апарата з функцією керування процесом доїння складається з часу фази стимуляції, часу фази некерованого доїння, часу фази керованого доїння, часу фази додоювання, та визначається виразом

$$t_{KD} = t_S + t_{FND} + t_{DK} + t_M. \quad (2.105)$$

Математичне очікування часу керованого доїння

$$\dot{I}_{KD} = t_S + t_{FND} + t_M + m_{DK} (l_{DK} + 1), \quad (2.106)$$

дисперсія часу керованого доїння

$$D_{KD} = m_{DK}^2 (l_{DK} + 1). \quad (2.107)$$

Загальний час роботи з твариною при використанні доїльного апарата з функцією керування процесом доїння визначається як сума часу підготовки тварини та часу керованого доїння

$$t_{CD} = t_P + t_{KD} = t_P + t_S + t_{FND} + t_{DK} + t_M. \quad (2.108)$$

Випадковими величинами у виразі (2.108) є час підготовки тварини t_P та час фази керованого доїння t_{DK} . Усі інші величини є детермінованими, функція розподілу суми вищевказаних випадкових величин визначається виразом

$$p_{CD}(t_{CD}) = p_{PD}(t_{CD}) * p_{DK}(t_{CD}) = \int_0^{+\infty} \frac{\tau^{\frac{k_{PD}-1}{2}} (t_{CD} - \tau)^{l_{DK}} e^{-\frac{2t_{CD} + \tau(m_{DK}-2)}{2m_{DK}}}}{2^{\frac{k_{PD}}{2}} m_{DK}^{l_{DK}+1} \Gamma(l_{DK} + 1) \Gamma(k_{PD}/2)} d\tau. \quad (2.109)$$

Наведений інтеграл аналогічний інтегралу (2.102), він аналітично не визначається, розрахувати його можливо тільки за допомогою чисельних методів.

Математичне очікування загального часу роботи з твариною при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння визначається виразом

$$\dot{I}_{CD} = t_S + t_{FND} + t_M + m_{DK} (l_{DK} + 1) + k_{PD}, \quad (2.110)$$

а дисперсія

$$D_{CD} = m_{DK}^2 (l_{DK} + 1) + 2k_{PD}. \quad (2.111)$$

При використанні доїльного апарата час підготовки тварини є детермінованою величиною t_{PR} , відповідно, загальний час роботи з твариною у цьому випадку

$$t_{RD} = t_{PR} + t_S + t_{FND} + t_{DK} + t_M. \quad (2.112)$$

Математичне очікування загального часу роботи з твариною при використанні доїльного апарата визначається виразом

$$M_{RD} = t_{PR} + t_S + t_{FND} + m_{DK} (l_{DK} + 1) + t_M, \quad (2.113)$$

а дисперсія

$$D_{RD} = m_{DK}^2 (l_{DK} + 1). \quad (2.114)$$

Для подальшого статистичного оцінювання тривалості роботи доїльних установок позначимо через t_{Pi} час підготовки i -ї тварини до доїння, а через t_{TDi} – час видоювання i -ї тварини за допомогою одного з типів доїльних апаратів.

При використанні доїльного апарата без функції керування процесом доїння, часовий інтервал t_{TDi} дорівнює часу некерованого доїння t_{DN} . Таким чином, у цьому випадку, математичне очікування часового інтервалу t_{TDi} визначається виразом

$$M_{TD} = M_{DN} = m_{DN} (l_{DN} + 1), \quad (2.115)$$

а дисперсія

$$D_{TD} = D_{DN} = m_{DN}^2 (l_{DN} + 1). \quad (2.116)$$

При використанні доїльного апарата з функцією керування процесом доїння, часовий інтервал t_{TDi} дорівнює часу керованого доїння t_{KD} . У цьому випадку, математичне очікування часового інтервалу t_{TDi} визначається виразом

$$M_{TD} = M_{KD} = t_S + t_{FND} + t_M + m_{DK} (l_{DK} + 1), \quad (2.117)$$

а дисперсія

$$D_{TD} = D_{KD} = m_{DK}^2 (l_{DK} + 1). \quad (2.118)$$

Експериментальні дослідження процесів машинного доїння при різних способах утримання тварин та різних варіантах ідентифікації проводилися в ПАТ «Радівське», с. Радівка, Калинівського району Вінницької області (Україна). При визначенні розподілу тривалості підготовки тварини t_p використана вибірка з 1200 спостережень. В результаті досліджень встановлено, що при безприв'язному утриманні з автоматичною ідентифікацією тварини $M_{PD}=28$ с, $D_{PD}=56$ с², при безприв'язному утриманні та автоматизованій ідентифікації $M_{PD}=35$ с, $D_{PD}=70$ с², при прив'язному утриманні та відсутності ідентифікації тварин $M_{PD}=32$ с, $D_{PD}=64$ с².

На рис. 2.16 наведено графіки отриманих експериментальних функцій розподілу часу підготовки тварини до доїння при різних способах утримання та різних варіантах ідентифікації тварин.

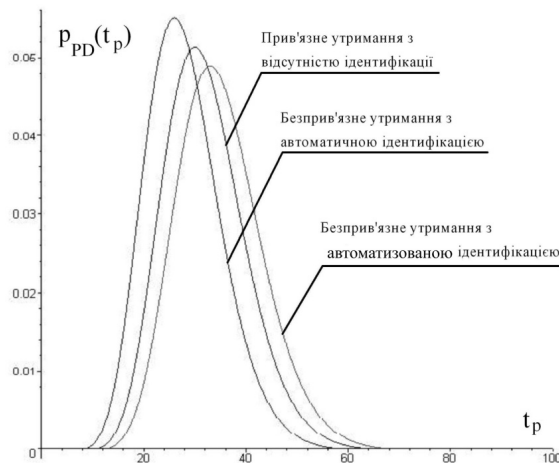


Рисунок 2.16 – Функції розподілу часу підготовки тварини при різних способах утримання та різних варіантах ідентифікації тварин

Як слідує з рис. 2.16, математичне очікування часу підготовки тварини при різних способах утримання та різних варіантах ідентифікації значно різняться, що

зумовлює значний вплив цього параметра на загальну тривалість роботи доїльних установок та доярів, що їх обслуговують.

На рис. 2.17 наведено графік отриманої функції розподілу часу некерованого доїння для доїльного апарата без функції управління процесом доїння при прив'язному утриманні тварин. При дослідженні часу t_{DN} використаний доїльний апарат без функції керування процесом доїння УДМ.05.000 виробництва ТДВ «Брацлав» (Україна). Для визначення розподілу цього параметра була використана вибірка з 700 спостережень. В результаті експерименту встановлено, що для досліджуваного стада з прив'язним утриманням $M_{DN}=306$ с, дисперсія $D_{DN}=5750$ с².

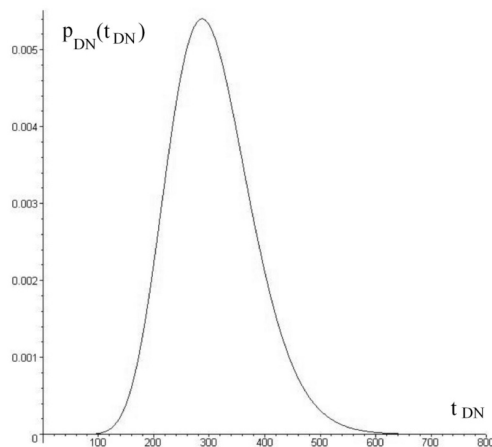


Рисунок 2.17 – Функція розподілу часу некерованого доїння з доїльним апаратом без функції керування процесом доїння при прив'язному утриманні тварин

Графік отриманої функції розподілу часу фази керованого доїння при використанні доїльного апарата з функцією керування процесом доїння при безприв'язному утриманні тварин наведено на рис. 2.18.

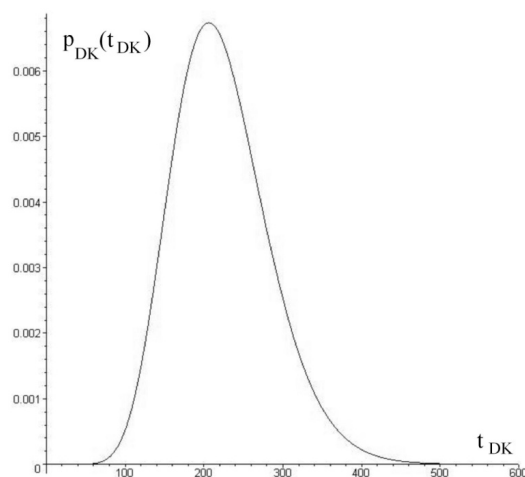


Рисунок 2.18 – Функція розподілу часу фази керованого доїння при використанні доїльного апарата з функцією керування процесом доїння при безприв'язному утриманні тварин

При дослідженні часу t_{DK} застосовувався БЗПД «Bigmilk» виробництва ТДВ «Брацлав» (Україна), який має функцію керування процесом доїння та у якого $t_S=15$ с, $t_{FND}=30$ с, $t_M=30$. Для визначення функції розподілу цього параметра використана вибірка з 700 спостережень. В результаті експерименту встановлено, що для досліджуваного стада з безприв'язним утриманням математичне очікування часу фази керованого доїння $M_{DK}=223$ с, дисперсія часу фази керованого доїння $D_{DK}=3745$ с².

Як слідує з порівняння рис. 2.17 та 2.18, функції розподілу часу фази керованого доїння та часу некерованого доїння ідентичні за формою, різниця між ними полягає у різних параметрах функції розподілу.

На рис. 2.19. наведено отриманий графік функції розподілу загального часу роботи з твариною при прив'язному утриманні та використанні доїльного апарата без функції керування процесом доїння, для якого математичне очікування $M_{ND}=338$ с, дисперсія $D_{ND}=5814$ с².

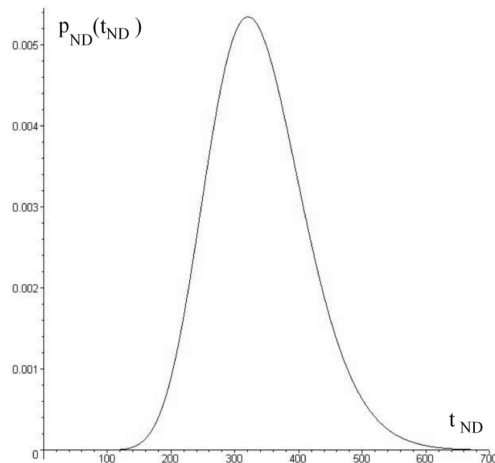


Рисунок 2.19 – Функція розподілу загального часу роботи з твариною при прив'язному утриманні та доїльним апаратом без функції керування процесом доїння

На рис. 2.20 наведено графік функції розподілу загального часу роботи з твариною при безприв'язному утриманні з автоматичною ідентифікацією тварин та використанні доїльного апарата з функцією керування процесом доїння, для якого математичне очікування $M_{CD}=326$ с, дисперсія $D_{CD}=3801$ с². Як слідує з порівняння рис. 2.19 та 2.20, функції розподілу загального часу роботи з твариною при безприв'язному утриманні з автоматичною ідентифікацією і використанні доїльного апарата з функцією керування процесом доїння, та загального часу роботи з твариною при прив'язному утриманні та використанні доїльного апарата без функції керування процесом доїння, ідентичні за формою, різниця між ними полягає у різних параметрах функції розподілу.

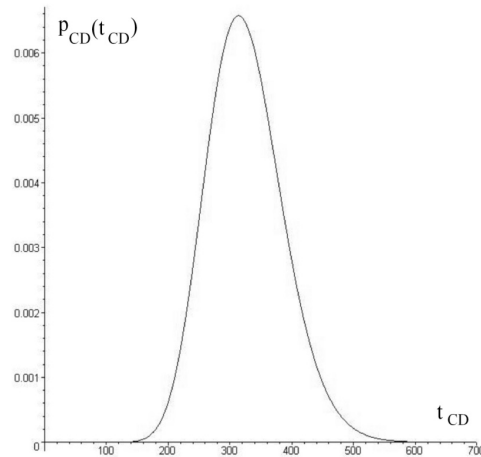


Рисунок 2.20 – Функція розподілу загального часу роботи з твариною при безприв'язному утриманні з автоматичною ідентифікацією та доїльним апаратом з функцією керування процесом доїння

При використанні автоматичної ідентифікації та використанні доїльного апарата з функцією керування процесом доїння видоювання тварини відбувається швидше та з меншою дисперсією.

Для оцінювання близькості розподілу експериментальних даних до прийнятої моделі функції розподілу в усіх випадках використано критерій згоди Пірсона [151].

2.6.2 Метод статистичного оцінювання тривалості роботи стійлової доїльної установки

На основі результатів досліджень, наведених у [135, 136], розроблено метод статистичного оцінювання тривалості роботи стійлової доїльної установки, встановлено функціональний зв'язок між статистичними характеристиками процесу доїння та кількістю тварин у групі, кількістю доїльних апаратів, алгоритмом роботи доїльного апарата. Розроблений метод оцінювання має більш високий ступінь адекватності у порівнянні з існуючими, та полягає у наступному [152, 153].

Алгоритм роботи дояра на стійловій доїльній установці такий [154, 155]. На стійловій доїльній установці для обслуговування групи тварин може бути використано від двох до чотирьох доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння або без функції керування процесом доїння. Установка обладнана вакуумними кранами для під'єднання доїльних апаратів. Крани розташовані послідовно на вакуумпроводі – один кран на кожен послідовно розташований в стійлі пару тварин. Дояр готує першу тварину із першої пари до доїння, після чого надягає доїльний апарат і готує до доїння першу тварину з іншої пари, надягає їй доїльний апарат і переходить до підготовки першої тварини з наступної пари. Так продовжується поки усі доїльні апарати не будуть задіяні. У подальшому дояр спостерігає за процесом доїння, і коли він робить висновок про те, що в першій з пари тварини доїння закінчується, то починає готувати до доїння другу тварину з

цієї пари. Після завершення доїння першої тварини з пари дояр надягає відповідний доїльний апарат на другу тварину. Після цього дояр переходить до наступної пари тварин і виконує аналогічні дії. Після завершення доїння усіх задіяних пар, дояр переходить до наступних пар. Описані дії відбуваються доти, поки не буде закінчено доїння в усій стійловій лінії. Як правило, стійлові доїльні установки мають чотири або вісім ліній, кожна з яких обслуговується одним доярем. В кожній лінії знаходиться група до п'ятдесяти тварин.

Розглянемо циклограми роботи стійлової доїльної установки при різній кількості тварин та різній кількості доїльних апаратів. Циклограма роботи стійлової доїльної установки при використанні двох доїльних апаратів наведена на рис. 2.21.

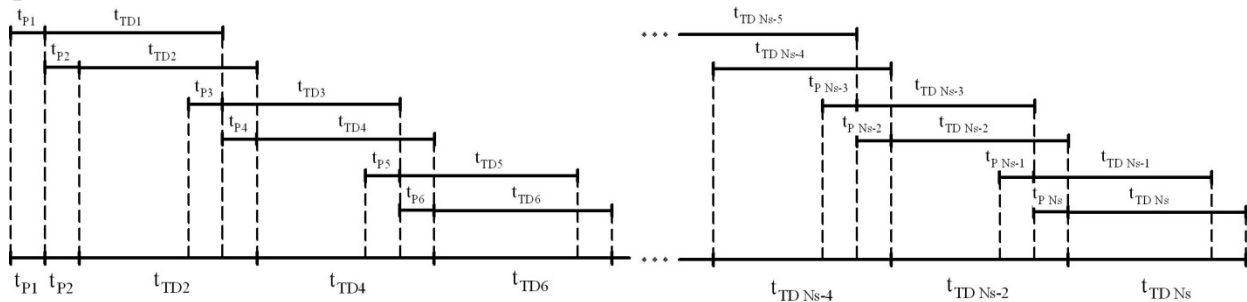


Рисунок 2.21 – Циклограма роботи стійлової доїльної установки при використанні двох доїльних апаратів

Позначимо через K_S кількість тварин у доїльній групі стійлової доїльної установки, а через Z_S – кількість доїльних апаратів, за допомогою яких обслуговується група. Введемо параметр N_S , який дорівнює K_S , якщо K_S кратне Z_S , і який дорівнює мінімальному числу більшому ніж K_S і кратному Z_S , якщо K_S не є кратним Z_S . Виходячи з цього, параметр N_S визначається виразом

$$N_S = \begin{cases} K_S, & \left\{ \frac{K_S}{Z_S} \right\} = 0 \\ Z_S \left(\left[\frac{K_S}{Z_S} \right] + 1 \right), & \left\{ \frac{K_S}{Z_S} \right\} \neq 0. \end{cases} \quad (2.119)$$

Як впливає із аналізу циклограми, тривалість роботи стійлової установки при парній кількості тварин, коли $K_S = N_S$, визначається виразом

$$T_{DS} = t_{P1} + t_{P2} + \sum_{i=2}^{N_S} t_{TDi}, \quad i = 2, 4, 6 \dots N_S, \quad (2.120)$$

Тоді математичне очікування тривалості роботи стійлової установки

$$M_{TDS} = 2M_{PD} + \frac{N_S}{2} M_{TD}. \quad (2.121)$$

Дисперсія тривалості роботи стійлової установки

$$D_{TDS} = 2D_{PD} + \frac{N_S}{2} D_{TD}. \quad (2.122)$$

Якщо $K_S = N_S - 1$, то тривалість роботи стійлової установки

$$T_{DS} = t_{P1} + t_{P2} - t_{PN} + \sum_{i=2}^{N_S} t_{TDi}, \quad i = 2, 4, 6 \dots N_S. \quad (2.123)$$

Математичне очікування тривалості роботи стійлової установки у цьому випадку визначається виразом

$$M_{TDS} = M_{PD} + \frac{N_S}{2} M_{TD}, \quad (2.124)$$

а дисперсія

$$D_{TDS} = D_{PD} + \frac{N_S}{2} D_{TD}. \quad (2.125)$$

На рис. 2.22 наведено циклограму роботи стійлової доїльної установки при використанні трьох доїльних апаратів.

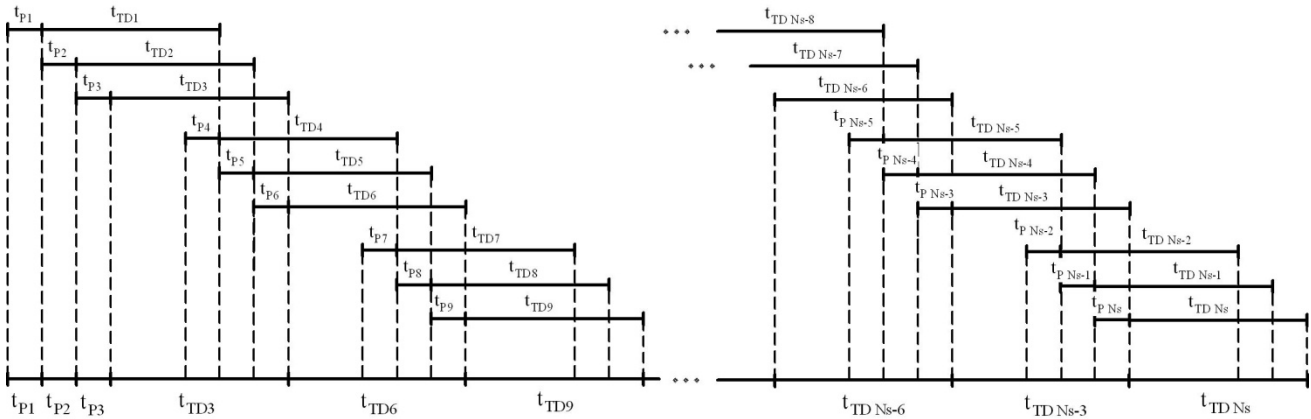


Рисунок 2.22 – Циклограма роботи стійлової доїльної установки при використанні трьох доїльних апаратів

Як впливає із аналізу циклограми, тривалість роботи стійлової установки при $K_S = N_S$, визначається виразом

$$T_{DS} = t_{P1} + t_{P2} + t_{P3} + \sum_{i=3}^{N_S} t_{TDi}, \quad i = 3, 6, 9 \dots N_S, \quad (2.126)$$

а математичне очікування тривалості роботи стійлової установки

$$M_{TDS} = 3M_{PD} + \frac{N_S}{3} M_{TD}. \quad (2.127)$$

Дисперсія тривалості роботи стійлової доїльної установки у цьому випадку

$$D_{TDS} = 3D_{PD} + \frac{N_S}{3} D_{TD}. \quad (2.128)$$

Тривалість роботи стійлової установки при $K_S = N_S - 1$, визначається виразом

$$T_{DS} = t_{P1} + t_{P2} + t_{P3} - t_{PN} + \sum_{i=3}^{N_S} t_{TDi}, \quad i = 3, 6, 9 \dots N_S. \quad (2.129)$$

Тоді математичне очікування тривалості роботи стійлової установки

$$M_{TDS} = 2M_{PD} + \frac{N_S}{3} M_{TD}, \quad (2.130)$$

а дисперсія тривалості роботи стійлової установки

$$D_{TDS} = 2D_{PD} + \frac{N_S}{3} D_{TD}. \quad (2.131)$$

Тривалість роботи стійлової установки при $K_S = N_S - 2$, визначається виразом

$$T_{DS} = t_{p1} + t_{p2} + t_{p3} - t_{pN} - t_{pN-1} + \sum_{i=3}^{N_S} t_{TDi}, \quad i = 3, 6, 9 \dots N_S. \quad (2.132)$$

Математичне очікування тривалості роботи стійлової установки у цьому випадку визначається виразом

$$M_{TDS} = M_{PD} + \frac{N_S}{3} M_{TD}, \quad (2.133)$$

а дисперсія тривалості роботи стійлової установки

$$D_{TDS} = D_{PD} + \frac{N_S}{3} D_{TD}. \quad (2.134)$$

На рис. 2.23 наведено циклограму роботи стійлової доїльної установки при використанні чотирьох доїльних апаратів.

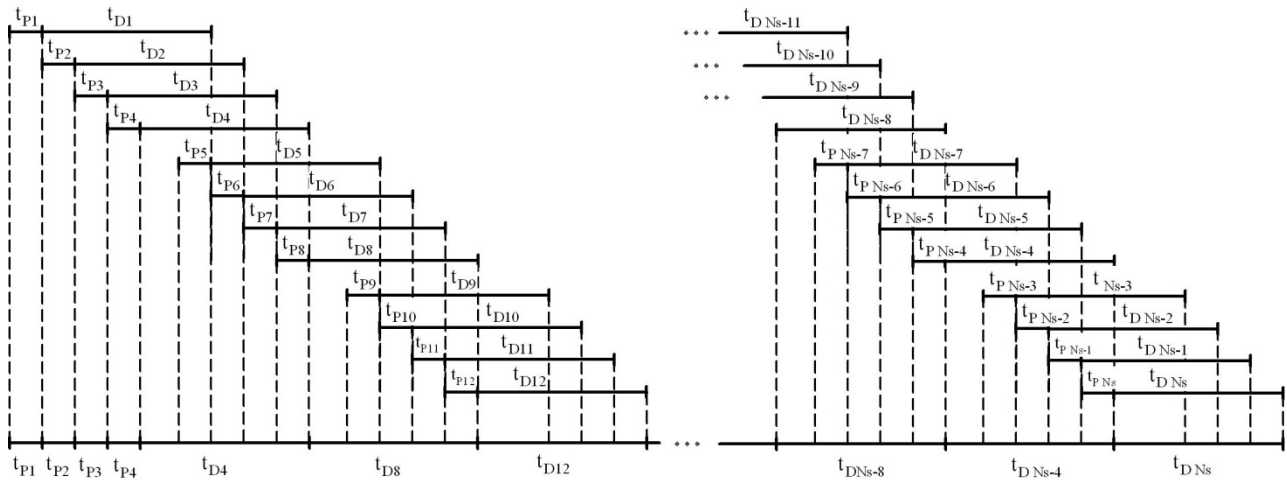


Рисунок 2.23 – Циклограма роботи стійлової доїльної установки при використанні чотирьох доїльних апаратів

Як впливає із аналізу циклограми, тривалість роботи стійлової установки при $K_S = N_S$, визначається виразом

$$T_{DS} = t_{p1} + t_{p2} + t_{p3} + t_{p4} + \sum_{i=4}^{N_S} t_{TDi}, \quad i = 4, 8, 12 \dots N_S, \quad (2.135)$$

а математичне очікування тривалості роботи стійлової установки

$$M_{TDS} = 4M_{PD} + \frac{N_S}{4} M_{TD}. \quad (2.136)$$

Дисперсія тривалості роботи стійлової установки у цьому випадку

$$D_{TDS} = 4D_{PD} + \frac{N_S}{4} D_{TD}. \quad (2.137)$$

Тривалість роботи стійлової установки при $K_S = N_S - 1$, визначається виразом

$$T_{DS} = t_{p1} + t_{p2} + t_{p3} + t_{p4} - t_{pN} + \sum_{i=4}^{N_S} t_{TDi}, \quad i = 4, 8, 12 \dots N_S, \quad (2.138)$$

математичне очікування тривалості роботи стійлової установки

$$M_{TDS} = 3M_{PD} + \frac{N_S}{4} M_{TD}, \quad (2.139)$$

дисперсія тривалості роботи стійлової установки визначається як

$$D_{TDS} = 3D_{PD} + \frac{N_S}{4} D_{TD}. \quad (2.140)$$

Тривалість роботи стійлової установки при $K_S = N_S - 2$, визначається виразом

$$T_{DS} = t_{P1} + t_{P2} + t_{P3} + t_{P4} - t_{PN} - t_{PN-1} + \sum_{i=4}^{N_S} t_{TDi}, \quad i = 4, 8, 12 \dots N_S, \quad (2.141)$$

математичне очікування

$$M_{TDS} = 2M_{PD} + \frac{N_S}{4} M_{TD}, \quad (2.142)$$

дисперсія

$$D_{TDS} = 2D_{PD} + \frac{N_S}{4} D_{TD}. \quad (2.143)$$

Тривалість роботи стійлової установки при $K_S = N_S - 3$, визначається виразом

$$T_{DS} = t_{P1} + t_{P2} + t_{P3} + t_{P4} - t_{PN} - t_{PN-1} - t_{PN-2} + \sum_{i=4}^{N_S} t_{TDi}, \quad i = 4, 8, 12 \dots N_S, \quad (2.144)$$

математичне очікування

$$M_{TDS} = M_{PD} + \frac{N_S}{4} M_{TD}, \quad (2.145)$$

дисперсія

$$D_{TDS} = D_{PD} + \frac{N_S}{4} D_{TD}. \quad (2.146)$$

З аналізу виразів (2.120) – (2.146) випливає, що математичне очікування та дисперсію тривалості роботи стійлової доїльної установки можна представити у загальному вигляді

$$M_{TDS} = R_S M_{PD} + \frac{N_S}{Z_S} M_{TD}, \quad (2.147)$$

та

$$D_{TDS} = R_S D_{PD} + \frac{N_S}{Z_S} D_{TD}, \quad (2.148)$$

де R_S – коефіцієнт, який залежить від кількості доїльних апаратів і кількості тварин та визначається виразом

$$R_S = \begin{cases} Z_S, \left\{ \frac{K_S}{Z_S} \right\} = 0 \\ Z_S \left\{ \frac{K_S}{Z_S} \right\}, \left\{ \frac{K_S}{Z_S} \right\} \neq 0. \end{cases} \quad (2.149)$$

Математичне очікування часу підготовки тварини до доїння визначається виразом (2.93), а дисперсія часу підготовки тварини до доїння – виразом (2.94). Математичне очікування часу некерованого доїння тварини з використанням доїльного апарата без функції керування процесом доїння визначається виразом (2.115), а дисперсія – виразом (2.116). Підставивши (2.93) та (2.115) в (2.147) отримуємо вираз для математичного очікування тривалості роботи стійлової доїльної установки при використанні доїльних апаратів без функції керування процесом доїння.

$$M_{TDSN} = R_S k_{PD} + \frac{N_S}{Z_S} m_{DN} (l_{DN} + 1). \quad (2.150)$$

Підставивши (2.94) та (2.116) в (2.148) отримуємо вираз для дисперсії тривалості роботи стійлової доїльної установки при використанні доїльних апаратів без функції керування процесом доїння.

$$D_{TDSN} = 2R_S k_{PD} + \frac{N_S}{Z_S} m_{DN}^2 (l_{DN} + 1). \quad (2.151)$$

Математичне очікування часу керованого доїння тварини з використанням доїльного апарата з функцією керування процесом доїння визначається виразом (2.117), а дисперсія – виразом (2.118). Підставивши (2.93) та (2.117) в (2.147) отримуємо вираз для математичного очікування тривалості роботи стійлової доїльної установки при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння.

$$M_{TDSC} = R_S k_{PD} + \frac{N_S}{Z_S} (t_S + t_{FND} + t_M + m_{DK} (l_{DK} + 1)). \quad (2.152)$$

Підставивши (2.94) та (2.118) в (2.148) отримуємо вираз для дисперсії тривалості роботи стійлової доїльної установки при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння.

$$D_{TDSC} = 2R_S k_{PD} + \frac{N_S}{Z_S} m_{DK}^2 (l_{DK} + 1). \quad (2.153)$$

Функцію розподілу тривалості роботи стійлової доїльної установки в усіх вищевказаних випадках можна вважати нормальною на підставі першої граничної теореми [137].

У експериментальних дослідженнях на стійловій доїльній установці використовувалися доїльні апарати УДМ.05.000 виробництва ТДВ «Брацлав» з механічним попарним пульсатором без функції керування процесом доїння та експериментальні зразки доїльного апарата з функцією керування процесом доїння, які обладнані електромагнітним попарним пульсатором і в яких $t_S=15$ с, $t_{FND}=30$ с, $t_M=30$. Дослідження проводилися при використанні двох та трьох доїльних апаратів з сорока восьми тваринами у доїльній групі, вибірка експериментальних даних складала 650 результатів вимірювання тривалості роботи доїльної установки. Результати проведених експериментальних досліджень такі: при використанні двох доїльних апаратів без функції керування процесом доїння $M_{TDSN} = 7628$ с, $D_{TDSN} = 132401$ с², при використанні трьох доїльних апаратів без функції керування процесом доїння $M_{TDSN} = 4898$ с, $D_{TDSN} = 85628$ с², при використанні двох доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння $M_{TDSC} = 7635$ с, $D_{TDSC} = 86884$ с², при використанні трьох доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння $M_{TDSC} = 4852$ с, $D_{TDSC} = 55334$ с². Теоретичний розрахунок вищевказаних параметрів проводився на основі таких експериментальних даних: $M_{PD} = 32$ с, $D_{PD} = 64$ с², для доїльних апаратів без функції керування процесом доїння $M_{ND} = 338$ с, $D_{ND} = 5814$ с², для доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння $M_{CD} = 328$ с, $D_{CD} = 3827$ с². Результати проведених теоретичних розрахунків такі: при використанні двох доїльних апаратів без функції керування процесом доїння $M_{TDSN} = 7584$ с, $D_{TDSN} = 133020$ с², при використанні

$$T_{Gi} = t_{INi} + t_{OUTi} + \sum_{j=1}^{Z_D} t_{Pj} + t_{TDi}. \quad (2.154)$$

Визначимо математичне очікування та дисперсію тривалості доїння i - ї групи тварин кількістю Z_D . Математичне очікування M_{IN} та дисперсія D_{IN} часу входження групи тварин на установку та математичне очікування M_{OUT} та дисперсія D_{OUT} часу виходу тварин з установки розглянуті у [143]. Ці характеристики залежать від кількості доїльних станків, які обслуговує один дояр Z_D , кількості тварин, типу доїльної установки, способу входу тварин, способу виходу тварин, конструкції проходів та конструкції вхідних і вихідних воріт. Вони визначаються як величини прямо пропорційні емпіричним коефіцієнтам, які залежать від вищевказаних параметрів, та кількості доїльних станків Z_D . Виходячи з цього, математичне очікування M_{Gi} та дисперсія D_{Gi} тривалості доїння i - ї групи тварин кількістю Z_D визначається виразами

$$M_{Gi} = M_{IN} + M_{OUT} + Z_D M_{PD} + M_{TD}; \quad (2.155)$$

$$D_{Gi} = D_{IN} + D_{OUT} + Z_D D_{PD} + D_{TD}. \quad (2.156)$$

На доїльних установках типу «Ялинка» та «Паралель» можливе використання двох типів доїльних апаратів: з функцією керування процесом доїння та без функції керування процесом доїння. Математичне очікування та дисперсія часу підготовки тварини до доїння визначаються відповідно виразами (2.93) та (2.94). Математичне очікування та дисперсія часу керованого доїння однієї тварини з використанням доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння визначається відповідно виразами (2.106) та (2.107). Підставивши (2.106) та (2.93) в (2.155) отримуємо вираз, який визначає математичне очікування тривалості доїння i - ї групи тварин кількістю Z_D при використанні доїльного апарата з функцією керування процесом доїння

$$M_{GKi} = M_{IN} + M_{OUT} + Z_D k_{PD} + t_S + t_{FND} + t_M + m_{DK} (l_{DK} + 1). \quad (2.157)$$

Підставивши (2.107) та (2.94) в (2.156) отримуємо вираз, який визначає дисперсію тривалості доїння i - ї групи тварин кількістю Z_D при використанні доїльного апарата з функцією керування процесом доїння

$$D_{GKi} = D_{IN} + D_{OUT} + 2Z_D k_{PD} + m_{DK}^2 (l_{DK} + 1). \quad (2.158)$$

При використанні доїльного апарата без функції керування процесом доїння, математичне очікування часу некерованого доїння визначається виразом (2.96), а дисперсія часу некерованого доїння виразом (2.97). Підставивши (2.96) та (2.93) в (2.155) отримуємо вираз, який визначає математичне очікування тривалості доїння i - ї групи з Z_D тварин при використанні доїльного апарата без функції керування процесом доїння

$$M_{GNi} = M_{IN} + M_{OUT} + Z_D k_{PD} + m_{DN} (l_{DN} + 1). \quad (2.159)$$

Підставивши (2.97) та (2.94) в (2.156) отримуємо вираз для дисперсії тривалості доїння i - ї групи тварин кількістю Z_D при використанні доїльного апарата без функції керування процесом доїння

$$D_{GNi} = D_{IN} + D_{OUT} + 2Z_D k_{PD} + m_{DN}^2 (l_{DN} + 1). \quad (2.160)$$

Визначимо математичне очікування та дисперсію тривалості роботи доїльної установки «Ялинка» або «Паралель» при використанні обох типів доїльних апаратів. При парній кількості тварин в стаді обидва дояри виконають видоювання однакової кількості тварин, при непарній кількості тварин одним з доярів буде видоєно на одну тварину більше. Відповідно, тривалість доїння на цій стороні буде більша, для оцінювання тривалості роботи всієї установки розглянемо саме цей варіант. Для цього знайдемо максимальну кількість тварин K_V , доїння яких здійснюється одним доярем, за умови, що потоки тварин рівномірно розподілені між робочими місцями.

$$K_V = \begin{cases} \left\{ \frac{K_T}{2}, \left\{ \frac{K_T}{2} \right\} \right\} = 0 \\ \left\{ \frac{K_T+1}{2}, \left\{ \frac{K_T}{2} \right\} \right\} \neq 0 \end{cases}, \quad (2.161)$$

де K_T – загальна кількість тварин в стаді.

Кількість групових доїнь по Z_D тварин визначається виразом

$$K_{GD} = \left\lceil \frac{K_V}{Z_D} \right\rceil. \quad (2.162)$$

Кількість тварин в останній групі, яка буде неповною якщо K_V не кратне Z_D , визначається виразом

$$K_{NGD} = Z_D \left\{ \frac{K_V}{Z_D} \right\}. \quad (2.163)$$

Тоді математичне очікування тривалості доїння стада з K_T тварин за допомогою доїльної установки типу «Паралель» або «Ялинка» з Z_D доїльних станків з однієї сторони при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння визначається виразом

$$M_{TDGC} = K_{GD} (M_{IN} + M_{OUT} + Z_D k_{PD} + t_S + t_{FND} + t_M + m_{DK} (l_{DK} + 1)) + M_{INO} + M_{OUTO} + K_{NGD} k_{PD} + t_S + t_{FND} + t_M + m_{DK} (l_{DK} + 1), \quad (2.164)$$

де M_{INO} , M_{OUTO} – відповідно математичне очікування часу входу та виходу останньої неповної групи тварин.

Дисперсія тривалості роботи групової установки у цьому випадку буде визначатися виразом

$$D_{TDGC} = K_{GD} (D_{IN} + D_{OUT} + 2Z_D k_{PD} + m_{DK}^2 (l_{DK} + 1)) + D_{INO} + D_{OUTO} + 2K_{NGD} k_{PD} + m_{DK}^2 (l_{DK} + 1), \quad (2.165)$$

де D_{INO} , D_{OUTO} – відповідно дисперсія часу входу та виходу останньої неповної групи тварин.

Математичне очікування тривалості доїння стада з K_T тварин за допомогою доїльної установки типу «Паралель» або «Ялинка» з Z_D доїльних станків з однієї сторони при використанні доїльних апаратів без функції керування процесом доїння визначається виразом

$$M_{TDGN} = K_{GD} (M_{IN} + M_{OUT} + Z_D k_{PD} + m_{DN} (l_{DN} + 1)) + M_{INO} + M_{OUTO} + K_{NGD} k_{PD} + m_{DN} (l_{DN} + 1). \quad (2.166)$$

Дисперсія тривалості роботи групової установки у цьому випадку

$$D_{TDGN} = K_{GD} (D_{IN} + D_{OUT} + 2Z_D k_{PD} + m_{DN}^2 (l_{DN} + 1)) + D_{INO} + D_{OUTO} + 2K_{NGD} k_{PD} + m_{DN}^2 (l_{DN} + 1). \quad (2.167)$$

Функцію розподілу тривалості машинного доїння на доїльних установках типу «Ялинка» та «Паралель» в усіх вищевказаних випадках можна вважати нормальною на підставі першої граничної теореми [137].

Експериментальні дослідження тривалості роботи групової доїльної установки «Ялинка» проводилися в ДП «Артеміда», м. Калинівка, Калинівського району Вінницької області (Україна), досліджувана доїльна установка має структуру 2×8 (одна доїльна траншея, два дояри, вісім доїльних станків на кожного дояра). Доїльні станки обладнані БЗПД «Bigmilk» виробництва ТДВ «Брацлав», які забезпечують функцію керування процесом доїння. Досліджуване стадо складалося з 411 тварин, статистичні характеристики тривалості роботи установки визначалися за вибіркою з 650 спостережень. В результаті досліджень встановлено, що експериментальне математичне очікування тривалості роботи установки $M_{TDGC} = 17448$ с, а дисперсія $D_{TDGC} = 126520$ с². Теоретичний розрахунок M_{TDGC} та D_{TDGC} проводився на основі таких параметрів: $M_{PD} = 28$ с, $D_{PD} = 56$ с², математичне очікування часу роботи з твариною при використанні доїльного апарата з функцією керування процесом доїння $M_{CD} = 326$ с, дисперсія $D_{CD} = 3801$ с². Статистичні характеристики тривалості входу та виходу тварин $M_{IN} = 96$ с, $M_{OUT} = 32$ с, $D_{IN} = 310$ с², $D_{OUT} = 92$ с², $M_{INO} = 24$ с, $M_{OUTO} = 8$ с, $D_{INO} = 76$ с², $D_{OUTO} = 24$ с², кількість доїльних станків на одного дояра $Z_D = 8$. В результаті теоретичного розрахунку $M_{TDGC} = 17677$ с, $D_{TDGC} = 127984$ с².

2.6.4 Метод статистичного оцінювання тривалості роботи доїльних установок з прохідними станками

Основними типами доїльних установок з прохідними станками є доїльна установка з паралельно-прохідними станками та доїльна установка «Тандем». Розглянемо методи статистичного оцінювання тривалості роботи вищевказаних доїльних установок, та доярів, що їх обслуговують.

2.6.4.1 Метод статистичного оцінювання тривалості роботи доїльної установки з паралельно-прохідними станками

Доїльні установки з прохідними станками забезпечують індивідуальний вхід та вихід кожної тварини, тварини розташовані вздовж траншеї, в якій знаходиться дояр. Таке розташування забезпечує практично вільний доступ персоналу до будь-якої зони установки. Це дає можливість, окрім доїння, проводити ветеринарні, санітарні, та інші необхідні зоотехнічні операції [2, 156–159]. Розглянемо циклограму роботи доїльної установки з паралельно-прохідними станками, яку наведено на рис. 2.25.

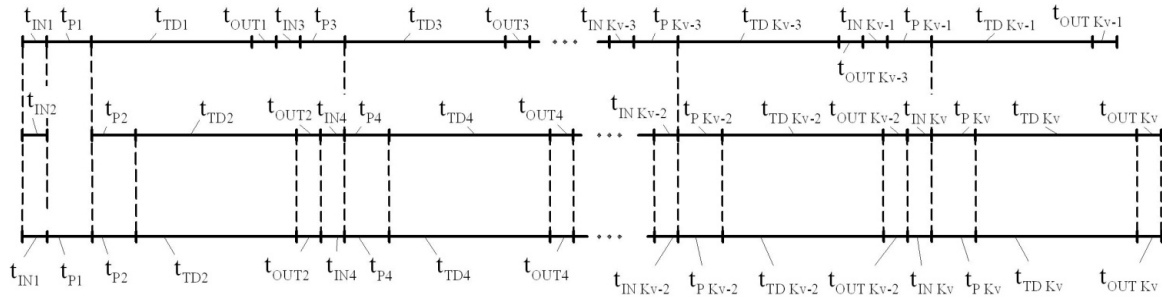


Рисунок 2.25 – Циклограма роботи доїльної установки з паралельно-прохідними станками

На доїльній установці з паралельно-прохідними станками кожний дояр обслуговує два доїльних станки, які знаходяться по обидві сторони його робочої зони [2, 161]. В станки тварини входять протягом часу t_{INi} , після чого дояр готує першу тварину до доїння протягом часу t_{Pi} , вдягає їй доїльний апарат і переходить до роботи з іншою твариною. Доїння тварини відбувається протягом часу t_{TDi} , після чого вона виходить з станка протягом часу t_{OUTi} , а на її місце входить наступна тварина. Позначимо через N_D кількість доярів, які працюють на доїльній установці з паралельно-прохідними станками. Тоді максимальна кількість тварин K_V , доїння яких здійснюється одним доярем, при умові, що потоки тварин рівномірно розподілені між робочими місцями, визначається виразом

$$K_V = \begin{cases} \frac{K_T}{N_D}, \left\{ \frac{K_T}{N_D} \right\} = 0 \\ 1 + \left[\frac{K_T}{N_D} \right], \left\{ \frac{K_T}{N_D} \right\} \neq 0 \end{cases} . \quad (2.168)$$

Внаслідок того, що всі дояри працюють паралельно, тривалість роботи установки при видоюванні стада з K_T тварин буде дорівнювати тривалості роботи одного дояра при видоюванні K_V тварин. Як впливає з наведеної на рис. 2.25 циклограми, при парній кількості тварин K_V , що обслуговуються одним доярем, тривалість роботи доїльної установки з паралельно-прохідними станками, визначається виразом

$$T_{DPP} = t_{IN1} + t_{P1} + t_{P2} + t_{D2} + t_{OUT2} + \sum_{i=4}^{K_V} (t_{INi} + t_{Pi} + t_{Di} + t_{OUTi}), \quad i = 4, 6, 8 \dots K_V. \quad (2.169)$$

При непарній кількості тварин K_V тривалість роботи доїльної установки з паралельно-прохідними станками, визначається виразом

$$T_{DPP} = \sum_{i=4}^{K_V} (t_{INi} + t_{Pi} + t_{Di} + t_{OUTi}), \quad i = 1, 3, 5 \dots K_V. \quad (2.170)$$

Визначимо математичне очікування та дисперсію тривалості роботи доїльної установки з паралельно-прохідними станками. Математичне очікування M_{IN} та дисперсія D_{IN} часу входження тварини в доїльний станок та математичне очікування M_{OUT} та дисперсія D_{OUT} часу виходу тварини з доїльного станка розглянуті у [144]. Ці характеристики залежать від типу доїльної установки, спо-

собу входу та виходу тварин, конструкції проходів та конструкції вхідних і вихідних воріт. Змінивши в виразах (2.169) та (2.170) значення часових інтервалів на їх математичні очікування та провівши перетворення, отримуємо вираз, який визначає математичне очікування M_{DPP} тривалості роботи доїльної установки з паралельно-прохідними станками

$$M_{DPP} = \begin{cases} \frac{K_V}{2}(M_{IN} + M_{OUT} + M_{TD}) + \left(\frac{K_V}{2} + 1\right)M_{PD}, \left\{\frac{K_V}{2}\right\} = 0; \\ \frac{K_V}{2}(M_{IN} + M_{PD} + M_{OUT} + M_{TD}), \left\{\frac{K_V}{2}\right\} \neq 0. \end{cases} \quad (2.171)$$

Змінивши в виразах (2.169) та (2.170) значення часових інтервалів на їх дисперсії та провівши перетворення отримуємо вираз, який визначає дисперсію D_{DPP} тривалості роботи доїльної установки з паралельно-прохідними станками

$$D_{DPP} = \begin{cases} \frac{K_V}{2}(D_{IN} + D_{OUT} + D_{TD}) + \left(\frac{K_V}{2} + 1\right)D_{PD}, \left\{\frac{K_V}{2}\right\} = 0; \\ \frac{K_V}{2}(D_{IN} + D_{PD} + D_{OUT} + D_{TD}), \left\{\frac{K_V}{2}\right\} \neq 0. \end{cases} \quad (2.172)$$

На доїльних установках з паралельно-прохідними станками можливе використання двох типів доїльних апаратів: з функцією керування процесом доїння та без функції керування процесом доїння. Математичне очікування та дисперсія часу підготовки тварини до доїння визначаються відповідно виразами (2.93) та (2.94). Математичне очікування та дисперсія часу керованого доїння однієї тварини з використанням доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння визначається відповідно виразами (2.106) та (2.107). Підставивши (2.106) та (2.93) в (2.171) отримуємо вираз, який визначає математичне очікування тривалості роботи доїльної установки з паралельно-прохідними станками при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння

$$M_{DPPC} = \begin{cases} \frac{K_V}{2}(M_{IN} + M_{OUT} + t_s + t_{FND} + t_M + m_{DK}(l_{DK} + 1)) + \left(\frac{K_V}{2} + 1\right)k_{PD}, \left\{\frac{K_V}{2}\right\} = 0; \\ \frac{K_V}{2}(M_{IN} + k_{PD} + M_{OUT} + t_s + t_{FND} + t_M + m_{DK}(l_{DK} + 1)), \left\{\frac{K_V}{2}\right\} \neq 0. \end{cases} \quad (2.173)$$

Підставивши (2.107) та (2.94) в (2.172) отримуємо вираз, який визначає дисперсію тривалості роботи доїльної установки з паралельно-прохідними станками при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння

$$D_{DPPC} = \begin{cases} \frac{K_V}{2}(D_{IN} + D_{OUT} + m_{DK}^2(l_{DK} + 1)) + 2k_{PD}\left(\frac{K_V}{2} + 1\right), \left\{\frac{K_V}{2}\right\} = 0; \\ \frac{K_V}{2}(D_{IN} + 2k_{PD} + D_{OUT} + m_{DK}^2(l_{DK} + 1)), \left\{\frac{K_V}{2}\right\} \neq 0. \end{cases} \quad (2.174)$$

При використанні доїльного апарата без функції керування процесом доїння, математичне очікування часу некерованого доїння визначається виразом (2.96), а дисперсія часу некерованого доїння виразом (2.97). Підставивши (2.96) та (2.93) в (2.171) отримуємо вираз, який визначає математичне очікування тривалості роботи доїльної установки з паралельно-прохідними станками при використанні доїльних апаратів без функції керування процесом доїння

$$M_{DPPN} = \begin{cases} \frac{K_V}{2}(M_{IN} + M_{OUT} + m_{DN}(l_{DN} + 1)) + \left(\frac{K_V}{2} + 1\right)k_{PD}, \left\{\frac{K_V}{2}\right\} = 0; \\ \frac{K_V}{2}(M_{IN} + k_{PD} + M_{OUT} + m_{DN}(l_{DN} + 1)), \left\{\frac{K_V}{2}\right\} \neq 0. \end{cases} \quad (2.175)$$

Підставивши (2.97) та (2.94) в (2.172) отримуємо вираз, який визначає дисперсію тривалості роботи доїльної установки з паралельно-прохідними станками при використанні доїльних апаратів без функції керування процесом доїння

$$D_{DPPN} = \begin{cases} \frac{K_V}{2}(D_{IN} + D_{OUT} + m_{DN}^2(l_{DN} + 1)) + 2k_{PD}\left(\frac{K_V}{2} + 1\right), \left\{\frac{K_V}{2}\right\} = 0; \\ \frac{K_V}{2}(D_{IN} + 2k_{PD} + D_{OUT} + m_{DN}^2(l_{DN} + 1)), \left\{\frac{K_V}{2}\right\} \neq 0. \end{cases} \quad (2.176)$$

Функцію розподілу тривалості роботи установки з паралельно-прохідними станками можна вважати нормальною на підставі першої граничної теореми [137].

2.6.4.2 Метод статистичного оцінювання тривалості роботи доїльної установки «Тандем»

Доїльна установка «Тандем» [2, 156–159], це установка з стаціонарними доїльними станками, тварини в яких розташовані вздовж двох сторін траншеї, в якій знаходяться два дояра, по одному на кожну сторону. Кожний доїльний станок обладнаний вхідними та вихідними воротами, що забезпечує можливість індивідуального входу та виходу тварин. Перше входження тварин у доїльні станки здійснюється групою, кількість тварин у групі дорівнює кількості станків. Після входження дояр готує першу тварину до доїння, вдягає їй доїльний апарат та переходить до наступної тварини, потім до третьої і т. д. Після закінчення доїння кожна тварина окремо здійснює вихід з установки і на її місце входить наступна тварина. Аналогічні дії проводяться з кожною твариною до закінчення доїння стада. Розглянемо циклограму роботи доїльної установки «Тандем», яку наведено на рис. 2.26.

Для цієї доїльної установки, при умові, що потоки тварин рівномірно розподілені між двома доярами, та у стаді K_T тварин, максимальна кількість тварин, доїння яких здійснюється одним доярем, визначається виразом

$$K_V = \begin{cases} \left[\frac{K_T}{2}\right] + 1, \left\{\frac{K_T}{2}\right\} \neq 0; \\ \frac{K_T}{2}, \left\{\frac{K_T}{2}\right\} = 0. \end{cases} \quad (2.177)$$

З аналізу наведеної на рис. 2.26 циклограми випливає, що при K_V кратному кількості доїльних станків Z_D , що обслуговуються одним доярем, тривалість роботи установки «Тандем» визначається виразом [162]

$$T_{DT} = t_{IN1} + \sum_{i=1}^{Z_D} t_{Pi} + t_{DZ_D} + t_{OUTZ_D} + \sum_{i=2}^{K_V/Z_D} (t_{INiZ_D} + t_{PiZ_D} + t_{DiZ_D} + t_{OUTiZ_D}). \quad (2.178)$$

Якщо K_V не кратне Z_D , то тривалість роботи доїльної установки «Тандем», у цьому випадку, визначається виразом

$$T_{DT} = t_{IN1} + \sum_{i=1}^{Z_D} t_{Pi} + t_{DZ_D} + t_{OUTZ_D} + \sum_{i=2}^{[K_V/Z_D]+Z_D} (t_{INiZ_D} + t_{PiZ_D} + t_{DiZ_D} + t_{OUTiZ_D}) - \sum_{i=1}^{\{K_V/Z_D\}Z_D} t_{Pi}. \quad (2.179)$$

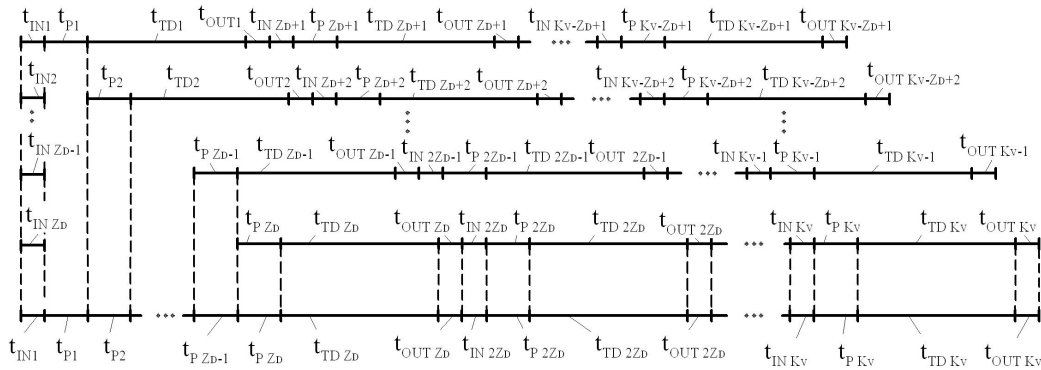


Рисунок 2.26 – Циклограма роботи доїльної установки «Тандем»

Визначимо математичне очікування та дисперсію тривалості роботи доїльної установки «Тандем». Тому як дояри працюють одночасно, тривалість роботи однієї сторони установки дорівнює тривалості роботи всієї установки. Змінивши в виразах (2.178) та (2.179) значення часових інтервалів на їх математичні очікування та провівши перетворення отримуємо вираз, який визначає математичне очікування тривалості роботи доїльної установки «Тандем»

$$M_{DT} = \begin{cases} \left(\frac{K_V}{Z_D}\right)(M_{IN} + M_{TD} + M_{OUT}) + \left(\frac{K_V}{Z_D} + Z_D - 1\right)M_{PD}, \left\{\frac{K_V}{Z_D}\right\} = 0; \\ \left(\left[\frac{K_V}{Z_D}\right] + Z_D\right)(M_{IN} + M_{TD} + M_{OUT}) + M_{PD} \left(\left[\frac{K_V}{Z_D}\right] - 1 + Z_D \left(2 - \left\{\frac{K_V}{Z_D}\right\}\right)\right), \left\{\frac{K_V}{Z_D}\right\} \neq 0. \end{cases} \quad (2.180)$$

Замінивши в виразах (2.178) та (2.179) значення часових інтервалів на їх дисперсії та провівши відповідні перетворення, отримуємо вираз, який визначає дисперсію тривалості роботи доїльної установки «Тандем»

$$D_{DT} = \begin{cases} \left(\frac{K_V}{Z_D}\right)(D_{IN} + D_{TD} + D_{OUT}) + \left(\frac{K_V}{Z_D} + Z_D - 1\right)D_{PD}, \left\{\frac{K_V}{Z_D}\right\} = 0; \\ \left(\left[\frac{K_V}{Z_D}\right] + Z_D\right)(D_{IN} + D_{TD} + D_{OUT}) + D_{PD} \left(\left[\frac{K_V}{Z_D}\right] - 1 + Z_D \left(2 - \left\{\frac{K_V}{Z_D}\right\}\right)\right), \left\{\frac{K_V}{Z_D}\right\} \neq 0. \end{cases} \quad (2.181)$$

На установках «Тандем» використовуються доїльні апарати з функцією керування процесом доїння, та без цієї функції. Математичне очікування M_{IN} та дисперсія D_{IN} часу входження тварини, та математичне очікування M_{OUT} та дисперсія D_{OUT} часу виходу тварини з доїльного станка розглянуті у [144]. Математичне очікування та дисперсія часу підготовки тварини визначаються виразами (2.93) та (2.94). При використанні доїльного апарата без функції керування процесом доїння, математичне очікування часу некерованого доїння визначається виразом (2.96), а дисперсія часу некерованого доїння виразом (2.97). Підставивши (2.93) та (2.96) в (2.180) отримуємо вираз для математичного очікування тривалості роботи установки «Тандем» при використанні доїльних апаратів без функції керування процесом доїння

$$M_{DTN} = \begin{cases} \left(\frac{K_V}{Z_D} \right) (M_{IN} + m_{DN} (l_{DN} + 1) + M_{OUT}) + \left(\frac{K_V}{Z_D} + Z_D - 1 \right) k_{PD}, \left\{ \frac{K_V}{Z_D} \right\} = 0; \\ \left(\left[\frac{K_V}{Z_D} \right] + Z_D \right) (M_{IN} + m_{DN} (l_{DN} + 1) + M_{OUT}) + k_{PD} \left(\left[\frac{K_V}{Z_D} \right] - 1 + Z_D \left(2 - \left\{ \frac{K_V}{Z_D} \right\} \right) \right), \left\{ \frac{K_V}{Z_D} \right\} \neq 0. \end{cases} \quad (2.182)$$

Підставивши (2.94) та (2.97) в (2.181) отримуємо вираз, який визначає дисперсію тривалості роботи доїльної установки «Тандем» при використанні доїльних апаратів без функції керування процесом доїння

$$D_{DTN} = \begin{cases} \left(\frac{K_V}{Z_D} \right) (D_{IN} + m_{DN}^2 (l_{DN} + 1) + D_{OUT}) + 2k_{PD} \left(\frac{K_V}{Z_D} + Z_S - 1 \right), \left\{ \frac{K_V}{Z_D} \right\} = 0; \\ \left(\left[\frac{K_V}{Z_D} \right] + Z_D \right) (D_{IN} + m_{DN}^2 (l_{DN} + 1) + D_{OUT}) + 2k_{PD} \left(\left[\frac{K_V}{Z_D} \right] - 1 + Z_D \left(2 - \left\{ \frac{K_V}{Z_D} \right\} \right) \right), \left\{ \frac{K_V}{Z_D} \right\} \neq 0. \end{cases} \quad (2.183)$$

При використанні доїльного апарата з функцією керування процесом доїння математичне очікування та дисперсія часу керованого доїння тварини визначається виразами (2.106) та (2.107). Підставивши (2.93) та (2.106) в (2.180), отримуємо вираз, який визначає математичне очікування тривалості роботи доїльної установки «Тандем» при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння

$$M_{DTC} = \begin{cases} \left(\frac{K_V}{Z_D} \right) (M_{IN} + t_S + t_{FND} + t_M + m_{DK} (l_{DK} + 1) + M_{OUT}) + \left(\frac{K_V}{Z_D} + Z_D - 1 \right) k_{PD}, \left\{ \frac{K_V}{Z_D} \right\} = 0; \\ \left(\left[\frac{K_V}{Z_D} \right] + Z_D \right) (M_{IN} + t_S + t_{FND} + t_M + m_{DK} (l_{DK} + 1) + M_{OUT}) + k_{PD} \left(\left[\frac{K_V}{Z_D} \right] - 1 + Z_D \left(2 - \left\{ \frac{K_V}{Z_D} \right\} \right) \right), \left\{ \frac{K_V}{Z_D} \right\} \neq 0. \end{cases} \quad (2.184)$$

Підставивши (2.94) та (2.107) в (2.181), отримуємо вираз для дисперсії тривалості роботи установки «Тандем» при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння

$$D_{DTC} = \begin{cases} \left(\frac{K_V}{Z_D} \right) (D_{IN} + m_{DK}^2 (l_{DK} + 1) + D_{OUT}) + 2k_{PD} \left(\frac{K_V}{Z_D} + Z_S - 1 \right), \left\{ \frac{K_V}{Z_D} \right\} = 0; \\ \left(\left[\frac{K_V}{Z_D} \right] + Z_D \right) (D_{IN} + m_{DK}^2 (l_{DK} + 1) + D_{OUT}) + 2k_{PD} \left(\left[\frac{K_V}{Z_D} \right] - 1 + Z_D \left(2 - \left\{ \frac{K_V}{Z_D} \right\} \right) \right), \left\{ \frac{K_V}{Z_D} \right\} \neq 0. \end{cases} \quad (2.185)$$

Функцію розподілу тривалості роботи доїльної установки «Тандем» можна вважати нормальною на підставі першої граничної теореми [137].

Експериментальні дослідження тривалості роботи доїльної установки «Тандем» проводилися у фермерському господарстві в с.м.т. Красні Окни Красноокнянського району Одеської області (Україна). Досліджувана доїльна установка має структуру 2×4 , тобто на ній працюють два дояри, кожний дояр обслуговує чотири доїльних станки, відповідно $Z_D = 4$. Доїльні станки обладнані БЗПД «Bigmilk» виробництва ТДВ «Брацлав», які мають функцію керування процесом доїння і у яких $t_S = 15$ с, $t_{FND} = 30$ с, $t_M = 30$. Досліджуване стадо складалося з 128 тварин, статистичні характеристики тривалості роботи установки визначалися за вибіркою з 520 спостережень. Теоретичний розрахунок M_{DTC} та D_{DTC} проводився на основі наступних параметрів: $M_{PD} = 28$ с, $D_{PD} = 56$ с², математичне очікування загального часу роботи з твариною при використанні доїльного апарата з функцією керування процесом доїння $M_{CD} = 326$ с, дисперсія $D_{CD} = 3801$ с². Статистичні характеристики тривалості входу та виходу тварин $M_{IN} = 24$ с,

$M_{OUT} = 22 \text{ с}$, $D_{IN} = 76 \text{ с}^2$, $D_{OUT} = 70 \text{ с}^2$. В результаті теоретичного розрахунку встановлено, що математичне очікування тривалості роботи установки $M_{DTC} = 8384 \text{ с}$, а дисперсія $D_{DTC} = 71216 \text{ с}^2$. В результаті експериментальних досліджень тривалості роботи встановлено, що $M_{DTC} = 8252 \text{ с}$, $D_{DTC} = 71508 \text{ с}^2$.

2.6.5 Метод статистичного оцінювання тривалості роботи конвеєрної доїльної установки

Серед усіх відомих варіантів доїльних установок для доїльних залів, конвеєрні установки, до яких відносяться установки «Карусель» та «Юнілактор», забезпечують найвищу продуктивність при мінімізації трудомісткості технологічних операцій обслуговування тварин. Основними перевагами конвеєрних установок є мінімальна відстань переходу тварини з доїльного залу до доїльного станка, фіксовані робочі місця доярів, безперервний режим роботи, можливість зміни кутової швидкості конвеєра у відповідності з характеристиками групи тварин, просте управління потоками тварин [2, 162]. Особливістю конвеєрних доїльних установок є те, що тварини рухаються разом з доїльними станками на платформі під час доїння, а дояр залишається на місці. Поточна лінія доїння тварин на основі доїльних конвеєрів за принципом дії та функціональним призначенням найбільш близька до поточних ліній машинобудівних підприємств з масовим крупносерійним виробництвом [163, 164]. Розглянемо циклограму роботи конвеєрної доїльної установки, яка наведена на рис. 2.27.

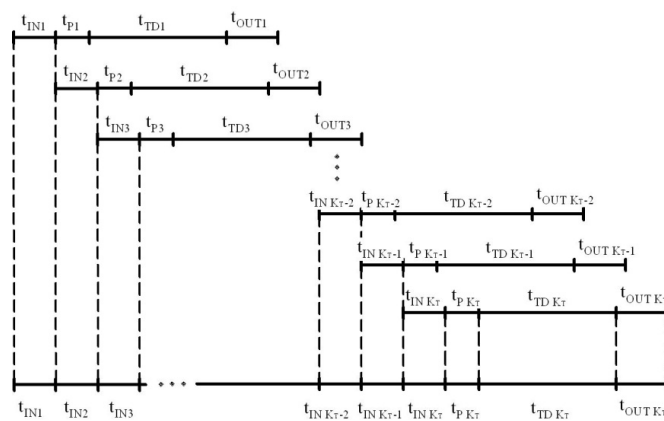


Рисунок 2.27 – Циклограма роботи конвеєрної доїльної установки

Вихід тварин з платформи здійснюється тоді, коли платформа здійснить майже повний оберт. До цього моменту видоювання тварини повинно бути повністю закінчено. Цей процес продовжується циклічно до тих пір, поки не закінчиться видоювання усіх тварин у стаді або групі. Циклограми роботи доїльних установок «Карусель» та «Юнілактор» повністю збігаються. Відмінність між цими установками полягає в принципово різних конструкціях встановлення доїльних станків. На установці «Юнілактор» вони розташовані на окремих платформах, які на рельсах рухаються навколо траншеї. На установці «Карусель» усі станки знаходяться

на одній платформі, яка обертається разом з ними [165]. Як впливає із аналізу циклограми [166, 167], тривалість доїння стада з K_T тварин визначається виразом

$$T_{DC} = t_{Pi} + t_{TDi} + t_{OUTi} + \sum_{i=1}^{K_T} t_{INi}. \quad (2.186)$$

Змінивши у виразі (2.186) значення часових інтервалів на їх математичні очікування та провівши перетворення, отримуємо вираз, який визначає математичне очікування M_{DC} тривалості роботи конвеєрної доїльної установки

$$M_{DC} = M_{PD} + M_{TD} + M_{OUT} + M_{IN}K_T. \quad (2.187)$$

Відповідно, змінивши у виразі (2.186) значення часових інтервалів на їх дисперсії та провівши перетворення, отримуємо вираз, який визначає дисперсію D_{DC} тривалості роботи конвеєрної доїльної установки

$$D_{DC} = D_{PD} + D_{TD} + D_{OUT} + D_{IN}K_T. \quad (2.188)$$

Математичне очікування M_{PD} часу t_{Pi} тривалості підготовки тварини до доїння та дисперсія цього часу D_{PD} визначаються відповідно виразами (2.93) та (2.94). До цього часу на конвеєрних доїльних установках використовуються доїльні апарати тільки з функцією керування процесом доїння. При використанні доїльного апарата з функцією керування процесом доїння математичне очікування та дисперсія часу керованого доїння однієї тварини визначається відповідно виразами (2.106) та (2.107). Математичне очікування M_{IN} та дисперсія D_{IN} часу входження тварини в доїльний станок та математичне очікування M_{OUT} та дисперсія D_{OUT} часу виходу тварини з доїльного станка розглянуті у [141].

Підставивши (2.93) та (2.106) в (2.187) отримуємо вираз, який визначає математичне очікування тривалості роботи конвеєрної доїльної установки при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння

$$M_{DC} = k_{PD} + t_S + t_{FND} + t_M + m_{DK}(l_{DK} + 1) + M_{OUT} + M_{IN}K_T. \quad (2.189)$$

Підставивши (2.94) та (2.107) в (2.188) отримуємо вираз, який визначає дисперсію тривалості роботи конвеєрної доїльної установки при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння

$$D_{DC} = 2k_{PD} + m_{DK}^2(l_{DK} + 1) + D_{OUT} + D_{IN}K_T. \quad (2.190)$$

Функцію розподілу тривалості роботи конвеєрної доїльної установки можна вважати нормальною на підставі першої граничної теореми [137].

Позначимо через Z_C кількість доїльних станків, які розташовані на доїльній платформі конвеєрної доїльної установки. Тоді кут, який відповідає розташуванню станка на доїльній платформі, визначається виразом

$$\varphi_0 = \frac{2\pi}{Z_C}. \quad (2.191)$$

За час підготовки тварини та її видоювання доїльна платформа повертається на кут φ_K , який визначається за виразом

$$\varphi_K = 2\pi - \varphi_0 = 2\pi(1 - 1/Z_C). \quad (2.192)$$

Для того, щоб видоювання тварини здійснювалося не більше, ніж за один оберт доїльної платформи, час t_K повороту доїльної платформи на кут φ_K повинен задовольняти умову

$$t_K > t_{Pi} + t_{TDi}. \quad (2.193)$$

Визначення часу t_K здійснюється за виразом

$$t_K = (M_{PD} + M_{TD}) \cdot \eta(M_{TD}, M_{PD}, D_{TD}, D_{PD}), \quad (2.194)$$

де $\eta(M_{TD}, M_{PD}, D_{TD}, D_{PD})$ – постійний коефіцієнт запасу, який залежить від статистичних характеристик групи тварин та визначається експериментально.

Виходячи з цього, номінальна кутова швидкість доїльної платформи визначається з виразу

$$\omega_K = \frac{\varphi_K}{t_K} = \frac{2\pi(1-1/Z_C)}{(M_{PD} + M_{TD}) \cdot \eta(M_{TD}, M_{PD}, D_{TD}, D_{PD})}. \quad (2.195)$$

При наявності в групі тугодійних тварин можлива ситуація, коли тривалість доїння t_{TDi} перевищить час, за який платформа буде встановлена в положення виходу тварини. У цьому випадку тварина у доїльному станку буде робити ще один оберт разом з платформою, і тривалість її знаходження у станку збільшиться в два рази. Це приведе до порушення черги тварин, порушення безперервності роботи конвеєра, втрат часу і технологічної затримки роботи доїльної установки. Мінімізувати вплив наявності тугодійних тварин на продуктивність конвеєрної доїльної установки можна шляхом впровадження регульованого приводу доїльної платформи.

Експериментальні дослідження тривалості роботи дослідної конвеєрної доїльної установки «Карусель» проводилися у с. м. т. Брацлав, Немирівського району Вінницької області (Україна). Досліджувана доїльна установка має 16 доїльних станків. Доїльні станки обладнані БЗПД «Bigmilk» виробництва ТДВ «Брацлав», які забезпечують функцію керування процесом доїння і у яких $t_s = 15$ с, $t_{FND} = 30$ с, $t_M = 30$. Досліджуване стадо складалося з 274 тварин, статистичні характеристики тривалості роботи визначалися за вибіркою з 650 спостережень. Теоретичний розрахунок M_{DC} та D_{DC} проводився на основі таких даних: $M_{PD} = 28$ с, $D_{PD} = 56$ с², математичне очікування загального часу роботи з твариною при використанні доїльного апарата з функцією керування процесом доїння $M_{CD} = 326$ с, дисперсія $D_{CD} = 3801$ с². Статистичні характеристики тривалості входу та виходу тварин $M_{IN} = 36$ с, $M_{OUT} = 36$ с, $D_{IN} = 86$ с², $D_{OUT} = 86$ с², коефіцієнт $\eta(M_{TD}, M_{PD}, D_{TD}, D_{PD}) = 1.3$, $t_K = 558$ с, $\omega_K = 0,01$ рад/с. В результаті теоретичного розрахунку, математичне очікування тривалості роботи установки $M_{DC} = 11098$ с, дисперсія тривалості роботи установки $D_{DC} = 30747$ с². В результаті експериментальних досліджень тривалості роботи установки «Тандем» встановлено, що $M_{DC} = 11313$ с, $D_{DC} = 30567$ с².

Таким чином, удосконалено методи вимірювального контролю тривалості роботи основних типів доїльних установок та доярів, що їх обслуговують, у яких, на відміну від існуючих, використано експериментально отримані диференційні

функції розподілу загального часу роботи з тваринами при різних способах їх утримання, різних варіантах їх ідентифікації, використанні різних типів доїльних апаратів, та враховано встановлений в результаті проведених досліджень функціональний зв'язок між статистичними характеристиками тривалості роботи доїльних установок, статистичними характеристиками часу підготовки тварини, статистичними характеристиками часу видоювання тварини, кількістю тварин, кількістю доїльних апаратів, типом доїльного апарата, що дозволило підвищити достовірність вимірювального контролю тривалості роботи основних типів доїльних установок та доярів.

2.7 Аналіз впливу помилок ідентифікації тварин на результати контролю параметрів ТПВКМ

Розглянемо вплив помилок ідентифікації рухомих тварин при використанні групових доїльних установок на результати вимірювального контролю індивідуальних параметрів тварин, які є складовою частиною параметрів ТПВКМ [102]. Після закінчення процесу доїння на груповій доїльній установці в усіх станках сторони, результати вимірювання та контролю індивідуальних параметрів окремих тварин групи можна представити у вигляді набору векторів:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= (P_{11} \ P_{12} \ P_{13} \ \dots \ P_{1I} \ 1 \ N_{1T} \ N_{1S}); \\
 A_2 &= (P_{21} \ P_{22} \ P_{23} \ \dots \ P_{2I} \ 2 \ N_{2T} \ N_{2S}); \\
 &\dots \\
 A_i &= (P_{i1} \ P_{i2} \ P_{i3} \ \dots \ P_{iI} \ i \ N_{iT} \ N_{iS}); \\
 &\dots \\
 A_{Z_D} &= (P_{Z_D,1} \ P_{Z_D,2} \ P_{Z_D,3} \ \dots \ P_{Z_D,I} \ Z_D \ N_{Z_D,T} \ N_{Z_D,S}),
 \end{aligned}
 \tag{2.196}$$

де I – кількість вимірюваних або контрольованих параметрів тварин; i – номер доїльного станка, у якому знаходиться тварина; $P_{i1}, P_{i2}, P_{i3}, \dots, P_{iI}$ – результати контролю або вимірювання індивідуальних параметрів тварини, яка знаходиться у i -му доїльному станку; N_{iT} – код транспондера тварини, яка знаходиться у i -тому доїльному станку; N_{iS} – стадний номер тварини, яка знаходиться у i -му доїльному станку.

Кількість цих векторів дорівнює кількості Z_D доїльних станків на стороні установки, а кількість координат векторів дорівнює $I+3$. Координати векторів з номерами від 1 до I це результати контролю або вимірювання індивідуальних параметрів тварин. Координата з номером $I+1$ завжди дорівнює i та є номером доїльного станка, у якому знаходилася тварина, координати з номерами $I+2$ та $I+3$ є відповідно кодом транспондера та стадним номером тварини.

Результати вимірювання та контролю параметрів ТПВКМ, які стосуються усієї групи тварин можна представити у вигляді матриці, яка визначається виразом

$$G_R = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_{Z_D} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & \dots & P_{1I} & 1 & N_{1T} & N_{1S} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & \dots & P_{2I} & 2 & N_{2T} & N_{2S} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ P_{Z_D 1} & P_{Z_D 2} & P_{Z_D 3} & \dots & P_{Z_D I} & Z_D & N_{Z_D T} & N_{Z_D S} \end{bmatrix}, \quad (2.197)$$

де R – порядковий номер групи тварин.

Матриця (2.197) складається з результатів вимірювання та контролю індивідуальних параметрів R - ї групи з Z_D тварин, номерів доїльних станків, у яких відбувалося доїння, кодів транспондерів тварин та їх стадних номерів.

На рис. 2.28 наведено схему, яка пояснює вплив помилки ідентифікації рухомих тварин на результати вимірювання та контролю їх індивідуальних параметрів при використанні групових доїльних установок [102].

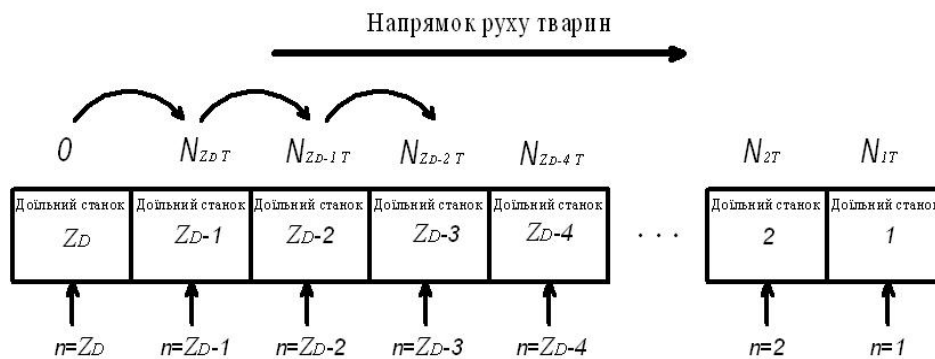


Рисунок 2.28 – Вплив помилки ідентифікації рухомих тварин на результати вимірювання та контролю їх індивідуальних параметрів при використанні групових доїльних установок

За відсутності помилки ідентифікації, тварина з номером $n=1$ у черзі, яка має транспондер з кодом N_{1T} , буде знаходитись у доїльному станку 1, тварина з номером $n=2$, яка має транспондер з кодом N_{2T} , буде знаходитись у доїльному станку 2, і. т. д. У цьому випадку не буде втрат інформації про результати вимірювання та контролю індивідуальних параметрів тварин у групі.

Якщо, наприклад, при проходженні тварини з номером $n=Z_D-3$ через робочу зону ЗТ транспондер не буде ідентифікований, сервер алгоритмічно не зможе встановити присутність цієї тварини у доїльному станку Z_D-3 . В результаті, наступна тварина у черзі, з номером $n=Z_D-2$ та кодом транспондера $N_{Z_{D-2} T}$, буде визначена як така, що знаходиться у доїльному станку Z_D-3 . Відповідно, кожна наступна тварина з номером в черзі більшим ніж $n=Z_D-2$, буде визначена як така, що знаходиться у доїльному станку $n-1$, хоча в дійсності вона знаходиться у доїльному станку n . Остання тварина групи з номером $n=Z_D$ в черзі буде знаходитись у доїльному станку Z_D , але значення коду її транспондера та стадний номер будуть визначені сервером як нульові. Алгоритмічно, у цьому випадку, неможливо визначити номер доїльного станка, у якому знаходиться не ідентифікована тварина. Виходячи з цього, при наявності однієї помилки

ідентифікації, результати вимірювання та контролю індивідуальних параметрів усіх тварин групи є недостовірними. Виявлення тварини, помилка ідентифікації якої зумовила втрату даних усєї групи, є неможливим.

Шляхом аналізу матриці, що описується виразом (2.197), можна виявити групу тварин, результати вимірювання індивідуальних параметрів якої не є достовірними. Якщо група повна, тобто кількість тварин дорівнює кількості доїльних станків, то при наявності помилки ідентифікації, при якій код транспондера взагалі не визначився, буде справедливим співвідношення

$$G_{R Z_D I+2} \vee G_{R Z_D I+3} = N_{Z_D T} \vee N_{Z_D S} = 0, \quad (2.198)$$

де $G_{R Z_D I+2}$, $G_{R Z_D I+3}$ – елементи матриці G_R , які знаходяться у рядку з номером Z_D і стовпцях з номерами $I+2$ і $I+3$, та відповідно є кодом транспондера $N_{Z_D T}$ та стандартним номером тварини $N_{Z_D S}$.

Таким чином, виконання співвідношення (2.198) є ознакою того, що результати вимірювання та контролю індивідуальних параметрів R – ї повної групи тварин є недостовірними.

В процесі доїння, внаслідок певних причин, іноді можуть виникнути неповні групи тварин, тобто коли кількість тварин менша ніж кількість доїльних станків. Як правило, такою групою є остання група поточного доїння, якщо кількість тварин, доїння яких здійснюється на одній стороні, не кратна кількості доїльних станків. У цьому випадку матриця даних, яка визначається виразом (2.197), буде мати вигляд

$$G_R = \sum_{i=1}^{Z_D} A_i = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & \dots & P_{1I} & 1 & N_{1T} & N_{1S} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & \dots & P_{2I} & 2 & N_{2T} & N_{2S} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ P_{J1} & P_{J2} & P_{J3} & \dots & P_{JI} & J & N_{JT} & N_{JS} \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (2.199)$$

де J – кількість тварин у неповній групі.

Ознакою неповної групи є виконання співвідношення

$$\sum_{k=J+1}^{Z_D} \sum_{l=1}^{I+3} G_{R k l} = 0. \quad (2.200)$$

Для неповної групи тварин, ознакою того, що результати вимірювання індивідуальних параметрів цієї групи є недостовірними, є виконання співвідношення

$$G_{R J I+2} \vee G_{R J I+3} = N_{JT} \vee N_{JS} = 0. \quad (2.201)$$

Можливий також випадок, коли код транспондера ідентифікувався не вірно, але був переданий на сервер. Якщо помилковий код збігається з кодом транспондера іншої тварини стада, то результати контролю будуть віднесені до цієї тварини. У випадку, якщо помилковий код не збігається з кодом транспондера іншої тварини, результати контролю індивідуальних параметрів будуть віднесені до умовної тварини. В обох розглянутих випадках, втрачається інформація тільки про одну тварину, інформація про інших тварин у групі залишається достовірною.

Визначимо імовірність втрати даних про результати вимірювання та контролю індивідуальних параметрів групи з Z_D тварин при виникненні помилки ідентифікації. Позначимо через r кількість тварин, що не ідентифікувалися у групі з Z_D тварин. Імовірність того, що на одній стороні доїльної установки виявиться r не ідентифікованих тварин, визначається виразом [168]

$$p(r) = \frac{C_{d_s}^r}{C_{K_V}^{Z_D}} C_{K_V - d_s}^{Z_D - r}, \quad (2.202)$$

де

$$C_{d_s}^r = \frac{d_s!}{r!(d_s - r)!}; \quad (2.203)$$

$$C_{K_V}^{Z_D} = \frac{K_V!}{Z_D!(K_V - Z_D)!}; \quad (2.204)$$

$$C_{K_V - d_s}^{Z_D - r} = \frac{(K_V - d_s)!}{(Z_D - r)!(K_V - d_s - Z_D + r)!}, \quad (2.205)$$

d_s – середня кількість не ідентифікованих тварин із K_V тварин стада, що обслуговуються одним доярем на одній стороні установки.

У відповідності з [100], на групових доїльних установках, при використанні ЗТ великої відстані, не відбувається ідентифікація в середньому 3 % рухомих тварин. На рис. 2.29 наведено графік імовірнісного ряду функції (2.202) для типового проекту групової доїльної установки «Ялинка» 2×8 , яка має дві сторони, вісім доїльних станків з кожної сторони, за допомогою якої обслуговується стадо з 600 голів, тобто, для наведеного графіка, $K_V = 300$, $d_s = 9$, $Z_D = 8$.

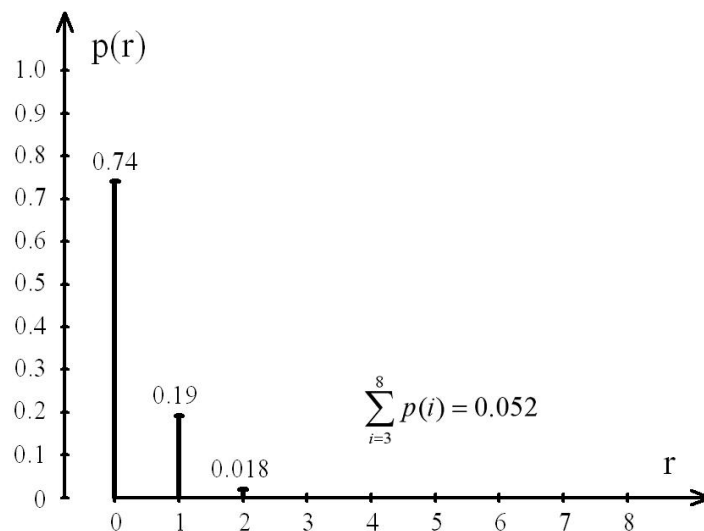


Рисунок 2.29 – Імовірнісний ряд помилки ідентифікації r тварин, які входять у групу з Z_D тварин, для типової групової доїльної установки «Ялинка» 2×8

Як слідує з рис. 2.29, імовірність того, що $r=0$ (усі тварини групи ідентифіковані), дорівнює 0,74. Імовірність того, що як мінімум одна тварина з групи не буде ідентифікована, і внаслідок цього будуть втрачені усі результати

вимірювання і контролю індивідуальних параметрів тварин цієї групи, визначається виразом

$$p_G = 1 - p(0). \quad (2.206)$$

Для типової доїльної установки, що розглядається, значення цієї імовірності дорівнює 0,26. Таким чином, імовірність втрати даних про групу тварин на одній стороні групової доїльної установки при існуючих способах побудови систем ідентифікації у складі ІВС КППВКМ є високою. При використанні селекційних воріт, на конвеєрних доїльних установках з ідентифікацією рухомих тварин та на автоматичних вагових платформах з ідентифікацією рухомих тварин, внаслідок виникнення помилок ідентифікації втрачається інформація тільки про не ідентифіковану тварину, що не призводить до таких наслідків, як на групових доїльних установках.

2.8 Висновки до розділу

1. Розроблено критерій кількісного оцінювання стану складових елементів ТПВКМ, який визначається на основі результатів вимірювального контролю параметрів ТПВКМ. Впровадження розробленого з використанням цього критерію відповідного методу дозволить вчасно встановлювати факт наявності високої імовірності відхилень стану складових елементів ТПВКМ від норми, приймати відповідні міри для їх нормалізації.

2. Розроблено критерій оцінювання небезпеки відхилення від норми стану складових елементів ТПВКМ, який визначається на основі результатів вимірювання та вимірювального контролю параметрів ТПВКМ. Впровадження розробленого з використанням цього критерію відповідного методу дозволить здійснювати прогнозування виникнення відхилень стану складових елементів ТПВКМ від норми, приймати відповідні міри для попередження відхилень.

3. Створено та теоретично досліджено оптичний метод оперативного вимірювання відносної масової частки молока у водно-молочному розчині, який заснований на вимірюванні інтенсивності оптичного випромінювання, яке проходить крізь нього. Перспективним є використання вищевказаного методу на стійлових доїльних установках для виявлення фактів фальсифікації молока водою.

4. Отримав розвиток метод вимірювального контролю електропровідності молока, у якому, на відміну від існуючих, враховується залежність нормального значення контрольованого параметра від поточного дня лактації, що дозволить підвищити достовірність виявлення тварин з підозрою на захворюваність маститом.

5. Удосконалено порційний метод вимірювання параметрів молоковіддачі на основі результатів вимірювання рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата. Впровадження та практичне застосування вищевказаного методу забезпечить більш точне вимірювання та більш високу достовірність вимірювального контролю параметрів молоковіддачі у порівнянні з відомими.

6. На основі проведених експериментальних досліджень встановлено, що тривалість часового інтервалу технологічного процесу підготовки тварин до

доїння має χ^2 -квадрат розподіл, тривалість часового інтервалу некерованого доїння при використанні доїльних апаратів без функції керування процесом доїння має гамма-розподіл, тривалість фази керованого доїння при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїнням має гамма-розподіл.

7. Отримали розвиток методи вимірювального контролю тривалості роботи основних типів доїльних установок, у яких, на відміну від існуючих, використано експериментально отримані диференційні функції розподілу загального часу роботи з тваринами при різних способах їх утримання, різних варіантах їх ідентифікації, використанні різних типів доїльних апаратів, та враховано встановлений в результаті проведених досліджень функціональний зв'язок між кількістю тварин, кількістю доїльних апаратів, типом доїльного апарата, статистичними характеристиками тривалості роботи доїльних установок, тривалості підготовки тварини, тривалості видоювання тварини, що дозволило підвищити достовірність вимірювального контролю тривалості роботи основних типів доїльних установок з метою підвищення ефективності функціонування доїльно-молочних відділень ферм.

8. Проведено аналіз впливу помилок радіочастотної ідентифікації тварин під час руху, на результати вимірювального контролю параметрів ТПВКМ. Встановлено, що внаслідок виникнення помилок ідентифікації, з доволі високим ступенем імовірності втрачається вимірювальна інформація, яка стосується усіх тварин групи на групових доїльних установках.

3 РОЗРОБКА НОВИХ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТПВКМ

3.1 Система радіочастотної ідентифікації рухомих тварин з двоконтурною ортогональною антеною

Сучасні САУТФ передбачають широке використання різноманітних засобів ідентифікації тварин, які є важливою складовою засобів контролю параметрів ТПВКМ. Якщо за їх допомогою здійснюється вимірювання та контроль активності і румінації, то у складі системи ідентифікації можуть бути використані тільки активні транспондери з оптичним або радіоінтерфейсом та з інтегрованими до транспондера відповідними ЗВ. Такі транспондери мають високу вартість і потребують періодичної заміни їх джерела живлення, що ускладнює експлуатацію доїльної установки. Засоби вимірювального контролю параметрів ТПВКМ з системами ідентифікації на основі активних транспондерів з інтегрованими ЗВ активності та румінації використовуються на установках найвищої цінової категорії, частка яких на ринку невелика. Найбільш розповсюдженими в теперішній час є системи радіочастотної ідентифікації тварин з пасивними транспондерами. Можливість радіочастотної ідентифікації рухомих та нерухомих тварин зумовлена радіопрозорістю неметалевих перешкод (шкіра і тканини тварини, вода і пластикові деталі). Але, внаслідок певних технічних та біологічних факторів, кількість помилок ідентифікації у таких системах досить велика. Виходячи з цього, подальше вдосконалення систем радіочастотної ідентифікації тварин з пасивними транспондерами є актуальним завданням. На рис. 3.1 наведено узагальнену структурну схему системи радіочастотної ідентифікації на основі пасивних транспондерів. Будь-яка система радіочастотної ідентифікації має у своєму складі три основних складових частини: ЗТ (який ще називають рідером), один або декілька транспондерів (які ще називають ідентифікаційними мітками або тегами), радіоінтерфейс для забезпечення обміну даними між ЗТ та транспондером. До складу ЗТ входить мікроконтролер з відповідним програмним забезпеченням, та трансивер, на основі якого реалізується апаратне забезпечення радіоінтерфейсу.

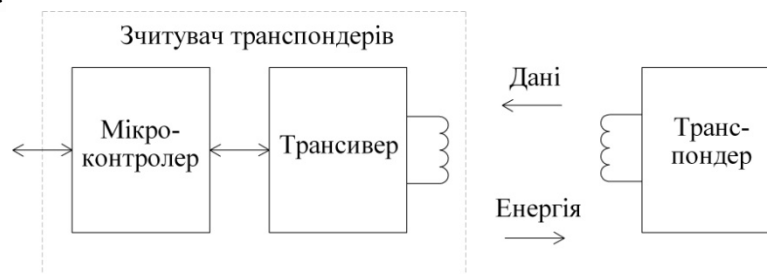


Рисунок 3.1 – Узагальнена структурна схема системи радіочастотної ідентифікації на основі пасивних транспондерів

Мікроконтролер здійснює передачу даних про результат ідентифікації до зовнішніх пристроїв, забезпечує управління трансивером, здійснює необхідні пе-

ретворення коду транспондера, отриманого від трансивера, контролює достовірність даних та здійснює їх буферизацію.

Для ідентифікації тварин у доїльно-молочних відділеннях тваринницьких ферм в переважній більшості випадків використовуються транспондери і трансивери з рамковими антенами. Ці антени є складовою частиною коливальних контурів, що налаштовані на однакову резонансну частоту, значення якої складає 134 кГц [91, 92]. Конструктивно, пасивні транспондери для ідентифікації тварин являють собою монолітні герметичні вироби, які закріплюються на тварині [96, 97, 169]. Всередині них знаходиться котушка індуктивності, яка виконує функцію рамкової антени, пасивні та активні елементи, мікроконтролер. В пам'ять мікроконтролера транспондера у процесі його виробництва записується унікальний код. Пасивні транспондери працюють за рахунок енергії електромагнітного поля, що надходить від ЗТ коли транспондер знаходиться у його робочій зоні. Рівень цієї енергії повинен мати достатню величину, щоби забезпечити живлення електронних компонентів транспондера та передачу даних від транспондера до ЗТ. Транспондер генерує у відповідь на запит ЗТ власний пакет даних з унікальним цифровим кодом. Цей пакет надсилається радіопередавачем транспондера за допомогою його антени, тобто у пасивному транспондері одна і та сама антена використовується як для отримання енергії, так і для передачі даних до ЗТ. У ЗТ також одна і та сама антена використовується для передачі енергії до транспондера та отримання від нього даних. Код транспондера зчитується ЗТ та передається до сервера ІВС КПТІВКМ. Сервер на основі отриманого коду транспондера та за допомогою відповідної бази даних визначає номер тварини у стаді або групі.

Існують системи радіочастотної ідентифікації, у яких є можливість запису даних у пам'ять пасивного транспондера. Такі системи можуть стабільно функціонувати в умовах, коли забезпечується нерухоме положення транспондера в робочій зоні ЗТ при максимальному значенні коефіцієнта індуктивного зв'язку між антенами ЗТ та транспондера. При роботі у доїльно-молочному відділенні тваринницької ферми задовольнити ці умови під час руху тварин неможливо, тому запис певних даних в пасивний транспондер (наприклад стадного номера тварини) не здійснюється [170].

При наближенні транспондера до ЗТ утворюється система з індуктивним зв'язком, еквівалентна схема якої наведена на рис. 3.2.

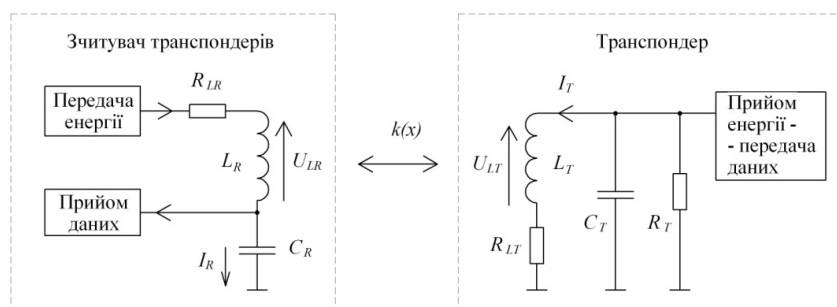


Рисунок 3.2 – Еквівалентна схема системи з індуктивним зв'язком, яка утворена ЗТ та транспондером

Антенa ЗТ, яка має індуктивність L_R та активний опір R_{LR} , разом з ємністю C_R утворює послідовний коливальний контур. При резонансі через цей коливальний контур протікає струм I_R , на антені ЗТ виникає резонансна напруга U_{LR} . Антенa транспондера, яка має індуктивність L_T та активний опір R_{LT} , разом з ємністю C_T утворює паралельний коливальний контур, який навантажений на еквівалентний активний опір R_T . При резонансі на антені транспондера утворюється падіння напруги U_{LT} , через антену протікає струм I_T [171]. У ЗТ антенa завжди входить до складу послідовного коливального контуру, а у транспондері – до складу паралельного коливального контуру. Обидва контури налаштовуються на однакову резонансну частоту, яка є робочою частотою системи ідентифікації та визначається виразом [172]

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_R C_R}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C_T}}. \quad (3.1)$$

Відстань, на який можливе здійснення радіочастотної ідентифікації, визначається за виразом [172]

$$r_x \leq \frac{c}{2\pi f_0}, \quad (3.2)$$

де c – швидкість світла у середовищі.

Модуль вектора напруженості магнітного поля у точці на осі симетрії кільцевої рамкової антени ЗТ на відстані x від її площини визначається виразом [173]

$$H_R(x) = \frac{I_R N_R r_R^2}{2(r_R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}, \quad (3.3)$$

де r_R – радіус рамкової антени ЗТ; N_R – кількість витків у рамковій антені ЗТ.

Функція, що описується виразом (3.3), має максимум, який визначається співвідношенням [173]

$$r_x \approx \sqrt{2} \cdot x. \quad (3.4)$$

Виходячи з (3.4), для забезпечення максимального значення модуля вектора напруженості магнітного поля і підвищення надійності функціонування системи ідентифікації тварин, радіус кільцевої рамкової антени ЗТ повинен бути приблизно в $\sqrt{2}$ разів більшим, ніж очікувана середня відстань між транспондером та ЗТ. Важливим параметром, який значно впливає на надійність функціонування системи ідентифікації, є коефіцієнт індуктивного зв'язку між рамковими антенами ЗТ та транспондера. Він залежить від відстані між антенами, геометричних розмірів антен та кута між їхніми площинами, та визначається виразом [173]

$$k(x) = \frac{M_{RT}}{\sqrt{L_R L_T}} = \frac{r_R^2 \cdot r_T^2 \cdot \cos(\theta)}{\sqrt{r_R \cdot r_T} \cdot (r_R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}, \quad (3.5)$$

де M_{RT} – взаємна індукція між рамковими антенами ЗТ та транспондера; θ – кут між площинами антен ЗТ та транспондера; r_T – радіус рамкової антени транспондера.

Слід відзначити, що під час руху тварин випадково змінюється відстань та кут між площинами антен ЗТ та транспондера, типове взаємне розташування яких наведено на рис. 3.3, що є однією з причин виникнення помилок ідентифікації.

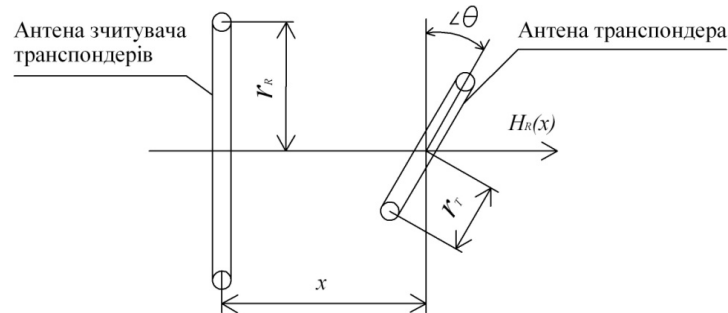


Рисунок 3.3 – Взаємне розташування рамкових антен ЗТ та транспондера під час руху тварин

З виразу (3.5) випливає, що при перпендикулярному розташуванні антен ЗТ та транспондера ідентифікація взагалі неможлива. Для підвищення надійності функціонування системи ідентифікації необхідно скорочувати відстань між транспондером та ЗТ, забезпечувати оптимальне співвідношення між геометричними розмірами антен ЗТ та транспондера, зменшувати кут між площинами антен ЗТ та транспондера. Слід відзначити, що зміщення транспондера в сторону відносно осі симетрії рамкової антени ЗТ незначно впливає на коефіцієнт індуктивного зв'язку між антенами до тих пір, поки транспондер знаходиться навпроти антени ЗТ. Ця обставина зумовлена особливостями розташування силових ліній магнітного поля рамкової антени.

На практиці, в процесі руху тварин вздовж ЗТ, просторова орієнтація транспондера може бути довільною, а його відстань від площини антени ЗТ сильно змінюватись (рис. 3.3). Наприклад, у випадку закріплення транспондера на вусі тварини, її голова під час проходження біля ЗТ може бути піднятою, опущеною донизу або ж повернута вбік. У таких обставинах транспондер може бути виведений поза робочу зону ЗТ або мати неприпустиму орієнтацію, що призведе до втрати інформації. Для розширення робочої зони ЗТ пропонується використовувати у складі ЗТ двоконтурну ортогональну антену, схематичне креслення якої наведено на рис. 3.4 [174]. Сімейство еквіпотенціальних кривих поля ЗТ з цією антеною та варіанти орієнтації транспондера наведено на рис. 3.5.

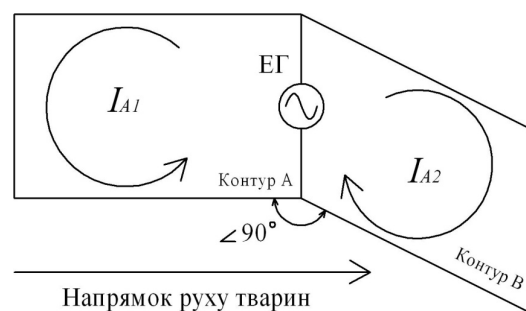


Рисунок 3.4 – Схематичне креслення двоконтурної ортогональної антени ЗТ

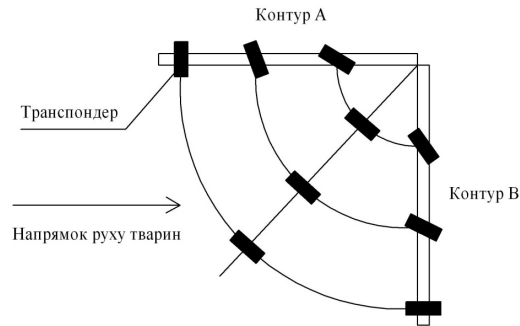


Рисунок 3.5 – Сімейство еквіпотенційних кривих поля ЗТ з двоконтурною ортогональною антеною та варіанти орієнтації транспондера

Контур антени А розташований вздовж руху тварини, а контур В являє собою рамку, через яку тварина проходить. Збудження обох контурів відбувається від еквівалентного генератора (ЕГ), який створює в контурах струми I_{A1} та I_{A2} . Внаслідок суперпозиції полів кожного контуру, за умови ідентичності їх геометричних розмірів та рівності струмів I_{A1} та I_{A2} , в дальній зоні буде одержана діаграма направленості, що є еквівалентною до діаграми направленості магнітної дипольної антени повернутої на кут $\pi/4$. Розглядаючи рух тварини вздовж антен системи ідентифікації, стає очевидним, що при будь-якому куті орієнтації транспондера в процесі пересування він обов'язково потрапляє в робочу зону контуру А або контуру В.

Під час експерименту антени ЗТ були змонтовані у робочих траншеях установки «Ялинка», на проходах до сторін. Дослідження одноконтурної системи ідентифікації проводилися на основі групи з 132 тварин протягом трьох доїнь, а дослідження двоконтурної системи ідентифікації – на основі групи з 128 тварин, також протягом трьох доїнь. У першому випадку через прохід пройшло 396 тварин, а у другому випадку – 384 тварини. У всіх тварин транспондер знаходився в лівому вусі, одноконтурна антена та контур А двоконтурної антени знаходилися зліва від проходу. Результати проведених експериментальних досліджень наведені у табл. 3.1. Як слідує із таблиці 3.1, при використанні одноконтурної антени у 14 випадках коди транспондерів не були зчитані внаслідок низько опущеної голови тварини, в результаті чого транспондер знаходився нижче антени. У 5 випадках тварини піднімали голову вище антени ЗТ, у 9 випадках, коли тварина проходила вздовж антени ЗТ, зчитування не відбувалось внаслідок зміщення тварини вправо. У 15 випадках спостерігалось ортогональне розташування площин антен транспондера і ЗТ внаслідок того, що голова тварини була повернута вправо. Результати функціонування системи ідентифікації з двоконтурною антеною надають суттєво кращі результати, ніж з одноконтурною. З таблиці 3.1 випливає, що процент успішних зчитувань кодів транспондерів збільшився з 89,1% до 99,7%. Випадки помилок ідентифікації, характерні для одноконтурної системи, тут не спостерігались. Зафіксований лише один епізод із невизначеною причиною, коли код транспондера не був зчитаний.

Таблиця 3.1 – Результати порівняльного дослідження одноконтурної та двоконтурної антен системи радіочастотної ідентифікації

Результати ідентифікації		Одноконтурна антена		Двоконтурна антена	
		Кільк.	%	Кільк.	%
Не успішна ідентифікація	Транспондер під антеною	14	3,5 %	–	0 %
	Транспондер над антеною	5	1,3 %	–	0 %
	Зміщення тварини вправо	9	2,3 %	–	0 %
	Ортогональне розташування антен	15	3,8 %	–	0 %
Успішна ідентифікація		353	89,1 %	383	99,7 %
Всього не ідентифіковано		43	10,8 %	1	0,3 %
Всього досліджено		396	100 %	384	100 %

Таким чином, використання систем радіочастотної ідентифікації з одноконтурними антенами не забезпечує високу надійність зчитування кодів транспондерів в процесі руху тварин. Основними чинниками помилок є велика зона можливого вертикального і горизонтального положення голови тварини, а також довільний кут просторової орієнтації транспондера. Головною причиною відсутності зчитування коду в одноконтурних системах є ортогональне розташування антен транспондера і ЗТ. Використання двоконтурної антенної системи ЗТ дозволяє розширити робочу зону і збільшити надійність системи ідентифікації тварин під час руху.

3.2 Система автоматичної радіочастотної ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки

Як наведено у першому розділі, для забезпечення максимальної продуктивності стійлової доїльної установки дояр повинен дотримуватись встановленого регламентом алгоритму роботи, який розглянуто у підрозділі 2.6. Доїння тварин повинно відбуватись у певній послідовності у відповідності з номерами стійлових місць. Виходячи з цього, виникає необхідність створення методу радіочастотної ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки, за допомогою якого ідентифікація буде здійснюватись з мінімальною участю дояра, і який забезпечить примусове виконання регламенту роботи, що не забезпечується за допомогою існуючих методів [175, 176]. У роботах [177 - 181] запропоновано такий метод та відповідну автоматичну систему радіочастотної ідентифікації нерухомих тварин для стійлової доїльної установки, структурна схема якої наведена на рис. 3.6. На рис. 3.7 наведено елементи конструкції та розташування складових елементів вищевказаної системи ідентифікації при різній кількості доїльних апаратів у стійловій лінії.

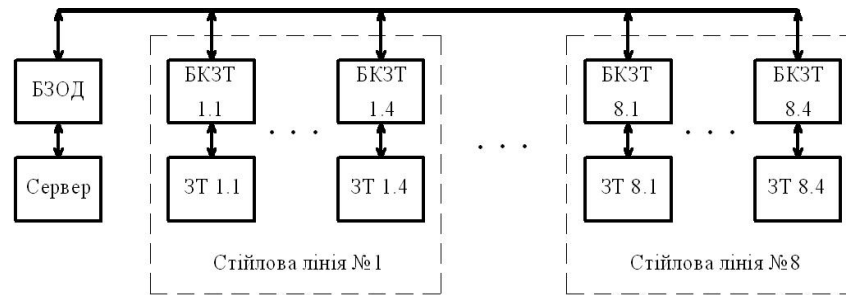


Рисунок 3.6 – Структурна схема автоматичної системи радіочастотної ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки

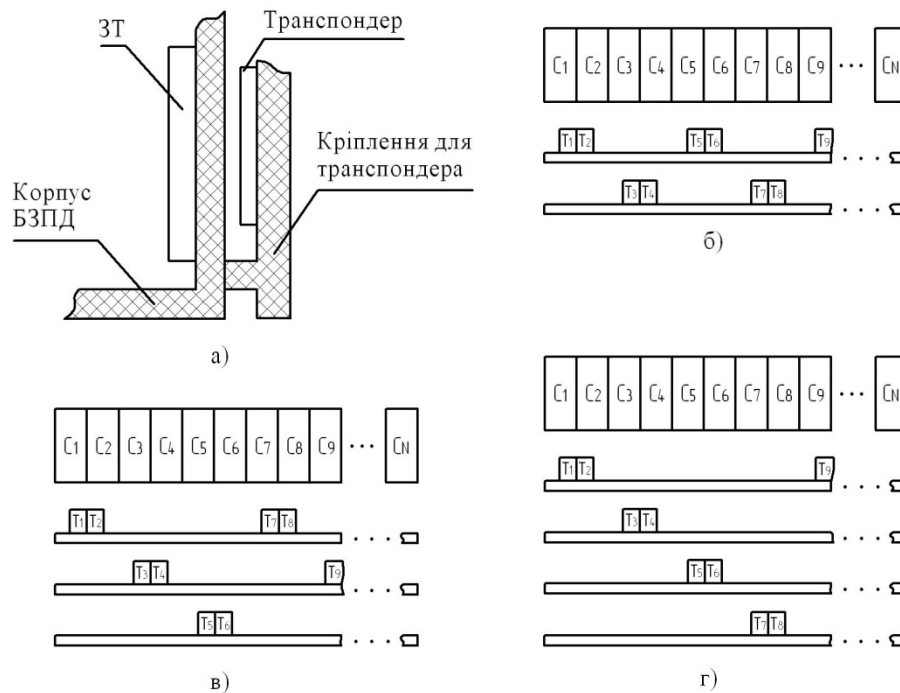


Рисунок 3.7 – Елементи конструкції та розташування елементів автоматичної системи радіочастотної ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки при різній кількості доїльних апаратів: а – розташування ЗТ та транспондера; б – два доїльних апарати; в – три доїльних апарати; г – чотири доїльних апарати

Кожний БЗПД у цій системі обладнаний інтегрованим ЗТ малої відстані та інтегрованим БКЗТ. Корпус БЗПД виготовляється з пластмаси для забезпечення радіопрозорості. Транспондер закріплюється не на тварині, а на місцях встановлення БЗПД, навпроти тварин (рис. 3.7, а). Взаємне розташування транспондера та інтегрованого в БЗПД ЗТ таке, що забезпечується паралельна орієнтація їх індуктивних антен та мінімальна відстань між ними. Внаслідок цього здійснюється автоматичне зчитування коду транспондера з максимальною достовірністю. Сійлові місця доїльної установки на рис. 3.7, б - г позначені $C_1, C_2 \dots C_N$, транспондери, які відповідають тваринам у сійлових місцях, відповідно позначені $T_1, T_2 \dots T_N$. Кожній послідовно розташованій в сійловій лінії тварині відповідає одне місце для встановлення БЗПД, кожній послідовно розташованій парі тварин відповідає один вакуумний кран для під'єднання доїльного апарата, який суміщений з роз'ємом для під'єднання БЗПД до комунікаційної мережі та

мережі живлення. Доїльні апарати з відповідними БЗПД дояр може вільно переміщувати вздовж стійлової лінії за допомогою спеціальних напрямних, кожному БЗПД відповідає своя напрямна. Перед підготовкою тварини до доїння дояр встановлює БЗПД на відповідне цій тварині місце та під'єднує його до мережі живлення та комунікаційної мережі, після чого активується вбудований в БЗПД ЗТ. Транспондер у цей момент часу вже знаходиться в робочій зоні ЗТ. В результаті, код транспондера зчитується та передається до сервера, на сервері встановлюється номер тварини у стійлі, який відповідає отриманому коду транспондера, після чого цей номер передається у зворотному напрямку і візуалізується за допомогою індикатора БЗПД. Дояр повинен перевірити номер, та у випадку необхідності здійснити його корекцію за допомогою клавіатури. Якщо з певних причин ідентифікація тварини не відбулась (наприклад вийшов з ладу ЗТ або транспондер), доїння тварини буде програмно заблоковано. Для того, щоб у цьому випадку провести доїння, дояр повинен за допомогою клавіатури ввести номер тварини. При зміні стійлового місця тварини або переведенні її в іншу групу, дояр змінюється місце закріплення відповідного цій тварині транспондера. Після цього, інформація про це передається до серверу системи за допомогою БЗПД. Запропонована система автоматичної ідентифікації алгоритмічно забезпечує примусове виконання доярем регламентної послідовності дій шляхом контролю послідовності доїння тварин, номери транспондерів яких знаходяться в базі даних сервера.

Експериментальні дослідження розробленої автоматичної системи радіочастотної ідентифікації для стійлової доїльної установки проводились в ПАТ "Мрія", с. Чуків, Немирівського району Вінницької області (Україна). Дослідження проводилися при використанні двох та трьох доїльних апаратів з ручним зняттям доїльних стаканів та сорока восьми тваринах у стійловій лінії. Досвід експлуатації розробленої системи радіочастотної ідентифікації свідчить про її високу надійність та ефективність. Після впровадження цієї системи продуктивність доїльної установки підвищилася на 6,5 % за рахунок суворого дотримання регламенту роботи доїльної установки персоналом ферми.

3.3 Засіб контролю проходження тварини з використанням оптимальної лінійної фільтрації

Для зменшення впливу помилок ідентифікації тварин під час руху на результати роботи ІВС КПТПВКМ використовують БКПТ, які забезпечують ідентифікацію проходження тварин та їх підрахунок. БКПТ реалізуються на основі ультразвукових або оптичних давачів, принцип дії яких заснований на перериванні потоку випромінювання. При проходженні тварини через робочу зону ЗТ зчитується код її транспондера, після цього тварина проходить через робочу зону давача БКПТ. Давач БКПТ складається з випромінювача та приймача ультразвуку або оптичного випромінювання. При попаданні тварини в робочу зону давача відбувається переривання потоку випромінювання, в результаті на виході приймача формується імпульс певної тривалості, наявність якого є

ознакою проходження тварини. Сучасні давачі наявності об'єкта забезпечують отримання сигналу потрібного логічного рівня [182]. Слід відзначити, що існують варіанти реалізації БКПТ, у яких використовуються давачі, принцип дії яких заснований на відбитті ультразвуку або оптичного випромінювання від об'єктів. На рис. 3.8 наведено схему руху потоку тварин вздовж антени ЗТ та давача БКПТ.

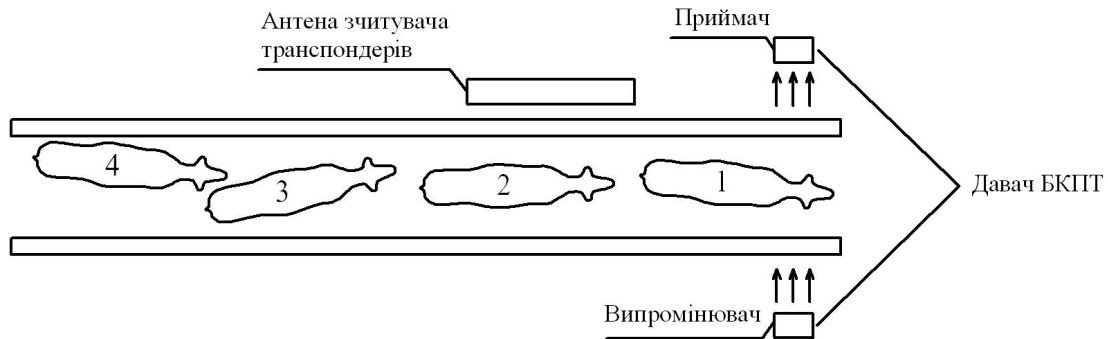


Рисунок 3.8 – Рух потоку тварин вздовж антени ЗТ та давача БКПТ

Кожному коду транспондера, який отриманий за допомогою ЗТ, відповідає імпульсний вихідний сигнал давача БКПТ. Якщо радіочастотна ідентифікація однієї або декількох тварин з певних причин не відбулася, факт їх проходження все одно встановлюється. Таким чином, за наявності БКПТ здійснюється виявлення не ідентифікованої тварини та визначення її номера в потоці на основі результатів підрахунку їх кількості. На групових доїльних установках це дає можливість запобігти втраті інформації про всю групу тварин. При використанні селекційних воріт застосування БКПТ дозволяє виявити тварину, у якої, можливо, зіпсований транспондер. У цьому випадку, за допомогою селекційних воріт, тварина відокремлюється з метою виявлення та усунення причини помилки її ідентифікації. На конвеєрних доїльних установках за допомогою БКПТ визначається номер станка, у якому знаходиться не ідентифікована тварина. Використання БКПТ на автоматичних вагових платформах призводить до зниження імовірності того, що результати вимірювання ваги однієї тварини будуть віднесені до іншої [13, 75, 83].

Рух тварин у потоці має випадковий характер, що зумовлено особливостями поведінки тварин. Вони можуть зупинятися, штовхатися, рухатись у зворотному напрямку, здійснювати хаотичні рухи, рухатись у напрямку, що перпендикулярний напрямку потоку, присідати, піднімати або опускати голову. Типова часова діаграма вихідного сигналу давача БКПТ під час руху тварин у потоці наведена на рис. 3.9.

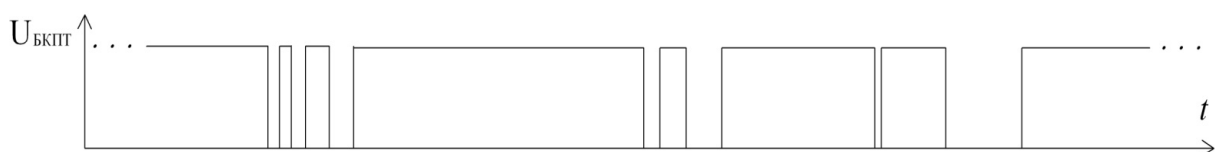


Рисунок 3.9 – Типова часова діаграма вихідного сигналу давача БКПТ під час руху тварин у потоці

У роботі [183] на основі експериментальних досліджень встановлено, що швидкість руху тварин у потоці складає 0,4 – 0,6 м/с, а середня довжина тварини складає 2,6 м. При проходженні однієї тварини через робочу зону давача БКПТ, він формує сигнал, тривалість якого визначається виразом

$$T_C = \frac{l_C}{v_C}, \quad (3.6)$$

де l_C – довжина тварини; v_C – швидкість руху тварини.

Внаслідок того, що характер руху окремих тварин у потоці залежить від великої кількості випадкових факторів, які слабо корельовані, і серед них немає факторів, що домінують, на підставі першої граничної теореми [137] можна припустити, що тривалість імпульсного вихідного сигналу давача БКПТ є випадковою величиною, яка розподілена за нормальним законом з математичним очікуванням T_{CM} та середньоквадратичним відхиленням (СКВ) σ_{CM} . Відповідно, мінімальне $T_{C\ MIN}$ та максимальне $T_{C\ MAX}$ значення часу проходження однієї тварини повз робочу зону давача визначають межі цього параметра у відповідності з правилом трьох сигма.

Взаємне розташування тварин під час їх руху у потоці впливає на достовірність ідентифікації їх проходження. В існуючих БКПТ, для контролю проходження тварин використовують такі критерії. Якщо рух тварин у потоці відбувається рівномірно, з проміжками між тваринами (див. тварин 1 та 2 на рис. 3.8), то кожній тварині відповідає окремий імпульсний вихідний сигнал давача БКПТ. У цьому випадку критерієм ідентифікації проходження тварини є виконання умови

$$T_C \in [T_{C\ MIN}; T_{C\ MAX}]. \quad (3.7)$$

Якщо тварини у потоці рухаються одна за одною без проміжку, або вони суміщені (див. тварин 3 та 4 на рис. 3.8), то критерієм ідентифікації проходження n_C тварин повз робочу зону давача БКПТ є виконання співвідношення

$$T_C \in [k_C n_C T_{C\ MIN}; k_C n_C T_{C\ MAX}], \quad (3.8)$$

де k_C – постійний коефіцієнт, за допомогою якого враховується можливе суміщення тварин під час їх руху в потоці та різне значення швидкості руху окремих тварин.

Внаслідок того, що в дійсності коефіцієнт k_C не є постійною величиною, а має випадковий характер, у випадку суміщення тварин під час руху або у випадку їх руху без проміжку між ними можливе виникнення помилки ідентифікації проходження тварини. Виходячи з випадкового характеру руху тварин у потоці, вихідний сигнал давача БКПТ можна розглядати як суміш двох сигналів – корисного імпульсного сигналу $s_M(t)$ та випадкового некорельованого імпульсного сигналу $s_N(t)$. Шляхом виявлення сигналу $s_M(t)$ ідентифікується проходження тварини. У відповідності з [137, 184], некорельована імпульсна послідовність $s_N(t)$ має рівномірний енергетичний спектр, що дає підстави розглядати її як білий шум.

Для підвищення достовірності ідентифікації проходження тварини під час її

руху в потоці пропонується використати оптимальну лінійну фільтрацію. Розглянемо принцип роботи оптимального лінійного фільтра, за допомогою якого забезпечується максимізація відношення сигнал-шум між піковим значенням корисного сигналу та середньоквадратичним значенням шумового сигналу. Комплексний енергетичний спектр сигналу $s_M(t)$ визначається виразом [185, 186]

$$S_M(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} s_M(t) e^{-j\omega t} dt, \quad (3.9)$$

де ω – циклічна частота спектральних складових; j – уявна одиниця.

Шумовий сигнал $s_N(t)$ має характер білого шуму з рівномірним енергетичним спектром, який визначається виразом

$$W_N(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} s_N(t) e^{-j\omega t} dt = W_0. \quad (3.10)$$

Пікове значення сигналу на виході оптимального фільтра у певний момент часу t_0 визначається узагальненим виразом

$$s_P(t_0) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_M(\omega) K_{OPT}(\omega) e^{j(\omega t_0 + \varphi_M(\omega) + \varphi_K(\omega))} d\omega, \quad (3.11)$$

де $S_M(\omega)$ – модуль комплексного енергетичного спектру корисного сигналу; $K_{OPT}(\omega)$ – модуль комплексної передатної характеристики фільтра; $\varphi_M(\omega)$ – фазова характеристика спектру корисного сигналу; $\varphi_K(\omega)$ – фазо-частотна характеристика оптимального фільтра.

Середньоквадратичне значення шумового сигналу на виході оптимального фільтра визначається виразом

$$\sigma_N = \sqrt{\frac{W_0}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} K_{OPT}^2(\omega) d\omega}, \quad (3.12)$$

Відповідно, відношення сигнал-шум між піковим значенням корисного сигналу та середньоквадратичним значенням шумового сигналу визначається виразом

$$R_{SN} = \frac{|s_P(t_0)|}{\sigma_N} = \frac{\left| \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_M(\omega) K_{OPT}(\omega) e^{j(\omega t_0 + \varphi_M(\omega) + \varphi_K(\omega))} d\omega \right|}{\sqrt{\frac{W_0}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} K_{OPT}^2(\omega) d\omega}}. \quad (3.13)$$

У відповідності з нерівністю Коши-Буняковського [187]

$$\left| \int_{-\infty}^{+\infty} S_M(\omega) K_{OPT}(\omega) e^{j(\omega t_0 + \varphi_M(\omega) + \varphi_K(\omega))} d\omega \right|^2 \leq \int_{-\infty}^{+\infty} S_M^2(\omega) d\omega \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} K_{OPT}^2(\omega) d\omega. \quad (3.14)$$

Тоді вираз (3.13) можна представити у вигляді

$$R_{SN} = \frac{\left| \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_M(\omega) K_{OPT}(\omega) e^{j(\omega t_0 + \varphi_M(\omega) + \varphi_K(\omega))} d\omega \right|}{\sqrt{\frac{W_0}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} K_{OPT}^2(\omega) d\omega}} \leq \sqrt{\frac{\int_{-\infty}^{+\infty} S_M^2(\omega) d\omega}{2\pi W_0}}. \quad (3.15)$$

З виразу (3.15) випливає, що для того, щоб відношення сигнал-шум досягло максимуму, необхідно щоб нерівність трансформувалася в рівність. Це відбудеться, якщо будуть виконані умови

$$\omega t_0 + \varphi_M(\omega) + \varphi_K(\omega) = 0; \quad (3.16)$$

$$K_{OPT}(\omega) = A_0 S_M(\omega), \quad (3.17)$$

де A_0 – постійний коефіцієнт.

Звідси випливає, що передатна функція оптимального лінійного фільтра має вигляд

$$K_{OPT}(j\omega) = A_0 S_M(\omega) e^{-j\omega t_0} e^{-j\varphi_M(\omega)}. \quad (3.18)$$

Комплексно-спряжена відносно $S_M(\omega)$ функція визначається виразом.

$$S_M^*(\omega) = S_M(\omega) e^{-j\varphi_M(\omega)}. \quad (3.19)$$

Виходячи з цього, вираз (3.18) можна представити у вигляді

$$K_{OPT}(j\omega) = A_0 S_M^*(\omega) e^{-j\omega t_0}. \quad (3.20)$$

Сигнал на виході оптимального лінійного фільтра визначається за виразом

$$s_F(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_M(\omega) K_{OPT}(j\omega) e^{j\omega t} d\omega. \quad (3.21)$$

При проходженні тварини корисний вихідний сигнал давача БКПТ являє собою прямокутний імпульс певної тривалості T_C , яка залежить від швидкості руху і довжини тварини. Функція, яка описує цей сигнал, визначається виразом

$$s_M(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ A, & 0 \leq t \leq T_C \\ 0, & t > T_C \end{cases} \quad (3.22)$$

де A - рівень вихідного сигналу давача БКПТ.

У відповідності з [188], передатна функція лінійного оптимального фільтра для прямокутного імпульсу

$$K_{OPT}(j\omega) = \frac{A_0}{j\omega} (1 - e^{-j\omega T_{OPT}}), \quad (3.23)$$

де T_{OPT} – тривалість імпульсу узгоджена з оптимальним лінійним фільтром.

Розглянемо рис. 3.10, на якому наведено структурну схему лінійного оптимального фільтра для прямокутного імпульсу тривалістю T_{OPT} , який має передатну характеристику, що визначається виразом (3.23) [186, 187].

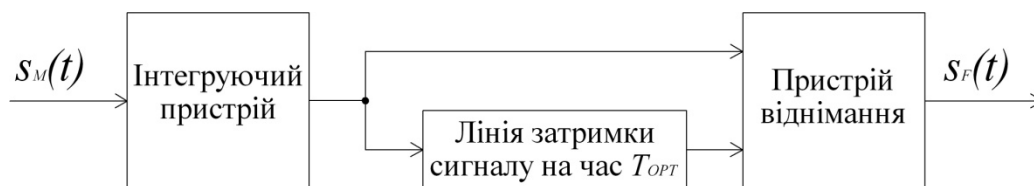


Рисунок 3.10 – Структурна схема лінійного оптимального фільтра для прямокутного імпульсу тривалістю T_{OPT}

За допомогою інтегруючого пристрою здійснюється інтегрування вхідного сигналу $s_M(t)$, після чого результат інтегрування надходить на входи пристрою віднімання та лінії затримки сигналу на час T_{OPT} . На виході пристрою віднімання формується вихідний сигнал $s_F(t)$, який дорівнює різниці між інтегральною функцією вхідного сигналу та затриманою на час T_{OPT} інтегральною функцією

вхідного сигналу. Якщо оптимальний фільтр узгоджений з вхідним сигналом, тобто $T_C = T_{OPT}$, вихідний сигнал фільтра визначається виразом [186]

$$s_F(t) = \begin{cases} 0, & t < 0; \\ At, & 0 \leq t < T_{OPT}; \\ A(T_{OPT} - t), & T_{OPT} \leq t < 2T_{OPT}; \\ 0, & t \geq 2T_{OPT}. \end{cases} \quad (3.24)$$

Пікове значення вихідного сигналу фільтра при $T_C = T_{OPT}$ дорівнює

$$s_{F OPT} = A \cdot T_{OPT}. \quad (3.25)$$

Відношення сигнал-шум у вихідному сигналі оптимального лінійного фільтра при $T_C = T_{OPT}$ має максимальне значення та визначається виразом

$$R_{SN OPT} = \frac{s_{F OPT}}{\sigma_N} = \frac{A \cdot T_{OPT}}{\sigma_N}. \quad (3.26)$$

Позначимо через T_L тривалість вхідного сигналу оптимального лінійного фільтра, яка менша ніж T_{OPT} . У випадку, якщо $T_C = T_L < T_{OPT}$, вихідний сигнал оптимального лінійного фільтра визначається виразом

$$s_F(t) = \begin{cases} 0, & t < 0; \\ At, & 0 \leq t < T_L; \\ AT_L, & T_L \leq t < T_{OPT}; \\ A(T_L - t), & T_{OPT} \leq t < T_{OPT} + T_L; \\ 0, & t \geq T_{OPT} + T_L. \end{cases} \quad (3.27)$$

Пікове значення вихідного сигналу фільтра, у цьому випадку

$$s_{F L} = A \cdot T_L. \quad (3.28)$$

Відношення сигнал-шум у вихідному сигналі оптимального лінійного фільтра, якщо тривалість вхідного сигналу менша ніж тривалість узгодженого сигналу, визначається виразом

$$R_{SN L} = \frac{s_{F L}}{\sigma_N} = \frac{A \cdot T_L}{\sigma_N}. \quad (3.29)$$

Позначимо через T_H тривалість вхідного сигналу оптимального лінійного фільтра, яка більша ніж T_{OPT} . У випадку, якщо $T_C = T_H > T_{OPT}$, вихідний сигнал оптимального лінійного фільтра визначається виразом

$$s_F(t) = \begin{cases} 0, & t < 0; \\ At, & 0 \leq t < T_{OPT}; \\ AT_{OPT}, & T_{OPT} \leq t < T_H; \\ A(T_H - t), & T_H \leq t < T_{OPT} + T_H; \\ 0, & t \geq T_{OPT} + T_H. \end{cases} \quad (3.30)$$

У цьому випадку пікове значення вихідного сигналу оптимального фільтра

$$s_{F H} = A \cdot T_{OPT}. \quad (3.31)$$

Відношення сигнал-шум у вихідному сигналі оптимального лінійного фільтра, якщо тривалість вхідного сигналу більша ніж тривалість узгодженого сигналу, визначається виразом

$$R_{SNH} = \frac{s_{PH}}{\sigma_N} = \frac{A \cdot T_{OPT}}{\sigma_N}. \quad (3.32)$$

Часові діаграми роботи оптимального лінійного фільтра для прямокутного імпульсу при різних значеннях тривалості вхідного сигналу наведені на рис. 3.11.

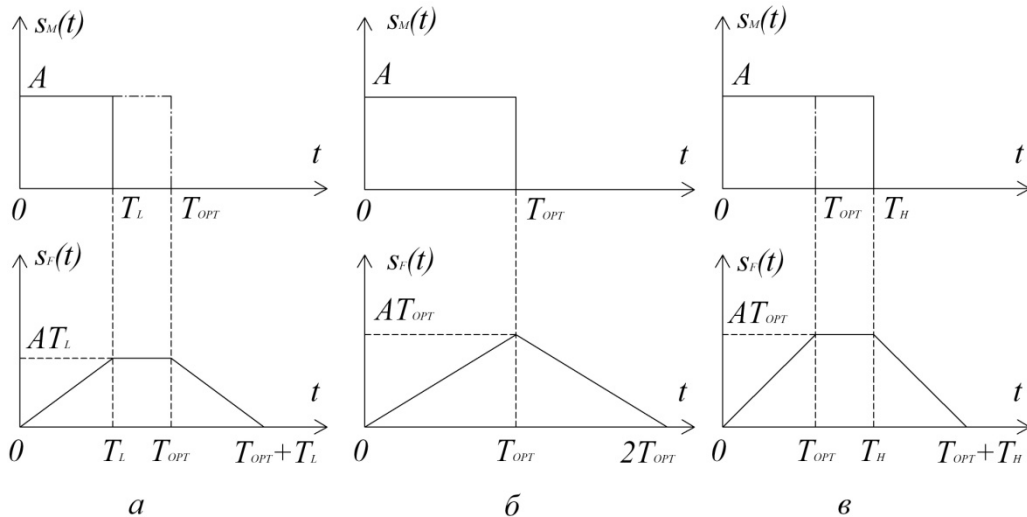


Рисунок 3.11 – Часові діаграми роботи оптимального лінійного фільтра для прямокутного імпульсу при різних співвідношеннях між тривалістю вхідного сигналу та тривалістю узгодженого сигналу:

а) $T_C = T_L < T_{OPT}$; б) $T_C = T_{OPT}$; в) $T_C = T_H > T_{OPT}$

Як впливає з аналізу виразів (3.24) – (3.32) та рис. 3.11, при $T_C = T_L < T_{OPT}$ вихідний сигнал оптимального фільтра являє собою трапецеїдальну функцію, пікове значення якої менше, ніж при $T_C = T_{OPT}$ та $T_C > T_{OPT}$. При $T_C = T_{OPT}$ та $T_C > T_{OPT}$ пікове значення вихідного сигналу оптимального фільтра досягає максимального значення та дорівнює $A \cdot T_{OPT}$. Виходячи з цього, максимум відношення сигнал-шум у вихідному сигналі оптимального фільтра досягається при $T_C = T_{OPT}$ та залишається таким самим при $T_C > T_{OPT}$. Таким чином, при ідентифікації проходження тварини, для досягнення максимального значення відношення сигнал-шум, необхідно забезпечити виконання співвідношення

$$T_{OPT} = T_{C \text{ MIN}}. \quad (3.33)$$

Реалізація лінійного оптимального фільтра для ідентифікації проходження тварини забезпечується за допомогою методів цифрової обробки сигналів в режимі реального часу. В певні моменти часу $t_1, t_2, t_3 \dots$ визначаються миттєві значення вхідного сигналу давача БКПТ $s_M(t_1), s_M(t_2), s_M(t_3) \dots$, на основі отриманих значень визначається інтерполююча функція $s_{AF}(t)$. Після цього обчислюються функції

$$s_{IAF}(t) = \int_0^t s_{AF}(t) dt, \quad (3.34)$$

та

$$s_{DIAF}(t) = s_{IAF}(t - T_{C\ MIN}). \quad (3.35)$$

Ознакою наявності сигналу, який відповідає проходженню тварини, є виконання рівності

$$A \cdot T_{C\ MIN} = s_{IAF}(t) - s_{DIAF}(t). \quad (3.36)$$

Як випливає з аналізу виразу (3.30) та рис. 3.11, при $T_C = T_H > T_{OPT}$, час, протягом якого вихідний сигнал оптимального лінійного фільтра має максимальне значення $A \cdot T_{OPT} = A \cdot T_{C\ MIN}$, визначається виразом

$$T_{CH} = T_H - T_{C\ MIN}. \quad (3.37)$$

На основі результатів вимірювання часу T_{CH} ідентифікується проходження двох і більше тварин, якщо вони рухаються у потоці з суміщенням або без проміжку між ними. Якщо виконується співвідношення

$$T_{CH} \in [T_{C\ MIN}; T_{C\ MAX}], \quad (3.38)$$

приймається рішення про ідентифікацію проходження однієї тварини.

Якщо T_{CH} перевищує значення $T_{C\ MAX}$, а це відбувається під час руху тварин у потоці з суміщенням або без проміжку між ними, рішення про ідентифікацію проходження $n_C \geq 2$ тварин приймається у випадку виконання співвідношення

$$T_{CH} \geq n_C T_{CM}. \quad (3.39)$$

Кількість тварин, проходження яких ідентифіковано, у цьому випадку визначається виразом

$$n_C = \left[\frac{T_{CH}}{T_{CM}} \right]. \quad (3.40)$$

Після цього вищевказані процедури починають виконуватись з початку. Наслідком максимізації відношення сигнал-шум при використанні оптимального лінійного фільтра є підвищення достовірності ідентифікації проходження тварини у порівнянні з існуючими способами.

При використанні існуючих БКПТ, внаслідок підрахунку тварин у потоці, на групових установках вдається виявити 60 - 70 % не ідентифікованих тварин [20]. В результаті проведених експериментів встановлено, що при використанні оптимальної лінійної фільтрації цей показник збільшується до 80 - 90 %

3.4 Удосконалення математичної моделі фотоелектричного вимірювального перетворення площа-напруга

Оптичні і фотоелектричні ВП у теперішній час широко використовуються у різних галузях промисловості при вимірювальному контролі різноманітних фізичних величин [189, 190]. В основу принципу дії оптичних ВП покладено залежність параметрів оптичного випромінювання від перетворюваної фізичної величини. Фотоелектричні ВП здійснюють перетворення параметрів світлового потоку в електричний сигнал. Перспективними є фотоелектричні ВП на основі перетворення площа – напруга. У таких ВП площа освітлюваного фоточутливого шару фотоприймача змінюється під дією вимірюваної фізичної величини. В

результаті, вихідна напруга такого ВП є функцією вимірюваної фізичної величини.

Розглянемо фотоприймач на основі пари фотодіод-операційний підсилювач. На рис. 3.12, а наведено його принципову схему, а на рис. 3.12, б – еквівалентну схему. У наведеній схемі фотодіод VD діє як генератор струму, а операційний підсилювач DA перетворює цей струм у напругу. Залежність струму, що протікає через фотодіод, від потоку випромінювання, описується виразом [191]

$$I_{VD} = \frac{\Phi S_{I0}(\lambda)}{\sqrt{1 + (\Omega \tau_{VD})^2}} - I_S \left(\exp\left(\frac{e_e U_{VD}}{kT}\right) - 1 \right), \quad (3.41)$$

де I_{VD} – струм фотодіода; $S_{I0}(\lambda)$ – інтегральна струмова чутливість фотодіода; Φ – потік випромінювання; I_S – темновий струм фотодіода; U_{VD} – падіння напруги на фотодіоді; T – абсолютна температура; k – постійна Больцмана; e_e – заряд електрона; Ω – частота модуляції потоку опромінювання; τ_{VD} – постійна часу фотодіода, яка залежить від внутрішнього опору фотодіода R_{VD} та його паразитної ємності C_{VD} .

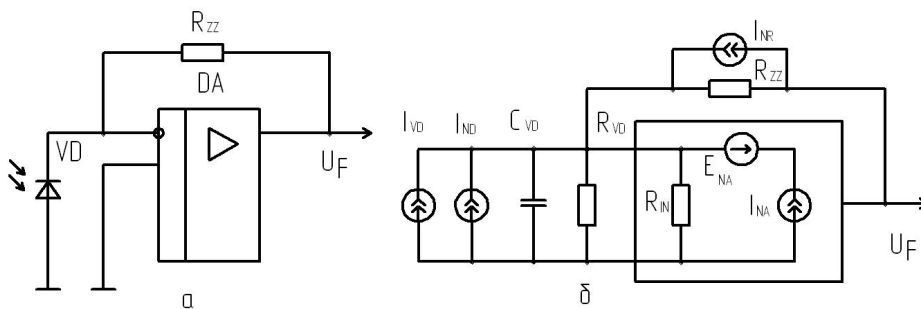


Рисунок 3.12 – Фотоприймач на основі пари фотодіод-операційний підсилювач

У роботах [192, 193] розглянуто математичну модель фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач, але у цій моделі не враховано спектральну характеристику фотодіода – залежність його інтегральної струмової чутливості від довжини хвилі оптичного випромінювання. У відповідності з [194 - 197], характер спектральної характеристики фотодіода залежить від великої кількості факторів та фізичному аналізу не піддається, актуальним є знаходження функції придатної її математичного опису. На основі аналізу матеріалів виробників оптоелектронних компонентів [198 - 204], можна зробити висновок, що спектральна характеристика фотодіода має дзвоноподібну форму, дорівнює нулю при певних значеннях довжини хвилі, може бути симетричною та асиметричною, при чому коефіцієнт асиметрії може бути меншим і більшим нуля. Пропонується шукати функцію, яка інтерполірує спектральну характеристику фотодіода, у вигляді [118, 205]

$$g(x) = x^{a-1}(1-x)^{b-1}, \quad (3.42)$$

де a, b – певні чисельні параметри функції, від співвідношення яких залежить асиметрія її графіка.

Якщо $a > b$, коефіцієнт асиметрії менший нуля і максимум функції (3.42) зміщений вліво, якщо $a < b$, коефіцієнт асиметрії більший нуля і максимум функції (3.42) зміщений вправо. У випадку, якщо $a = b \neq 1$, то функція (3.42) симетрична, якщо $a = 1$ та $b = 1$, то графіком функції (3.42) є пряма лінія. Значення цієї функції дорівнює нулю, якщо $x = 0$, або $x = 1$. Виходячи з цього, функцію (3.42) можна взяти за основу інтерполуючої функції спектральної характеристики фотодіода. Нехай

$$x = \frac{\lambda}{\lambda_{MAX}}, \quad (3.43)$$

де λ_{MAX} – гранична довжина хвилі оптичного випромінювання, при якій значення спектральної характеристики дорівнює нулю.

Представимо інтерполуючу функцію спектральної характеристики фотодіода у вигляді

$$S_{I0}(\lambda) = K_A \left(\frac{\lambda}{\lambda_{MAX}} \right)^{a-1} \left(1 - \frac{\lambda}{\lambda_{MAX}} \right)^{b-1}, \quad (3.44)$$

де K_A – коефіцієнт пропорційності між базовою функцією (3.42) та значенням спектральної чутливості фотодіода.

Для знаходження аналітичного виразу інтерполуючої функції спектральної характеристики необхідно знайти коефіцієнт K_A та параметри a і b . Знайдемо значення λ_0 , при якому функція (3.44) досягає максимуму. Для цього визначимо першу похідну функції (3.44) та прирівняємо її до нуля.

$$S'_{I0}(\lambda) = (a-1) \left(1 - \frac{\lambda}{\lambda_{MAX}} \right)^{b-1} \left(\frac{\lambda}{\lambda_{MAX}} \right)^{a-2} - (b-1) \left(1 - \frac{\lambda}{\lambda_{MAX}} \right)^{b-2} \left(\frac{\lambda}{\lambda_{MAX}} \right)^{a-1} = 0. \quad (3.45)$$

В результаті розв'язання рівняння (3.45), отримуємо довжину хвилі випромінювання, при якій спектральна характеристика фотодіода досягає максимуму

$$\lambda_0 = \lambda_{MAX} \left(1 + \frac{b-1}{a-1} \right)^{-1}. \quad (3.46)$$

З виразу (3.46) після нескладних перетворень отримуємо

$$b = \left(\frac{\lambda_{MAX}}{\lambda_0} - 1 \right) (a-1) + 1. \quad (3.47)$$

Підставивши (3.47) в (3.44), отримуємо максимальне значення спектральної характеристики фотодіода

$$S_{I0}(\lambda_0) = K_A \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_{MAX}} \right)^{(a-1)} \left(1 - \frac{\lambda_0}{\lambda_{MAX}} \right)^{\left(\frac{\lambda_{MAX}}{\lambda_0} - 1 \right) (a-1)}. \quad (3.48)$$

З (3.48) знаходимо вираз, який визначає коефіцієнт K_A

$$K_A = S_{I0}(\lambda_0) \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_{MAX}} \right)^{(1-a)} \left(1 - \frac{\lambda_0}{\lambda_{MAX}} \right)^{\left(\frac{\lambda_{MAX}}{\lambda_0} - 1 \right) (1-a)}. \quad (3.49)$$

Експериментальні спектральні характеристики фотодіодів, які наводяться у технічній документації, отримані в діапазоні довжин хвиль оптичного

випромінювання від λ_{MIN} до λ_{MAX} [198 - 204]. При довжині хвилі λ_{MIN} значення спектральної характеристики може як відрізнятись від нуля, так і дорівнювати нулю. Значення інтерполюючої функції при довжині хвилі λ_{MIN} визначається виразом

$$S_{I_0}(\lambda_{MIN}) = K_A \left(\frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX}} \right)^{(a-1)} \left(1 - \frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX}} \right)^{\left(\frac{\lambda_{MAX}-1}{\lambda_0} \right)^{(a-1)}}. \quad (3.50)$$

З (3.50) знаходимо вираз, який визначає коефіцієнт K_A

$$K_A = S_{I_0}(\lambda_{MIN}) \left(\frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX}} \right)^{(1-a)} \left(1 - \frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX}} \right)^{\left(\frac{\lambda_{MAX}-1}{\lambda_0} \right)^{(1-a)}}. \quad (3.51)$$

Прирівняємо праві частини виразів (3.51) та (3.49)

$$S_{I_0}(\lambda_0) \left(\left(\frac{\lambda_0}{\lambda_{MAX}} \right) \left(1 - \frac{\lambda_0}{\lambda_{MAX}} \right)^{\frac{\lambda_{MAX}-1}{\lambda_0}} \right)^{1-a} = S_{I_0}(\lambda_{MIN}) \left(\left(\frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX}} \right) \left(1 - \frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX}} \right)^{\frac{\lambda_{MAX}-1}{\lambda_0}} \right)^{1-a}. \quad (3.52)$$

В результаті розв'язання рівняння (3.52), отримуємо вираз за допомогою якого визначається параметр a

$$a = 1 - \left(\log \frac{S_{I_0}(\lambda_0)}{S_{I_0}(\lambda_{MIN})} \frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_0} \left(\frac{\lambda_{MAX} - \lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX} - \lambda_0} \right)^{\frac{\lambda_{MAX}-1}{\lambda_0}} \right)^{-1}. \quad (3.53)$$

Параметри λ_{MAX} , λ_{MIN} , λ_0 , $S_{I_0}(\lambda_{MIN})$ та $S_{I_0}(\lambda_0)$ визначаються за експериментальною спектральною характеристикою фотодіода. Шляхом підстановки розрахованого за виразом (3.53) значення параметра a у вираз (3.47) визначається значення параметра b . Після цього за допомогою виразу (3.51) або (3.49) розраховується значення K_A . Узагальнений вираз для функції, яка інтерполює спектральну характеристику фотодіода, отримуємо шляхом підстановки виразів (3.53), (3.47) та (3.49) в (3.44)

$$S_{I_0}(\lambda) = S_{I_0}(\lambda_0) \times \left(\left(\frac{\lambda_0}{\lambda_{MAX}} \right) \left(1 - \frac{\lambda_0}{\lambda_{MAX}} \right)^{\frac{\lambda_{MAX}-1}{\lambda_0}} \right)^{\left(\log \frac{S_{I_0}(\lambda_0)}{S_{I_0}(\lambda_{MIN})} \frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_0} \left(\frac{\lambda_{MAX} - \lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX} - \lambda_0} \right)^{\frac{\lambda_{MAX}-1}{\lambda_0}} \right)^{-1}} \times$$

$$\times \left(\frac{\lambda}{\lambda_{MAX}} \right)^{\left(\log \frac{S_{I_0}(\lambda_0)}{S_{I_0}(\lambda_{MIN})} \frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_0} \left(\frac{\lambda_{MAX} - \lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX} - \lambda_0} \right)^{\frac{\lambda_{MAX}-1}{\lambda_0}} \right)^{-1}} \times \left(1 - \frac{\lambda}{\lambda_{MAX}} \right)^{\left(\frac{\lambda_{MAX}-1}{\lambda_0} \right)^{\left(\log \frac{S_{I_0}(\lambda_0)}{S_{I_0}(\lambda_{MIN})} \frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_0} \left(\frac{\lambda_{MAX} - \lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX} - \lambda_0} \right)^{\frac{\lambda_{MAX}-1}{\lambda_0}} \right)^{-1}}}.$$

На рис. 3.13 наведено типовий експериментальний графік залежності відносної спектральної чутливості фотодіода, яка визначається як відношення $S_{I_0}(\lambda)/S_{I_0}(\lambda_0)$, виражене у відсотках, від довжини хвилі оптичного випромінювання, та графік отриманої інтерполюючої функції.

При використанні джерела світла з конденсорною лінзою, можна отримати плоско-паралельний потік опромінення, однаковий на всій площині. У цьому випадку потік опромінення та площа фоточутливого шару фотодіода, що опромінюється, зв'язані співвідношенням [206]

$$\Phi = I \cdot S(F), \quad (3.55)$$

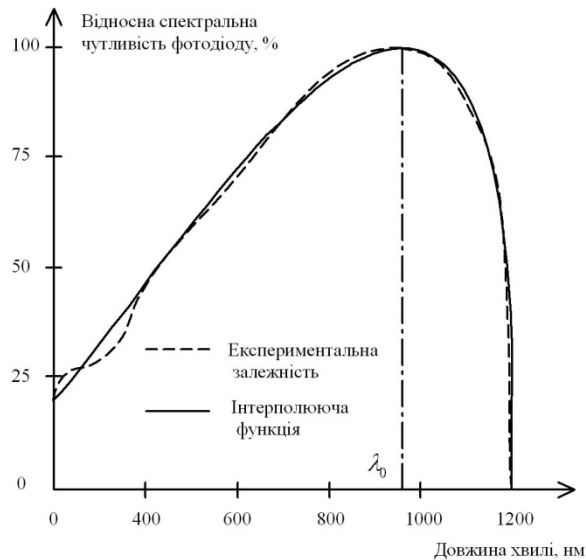


Рисунок 3.13 – Типова залежність відносної спектральної чутливості фотодіода від довжини хвилі, та графік інтерполюючої функції

де I – інтенсивність променевого потоку (освітленість); $S(F)$ – освітлювана площа фоточутливого шару фотодіода, яка є функцією перетворюваної величини F .

Вихідна напруга фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач, з урахуванням зміщення нуля, різниці вхідних струмів, напруги шуму, описується виразом [207]

$$U_F = \frac{I_{VD} R_{ZZ}}{1 + \frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0}} + \Delta I R_{ZZ} + U_{SM} + U_N, \quad (3.56)$$

де K_0 – коефіцієнт передачі операційного підсилювача; R_{IN} – вхідний опір операційного підсилювача; U_{SM} – напруга зміщення нуля операційного підсилювача; ΔI – різниця вхідних струмів операційного підсилювача; R_{ZZ} – опір в колі зворотного зв'язку операційного підсилювача; U_N – напруга шуму на виході фотоприймача.

Щільність шумового струму опору зворотного зв'язку [208]

$$I_{NR} = \sqrt{\frac{4k\Delta f}{R_{ZZ}}}, \quad (3.57)$$

де Δf – ефективна смуга пропускання електронного тракту.

Щільність шумового струму фотодіода у фотовольтаїчному режимі [191]

$$I_{ND} = \sqrt{\frac{4k\Delta f}{R_{VD}}}. \quad (3.58)$$

Модуль вихідної напруги шуму визначається виразом [208]

$$U_N = \sqrt{E_{NA}^2 + (I_{NA}^2 + I_{ND}^2 + I_{NR}^2) R_{ZZ}}, \quad (3.59)$$

де I_{NA} – шумовий струм операційного підсилювача; E_{NA} – шумова напруга операційного підсилювача.

Підставивши (3.41) і (3.55) в (3.56) та провівши нескладні перетворення, отримуємо

$$U_F = \frac{R_{ZZ} I_{S_{I_0}}(\lambda)}{\left(1 + \frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0}\right) \sqrt{1 + (\Omega \tau_{VD})^2}} S(F) - \frac{I_S R_{ZZ} \left(\exp\left(\frac{e U_{VD}}{kT}\right) - 1 \right)}{1 + \frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0}} + \Delta I R_{ZZ} + U_{SM} + U_N. \quad (3.60)$$

Як впливає з виразу (3.60), вихідна напруга фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач лінійно залежить від освітлюваної площі фоточутливого шару і є функцією перетворюваної фізичної величини F .

Якщо світловий потік не модульований або циклічна частота модуляції потоку опромінення Ω набагато менша ніж гранична частота фотодіода і операційного підсилювача, то впливом їх частотних властивостей можна знехтувати. Різниця вхідних струмів ΔI для сучасних операційних підсилювачів складає одиниці нА, а напруга зміщення U_{SM} – одиниці мВ. За умови $U_F \gg U_{SM}$ та $I_{VD} \gg \Delta I$, значеннями U_{SM} та ΔI можна знехтувати. При використанні елементної бази з низьким рівнем шумів, шумовою складовою U_N виразу (3.60) можна знехтувати. Внаслідок малого значення темного струму, яке складає одиниці нА, можна вважати, що $I_S \approx 0$. Вхідний опір сучасних операційних підсилювачів складає десятки або сотні МОм, що значно перевищує опір R_{ZZ} в колі зворотного зв'язку та внутрішній опір фотодіода. Коефіцієнт передачі сучасних операційних підсилювачів також дуже високий і може досягати десятків тисяч. Виходячи з цього справедливий вираз

$$\lim_{\substack{K_0 \rightarrow \infty \\ R_{IN} \rightarrow \infty}} \left(1 + \frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0}\right) = 1. \quad (3.61)$$

З урахуванням усіх цих умов вираз (3.60) набуде вигляду

$$U_F = I_{S_{I_0}}(\lambda) R_{ZZ} S(F). \quad (3.62)$$

З виразу (3.62) випливає, що вихідна напруга фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач прямо пропорційна освітлюваній площі фоточутливого шару фотодіода, якщо знехтувати впливом темного струму, шумовою складовою, напругою зміщення та різницею вхідних струмів операційного підсилювача, кінцевими значеннями коефіцієнта передачі та вхідного опору операційного підсилювача тощо. Знайдемо з виразу (3.60) дійсне значення освітлюваної площі фоточутливого шару фотоприймача при $\lambda = \lambda_0$

$$S_D(F) = \frac{\sqrt{1 + (\Omega \tau_{VD})^2}}{R_{ZZ} I_{S_{I_0}}(\lambda)} \left(U_F \left(1 + \frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0}\right) + I_S R_{ZZ} \left(\exp\left(\frac{e U_{VD}}{kT}\right) - 1 \right) - (\Delta I R_{ZZ} + U_{SM} + U_N) \left(1 + \frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0}\right) \right). \quad (3.63)$$

З виразу (3.62) знаходимо вимірне значення освітлюваної площі фоточутливого шару фотодіода

$$S_V(F) = \frac{U_F}{S_{I_0}(\lambda) I R_{ZZ}}. \quad (3.64)$$

Визначимо абсолютну методичну похибку первинного вимірювального перетворення площа-напруга як різницю між виміряним та дійсним значенням освітлюваної площі fotocутливого шару фотодіода [193]

$$\Delta_S = S_V(F) - S_D(F) =$$

$$= \left(\frac{1}{S_{I_0}(\lambda) I R_{ZZ}} - \left(1 + \frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0} \right) \frac{\sqrt{1 + (\Omega \tau_{VD})^2}}{R_{ZZ} I S_{I_0}(\lambda)} \right) U_F - I_S R_{ZZ} \left(\exp\left(\frac{e U_{VD}}{kT}\right) - 1 \right) \frac{\sqrt{1 + (\Omega \tau_{VD})^2}}{R_{ZZ} I S_{I_0}(\lambda)} + \quad (3.65)$$

$$+ (\Delta I R_{ZZ} + U_{SM} + U_N) \left(1 + \frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0} \right) \frac{\sqrt{1 + (\Omega \tau_{VD})^2}}{R_{ZZ} I S_{I_0}(\lambda)}.$$

Перша складова виразу (3.65) залежить від вихідної напруги фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач і визначає мультиплікативну методичну складову похибки первинного перетворення, дві інші складові виразу (3.65) визначають адитивну методичну складову цієї похибки.

3.5 Фотоелектричний ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата на основі вимірювального перетворення площа-напруга

Як наведено у другому розділі, перспективним є визначення удою та деяких інших параметрів ТПВКМ на основі вимірювання рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з використанням безконтактних ВП. Виходячи з цього, виникає необхідність розробки спеціалізованих безконтактних ВП рівня молока та ЗВ на їх основі. Розглянемо рис. 3.14, який пояснює принцип функціонування фотоелектричного ВП рівня рідини [209–213]. Діафрагма, яка знаходиться перед fotocутливим шаром фотодіода, що входить до складу фотоприймача на основі пари фотодіод - операційний підсилювач, виконана у вигляді прямокутника висотою L та шириною D . Площа діафрагми визначається виразом

$$S_D = LD = S + S_H, \quad (3.66)$$

де S – площа fotocутливого шару фотодіода, на яку попадає потік випромінювання; S_H – закрыта площа fotocутливого шару фотодіода.

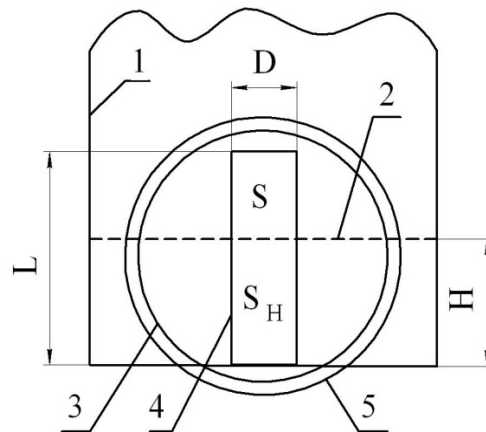


Рисунок 3.14 – Фотоелектричний ВП рівня рідини: 1 – корпус, 2 – рівень рідини, 3 – границя fotocутливого шару фотодіода, 4 – діафрагма, 5 – корпус фотодіода

Площа S_H визначається виразом

$$S_H = HD. \quad (3.67)$$

Відповідно, площа S знаходиться з співвідношення

$$S = S_D - S_H = D(L - H). \quad (3.68)$$

Для знаходження рівняння перетворення фотоелектричного ВП рівня рідини, підставимо (3.68) в (3.62)

$$U_F = IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D(L - H). \quad (3.69)$$

З виразу (3.69) випливає, що вихідна напруга фотоелектричного ВП рівня рідини на основі пари фотодіод - операційний підсилювач є лінійною функцією рівня. Після перетворень (3.69), отримуємо вираз для вимірюваного значення рівня рідини

$$H_V = L - \frac{U_F}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D}. \quad (3.70)$$

Розглянутий варіант фотоелектричного ВП рівня рідини реалізовано на основі одного фотодіода, він не може бути використаний для реалізації ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата. Ця обставина зумовлена тим, що фотодіоди, які виготовляються промислово, мають невеликі габаритні розміри і не перевищують 10 - 15 мм в діаметрі, а в залежності від розміру молокоприймальної камери, необхідно вимірювати рівень молока до декількох десятків міліметрів. Пропонується реалізувати фотоелектричний ВП рівня молока на основі декількох фотоприймачів на основі пари фотодіод - операційний підсилювач. Схематичне креслення такого ВП наведено на рис. 3.15, а, а його структурну схему – на рис. 3.15, б.

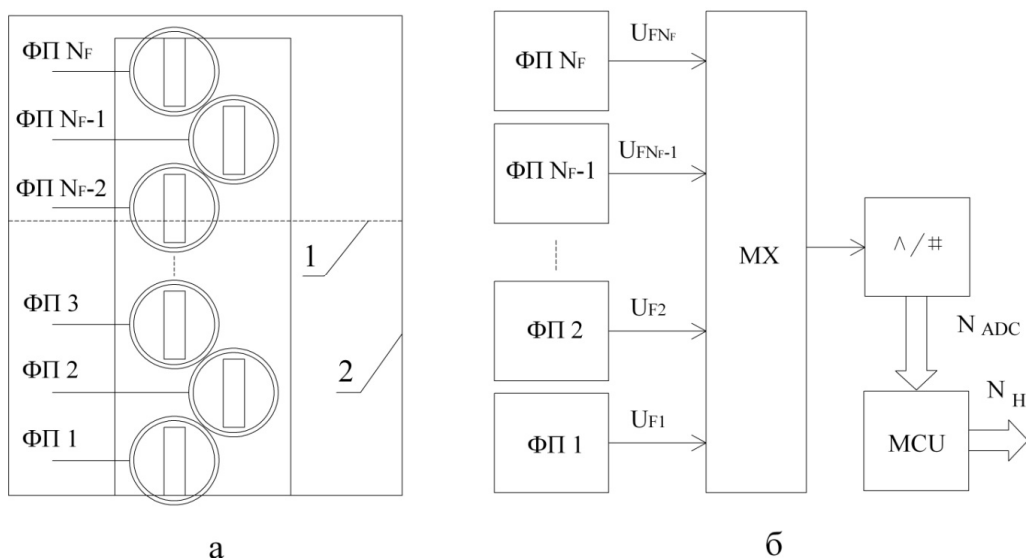


Рисунок 3.15 – Фотоелектричний ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата: а) схематичне креслення фотоелектричного ВП рівня молока; б) структурна схема фотоелектричного ВП рівня молока; 1 – рівень молока; 2 – молокоприймальна камера; ФП – фотоприймач

ВП рівня молока (рис. 3.15, *a*) складається з N_F фотоприймачів на основі пари фотодіод - операційний підсилювач. Фотодіоди розташовані так, що рівень верхньої межі діафрагми кожного фотодіода співпадає з рівнем нижньої межі діафрагми наступного фотодіода. В результаті, в еквіваленті утворюється діафрагма висотою $N_F \cdot H$ та шириною D . Навпроти кожного фотодіода знаходиться випромінювач з конденсорною лінзою для забезпечення рівномірного світлового потоку на площині фоточутливого шару. Розглянемо принцип дії ВП рівня молока на основі його структурної схеми (див. рис. 3.15, *б*). Вихідні сигнали фотоприймачів на основі пари фотодіод - операційний підсилювач $U_{F1}, U_{F2}, U_{F3} \dots U_{FN_F}$ надходять на вхід мультиплексора МХ, за допомогою якого здійснюється послідовне під'єднання цих сигналів до входу аналого-цифрового перетворювача (АЦП) $\wedge/\#$. Результат перетворення сигналу кожного фотоприймача у вигляді коду N_{ADC} передається до порта введення мікроконтролера МСU. На основі отриманих даних мікроконтролер здійснює розрахунок рівня молока і подає результат вимірювання у вигляді коду N_H . Встановимо функціональний зв'язок між вихідними напругами фотоприймачів та рівнем молока. Як впливає з рис. 3.15, *a*, діафрагма одного з фотоприймачів, позначимо його порядковий номер через m , частково перекрита молоком, і його вихідна напруга знаходиться в межах від ≈ 0 до максимального значення U_{FMAX} , яке буде на виході фотоприймача при відкритій діафрагмі та визначається виразом

$$U_{FMAX} = IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}DL. \quad (3.71)$$

Тоді у всіх фотоприймачів з номерами від $m+1$ до N_F діафрагма буде повністю відкрита, а у фотоприймачів з номерами від 1 до $m-1$ – закрита. Значення m визначається програмно шляхом аналізу вихідних кодів АЦП відповідних сигналам $U_{F1}, U_{F2}, U_{F3} \dots U_{FN_F}$. Таким чином, рівень молока буде визначатися сумою висот закритих молоком діафрагм фотоприймачів з номерами від 1 до $m-1$ і рівнем закриття діафрагми m -го фотоприймача. З урахуванням (3.70), вираз для визначення рівня молока j -тої порції в молокоприймальній камері доїльного апарата має вигляд

$$H_{Mj} = L - \frac{U_{F_{m_j j}}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} + \sum_{i=1}^{m_j-1} L = m_j L - \frac{U_{F_{m_j j}}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D}, \quad (3.72)$$

де m_j - номер фотоприймача, діафрагма якого частково закрита молоком у момент скидання j -тої порції; $U_{F_{m_j j}}$ – вихідна напруга m_j -го фотоприймача у момент скидання j -тої порції.

Розглянемо вимірювання параметрів ТПВКМ та функціонування молокоприймальної камери доїльного апарата з розробленим фотоелектричним ВП рівня молока, схематичне креслення якої наведено на рис. 3.16. Молоко з колектора всмоктується через піновідділювач в молокоприймальну камеру, у камері розташований зливний електроклапан та аналоговий фотоелектричний ВП рівня молока. В процесі доїння рівень молока збільшується, за досягненням певного рівня відкривається зливний електроклапан і молоко скидається у молокопровід.

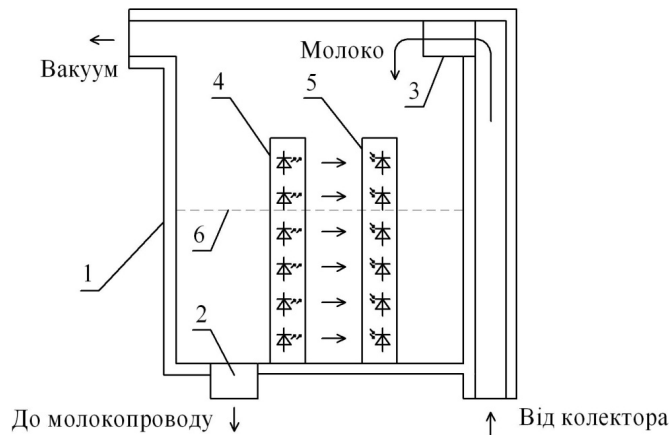


Рисунок 3.16 – Схематичне креслення молокоприймальної камери доїльного апарата з фотоелектричним ВП рівня молока: 1 – корпус камери, 2 – зливний електрочапан, 3 – піновідділювач, 4 – інфрачервоні випромінювачі, 5 – фотоприймачі, 6 – рівень молока

Підставивши (3.72) до (2.81) отримуємо вираз, за допомогою якого визначається об'єм j -ї порції молока, у момент скидання її у молокопровід

$$V_{Mj} = S_M \left(m_j L - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I_0}(\lambda) R_{ZZ} D} \right), \quad (3.73)$$

Підставивши (3.73) до (2.82) отримуємо вираз, за допомогою якого визначається разовий удій тварини

$$V_R = S_M \sum_{j=1}^{N_M} \left(m_j L - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I_0}(\lambda) R_{ZZ} D} \right), \quad (3.74)$$

Підставивши (3.74) до (2.83) отримуємо вираз, за допомогою якого визначається середня інтенсивність молоковіддачі

$$I_{MS} = \frac{S_M}{t_D} \sum_{j=1}^{N_M} \left(m_j L - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I_0}(\lambda) R_{ZZ} D} \right). \quad (3.75)$$

Удій на тридцятій секунді після початку доїння визначається за виразом

$$V_{M30} = S_M \left(m_{30} L - \frac{U_{F m_{30}}}{IS_{I_0}(\lambda) R_{ZZ} D} + \sum_{j=1}^{N_{M30}} \left(m_j L - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I_0}(\lambda) R_{ZZ} D} \right) \right), \quad (3.76)$$

де m_{30} – номер фотоприймача, діафрагма якого частково закрита молоком на тридцятій секунді після початку доїння; $U_{F m_{30}}$ – вихідна напруга m_{30} -го фотоприймача на тридцятій секунді після початку доїння.

Удій на шістдесятій секунді після початку доїння визначається за виразом

$$V_{M60} = S_M \left(m_{60} L - \frac{U_{F m_{60}}}{IS_{I_0}(\lambda) R_{ZZ} D} + \sum_{j=1}^{N_{M60}} \left(m_j L - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I_0}(\lambda) R_{ZZ} D} \right) \right), \quad (3.77)$$

де m_{60} – номер фотоприймача, діафрагма якого частково закрита молоком на шістдесятій секунді після початку доїння; $U_{F m_{60}}$ – вихідна напруга m_{60} -го фотоприймача на шістдесятій секунді після початку доїння.

Удій на дев'яностій секунді після початку доїння визначається за виразом

$$V_{M90} = S_M \left(m_{90}L - \frac{U_{F m_{90}}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} + \sum_{j=1}^{N_{M90}} \left(m_jL - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \right) \right), \quad (3.78)$$

де m_{90} – номер фотоприймача, діафрагма якого частково закрита молоком на дев'янодій секундї після початку доїння; $U_{F m_{90}}$ – вихідна напруга m_{90} -го фотоприймача на дев'янодій секундї після початку доїння.

Підставивши (3.76) до (2.84), отримуємо вираз, за яким визначається інтенсивність молоковіддачі протягом перших тридцяти секунд після початку доїння

$$I_{30} = \frac{S_M}{T_{30}} \left(m_{30}L - \frac{U_{F m_{30}}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} + \sum_{j=1}^{N_{M30}} \left(m_jL - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \right) \right). \quad (3.79)$$

Підставивши (3.76) та (3.77) до (2.86), та провівши перетворення, отримуємо вираз, за яким визначається інтенсивність молоковіддачі протягом часового інтервалу від тридцяти до шістдесяти секунд після початку доїння

$$I_{60} = \frac{S_M}{T_{30}} \left(L(m_{60} - m_{30}) + \frac{U_{F m_{60}} - U_{F m_{30}}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} + \sum_{j=1}^{N_{M60}} \left(m_jL - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \right) - \sum_{j=1}^{N_{M30}} \left(m_jL - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \right) \right). \quad (3.80)$$

Підставивши (3.77) та (3.78) до (2.88), та провівши перетворення, отримуємо вираз, за яким визначається інтенсивність молоковіддачі протягом часового інтервалу від шістдесяти до дев'янодій секунд після початку доїння

$$I_{90} = \frac{S_M}{T_{30}} \left(L(m_{90} - m_{60}) + \frac{U_{F m_{90}} - U_{F m_{60}}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} + \sum_{j=1}^{N_{M90}} \left(m_jL - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \right) - \sum_{j=1}^{N_{M60}} \left(m_jL - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \right) \right). \quad (3.81)$$

Об'єм молока у камері в певний момент часу t_1 визначається за виразом

$$V_{M1} = S_M \left(m_1L - \frac{U_{F m_1}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \right), \quad (3.82)$$

де m_1 – номер фотоприймача, діафрагма якого частково закрита молоком у момент часу t_1 ; $U_{F m_1}$ – вихідна напруга m_1 -го фотоприймача у момент часу t_1 .

Об'єм молока у камері в певний момент часу t_2 визначається за виразом

$$V_{M2} = S_M \left(m_2L - \frac{U_{F m_2}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \right), \quad (3.83)$$

де m_2 – номер фотоприймача, діафрагма якого частково закрита молоком у момент часу t_2 ; $U_{F m_2}$ – вихідна напруга m_2 -го фотоприймача у момент часу t_2 .

Підставивши (3.82) та (3.83) до (2.90), після перетворень отримуємо вираз, за яким визначається миттєва інтенсивність молоковіддачі

$$I_{MV} = \frac{S_M}{t_2 - t_1} \left(L(m_2 - m_1) + \frac{U_{F m_1} - U_{F m_2}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \right). \quad (3.84)$$

Об'єм молока, що відповідає ста грамам його ваги, який необхідний для контролю часу припуску, визначається виразом

$$V_{M100} = S_M \left(m_{100}L - \frac{U_{F m_{100}}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \right), \quad (3.85)$$

бою елементи Хола або магніторезистори. В процесі доїння, рівень молока в камері збільшується, в результаті, поплавков з магнітом змінює своє вертикальне положення у відповідності з рівнем молока. Після досягнення певного порогового рівня, через зливний клапан накопичене в камері молоко скидається у молокопровід. Пороговий рівень, при якому здійснюється скидання молока, встановлюється в залежності від інтенсивності молоковіддачі. Коли певний МАЕ знаходиться в безпосередній близькості від магніту з поплавком, змінюються його параметри (у магніторезистора змінюється опір, у елемента Хола – вихідна напру- га). Вихідні параметри усіх МАЕ за допомогою відповідних перетворювачів трансформуються у логічні рівні. Якщо i - й МАЕ активований, то на виході n_i i - го перетворювача з'являється рівень логічної одиниці, в протилежному випадку – рівень логічного нуля. Таким чином, логічними рівнями вихідних сигналів перетворювачів $n_1 - n_{N_{LM}}$ утворюється код N_{HM} , який має N_{LM} розрядів, значення якого визначає вертикальне положення поплавка з магнітом, нижня границя якого збігається з рівнем молока у молокоприймальній камері. Розглянемо рис. 3.18, на якому наведено варіанти взаємного розташування МАЕ та поплавок з магнітом.

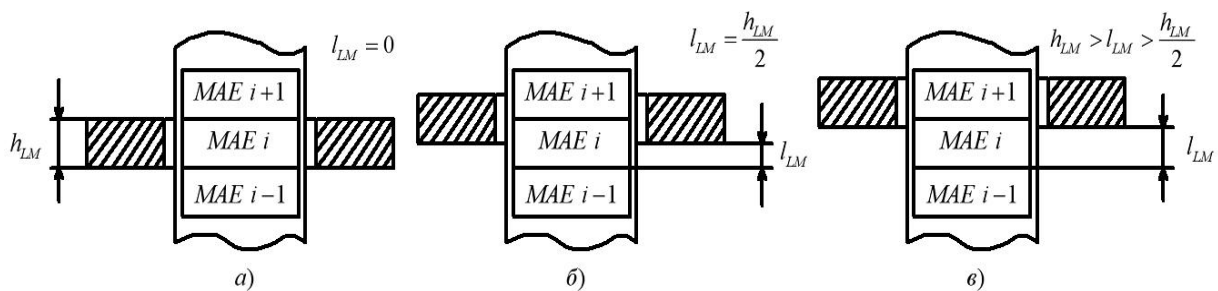


Рисунок 3.18 – Варіанти взаємного розташування МАЕ та поплавок з магнітом

Ширина чутливої зони МАЕ та товщина кільцевого магніту рівні між собою та дорівнюють h_{LM} (рис. 3.17 та 3.18). Конструктивні параметри кільцевого магніту та МАЕ забезпечені такими, що при нульовому зміщенні l_{LM} нижньої границі магніту відносно нижньої границі чутливої зони i - го МАЕ (див. рис. 3.18, а), $n_{i-1} = 0$, $n_i = 1$, $n_{i+1} = 0$, якщо $l_{LM} = h_{LM}/2$ (рис. 3.18, б), то $n_{i-1} = 0$, $n_i = 1$, $n_{i+1} = 1$, коли $h_{LM} > l_{LM} > h_{LM}/2$ (рис. 3.18, в), то $n_{i-1} = 0$, $n_i = 0$, $n_{i+1} = 1$. Виходячи цього, рівень j -ї порції молока у молокоприймальній камері доїльного апарата, при використанні ВП з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ, визначається виразом

$$H_{Mj} = \begin{cases} (k_{LM} - 1)h_{LM}, \sum_{i=1}^{N_{LM}} n_i = 1; \\ \left(k_{NM} - \frac{1}{2}\right)h_{LM}, \sum_{i=1}^{N_{LM}} n_i = 2, \end{cases} \quad (3.86)$$

де k_{LM} – номер біту коду N_{HM} , який знаходиться в стані логічної одиниці, коли в активному стані знаходиться тільки один МАЕ; k_{NM} – номер того з двох бітів коду N_{HM} , що знаходяться в стані логічної одиниці при активному стані двох МАЕ, який має менше значення.

ВП з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ можна розглядати як АЦП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата. Як слідує з виразу (3.86), величина кванту перетворення, у цьому випадку, визначається виразом

$$q_{LM} = \frac{h_{LM}}{2}. \quad (3.87)$$

Як відомо [216, 217], максимальне значення похибки квантування АЦП визначається як модуль половини номінального кванта перетворення. Виходячи з цього, максимальне значення похибки квантування ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ визначається виразом

$$\Delta_{LM \text{ К}} = \frac{q_{LM}}{2} = \frac{h_{LM}}{4}. \quad (3.88)$$

Основною перевагою розглянутого ВП, у порівнянні з аналоговим фотоелектричними ВП рівня молока є те, що якість промивки доїльного обладнання практично не впливає на його характеристики. За допомогою розглянутого ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ, разовий удій тварини, середня інтенсивність молоковіддачі, інтенсивність молоковіддачі на протязі перших тридцяти секунд після початку доїння, інтенсивність молоковіддачі на протязі часового інтервалу від тридцяти до шістдесяти секунд після початку доїння, інтенсивність молоковіддачі на протязі часового інтервалу від шістдесяти до дев'яноста секунд після початку доїння, миттєва інтенсивність молоковіддачі, час припуску молока, визначаються за виразами (2.81) - (2.91).

3.7 Фотоелектричний ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом

Також можливий варіант фотоелектричного ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом [205, 218]. Розглянемо його схематичне креслення, яке наведено на рис. 3.19. Як і у попередньо розглянутому ВП, молоко з колектора доїльного апарата, під дією вакууму, всмоктується через піновідділювач в молокоприймальну камеру. У молокоприймальній камері, в герметичних прозорих трубках, у вертикальному напрямку, один за одним розташовано N_{LF} інфрачервоних світлодіодів та фототранзисторів. При збільшенні рівня молока у камері в процесі доїння, відбувається перекриття молоком fotocутливого шару фототранзисторів, в результаті потік інфрачервоного випромінювання на нього не попадає. Фототранзистори працюють у ключовому режимі, схемотехнічно, транзисторні ключі на основі фототранзисторів реалізовані так, що при попаданні на їх fotocутливий шар певного потоку інфрачервоного випромінювання, на виході транзисторного ключа формується рівень логічного нуля, в протилежному випадку – рівень логічної одиниці [219].

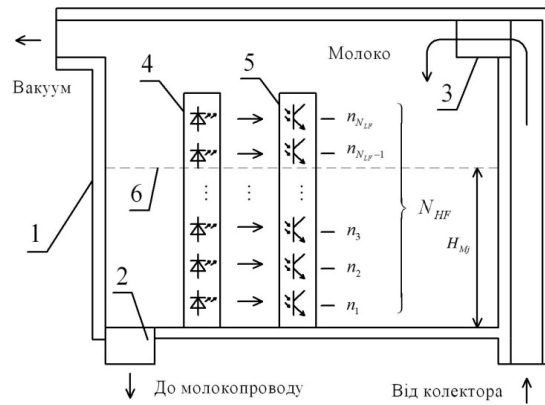


Рисунок 3.19 – Схематичне креслення молокоприймальної камери доїльного апарата з фотоелектричним ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом:

1 – корпус камери; 2 – зливний електроклапан; 3 – піновідділювач;
4 – інфрачервоні випромінювачі; 5 – фототранзистори, що працюють в ключовому режимі; 6 – рівень молока

Відповідно, на виході тих транзисторних ключів, фототранзистори яких закриті молоком, присутні рівні логічної одиниці, на виході усіх інших ключів – рівні логічного нуля. Таким чином, вихідні сигнали транзисторних ключів утворюють розряди $n_1 - n_{N_{LF}}$ вихідного коду N_{HF} ВП, який має N_{LF} розрядів і значення якого визначає рівень молока у молокоприймальній камері. Після досягнення певного порогового рівня, накопичене в камері молоко скидається у молокопровід, відповідний пороговий рівень встановлюється в залежності від інтенсивності молоковіддачі.

Розглянемо рис. 3.20, на якому наведено конструктивне креслення розташування фототранзисторів у молокоприймальній камері доїльного апарата.

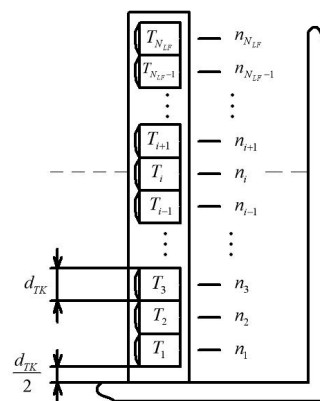


Рисунок 3.20 – Конструктивне креслення розташування фототранзисторів у молокоприймальній камері

Фототранзистори $T_1, T_2 \dots T_{N_{LF}}$ мають діаметр або висоту фоточутливого шару d_{TK} , відстань від нижньої границі фоточутливого шару першого з низу фототранзистора T_1 до дна молокоприймальної камери дорівнює $d_{TK}/2$. Схемотехнічно, транзисторні ключі на основі фототранзисторів реалізовані так, що зміна

вихідного стану ключа з логічного нуля в логічну одиницю відбувається при зменшенні світлового потоку в два рази, тобто, коли відстань від рівня молока до нижньої границі fotocутливого шару будь-якого з фототранзисторів дорівнює $d_{TK}/2$ [220]. У цьому випадку, рівень j -ї порції молока у молокоприймальній камері, при використанні фотоелектричного ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом, визначається виразом

$$H_{Mj} = d_{TK} \sum_{i=1}^{N_{LF}} n_i . \quad (3.89)$$

Фотоелектричний ВП з дискретним вихідним сигналом також можна розглядати як АЦП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата. Величина номінального кванта перетворення, який є мінімальним приростом рівня, при якому змінюється вихідний код ВП, визначається виразом

$$q_{LF} = d_{TK} . \quad (3.90)$$

Максимальне значення похибки квантування АЦП визначається як модуль половини номінального кванта перетворення [216, 217]. Таким чином, максимальне значення похибки квантування фотоелектричного ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом визначається виразом

$$\Delta_{LF\ K} = \frac{q_{LF}}{2} = \frac{d_{TK}}{2} . \quad (3.91)$$

За допомогою фотоелектричного ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом, разовий удій тварини, середня інтенсивність молоковіддачі, інтенсивність молоковіддачі на протязі перших тридцяти секунд після початку доїння, інтенсивність молоковіддачі на протязі часового інтервалу від тридцяти до шістдесяти секунд після початку доїння, інтенсивність молоковіддачі на протязі часового інтервалу від шістдесяти до дев'яноста секунд після початку доїння, миттєва інтенсивність молоковіддачі, час припуску молока, визначаються за виразами (2.81) - (2.91).

3.8 Визначення кількості порцій молока та контроль вмісту води у молоці на стійлових доїльних установках

На стійлових установках отримане від кожної тварини у лінії молоко накопичується в дозаторах, які знаходяться у кінці кожної лінії. Після того, як в дозаторі накопичується порція молока визначеного об'єму, спрацьовує автоматичний зливний клапан, і порція транспортується в автоматичну мішалку або холодильну установку [10, 221]. Пропускна здатність такого дозатора складає $P_{DM} = 10$ л/хв. При наявності високопродуктивних тварин, на стійлових доїльних установках використовують дозатор молока з електромагнітним зливним клапаном, управління яким здійснюється за допомогою БУДМ, пропускна здатність такого дозатора складає $P_{DM} = 12$ л/хв. Заробітна плата дояркам нараховується у відповідності з кількістю порцій молока, які сформував дозатор, і які підраховуються спеціальними лічильниками порцій молока. У теперішній час, на стійлових доїльних установках з молокопроводом, використовуються лічильники порцій молока з давачем, прин-

цип дії якого такий [221]. Після проходження порції молока від дозатора через зливний клапан, молоко потрапляє у гнучкий шланг. У перетині шлангу розташована трубка з вмонтованими електродами. При проходженні порції молока через трубку, між електродами змінюється електропровідність, що є ознакою спрацювання дозатора. При зміні електропровідності давач формує сигнал напруги, що прямо пропорційний її значенню, і тривалість якого дорівнює тривалості проходження порції молока. На основі результатів вимірювання амплітудних параметрів та тривалості цього сигналу встановлюється факт проходження порції. При використанні цього давача, за наявності води у молоці, зміни температури, спінювання молока, значно збільшується похибка первинного перетворення електропровідності. Це приводить до того, що лічильник порцій починає вести себе непередбачувано – пропускає деякі порції, або рахує порції за їх відсутності. Також для підрахунку порцій молока використовується оптичний давач [221], принцип дії якого такий. Порція молока проходить через трубку, в яку вмонтовано інфрачервоний світлодіод та фототранзистор, який працює в ключовому режимі. При проходженні порції молока відбувається переривання світлового потоку, в результаті на виході фототранзистора формується імпульс певної тривалості. На основі результатів вимірювання тривалості вихідного сигналу фототранзистора встановлюється факт проходження порції молока. У цьому випадку, при спінюванні молока, на виході фототранзистора з'являється випадкова послідовність коротких імпульсів, яка фактично є шумовою складовою, що додається до корисного сигналу. Внаслідок цього, в багатьох випадках збільшується похибка вимірювання тривалості вихідного сигналу фототранзистора, і відповідно, похибка підрахунку порцій. Також тривалість та форма сигналу вищевказаних давачів залежить від забруднення зливного отвору та інших складових елементів дозатора, конфігурації молокопроводу, ступеню спінювання молока, тривалості зворотного зливу, забрудненості елементів давача, що теж приводить до збільшення похибки підрахунку.

У роботах [116, 117, 222 - 226] запропоновано та розглянуто лічильник порцій молока, сформованих дозатором, з функцією виявлення вмісту води у молоці. Розглянемо принцип його функціонування на основі функціональної схеми, яка наведена на рис. 3.21, та часових діаграм, які наведені на рис. 3.22.

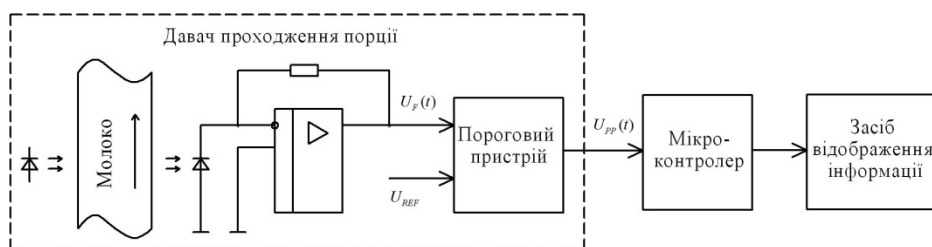


Рисунок 3.21 – Функціональна схема лічильника порцій молока, сформованих дозатором стійлової доїльної установки, з функцією виявлення води у молоці

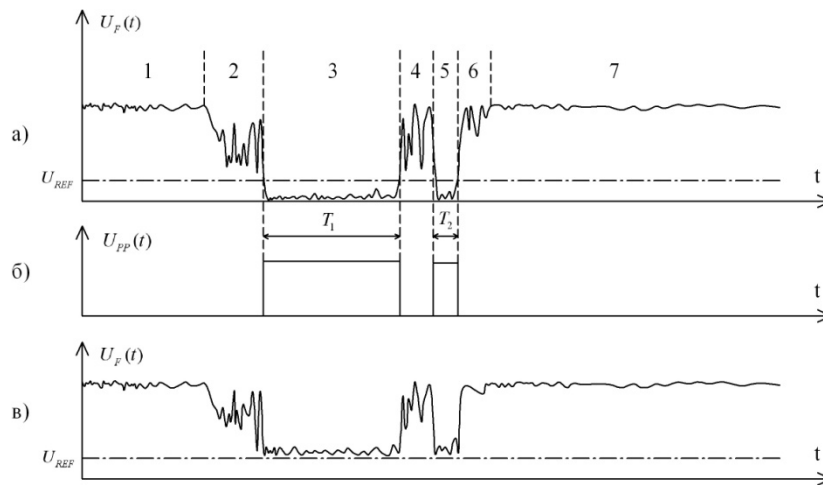


Рисунок 3.22 – Часові діаграми роботи лічильника порцій молока, сформованих дозатором стійлової доїльної установки, з функцією виявлення води у молоці: *а* – часова діаграма вихідної напруги фотоприймача, при проходженні порції молока без вмісту води; *б* – часова діаграма вихідної напруги порогового пристрою, при проходженні порції молока без вмісту води; *в* – часова діаграма вихідної напруги фотоприймача, при проходженні порції молока з водою

До складу давача проходження порції входить трубка, через яку здійснюється зливання порції молока, що сформована дозатором. У трубці знаходиться джерело інфрачервоного випромінювання, навпроти нього знаходиться фотодіод, який входить до складу фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач. Вихідний сигнал фотоприймача поступає на вхід порогового пристрою, за допомогою якого він порівнюється з певною опорною напругою U_{REF} . Вихідний сигнал порогового пристрою $U_{pp}(t)$ надходить на дискретний вхід мікроконтролера, за допомогою якого вимірюється тривалість цього сигналу. На основі результатів вимірювання тривалості встановлюється факт проходження порції молока, інформація про кількість підрахованих порцій візуалізується за допомогою засобу відображення інформації. Розглянемо рис. 3.22, *а*, на якому наведено часову діаграму вихідної напруги фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач при проходженні порції молока, у який відсутня вода. На цьому графіку виділено сім ділянок. Перша ділянка відповідає відсутності молока в трубці, флуктуації вихідної напруги фотоприймача зумовлені стиканням крапель молока від попередньої порції. Друга ділянка відповідає проходженню через трубку давача піни, яка завжди виникає перед проходженням порції молока. Третя ділянка відповідає проходженню порції молока, сформованої дозатором, через трубку давача. У цьому випадку вихідна напруга фотоприймача значно зменшується внаслідок переривання потоку інфрачервоного випромінювання, флуктуації вихідної напруги фотоприймача зумовлені наявністю незначної кількості піни та бульбашок повітря. Четверта ділянка відповідає проходженню через давач піни, яка утворюється наприкінці проходження порції. Виникнення п'ятої ділянки зумовлено тим, що невелика частина порції молока не всмоктується в молокопровід і зливається в зворотному напрямку. Шоста ділянка

зумовлена наявністю невеликої кількості піни, яка слідує за частиною порції, що зливається у зворотному напрямку. Сьома ділянка графіка, як і перша, відповідає відсутності молока у трубці давача. Розглянемо рис. 3.22, б, на якому наведена часова діаграма вихідної напруги порогового пристрою при проходженні порції молока, у якій відсутня вода. Цей сигнал складається з двох прямокутних імпульсів тривалістю T_1 та T_2 , які формуються тоді, коли вихідна напруга фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач $U_F(t)$ менша ніж опорна напруга U_{REF} . Імпульс тривалістю T_1 відповідає проходженню порції молока від дозатора через давач, другий імпульс тривалістю T_2 відповідає зворотному зливу молока. Значення T_1 та T_2 залежать від забруднення дозатора та його елементів, висоти розташування та конфігурації молокопроводу, вакуумного режиму молокопроводу, об'єму порції молока. Інформативним з точки зору ідентифікації проходження порції є тільки перший імпульс вихідного сигналу порогового пристрою. Тривалість цього імпульсу T_1 , при об'ємі порції 1 л, знаходиться в межах від $T_{1\ MIN} = 3,2$ с до $T_{1\ MAX} = 4,6$ с. Виходячи з цього, критерієм ідентифікації проходження порції є досягнення тривалості першого імпульсу вихідного сигналу порогового пристрою значення $T_{1\ MIN}$, тобто

$$T_1 = T_{1\ MIN} \quad (3.92)$$

Після ідентифікації проходження порції молока та її зарахування, програмно формується часовий інтервал T_Z , під час якого вихідний сигнал порогового пристрою не аналізується. Це необхідно для того, щоб зворотний злив не спровокував зарахування додаткової порції. Є очевидним, що сума тривалості мінімального часового інтервалу проходження порції $T_{1\ MIN}$ та часового інтервалу T_Z не повинна перевищувати тривалість мінімального часового інтервалу між сформованими дозатором порціями $T_{DMP\ MIN}$, яка визначається виразом

$$T_{DMP\ MIN} = 1/P_{DM} \quad (3.93)$$

Виходячи з цього

$$T_Z = T_{DMP\ MIN} - T_{1\ MIN} = 1/P_{DM} - T_{1\ MIN} \quad (3.94)$$

При наявності вмісту води у молоці, оптична щільність при проходженні інфрачервоного випромінювання зменшується, відповідно, збільшується напруга на виході фотоприймача на основі пари фотодіод - операційний підсилювач. Невелику кількість води у молоці, на основі вимірювання вихідної напруги фотоприймача, виявити неможливо внаслідок можливості проходження певної кількості інфрачервоного випромінювання через шар молока без домішок, відбиття випромінювання, дифракції випромінювання та його розсіювання шариками жиру, немонохроматичності джерела випромінювання. Значення опорної напруги U_{REF} , яке відповідає певному значенню масової частки молока у водномолочному розчині, залежить від великої кількості випадкових факторів та встановлюється експериментально. Розглянемо рис. 3.22, в, на якому наведена часова діаграма вихідної напруги фотоприймача при проходженні порції, у якій присутня вода. У разі наявності певного вмісту води в молоці, вихідний сигнал

лінійного фотоприймача буде більшим, ніж опорна напруга U_{REF} . В результаті, на виході порогового пристрою не буде формуватись імпульс, який відповідає проходженню порції молока, яка сформована дозатором. Внаслідок цього, відповідна порція молока із значним вмістом води зарахована не буде.

У випадку, якщо середній рівень вихідної напруги фотоприймача, близький до опорної напруги U_{REF} , а також внаслідок можливої наявності значної кількості піни у порції без вмісту води, на виході порогового пристрою може виникати послідовність прямокутних імпульсів випадкової тривалості, як показано на рис. 3.23.

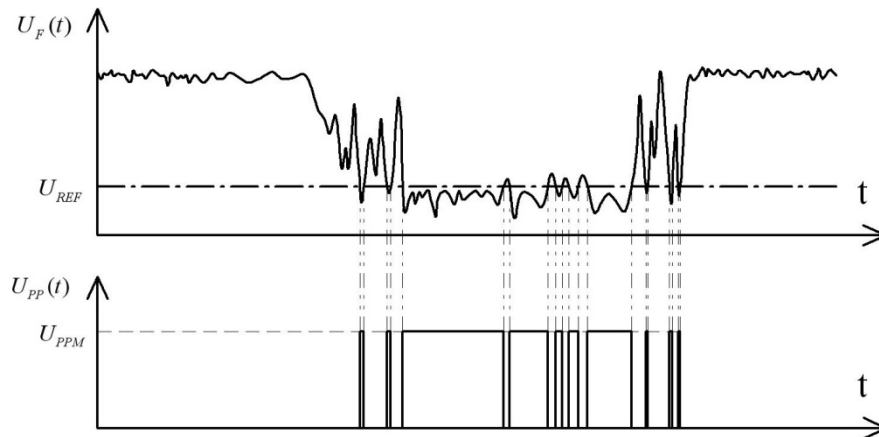


Рисунок 3.23 – Часові діаграми роботи лічильника порцій молока, з функцією виявлення води у молоці, при середньому рівні вихідної напруги фотоприймача, близькому до значення опорної напруги

Виходячи з наявності випадкової складової вихідного сигналу фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач, вихідний сигнал порогового пристрою $U_{PP}(t)$ можна розглядати як суміш двох сигналів – корисного прямокутного імпульсу та випадкового некорельованого імпульсного сигналу. Проходження порції молока ідентифікується шляхом виявлення корисного прямокутного імпульсу на фоні шумового сигналу. Випадкову імпульсну послідовність, у відповідності з [137, 184], можна вважати некорельованою, та такою, що має рівномірний енергетичний спектр в певній смузі частот, що дає підстави розглядати її як білий шум. Для підвищення достовірності контролю проходження через давач порції, яка сформована дозатором, використовується оптимальну лінійну фільтрацію, за допомогою якої забезпечується максимізація відношення сигнал-шум між піковим значенням корисного сигналу та середньоквадратичним значенням шумового сигналу. Лінійний оптимальний фільтр, у цьому випадку, за своєю структурою та принципом дії аналогічний фільтру, який розглянуто у підрозділі 3.4. При використанні оптимальної лінійної фільтрації точність підрахунку порцій молока збільшується майже на 30 %.

Розглянемо рис. 3.24, на якому наведено функціональну схему лічильника порцій молока для стійлової доїльної установки з функцією виявлення води у молоці, у якому використовується лінійний оптимальний фільтр.

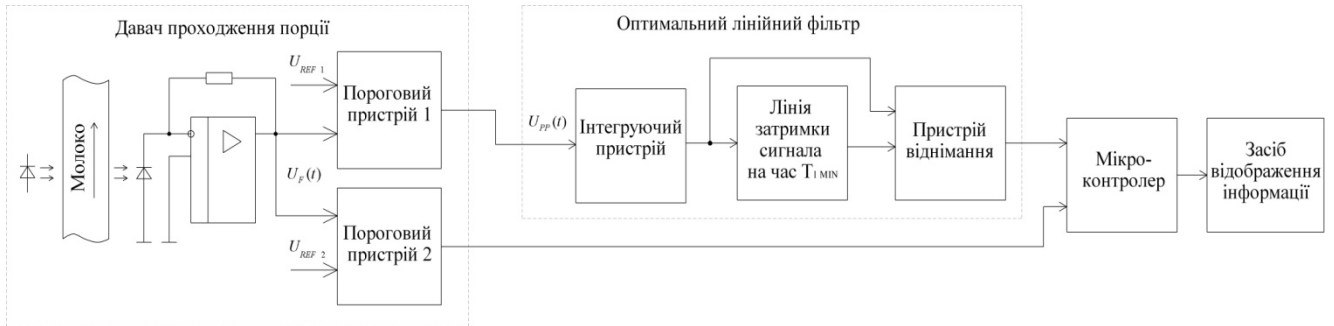


Рисунок 3.24 – Функціональна схема лічильника порцій молока для стійлової доїльної установки, з використанням оптимальної лінійної фільтрації та функцією виявлення води у молоці

Вихідна напруга фотоприймача $U_F(t)$, рівень якої залежить від вмісту води у молоці, за допомогою порогових пристроїв порівнюється з опорними напругами U_{REF1} та U_{REF2} . Значення напруги U_{REF1} наближене до значення вихідної напруги фотоприймача на основі пари фотодіод - операційний підсилювач при відсутності порції молока. При проходженні молока крізь дачач, незалежно від наявності у ній води, відбувається переривання потоку інфрачервоного випромінювання. В результаті, на виході порогового пристрою 1 змінюється логічний рівень, який поступає на вхід оптимального лінійного фільтра, за допомогою якого забезпечується ідентифікація проходження порції. Напруга U_{REF2} відповідає певному значенню масової частки молока у водно-молочному розчині, так само, як у структурній схемі на рис. 3.21. Якщо вихідна напруга фотоприймача при проходженні порції молока більша, ніж U_{REF2} , але менша ніж U_{REF1} , це свідчить про наявність факту фальсифікації молока водою з метою завищення показників удою. У цьому випадку на виході порогового пристрою 2 логічний рівень під час проходження порції не змінюється. У випадку виявлення факту фальсифікації, візуалізується відповідний сигнал за допомогою засобу відображення інформації.

3.9 Фотоелектричний ВП миттєвої інтенсивності молоковіддачі

Доїльний апарат з функцією керування процесом доїння, змінюючи режими пульсацій вакууму в залежності від інтенсивності молоковіддачі, налаштовується на фізіологічні особливості конкретної тварини. Вимірюючи інтенсивність молоковіддачі і здійснюючи у відповідності з її значенням управління процесом доїння, можна забезпечити його наближення до оптимального. При прив'язаному утриманні, на стійлових доїльних установках, індивідуальний удій та інші індивідуальні параметри тварин як правило не вимірюються. У цьому випадку, перспективним є непряме вимірювання цих параметрів на основі результатів прямого вимірювання інтенсивності молоковіддачі, результати якого використовуються для управління процесом доїння. Розглянемо запропонований фотоелектричний ВП миттєвої інтенсивності молоковіддачі [34, 227 - 230], функціональна

схема якого наведена на рис. 3.25, а часові діаграми роботи – на рис. 3.26. В процесі доїння молоко з колектора доїльного апарата на шляху до молокопроводу проходить через шланг, у якому закріплений фотоелектричний ВП інтенсивності молочного потоку.

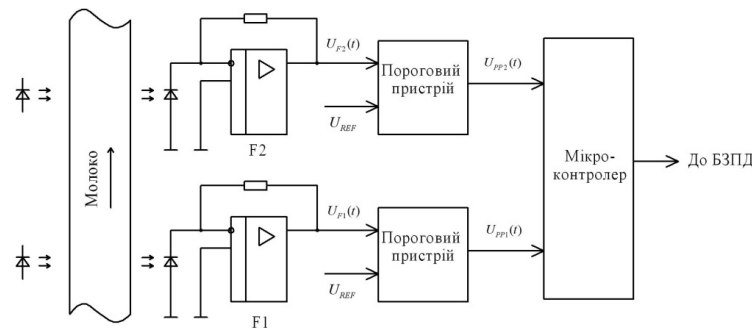


Рисунок 3.25 – Функціональна схема фотоелектричного ВП миттєвої інтенсивності молоковіддачі

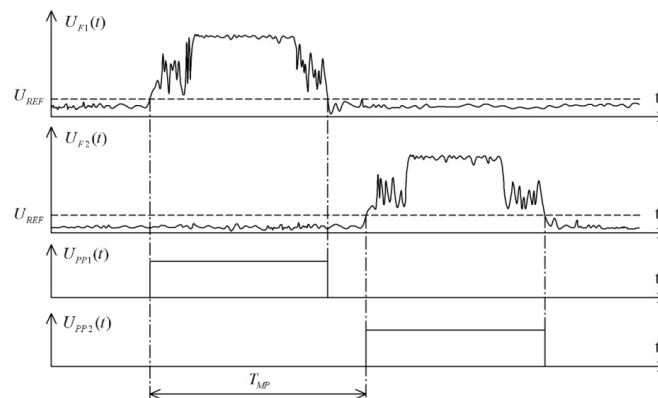


Рисунок 3.26 – Часові діаграми роботи фотоелектричного ВП миттєвої інтенсивності молоковіддачі

ВП складається з двох джерел інфрачервоного випромінювання, які знаходяться з однієї сторони його трубки, двох фотоприймачів F1 та F2 на основі пари фотодіод-операційний підсилювач, які знаходяться на протилежній стороні трубки, двох порогових пристроїв C1 та C2 з великим значенням гістерезису, мікроконтролера. Молоко, яке протікає через трубку ВП, завжди має бульбашки повітря (піну). При проходженні через трубку молока з піною, потік інфрачервоного випромінювання проходить крізь певну бульбашку повітря і потрапляє на фотоприймач F1. В результаті його вихідна напруга $U_{F1}(t)$ збільшується, за допомогою порогового пристрою C1 вона порівнюється з напругою U_{REF} . На виході порогового пристрою C1, протягом часового проміжку, коли $U_{F1}(t) > U_{REF}$, формується прямокутний імпульс $U_{PP1}(t)$, який надходить на дискретний вхід мікроконтролера. Після цього, вказана вище бульбашка, рухаючись разом з молочним потоком, проходить навпроти фотоприймача F2. Внаслідок цього вихідна напруга $U_{F2}(t)$ збільшується. Пороговий пристрій C2 порівнює напругу $U_{F2}(t)$ з U_{REF} , в результаті на його виході, коли $U_{F2}(t) > U_{REF}$, формується прямо-

кутний імпульс $U_{PP2}(t)$, який надходить на інший вхід мікроконтролера. За допомогою мікроконтролера здійснюється вимірювання часового інтервалу T_{MP} між передніми фронтами імпульсів $U_{PP1}(t)$ та $U_{PP2}(t)$. Цей часовий інтервал відповідає проходженню бульбашкою повітря відстані l_{MP} між двома фотоприймачами. Об'єм i -ї порції молока, яка відповідає проходженню бульбашкою повітря відстані l_{MP} , визначається виразом

$$V_{MP i} = \frac{1}{4} \pi D_{MP}^2 l_{MP}, \quad (3.95)$$

де D_{MP} – діаметр трубки давача.

Відповідно, миттєва інтенсивність молоковіддачі під час проходження i -ї бульбашки повітря, визначається виразом

$$I_{MV i} = \frac{V_{MP}}{T_{MP i}} = \frac{\pi D_{MP}^2}{4 T_{MP i}} l_{MP}. \quad (3.96)$$

Визначене за допомогою мікроконтролера миттєве значення інтенсивності молоковіддачі передається до БЗПД. У багатьох доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння існує певна кількість режимів роботи, зміна яких відбувається за досягненням миттєвої інтенсивності молоковіддачі певних порогових значень [5, 9, 24], тобто здійснюється дискретне управління процесом доїння. В результаті експериментальних досліджень наведеного ВП інтенсивності молоковіддачі встановлено, що його похибка первинного перетворення складає 15–20 % та розподілена за нормальним законом. Досягнута точність вимірювального перетворення достатня для забезпечення керування процесом доїння. За допомогою розглянутого ВП можливе непряме вимірювання інших параметрів ТПВКМ. Внаслідок великого значення похибки первинного перетворення, точність вимірювання цих параметрів невисока, але для доїльних установок невисокої цінової категорії достатня.

Розглянемо вимірювання разового удою тварини при використанні фотоелектричного ВП миттєвої інтенсивності молоковіддачі. Протягом процесу доїння вимірюється поточний час та проводиться N_{MP} вимірювань миттєвої інтенсивності молоковіддачі $I_{MV i}$, $I_{MV i+1}$... $I_{MV N_{MP}}$ в певні моменти часу t_i , t_{i+1} ... $t_{N_{MP}}$. Проведемо кусочно-лінійну інтерполяцію результатів вимірювання залежності миттєвої інтенсивності молоковіддачі від часу [231]. Кусочно-лінійна інтерполуюча функція залежності миттєвої інтенсивності молоковіддачі від часу, графік якої наведений на рис. 3.27, визначається виразом

$$I_{MVI}(t) = \begin{cases} \frac{I_{MV 2} - I_{MV 1}}{t_2 - t_1} t + I_{MV 1} - \frac{I_{MV 2} - I_{MV 1}}{t_2 - t_1} t_1, & t \in [t_1, t_2]; \\ \dots \\ \frac{I_{MV i+1} - I_{MV i}}{t_{i+1} - t_i} t + I_{MV i} - \frac{I_{MV i+1} - I_{MV i}}{t_{i+1} - t_i} t_i, & t \in [t_i, t_{i+1}]; \\ \dots \\ \frac{I_{MV N_{MP}} - I_{MV N_{MP}-1}}{t_{N_{MP}} - t_{N_{MP}-1}} t + I_{MV N_{MP}-1} - \frac{I_{MV N_{MP}} - I_{MV N_{MP}-1}}{t_{N_{MP}} - t_{N_{MP}-1}} t_{N_{MP}-1}, & t \in [t_{N_{MP}-1}, t_{N_{MP}}]. \end{cases} \quad (3.97)$$

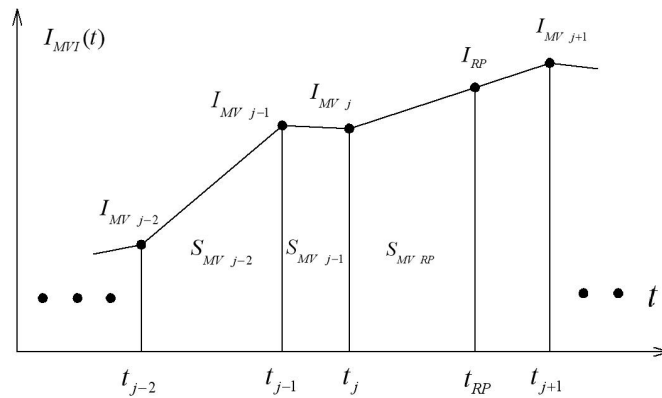


Рисунок 3.27 – Кусочно-лінійна інтерполююча функція залежності миттєвої інтенсивності молоковіддачі від часу

Інтенсивність молоковіддачі є першою похідною залежності поточного удою від часу. Виходячи з цього, у відповідності з правилом трапецій, отримуємо вираз, який визначає разовий удій тварини протягом одного доїння

$$V_R = \int_0^{t_{NMP}} I_{MVI}(t) dt = \sum_{i=1}^{NMP-1} \frac{I_{MV i+1} + I_{MV i}}{2} (t_{i+1} - t_i). \quad (3.98)$$

Як слідує з рис. 3.27, поточний удій тварини у довільний момент часу $t_{RP} \in (t_j, t_{j+1})$, у відповідності з правилом трапецій, визначається виразом

$$V_{RP}(t_{RP}) = \int_0^{t_{RP}} I_{MVI}(t) dt = S_{MV RP} + \sum_{i=1}^{j-1} S_{MV i} = \int_{t_j}^{t_{RP}} \left(\frac{I_{MV j+1} - I_{MV j}}{t_{j+1} - t_j} t + I_{MV j} - \frac{I_{MV j+1} - I_{MV j}}{t_{j+1} - t_j} t_j \right) dt + \sum_{i=1}^{j-1} \frac{I_{MV i+1} + I_{MV i}}{2} (t_{i+1} - t_i) = \frac{I_{MV j} + I_{MVI}(t_{RP})}{2} (t_{RP} - t_j) + \sum_{i=1}^{j-1} \frac{I_{MV i+1} + I_{MV i}}{2} (t_{i+1} - t_i), \quad (3.99)$$

де $S_{MV RP}$, $S_{MV i}$ - площини обмежені віссю абсцис та відрізками кусочно-лінійної інтерполюючої функції.

Значення кусочно-лінійної інтерполюючої функції в довільний момент часу t_{RP} визначається виразом

$$I_{MVI}(t_{RP}) = \frac{I_{MV j+1} - I_{MV j}}{t_{j+1} - t_j} t_{RP} + I_{MV j} - \frac{I_{MV j+1} - I_{MV j}}{t_{j+1} - t_j} t_j. \quad (3.100)$$

Підставивши (3.100) в (3.99), після відповідних перетворень отримуємо кінцевий вираз для визначення поточного удою тварини у довільний момент часу $t_{RP} \in (t_j, t_{j+1})$ на основі результатів вимірювання миттєвої інтенсивності молоковіддачі протягом доїння

$$V_{RP}(t_{RP}) = \frac{1}{2} \left(2I_{MV j} (t_{RP} - t_j) + \frac{I_{MV j+1} - I_{MV j}}{t_{j+1} - t_j} (t_{RP} - t_j)^2 \right) + \sum_{i=1}^{j-1} \frac{I_{MV i+1} + I_{MV i}}{2} (t_{i+1} - t_i). \quad (3.101)$$

На основі результатів вимірювання поточного удою в довільний момент часу визначаються інші параметри молоковіддачі. Разовий удій тварини визначається за виразом (3.98), середня інтенсивність молоковіддачі визначається за виразом (2.83). Після того, як за виразом (3.101) буде визначений поточний удій у відповідні моменти часу, інтенсивність молоковіддачі на протязі перших тридцяти секунд після початку доїння визначається за виразом (2.84), інтенсивність

молоковіддачі на протязі часового інтервалу від тридцяти до шістдесяти секунд після початку доїння визначається за виразом (2.86), інтенсивність молоковіддачі на протязі часового інтервалу від шістдесяти до дев'яноста секунд після початку доїння визначається за виразом (2.88). Для контролю часу припуску, за виразом (3.101) визначається поточний удій тварини на двадцятій секунді після початку доїння.

3.10 Метод контролю параметрів користування чесальною установкою

У теперішній час параметри користування чесальною установкою конкретними тваринами не контролюються, хоча вимірювальний контроль кількості разів та тривалості користування цією установкою певним чином характеризує стан тварини. Відхилення кількості та тривалості користувань від норми може свідчити про наявність у тварини певних захворювань. Створення засобів вимірювального контролю параметрів користування чесальною установкою дозволить виявляти тих тварин, у яких з певним ступенем імовірності наявні ці захворювання. Збільшення тривалості та кількості користувань чесальною установкою вище нормованого значення свідчить про імовірність наявності у тварини шкірних захворювань, кліщів або стану «охоти». Зменшення тривалості та кількості користувань чесальною установкою нижче нормованого значення може бути ознакою захворювання тварини, її поганого самопочуття, наявності стресу. Для вимірювального контролю вищевказаних параметрів конкретних тварин необхідно здійснювати їх ідентифікацію. На рис. 3.28 наведено запропоновану структурну схему системи радіочастотної ідентифікації нерухомих тварин для чесальної установки [205, 232 - 234].

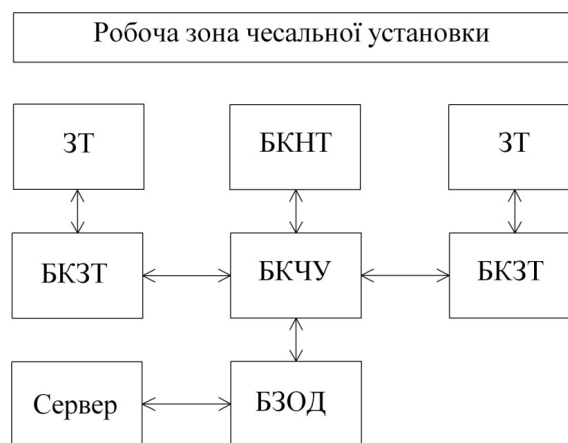


Рисунок 3.28 – Структурна схема системи радіочастотної ідентифікації нерухомих тварин для чесальної установки

До складу такої системи входять два ЗТ середньої або великої відстані. При використанні ЗТ великої відстані допускається будь-який варіант закріплення транспондера на тварині, при використанні ЗТ середньої відстані транспондер може бути закріплений тільки на вусі або нозі тварини. Наявність двох ЗТ необхідна для того, щоб транспондер попадав в робочу зону ЗТ незалежно від по-

ложення тварини та напрямку і шляху її входження в робочу зону чесальної установки. Наявність не ідентифікованої тварини у робочій зоні чесальної установки визначається за допомогою БКНТ. За надходженням сигналу від БКНТ або від ЗТ, БКЧУ формує команду автоматичного увімкнення електродвигуна, який забезпечує обертальний рух щітки протягом усього часу присутності тварини в робочій зоні чесальної установки. При попаданні транспондера в робочу зону одного з ЗТ його код зчитується і передається до БКЗТ, який в свою чергу передає його до БКЧУ. Зчитування коду транспондера може бути здійснено в будь-який момент часового проміжку знаходження тварини в робочій зоні чесальної установки. Після виходу тварини з робочої зони установки, БКЧУ передає код транспондера тварини та інформацію про тривалість її знаходження на установці до БЗОД, який в свою чергу передає цю інформацію до сервера ІВС КППВКМ. Сервером ІВС КППВКМ здійснюється контроль тривалості та кількості користувань чесальною установкою конкретною твариною. У випадку відхилення контрольованих параметрів від норми формується відповідне повідомлення обслуговуючому персоналу ферми, після чого визначена тварина досліджується ветеринаром. Межі допуску кількості та тривалості користування чесальною установкою, для здійснення вимірювального контролю цих параметрів ТПВКМ, встановлюються індивідуально для кожної тварини на основі усереднення результатів багаторазових спостережень, або на основі середніх показників стада.

До чесальних установок висувається ряд специфічних технічних вимог, які полягають в наступному [38, 232]. Щітка чесальної установки повинна однаково обертається в обох напрямках для запобігання загинання ворсу в одному напрямку, що значно підвищує строк її експлуатації. Особлива вимога до чесальних установок – їх безпечність: вони повинні мати блокувальну систему електродвигуна у разі неприпустимого збільшення навантаження, наприклад, якщо хвіст тварини намотався на щітку. Вимірювання параметрів обертального руху щітки, необхідних для обліку часу користування чесальною установкою, реалізації функції аварійного блокування електродвигуна, забезпечення рівномірного обертання щітки в обох напрямках, доцільно реалізувати з використанням ВП параметрів обертального руху, що дозволить спростити конструкцію установки і підвищити її надійність.

У роботах [193, 235] розглянуто фотоелектричний ВП параметрів обертального руху на основі пари фотодіод-операційний підсилювач. Вищевказаний ВП має вал, на який насаджено модулятор, за модулятором знаходиться діафрагма. За діафрагмою знаходиться фотодіод фотоприймача на основі пари фотодіод - операційний підсилювач. Діафрагма має прорізь, форма якої обмежена концентричними колами, центр яких співпадає з центром модулятора, та променями, які починаються в центрі модулятора і кут між якими дорівнює α_D . Модулятор теж має прорізь, форма якої обмежена колом, центр якого співпадає з центром модулятора, та кривою, яка описується радикально-лінійною функцією у полярних координатах з полюсом, який співпадає з центром модулятора. При обертанні щітки, яка спряжена з валом електродвигуна, залежність вихідної напруги фотоприймача від часу в діапазоні значень кута повороту $\varphi \in [0, 2\pi - \alpha_D)$ визначається виразом:

$$U_{CH}(t) = \frac{1}{4} K_{CH} (2\alpha_D \varphi(t) + \alpha_D^2). \quad (3.102)$$

де K_{CH} - постійний коефіцієнт, який залежить від геометричних характеристик прорізи модулятора та параметрів елементної бази фотоприймача; $\varphi(t)$ - залежність кута повороту модулятора відносно діафрагми від часу.

Як слідує з виразу (3.102), миттєве значення кута повороту модулятора фотоелектричного ВП відносно діафрагми визначається співвідношенням

$$\varphi(t) = \frac{4U_{CH}(t) - K_{CH}\alpha_D^2}{2K_{CH}\alpha_D}. \quad (3.103)$$

Кутова швидкість обертання щітки в діапазоні значень кута повороту $\varphi \in [0, 2\pi - \beta)$ визначається як перша похідна кута повороту за часом

$$\omega(t) = \varphi'(t) = \frac{2}{K_{CH}\alpha_D} U'_{CH}(t). \quad (3.104)$$

Для визначення першої похідної вихідної напруги фотоелектричного ВП параметрів обертального руху бажано використовувати дискретне диференціювання з усередненням, тому як чесальна установка працює в умовах високого рівня електромагнітних перешкод. У цьому випадку, миттєве значення кутової швидкості обертання щітки визначається за виразом

$$\omega(t) = \varphi'(t) = \frac{4}{K_{CH}\alpha_D} \cdot \frac{\frac{1}{t_{i+2} - t_{i+1}} \int_{t_{i+1}}^{t_{i+2}} U_{CH}(t) dt - \frac{1}{t_{i+1} - t_i} \int_{t_i}^{t_{i+1}} U_{CH}(t) dt}{t_{i+2} - t_i}, \quad (3.105)$$

де t_i, t_{i+1}, t_{i+2} - моменти часу, які обмежують інтервали усереднення вихідної напруги фотоелектричного ВП параметрів обертального руху.

Розглянемо рис. 3.29, на якому наведено часові діаграми вихідної напруги фотоелектричного ВП параметрів обертального руху та її першої похідної за часом. Як слідує з рис. 3.29 та виразу (3.102), за один оберт щітки формується один імпульс пилкоподібної напруги, який має два фронти. Один із фронтів має більшу тривалість і відповідає повороту модулятора відносно діафрагми на кут $\varphi \in [0, 2\pi - \beta)$. Цей фронт у даному випадку є інформативним і використовується для визначення параметрів обертального руху. Інший фронт має меншу тривалість, відповідає повороту модулятора відносно діафрагми на кут $\varphi \in [2\pi - \beta, 2\pi)$ і для визначення параметрів обертального руху не використовується. Внаслідок того, що кількість імпульсів вихідного сигналу фотоелектричного ВП кута повороту дорівнює кількості обертів щітки, а знак першої похідної переднього фронту цього імпульсу визначає напрямок обертання, алгоритмічно нескладно забезпечити рівномірне обертання щітки в обох напрямках. Для цього, на початку роботи, за допомогою БКЧУ встановлюється довільний напрямок обертання щітки, після чого підраховується певна кількість обертів у цьому напрямку, далі напрямок обертання змінюється на протилежний. Цей процес виконується циклічно на протязі усього часу роботи установки. Шляхом вимірювання суми тривалостей вихідних імпульсів фотоелектричного ВП параметрів обертального руху визначається час, протягом якого тварина використовувала чесальну установку.

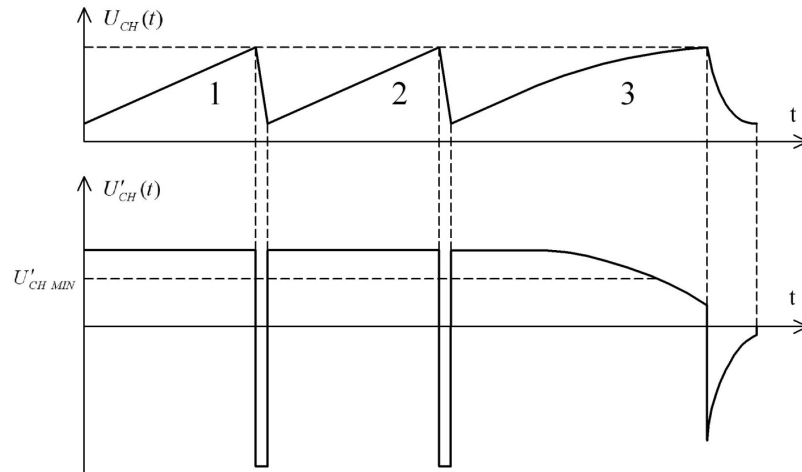


Рис. 3.29 – Часові діаграми вихідної напруги фотоелектричного ВП параметрів обертального руху та її першої похідної за часом

У нормальному режимі роботи електричний двигун чесальної установки працює без суттєвих перевантажень, відповідно $\omega \approx const$. У цьому випадку кут повороту модулятора в часі змінюється лінійно, перша похідна вихідного сигналу фотоелектричного перетворювача має постійне значення (пилкоподібні імпульси 1 та 2 на рис. 3.29). Якщо виникає аварійна ситуація, наприклад на щітку намотується хвіст тварини, кутова швидкість знижується нижче мінімально допустимого значення ω_{MIN} (пилкоподібний імпульс 3 на рис. 3.29). Як слідує з (3.104), значення першої похідної вихідного сигналу фотоелектричного вимірювального перетворювача, яке відповідає ω_{MIN} , визначається виразом

$$U'_{CH\ MIN} = \frac{K_{CH}\alpha_D}{2}\omega_{MIN}. \quad (3.106)$$

У цьому випадку БКЧУ негайно здійснює вимикання живлення електродвигуна та формує аварійний сигнал, на який має відреагувати обслуговуючий персонал тваринницької ферми.

3.11 ВП електропровідності молока з забезпеченням рівномірності електричного поля у міжелектродному проміжку

Для вимірювання електропровідності молока, як правило, використовують вимірювальний міст Уїтстона [236], за допомогою якого визначається опір молока у проміжку між двома електродами. Електроди виготовляють з нержавіючої сталі, вимірювання здійснюється виключно на змінному струмі з метою неможливості поляризації електродів [237, 238]. Якщо електроди мають форму прямокутника довжиною h_E та шириною d_E , а відстань між ними дорівнює l_E , і молоко знаходиться тільки у міжелектродному проміжку, то опір цього молока, з урахуванням (2.75), визначається за виразом

$$r_M = l_E / \chi_M h_E d_E = l_E / \chi_{M0} (1 + \alpha_M \Delta T) h_E d_E. \quad (3.107)$$

Відповідно, електропровідність визначається за виразом

$$g_M = 1/r_M = \chi_{M0} (1 + \alpha_M \Delta T) h_E d_E / l_E. \quad (3.108)$$

Як слідує з виразу (3.108), питома електропровідність цієї порції молока при контрольній температурі T_{KM} , визначається за виразом

$$\chi_{M0} = \frac{g_M l_E}{(1 + \alpha_M (T_{PM} - T_{KM})) h_E d_E}. \quad (3.109)$$

Прямокутні пластини електродів утворюють паразитний конденсатор, ємність якого визначається за виразом

$$C_{CM} = \varepsilon_0 \varepsilon_M h_E d_E / l_E, \quad (3.110)$$

де ε_0 - діелектрична проникність вакууму; ε_M - діелектрична проникність молока.

Таким чином, для змінного струму, еквівалентна схема електродної системи з молоком у міжелектродному просторі, являє собою активний опір r_M , який паралельно з'єднаний з ємнісним реактивним опором X_{CM} , який визначається виразом

$$X_{CM} = 1/2\pi f_{CM} C_{CM}, \quad (3.111)$$

де f_{CM} - частота синусоїдального струму, який протікає через електродну систему.

Для мінімізації впливу паразитної ємнісної на результат вимірювання, ємнісний реактивний опір електродної системи повинен бути значно більшим, ніж максимальне значення опору молока. Таким чином, конструктивні параметри електродів повинні бути такими, щоб забезпечувалося виконання співвідношення

$$2\pi f_{CM} C_{CM} \ll r_M. \quad (3.112)$$

Похибка вимірювання електропровідності в певних випадках може збільшуватися внаслідок нерівномірності електричного поля. Розглянемо рис. 3.30, на якому наведені силові лінії електричного поля у міжелектродному просторі в молокоприймальній камері доїльного апарата, коли рівень молока співпадає з верхньою границею електродної системи (рис. 3.30, а), та коли рівень молока вищий верхньої границі електродної системи (рис. 3.30, б).

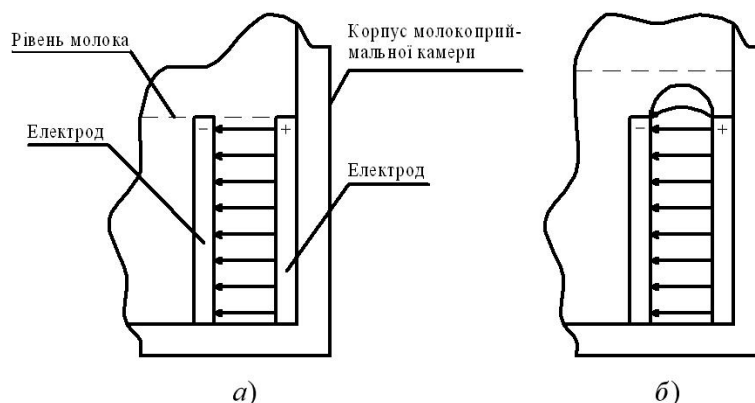


Рис. 3.30 – Силові лінії електричного поля у міжелектродному проміжку; а - рівень молока співпадає з верхньою границею електродної системи; б - рівень молока вищий верхньої границі електродної системи

Як слідує з рис. 3.30, а, при співпаданні рівня молока з верхньою границею електродної системи, електричне поле у міжелектродному просторі має практично

рівномірний характер. Внаслідок того, що повітря має у багато разів меншу електропровідність, ніж молоко, його впливом на похибку вимірювання електропровідності можна знехтувати. При перевищенні рівнем молока верхньої границі електродної системи (рис. 3.30, б), у верхньому шарі молока виникає нерівномірність електричного поля, що є причиною збільшення похибки вимірювання електропровідності. У лабораторних засобах вимірювання електропровідності об'єм досліджуваної порції рідини є постійною величиною. Для компенсації складової похибки вимірювання, яка зумовлена нерівномірністю електричного поля, електродну систему калібрують за зразковими розчинами хлористого кальцію, що при вимірюванні електропровідності молока протягом доїння у молокоприймальній камері зробити неможливо.

Для запобігання виникнення складової похибки вимірювання електропровідності молока, яка зумовлена нерівномірністю електричного поля, пропонується наступне технічне рішення. Розглянемо рис. 3.31, на якому наведено схематичне креслення молокоприймальної камери доїльного апарата з фотоелектричним ВП рівня молока та електродною системою для вимірювання електропровідності. У молокоприймальній камері знаходиться відсік, у якому розташовані два електроди прямокутної форми довжиною h_E , а у нижній частині розташований давач температури. У нижній частині зовнішньої стінки відсіку знаходиться щілина висотою h_{SC} .

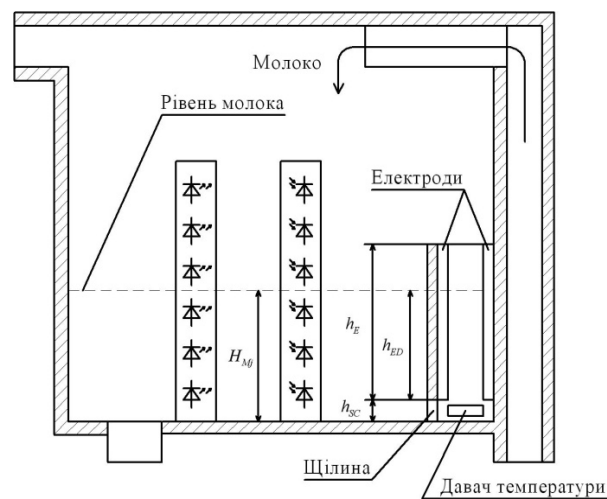


Рис. 3.31 – Схематичне креслення молокоприймальної камери доїльного апарата з фотоелектричним ВП рівня молока та електродною системою для вимірювання електропровідності

Завдяки наявності щілини, молокоприймальна камера та відсік утворюють сполучені сосуди. Відповідно, рівень молока у молокоприймальній камері та відсіку завжди однаковий. Вимірювання електропровідності молока та температури здійснюється у моменти часу, коли рівень молока визначається співвідношенням

$$H_{Mf} \leq h_E + h_{SC}. \quad (3.113)$$

Еквівалентна довжина електродів, як слідує з рис. 3.31, визначається за виразом

$$h_{ED} = H_{Mj} - h_{SC}. \quad (3.114)$$

Підставивши (3.113) до (3.109), отримуємо вираз для питомої електропровідності порції молока при контрольній температурі у міжелектродному проміжку, яка має рівень H_{Mj}

$$\chi_{M0} = \frac{g_M l_E}{(1 + \alpha_M (T_{PM} - T_{KM})) (H_{Mj} - h_{SC}) d_E}. \quad (3.115)$$

У розглянутій конструкції наявний шар молока товщиною h_{SC} , який знаходиться між дном молокоприймальної камери та нижньою границею електродної системи. При виконанні умови $H_{Mj} \gg h_{SC}$, нерівномірність електричного поля, яка зумовлена наявністю цього шару, суттєво не впливає на похибку вимірювання електропровідності. Давач температури необхідно розташовувати у нижній частині відсіку для того, щоб його час відгуку був менший, ніж час, за який рівень молока у молокоприймальній камері досягне значення H_{Mj} . При використанні запропонованої конструкції мінімізується значення складової похибки вимірювання електропровідності, яка зумовлена нерівномірністю електричного поля, при рівні молока більшому, ніж рівень верхньої границі електродної системи. Слід відзначити, що у відповідності з [45], при використанні традиційних електродних систем, на початку та в кінці доїння, внаслідок малого потоку молока та його спінювання, може виникнути неповне покриття електродів, що призводить до збільшення похибки. При використанні розглянутої конструкції молокоприймальної камери з ВП рівня молока та запропонованою конструкцією електродної системи, виникнення такої події неможливе.

У відповідності з [43], зниження питомої електропровідності молока при контрольній температурі нижче певного рівня може свідчити про наявність у ньому води. Відповідно, вимірювальний контроль електропровідності молока дозволяє виявити факти фальсифікації молока водою. Як слідує з виразу (3.109), при використанні прямокутних електродів, миттєве значення питомої електропровідності молока при контрольній температурі T_{KM} в момент часу t_i визначається виразом

$$\chi_{M0 i} = \frac{g_M l_E}{(1 + \alpha_M (T_{PM i} - T_{KM})) h_E d_E}. \quad (3.116)$$

Для вимірювального контролю питомої електропровідності молока при контрольній температурі, на основі результатів вимірювання $\chi_{M0 i}$, визначається її середнє за час доїння значення. Методика визначення середнього значення питомої електропровідності молока за час доїння з використанням кусочно-лінійної інтерполяції результатів вимірювання її залежності від часу розглянута у підрозділі 2.4.

Розглянемо рис. 3.32, на якому наведено функціональну схему засобу вимірювального контролю середнього, за час доїння, значення питомої електропровідності молока при контрольній температурі. У наведеній схемі

вимірювальний міст Уїтстона складається з джерела опорної синусоїдальної напруги з стабільною амплітудою E_C , високоточних термостабільних резисторів у плечах моста з електропровідністю g_1 , g_2 та g_3 , пари електродів, між якими знаходиться молоко з електропровідністю g_M .

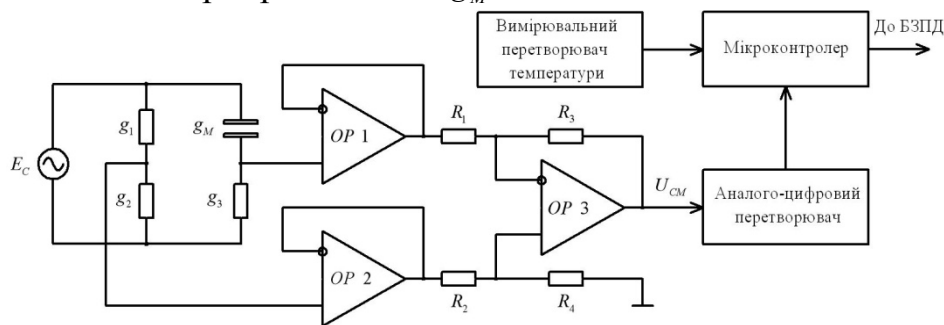


Рис. 3.32 – Функціональна схема засобу вимірювання та контролю середнього, за час доїння, значення питомої електропровідності молока при контрольній температурі

На основі операційних підсилювачів $OP 1 - OP 3$ та резисторів $R_1 - R_4$ реалізовано вимірювальний підсилювач [239, 240], який забезпечує підсилення вихідного диференційного сигналу моста. Окрім цього, вимірювальний підсилювач забезпечує високий вхідний опір для мінімізації впливу підсилювача на джерело вимірювального сигналу. Миттєве значення вихідної напруги вимірювального підсилювача U_{CM} перетворюється у цифровий код $U_{CM i}$ за допомогою АЦП, одночасно, за допомогою відповідного вимірювального каналу, отримується код миттєвого значення поточної температури молока $T_{PM i}$. Отримані коди передаються до мікроконтролера, виміряне миттєве значення електропровідності молока $g_{M i}$ визначається виразом

$$g_{M i} = \frac{E_C K_{VP} g_1 g_3 - U_{CM i} g_3 (g_1 + g_2)}{U_{CM i} (g_1 + g_2) + g_2 E_C K_{VP}}, \quad (3.117)$$

де K_{VP} - коефіцієнт передачі вимірювального підсилювача.

Підставивши вираз (3.117) до (3.116), отримуємо співвідношення, яке зв'язує виміряне миттєве значення питомої електропровідності молока при контрольній температурі з $U_{CM i}$ та $T_{PM i}$

$$\chi_{M 0 i} = \frac{(E_C K_{VP} g_1 g_3 - U_{CM i} g_3 (g_1 + g_2)) l_E}{(U_{CM i} (g_1 + g_2) + g_2 E_C K_{VP}) (1 + \alpha_M (T_{PM i} - T_{KM})) h_E d_E}. \quad (3.118)$$

За виразом (2.77) визначається середнє, за час доїння, значення питомої електропровідності молока при контрольній температурі та здійснюється його вимірювальний контроль.

3.12 Висновки до розділу

1. Запропоновано систему радіочастотної ідентифікації рухомих тварин з двоконтурною ортогональною антеною для групових доїльних установок. В результаті впровадження двоконтурної антени значно зменшується кількість помилок ідентифікації тварин, внаслідок чого збільшується достовірність вимірювального контролю параметрів ТПВКМ.

2. Створено метод та систему радіочастотної ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки, за допомогою якої ідентифікація здійснюється автоматично, з мінімальною участю дояра, забезпечується алгоритм актуалізації бази даних тварин в автоматизованому режимі, забезпечується примусове виконання доярем регламенту роботи. Внаслідок впровадження такої системи підвищує ефективність роботи доїльно-молочного відділення тваринницької ферми.

3. Для виявлення помилок радіочастотної ідентифікації рухомих тварин на групових доїльних установках запропоновано метод та засіб контролю проходження тварини з використанням оптимальної лінійної фільтрації вихідного сигналу сенсора наявності об'єкта з метою підрахунку тварин у потоці. Внаслідок впровадження цього засобу забезпечується підвищення точності підрахунку тварин. В результаті збільшується кількість виявлених помилок ідентифікації та підвищується достовірність контролю параметрів ТПВКМ на групових доїльних установках.

4. Запропоновано функцію, за допомогою якої забезпечується інтерполяція спектральної характеристики будь-яких фотодіодів. Проведено удосконалення існуючої математичної моделі фотоелектричного вимірювального перетворення площа-напруга та фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач шляхом урахування характеру спектральної характеристики фотодіоду з використанням запропонованої інтерполюючої функції.

5. Розроблено фотоелектричний ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата, принцип дії якого заснований на фотоелектричному вимірювальному перетворенні площа-напруга. За його допомогою забезпечується визначення параметрів молоковіддачі з більш високою точністю, ніж при використанні інших існуючих ВП цих параметрів.

6. Розроблено ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ, та фотоелектричний ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом. Вищевказані ВП призначені для використання на стійлових доїльних установках у складі переносних доїльних апаратів, та забезпечують необхідну точність вимірювального перетворення для цих умов. На функціонування ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ не впливає забрудненість молокоприймальної камери, але він має рухомі частини, що зменшує надійність його роботи. Фотоелектричний ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом рухомих частин не має, але на його функціонування може впливати забрудненість молокоприймальної камери.

7. Розроблено лічильник для високоточного підрахунку порцій молока, сформованих дозатором, на стійлових доїльних установках. У вищевказаному лічильнику використана оптимальна лінійна фільтрація вихідного сигналу давача проходження порції, що дозволило збільшити точність підрахунку порцій та достовірність вимірювального контролю удою, який отриманий кожним доярем на стійлових доїльних установках.

8. Розроблено лічильники порцій молока, сформованих дозатором на стійлових доїльних установках, з функцією виявлення вмісту води у молоці. Принцип їх дії заснований на вимірювальному контролі вихідної напруги фотоприймача на основі пари фотодіод - операційний підсилювач при перериванні потоку інфрачервоного випромінювання під час проходження порції.

9. Розроблено фотоелектричний ВП миттєвої інтенсивності молоковіддачі, за допомогою якого, шляхом непрямих вимірювань, на основі прямого вимірювання миттєвої інтенсивності молоковіддачі, визначаються інші параметри молоковіддачі та забезпечується управління процесом доїння. Запропонований ВП миттєвої інтенсивності молоковіддачі призначений для використання у доїльних установках низької цінової категорії.

10. Запропоновано метод контролю параметрів користування чесальною установкою та розроблено технічні засоби для його реалізації. Створення вищевказаних технічних засобів дозволило здійснювати вимірювальний контроль параметрів користування чесальною установкою для виявлення тварин з зниженою активністю та підозрою на наявність шкірних захворювань і кліщів.

11. Удосконалено метод вимірювального контролю електропровідності молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з метою виявлення захворюваності тварин на мастит та виявлення фактів фальсифікації молока водою. Удосконалення полягає в такому конструктивному виконанні електродної системи, при якому усувається складова похибки вимірювання електропровідності, що зумовлена нерівномірністю електричного поля в міжелектродному проміжку.

4 АНАЛІЗ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ ТА ДОСТОВІРНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТПВКМ

4.1 Достовірність вимірювального контролю тривалості роботи доїльних установок та доярів

Помилки вимірювального контролю та загальна імовірність прийняття помилкового рішення визначаються таким чином [241 - 244]. Помилка першого роду або «хибна тривога», є імовірністю того, що коли контрольований параметр відповідає нормі, результатом контролю буде інформація про те, що параметр не відповідає нормі. Помилка першого роду, у загальному вигляді, визначається за виразом

$$\alpha_K = \int_{-k_a \Delta_K}^{\Delta_K} \left(\int_{-\infty}^{\bar{X}_2 - y} p(y, \Delta) d\Delta + \int_{\bar{X}_1 - y}^{\infty} p(y, \Delta) d\Delta \right) dy, \quad (4.1)$$

де Δ – похибка вимірювання; y – центроване значення контрольованого параметра; $p(y, \Delta)$ – сумісна щільність імовірності центрованого значення контрольованого параметра y та похибки вимірювання Δ ; Δ_K – допустиме відхилення контрольованого параметра; k_a – коефіцієнт асиметрії полів допуску; \bar{X}_1 та \bar{X}_2 – параметри, які визначаються співвідношеннями

$$\bar{X}_1 = \Delta_K + \bar{c}_2'' - \bar{c}_1, \quad (4.2)$$

$$\bar{X}_2 = -k_a \Delta_K - \bar{c}_2' - \bar{c}_1, \quad (4.3)$$

де \bar{c}_1 – математичне очікування похибки вимірювання, систематична похибка; \bar{c}_2' , \bar{c}_2'' – контрольні прирости полів допуску відповідно за нижньою та верхньою межами допуску.

Центроване значення контрольованого параметра визначається за виразом

$$y = y' - \bar{y}', \quad (4.4)$$

де y' – контрольований параметр; \bar{y}' – номінальне значення контрольованого параметра, його математичне очікування.

Сумісна двовимірна щільність імовірності двох безперервних випадкових величин за умови їх незалежності, у відповідності з [245], дорівнює добутку функцій розподілу окремих величин, що входять до системи, тобто

$$p(y, \Delta) = p(\Delta) \cdot p(y). \quad (4.5)$$

Помилка другого роду або «пропуск сигналу», є імовірністю того, що коли контрольований параметр не відповідає нормі, результатом вимірювального контролю буде інформація про те, що параметр відповідає нормі. Помилка другого роду, у загальному вигляді, визначається за виразом

$$\beta_K = \int_{-\infty}^{-k_a \Delta_K} \int_{\bar{X}_2 - y}^{\bar{X}_1 - y} p(y, \Delta) d\Delta dy + \int_{\Delta_K}^{\infty} \int_{\bar{X}_2 - y}^{\bar{X}_1 - y} p(y, \Delta) d\Delta dy. \quad (4.6)$$

Загальна імовірність прийняття помилкового рішення при вимірювальному контролі визначається виразом

$$P_0 = \alpha_K + \beta_K. \quad (4.7)$$

Тривалість роботи доїльної установки є важливим параметром ТПВКМ, який характеризує відповідність стада або групи тварин селекційним та зоотехнічним вимогам, також цей параметр характеризує якість виконання доярками своїх обов'язків [2, 205, 246]. Значення тривалості роботи будь-якої доїльної установки залежить від великої кількості факторів, до яких відноситься кваліфікація та відповідальність доярів, тип доїльної установки та її структура, наявність та кількість тугодійних тварин, породні особливості тварин, величина разового удою, період доби, у який здійснюється доїння, інші фактори, серед яких неможливо виділити домінуючий. На основі результатів, отриманих у другому розділі, та першої граничної теореми [137], можна вважати, що розподіл центрованого значення тривалості роботи будь-якої доїльної установки є нормальним з нульовим математичним очікуванням

$$p(\tilde{T}_U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{\tilde{T}_U}} \exp\left(-\frac{\tilde{T}_U^2}{2\sigma_{\tilde{T}_U}^2}\right), \quad (4.8)$$

де \tilde{T}_U – центроване значення тривалості роботи доїльної установки; $\sigma_{\tilde{T}_U}$ – СКВ тривалості роботи доїльної установки.

Центроване значення тривалості роботи доїльної установки визначається за виразом

$$\tilde{T}_U = T_U - T_{U\text{ NOM}}, \quad (4.9)$$

де $T_{U\text{ NOM}}$ – номінальне значення тривалості роботи доїльної установки.

Номінальне значення тривалості роботи доїльної установки є математичним очікуванням цього параметра. Для стійлової доїльної установки номінальне значення тривалості роботи визначається за виразами (2.150) та (2.152), для групових доїльних установок – за виразами (2.164) та (2.166), для доїльної установки з паралельно-прохідними станками – за виразами (2.173) та (2.175), для доїльної установки «Тандем» – за виразами (2.182) та (2.184), для конвеєрної доїльної установки – за виразом (2.189). Для будь-якої доїльної установки, за відсутності необхідних статистичних даних, приблизно визначити номінальне значення тривалості роботи можна за виразом

$$T_{U\text{ NOM}} = K_T \cdot P_U, \quad (4.10)$$

де P_U – значення номінальної продуктивності доїльної установки, яке вказується у технічній документації та визначає номінальну кількість тварин, яку можна видіти в одиницю часу.

Вимірювання тривалості роботи доїльної установки здійснюється при наявності ІВС КППВКМ за допомогою системного таймера сервера системи. Процес доїння на стійловій доїльній установці починається у момент початку підготовки до доїння першої тварини, закінчується цей процес у момент закінчення доїння останньої тварини. На конвеєрній установці процес доїння починається у момент входу першої тварини стада у доїльний станок, закінчується цей процес у момент виходу останньої тварини стада з доїльного станка. На доїльній установці з паралельно-прохідними станками та установці «Тандем» процес доїння починається у момент входу першої тварини стада у

доїльний станок, а закінчується у момент виходу останньої тварини стада зі станка. На групових доїльних установках процес доїння починається у момент початку входження першої групи тварин стада на сторону доїльної установки, закінчується цей процес у момент виходу з сторони установки останньої тварини стада. Вищевказані моменти початку та закінчення роботи установок не синхронізовані з сервером ІВС КППВКМ, вони фіксуються оператором у ручному режимі, або програмним забезпеченням сервера в автоматичному режимі. Виходячи з цього, вимірювання часу роботи доїльних установок відбувається з відносно високою похибкою, яка залежить від великої кількості факторів, серед яких неможливо виділити домінуючий. Таким чином, враховуючи першу граничну теорему [137], є підстави припустити, що розподіл похибки вимірювання тривалості роботи доїльної установки є нормальним з нульовим математичним очікуванням та визначається виразом

$$p(\Delta_{T_U}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{T_U}} \exp\left(-\frac{\Delta_{T_U}^2}{2\sigma_{T_U}^2}\right), \quad (4.11)$$

де Δ_{T_U} – абсолютна похибка вимірювання тривалості роботи доїльної установки; σ_{T_U} – СКВ абсолютної похибки вимірювання тривалості роботи доїльної установки.

Тривалість роботи доїльної установки та абсолютна похибка вимірювання тривалості роботи доїльної установки є некорельованими випадковими величинами. Виходячи з цього, підставивши (4.11) та (4.8) в (4.5), отримуємо сумісну двовимірну функцію розподілу контрольованого параметра та похибки його вимірювання

$$p(\Delta_{T_U}, \tilde{T}_U) = \frac{1}{2\pi\sigma_{\tilde{T}_U}\sigma_{T_U}} \exp\left(-\frac{\Delta_{T_U}^2}{2\sigma_{T_U}^2} - \frac{\tilde{T}_U^2}{2\sigma_{\tilde{T}_U}^2}\right). \quad (4.12)$$

Підставивши (4.12) в (4.1) та (4.6) та прийнявши, що коефіцієнт асиметрії полів допуску дорівнює одиниці, а абсолютна систематична похибка вимірювання тривалості роботи установки та контрольні прирости меж допуску дорівнюють нулю, отримуємо вирази для визначення помилки першого та другого роду при вимірювальному контролі тривалості роботи доїльних установок

$$\alpha_{K T_U} = \frac{1}{2\pi\sigma_{\tilde{T}_U}\sigma_{T_U}} \int_{-\Delta_K}^{\Delta_K} \left(\int_{-\infty}^{-\Delta_K - \tilde{T}_U} \exp\left(-\frac{\Delta_{T_U}^2}{2\sigma_{T_U}^2} - \frac{\tilde{T}_U^2}{2\sigma_{\tilde{T}_U}^2}\right) d\Delta_{T_U} + \int_{\Delta_K - \tilde{T}_U}^{\infty} \exp\left(-\frac{\Delta_{T_U}^2}{2\sigma_{T_U}^2} - \frac{\tilde{T}_U^2}{2\sigma_{\tilde{T}_U}^2}\right) d\Delta_{T_U} \right) d\tilde{T}_U; \quad (4.13)$$

$$\beta_{K T_U} = \frac{1}{2\pi\sigma_{\tilde{T}_U}\sigma_{T_U}} \left(\int_{-\infty}^{-\Delta_K} \int_{-\Delta_K - \tilde{T}_U}^{\Delta_K - \tilde{T}_U} \exp\left(-\frac{\Delta_{T_U}^2}{2\sigma_{T_U}^2} - \frac{\tilde{T}_U^2}{2\sigma_{\tilde{T}_U}^2}\right) d\Delta_{T_U} d\tilde{T}_U + \int_{\Delta_K}^{\infty} \int_{-\Delta_K - \tilde{T}_U}^{\Delta_K - \tilde{T}_U} \exp\left(-\frac{\Delta_{T_U}^2}{2\sigma_{T_U}^2} - \frac{\tilde{T}_U^2}{2\sigma_{\tilde{T}_U}^2}\right) d\Delta_{T_U} d\tilde{T}_U \right), \quad (4.14)$$

Функція розподілу тривалості роботи будь-якої доїльної установки, як вказано вище, є нормальною. Для визначення допустимого відхилення тривалості роботи доїльних установок можна використати інтервал, значення якого дорівнює трьом СКВ, тобто, пропонується допустиме відхилення визначати за виразом

$$\Delta_K = 3\sqrt{D_U} = 3\sigma_{\tilde{T}_U}, \quad (4.15)$$

де D_U - дисперсія тривалості роботи доїльної установки.

На основі розглянутого у підрозділі 2.6 методу статистичного оцінювання, знайдемо співвідношення, які визначають допустиме відхилення тривалості роботи різних типів доїльних установок при використанні різних доїльних апаратів.

Вираз, який визначає допустиме відхилення тривалості роботи стійлової доїльної установки при використанні доїльних апаратів без функції керування процесом доїння, отримуємо, підставивши (2.151) в (4.15)

$$\Delta_{K_{SN}} = 3 \cdot \sqrt{2R_S k_{PD} + \frac{N_S}{Z_S} m_{DN}^2 (l_{DN} + 1)}. \quad (4.16)$$

Підставивши (2.153) в (4.15), отримуємо вираз, що визначає допустиме відхилення тривалості роботи стійлової установки при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння

$$\Delta_{K_{SC}} = 3 \cdot \sqrt{2R_S k_{PD} + \frac{N_S}{Z_S} m_{DK}^2 (l_{DK} + 1)}. \quad (4.17)$$

Підставивши (2.167) в (4.15) отримуємо вираз для допустимого відхилення тривалості роботи групових доїльних установок типу «Паралель» та «Ялинка», при використанні доїльних апаратів без функції керування процесом доїння

$$\Delta_{K_{GN}} = 3 \cdot \sqrt{K_{GD} (D_{IN} + D_{OUT} + 2Z_D k_{PD} + m_{DN}^2 (l_{DN} + 1)) + D_{INO} + D_{OUTO} + 2K_{NGD} k_{PD} + m_{DN}^2 (l_{DN} + 1)}. \quad (4.18)$$

Підставивши (2.165) в (4.15), отримуємо вираз для допустимого відхилення тривалості роботи групових доїльних установок типу «Паралель» та «Ялинка», при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння

$$\Delta_{K_{GC}} = 3 \cdot \sqrt{K_{GD} (D_{IN} + D_{OUT} + 2Z_D k_{PD} + m_{DK}^2 (l_{DK} + 1)) + D_{INO} + D_{OUTO} + 2K_{NGD} k_{PD} + m_{DK}^2 (l_{DK} + 1)}. \quad (4.19)$$

Підставивши (2.176) в (4.15), отримуємо співвідношення, яке визначає допустиме відхилення тривалості роботи доїльної установки з паралельно-прохідними станками, при використанні доїльних апаратів без функції керування процесом доїння

$$\Delta_{K_{PN}} = \begin{cases} 3 \cdot \sqrt{\frac{K_V}{2} (D_{IN} + D_{OUT} + m_{DN}^2 (l_{DN} + 1)) + 2k_{PD} \left(\frac{K_V}{2} + 1\right)}, \left\{\frac{K_V}{2}\right\} = 0; \\ 3 \cdot \sqrt{\frac{K_V}{2} (D_{IN} + 2k_{PD} + D_{OUT} + m_{DN}^2 (l_{DN} + 1))}, \left\{\frac{K_V}{2}\right\} \neq 0. \end{cases} \quad (4.20)$$

Підставивши (2.174) до (4.15), отримуємо вираз для допустимого відхилення тривалості роботи доїльної установки з паралельно-прохідними станками, при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння

$$\Delta_{K_{PC}} = \begin{cases} 3 \cdot \sqrt{\frac{K_V}{2} (D_{IN} + D_{OUT} + m_{DK}^2 (l_{DK} + 1)) + 2k_{PD} \left(\frac{K_V}{2} + 1\right)}, \left\{\frac{K_V}{2}\right\} = 0; \\ 3 \cdot \sqrt{\frac{K_V}{2} (D_{IN} + 2k_{PD} + D_{OUT} + m_{DK}^2 (l_{DK} + 1))}, \left\{\frac{K_V}{2}\right\} \neq 0. \end{cases} \quad (4.21)$$

Підставивши (2.183) в (4.15), отримуємо співвідношення, яке визначає допустиме відхилення тривалості роботи доїльної установки «Гандем» при використанні доїльних апаратів без функції керування процесом доїння

$$\Delta_{K_{TN}} = \begin{cases} 3 \cdot \sqrt{\left(\frac{K_V}{Z_D}\right)(D_{IN} + m_{DN}^2(l_{DN} + 1) + D_{OUT}) + 2k_{PD}\left(\frac{K_V}{Z_D} + Z_S - 1\right)}, \left\{\frac{K_V}{2}\right\} = 0; \\ 3 \cdot \sqrt{\left(\left[\frac{K_V}{Z_D}\right] + Z_D\right)(D_{IN} + m_{DN}^2(l_{DN} + 1) + D_{OUT}) + 2k_{PD}\left(\left[\frac{K_V}{Z_D}\right] - 1 + Z_D\left(2 - \left\{\frac{K_V}{Z_D}\right\}\right)\right)}, \left\{\frac{K_V}{2}\right\} \neq 0. \end{cases} \quad (4.22)$$

Підставивши (2.185) в (4.15), отримуємо співвідношення, яке визначає допустиме відхилення тривалості роботи доїльної установки «Тандем» при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння

$$\Delta_{K_{TC}} = \begin{cases} 3 \cdot \sqrt{\left(\frac{K_V}{Z_D}\right)(D_{IN} + m_{DK}^2(l_{DK} + 1) + D_{OUT}) + 2k_{PD}\left(\frac{K_V}{Z_D} + Z_S - 1\right)}, \left\{\frac{K_V}{2}\right\} = 0; \\ 3 \cdot \sqrt{\left(\left[\frac{K_V}{Z_D}\right] + Z_D\right)(D_{IN} + m_{DK}^2(l_{DK} + 1) + D_{OUT}) + 2k_{PD}\left(\left[\frac{K_V}{Z_D}\right] - 1 + Z_D\left(2 - \left\{\frac{K_V}{Z_D}\right\}\right)\right)}, \left\{\frac{K_V}{2}\right\} \neq 0. \end{cases} \quad (4.23)$$

Підставивши (2.190) в (4.15), визначаємо допустиме відхилення контрольованої тривалості роботи конвеєрної установки при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння

$$\Delta_{K_{DC}} = 3 \cdot \sqrt{2k_{PD} + m_{DK}^2(l_{DK} + 1) + D_{OUT} + D_{IN}K_T}. \quad (4.24)$$

За наявності чисельного значення допустимого відхилення тривалості роботи доїльних установок, помилки першого і другого роду визначаються за виразами (4.13) та (4.14) для усіх типів установок за допомогою чисельних методів.

На стійлових доїльних установках, на групових доїльних установках, на доїльних установках з паралельно-прохідними станками, та на доїльній установці «Тандем», дояри працюють паралельно, і відповідно, обслуговують приблизно однакову кількість тварин. Виходячи з цього, розглянутий у підрозділі 2.6 метод статистичного оцінювання тривалості роботи вищевказаних доїльних установок може бути використаний для статистичного оцінювання тривалості роботи окремих доярів. Відповідно, наведені у поточному підрозділі співвідношення (4.16) – (4.24) можуть бути використані для визначення допустимого відхилення тривалості роботи не тільки доїльних установок, а і окремих доярів. Слід відзначити, що дисперсія тривалості роботи доїльних установок, яка необхідна для визначення допустимого відхилення за виразом (4.15), також може бути розрахована за наявності відповідних експериментальних даних.

У додатку А наведено лістинг програми розрахунку помилок першого і другого роду, та загальної імовірності прийняття помилкового рішення у пакеті прикладних програм Maple 17 [247]. Як наведено у підрозділі 2.6, у ДП «Артеміда», м. Калинівка, Калинівського району Вінницької області (Україна), проводилися експериментальні дослідження тривалості роботи групової доїльної установки «Ялинка», яка має структуру 2×8 (одна доїльна траншея, два дояри, кожен дояр обслуговує вісім доїльних станків). Доїльні станки цієї установки обладнані БЗПД «Bigmilk» виробництва ТДВ «Брацлав», які забезпечують функцію керування процесом доїння, досліджуване стадо складалося з 411 тварин. Для вищевказаної групової доїльної установки, в результаті теоретичного розрахунку за виразами (2.165) та (4.19), допустиме відхилення тривалості роботи складає $\Delta_{K_{GC}} = 1073$ с.

На рис. 4.1 наведено графіки отриманих за допомогою вищевказаної програми залежностей помилок першого і другого роду, та загальної імовірності прийняття помилкового рішення, від СКВ абсолютної похибки вимірювання тривалості роботи досліджуваної групової доїльної установки.

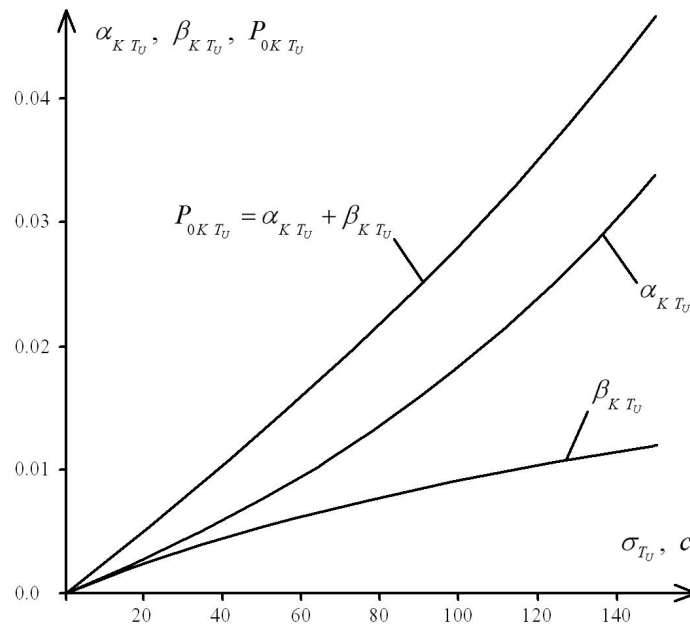


Рисунок 4.1 – Залежності помилок першого і другого роду, та загальної імовірності прийняття помилкового рішення, від СКВ абсолютної похибки вимірювання тривалості роботи групової доїльної установки, при вимірювальному контролі цього параметра

Як слідує з рис. 4.1, достовірність вимірювального контролю тривалості роботи доїльних установок відносно низька, її значення суттєво знижується із збільшенням СКВ абсолютної похибки вимірювання цього параметра. Низьке значення достовірності зумовлено тим, що у теперішній час не здійснюється високоточне вимірювання тривалості роботи доїльних установок. В реальних умовах, достовірність вимірювального контролю вищевказаного параметра буде мати ще більш низьке значення, тому як його границі допуску визначаються на основі статистичних характеристик випадкових величин. Виходячи з цього, для збільшення достовірності вимірювального контролю тривалості роботи доїльних установок необхідне впровадження високоточних ЗВ цього параметра.

4.2 Достовірність вимірювального контролю параметрів ТПВКМ при використанні фотоелектричного ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата

При використанні у молокоприймальній камері доїльного апарата фотоелектричного ВП, який розглянуто у підрозділі 3.6, визначення рівня здійснюється за виразом (3.83), який можна представити у вигляді

$$H_M = mL - \frac{U_{FI\ m} \pm \Delta_{U_F}}{IS_{I_0}(\lambda)R_{ZZ}D} = mL - \frac{U_{FI\ m}}{IS_{I_0}(\lambda)R_{ZZ}D} \pm \frac{\Delta_{U_F}}{IS_{I_0}(\lambda)R_{ZZ}D}, \quad (4.25)$$

де $U_{FI\ m}$ - істинне значення вихідної напруги m -го фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач, діафрагма якого частково закрити молоком; Δ_{U_F} - максимальне значення абсолютної похибки вимірювання вихідної напруги m -го фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач.

Як випливає з виразу (4.25), максимальне значення абсолютної похибки вимірювання рівня молока визначається співвідношенням

$$\Delta_{H_M} = \frac{\Delta_{U_F}}{IS_{I_0}(\lambda)R_{ZZ}D}. \quad (4.26)$$

Абсолютна похибка вимірювання вихідної напруги m -го фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач Δ_{U_F} має такі незалежні складові. Перша складова похибки Δ_{U_F} являє собою похибку квантування АЦП Δ_{KV} , максимальне значення цієї складової, у відповідності з [216, 248 - 251], визначається виразом

$$\Delta_{KV} = \frac{U_{REF}}{2 \cdot (2^n - 1)}, \quad (4.27)$$

де U_{REF} - опорна напруга АЦП; n - розрядність АЦП.

Ця складова має нульове математичне очікування, розподілена рівномірно, її СКВ визначається виразом

$$\sigma_{KV} = \frac{U_{REF}}{2\sqrt{3}(2^n - 1)}. \quad (4.28)$$

Друга складова похибки вимірювання вихідної напруги фотоприймача Δ_{U_F} - похибка встановлення Δ_{VS} , зумовлена відхиленням від вертикального положення молокоприймальної камери доїльного апарата при його встановленні, коливаннями поверхні молока, наявністю крапель та піни, вібраціями, які виникають при роботі доїльного обладнання, іншими випадковими факторами. Значення цієї складової залежить від великої кількості факторів, серед яких неможливо виділити домінуючий. Виходячи з цього, можна припустити, що ця складова розподілена за нормальною функцією розподілу з нульовим математичним очікуванням та має СКВ σ_{VS} .

Внаслідок того, що коефіцієнт передачі та вхідний опір операційного підсилювача мають кінцеві значення, а падіння напруги на фотодіоді, напруга зміщення нуля, різниця вхідних струмів операційного підсилювача, напруга шуму на виході фотоприймача, шумовий струм резистора в колі зворотного зв'язку, шумовий струм фотодіода, шумовий струм та шумова напруга операційного підсилювача відрізняються від нуля, виникає складова Δ_{MF} , яка зумовлена недосконалістю елементної бази. Максимальне значення цієї складової, при використанні джерела світла з немодульованим випромінюванням, як випливає з (3.71), визначається виразом

$$\Delta_{MF} = \frac{I_S R_{ZZ} \left(\exp\left(\frac{e_e U_{VD}}{k_b T}\right) - 1 \right)}{1 + \frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0 R_{IN}}} + \Delta I R_{ZZ} + U_{SM} + U_N. \quad (4.29)$$

Враховуючи, що ця складова залежить від багатьох факторів, серед яких неможливо виділити домінуючий, можна припустити, що вона розподілена за нормальною функцією розподілу з нульовим математичним очікуванням та має СКВ σ_{MF} .

Виходячи з вищевказаного, абсолютна похибка вимірювання вихідної напруги m -го фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач визначається за виразом

$$\Delta_{U_F} = \Delta_{KV} + \Delta_{VS} + \Delta_{MF} = \frac{U_{REF}}{2 \cdot (2^n - 1)} + \Delta_{VS} + \frac{I_S R_{ZZ} \left(\exp\left(\frac{e_e U_{VD}}{k_b T}\right) - 1 \right)}{1 + \frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0 R_{IN}}} + \Delta I R_{ZZ} + U_{SM} + U_N. \quad (4.30)$$

Підставивши (4.30) в (4.26), отримуємо вираз для максимального значення Δ_{H_M} абсолютної похибки вимірювання рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата, при використанні фотоелектричного ВП рівня

$$\Delta_{H_M} = \frac{U_{REF}}{2 \cdot (2^n - 1) I_{S_{I_0}}(\lambda) R_{ZZ} D} + \frac{\Delta_{VS}}{I_{S_{I_0}}(\lambda) R_{ZZ} D} + \frac{\frac{I_S R_{ZZ} \left(\exp\left(\frac{e_e U_{VD}}{k_b T}\right) - 1 \right)}{1 + \frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0 R_{IN}}} + \Delta I R_{ZZ} + U_{SM} + U_N}{I_{S_{I_0}}(\lambda) R_{ZZ} D}. \quad (4.31)$$

Перша складова виразу (4.31) зумовлена квантуванням вихідного сигналу фотоприймача за допомогою АЦП. Максимальне значення цієї складової визначається виразом

$$\Delta_{KVH} = \frac{U_{REF}}{2 \cdot (2^n - 1) I_{S_{I_0}}(\lambda) R_{ZZ} D}. \quad (4.32)$$

Вищевказана складова має нульове математичне очікування та розподілена за рівномірним розподілом, який визначається виразом

$$p_{KVH}(\Delta_{H_M}) = \begin{cases} \frac{(2^n - 1) I_{S_{I_0}}(\lambda) R_{ZZ} D}{U_{REF}}, & \Delta_{H_M} \in \left[-\frac{U_{REF}}{2 \cdot (2^n - 1) I_{S_{I_0}}(\lambda) R_{ZZ} D}; \frac{U_{REF}}{2 \cdot (2^n - 1) I_{S_{I_0}}(\lambda) R_{ZZ} D} \right]; \\ 0, & \Delta_{H_M} \in \left(-\infty; -\frac{U_{REF}}{2 \cdot (2^n - 1) I_{S_{I_0}}(\lambda) R_{ZZ} D} \right) \cup \left(\frac{U_{REF}}{2 \cdot (2^n - 1) I_{S_{I_0}}(\lambda) R_{ZZ} D}; +\infty \right). \end{cases} \quad (4.33)$$

СКВ цієї складової визначається виразом

$$\sigma_{KVH} = \frac{U_{REF}}{2\sqrt{3} (2^n - 1) I_{S_{I_0}}(\lambda) R_{ZZ} D}. \quad (4.34)$$

Максимальне значення другої складової виразу (4.31), яка зумовлена наявністю похибки встановлення Δ_{VS} , визначається виразом

$$\Delta_{VSH} = \frac{\Delta_{VS}}{I_{S_{I_0}}(\lambda) R_{ZZ} D}. \quad (4.35)$$

Ця складова розподілена за нормальним законом з нульовим математичним очікуванням, СКВ цієї складової визначається виразом

$$\sigma_{VS H} = \frac{\sigma_{VS}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D}, \quad (4.36)$$

а функція розподілу

$$p_{VS H}(\Delta_{H_M}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{VS H}} \exp\left(-\frac{\Delta_{H_M}^2}{2\sigma_{VS H}^2}\right). \quad (4.37)$$

Максимальне значення третьої складової виразу (4.31), яка зумовлена недосконалістю елементної бази фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач, визначається виразом

$$\Delta_{MF H} = \frac{I_S R_{ZZ} \left(\exp\left(\frac{e U_{VD}}{k_b T}\right) - 1 \right)}{1 + \frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0 R_{IN}}} + \Delta I R_{ZZ} + U_{SM} + U_N}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D}. \quad (4.38)$$

Ця складова розподілена за нормальним законом з нульовим математичним очікуванням, СКВ цієї складової визначається виразом

$$\sigma_{MF H} = \frac{\sigma_{MF}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D}, \quad (4.39)$$

а функція розподілу

$$p_{MF H}(\Delta_{H_M}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{MF H}} \exp\left(-\frac{\Delta_{H_M}^2}{2\sigma_{MF H}^2}\right). \quad (4.40)$$

Таким чином, внаслідок незалежності складових, СКВ похибки вимірювання рівня молока визначається за виразом

$$\sigma_{H_M} = \sqrt{\sigma_{MF H}^2 + \sigma_{VS H}^2 + \sigma_{KV H}^2} = \frac{1}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \sqrt{\left(\frac{U_{REF}}{2\sqrt{3}(2^n - 1)}\right)^2 + \sigma_{MF}^2 + \sigma_{VS}^2}. \quad (4.41)$$

Функція розподілу абсолютної похибки вимірювання рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата Δ_{H_M} , при використанні ЗВ рівня на основі фотоелектричного ВП, визначається згортанням функцій розподілу її складових [151, 245]

$$p_H(\Delta_{H_M}) = p_{MF H}(\Delta_{H_M}) * p_{VS H}(\Delta_{H_M}) * p_{KV H}(\Delta_{H_M}). \quad (4.42)$$

Складові абсолютної похибки вимірювання рівня молока $\Delta_{MF H}$ та $\Delta_{VS H}$, як вказано вище, розподілені за нормальним законом з нульовим математичним очікуванням, СКВ суми цих складових визначається співвідношенням

$$\sigma_{S H} = \frac{\sqrt{\sigma_{MF}^2 + \sigma_{VS}^2}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D}. \quad (4.43)$$

Функція розподілу суми складових $\Delta_{MF H}$ та $\Delta_{VS H}$ є нормальною з нульовим математичним очікуванням, та визначається виразом

$$p_{S H}(\Delta_{H_M}) = p_{MF H}(\Delta_{H_M}) * p_{VS H}(\Delta_{H_M}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{S H}} \exp\left(-\frac{\Delta_{H_M}^2}{2\sigma_{S H}^2}\right). \quad (4.44)$$

Підставивши (4.44) та (4.33) в (4.42), отримуємо вираз для функції розподілу абсолютної похибки вимірювання рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата при використанні фотоелектричного ВП

$$p_H(\Delta_{H_M}) = \frac{(2^n - 1)IS_{I_0}(\lambda)R_{ZZ}D}{\sqrt{2\pi}\sigma_{S_H}U_{REF}} \frac{\frac{U_{REF}}{2^{(2^n-1)IS_{I_0}(\lambda)R_{ZZ}D}}}{\frac{U_{REF}}{2^{(2^n-1)IS_{I_0}(\lambda)R_{ZZ}D}}} \exp\left(-\frac{(\Delta_{H_M} - z)^2}{2\sigma_{S_H}^2}\right) dz. \quad (4.45)$$

При використанні сучасної елементної бази з низьким рівнем шумів для реалізації фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач, справедливі співвідношення $\Delta I \rightarrow 0$, $U_{SM} \rightarrow 0$, $U_N \rightarrow 0$, $I_S \rightarrow 0$. Враховуючи вираз (3.72), складовою похибки Δ_{MFH} в першому наближенні можна знехтувати.

При використанні АЦП з великою кількістю розрядів вихідного коду, складова похибки квантування Δ_{KVH} значно менша за складову Δ_{VSH} . Виходячи з цього, значенням Δ_{KVH} у першому наближенні можна знехтувати. Таким чином, основною складовою похибки вимірювання рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата при використанні фотоелектричного ВП, є складова Δ_{VSH} . Виходячи з наведеного вище, функцію розподілу абсолютної похибки вимірювання рівня молока, у першому наближенні можна прийняти за нормальну з нульовим математичним очікуванням. Внаслідок домінуючого впливу складової Δ_{VSH} на загальну похибку вимірювання рівня, справедливі співвідношення

$$\sigma_{H_M} \approx \sigma_{V_S}, \quad (4.46)$$

$$p_H(\Delta_{H_M}) \approx p_{V_S H}(\Delta_{H_M}). \quad (4.47)$$

Представимо вираз (3.85), на основі якого визначається разовий удій тварини при використанні фотоелектричного ВП рівня, у вигляді [252]

$$V_R = S_M \sum_{j=1}^{N_M} \left(m_j L - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I_0}(\lambda)R_{ZZ}D} \pm \Delta_{H_{Mj}} \right) = S_M \sum_{j=1}^{N_M} \left(m_j L - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I_0}(\lambda)R_{ZZ}D} \right) \pm S_M \sum_{j=1}^{N_M} \Delta_{H_{Mj}}, \quad (4.48)$$

де $\Delta_{H_{Mj}}$ - абсолютна похибка вимірювання рівня j -ї порції молока.

Друга складова виразу (4.48) визначає максимальне значення абсолютної похибки вимірювання разового удою тварини

$$\Delta_{V_R} = S_M \sum_{j=1}^{N_M} \Delta_{H_{Mj}}. \quad (4.49)$$

Як впливає з виразу (4.49), СКВ цієї похибки визначається виразом

$$\sigma_{V_R} = S_M \sigma_{H_M} \sqrt{N_M}. \quad (4.50)$$

Абсолютна похибка вимірювання разового удою, згідно з першою граничною теоремою [137], розподілена за нормальним законом з нульовим математичним очікуванням, який визначається виразом

$$p_{V_R}(\Delta_{V_R}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{V_R}} \exp\left(-\frac{\Delta_{V_R}^2}{2\sigma_{V_R}^2}\right). \quad (4.51)$$

Згідно з зоотехнічними нормами [36, 37], разовий удій тварини не повинен бути меншим попереднього разового удою V_{RPD} у той самий період доби більш ніж

на 20 %. Внаслідок того, що разовий удій тварини залежить від великої кількості факторів, та протягом однієї доби він суттєво не змінюється, є підстави припустити, що його центроване значення розподілено нормально з СКВ σ_R . Виходячи з цього, сумісна двовимірна функція розподілу контрольованого разового удою та похибки його вимірювання визначається виразом

$$p(\Delta_{V_R}, \tilde{V}_R) = \frac{1}{2\pi\sigma_{V_R}\sigma_R} \exp\left(-\frac{\Delta_{V_R}^2}{2\sigma_{V_R}^2} - \frac{\tilde{V}_R^2}{2\sigma_R^2}\right), \quad (4.52)$$

де \tilde{V}_R – центроване значення контрольованого разового удою тварини, яке дорівнює

$$\tilde{V}_R = V_R - V_{RPD}. \quad (4.53)$$

Підставивши (4.53) в (4.1) та (4.6) і вважаючи, що коефіцієнт асиметрії полів допуску дорівнює одиниці, систематична похибка вимірювання та контрольні прирости полів допуску дорівнюють нулю, $\bar{X}_1 = +\infty$, $\bar{X}_2 = -0,2 \cdot V_{RPD}$, отримуємо вирази, які визначають помилку першого роду $\alpha_{K V_R}$ та помилку другого роду $\beta_{K V_R}$ при вимірювальному контролі разового удою тварини

$$\alpha_{K V_R} = \frac{1}{2\pi\sigma_{V_R}\sigma_R} \int_{-0,2V_{RPD}}^{\infty} \int_{-\infty}^{-0,2V_{RPD}-\tilde{V}_R} \exp\left(-\frac{\Delta_{V_R}^2}{2\sigma_{V_R}^2} - \frac{\tilde{V}_R^2}{2\sigma_R^2}\right) d\Delta_{V_R} d\tilde{V}_R; \quad (4.54)$$

$$\beta_{K V_R} = \frac{1}{2\pi\sigma_{V_R}\sigma_R} \int_{-\infty}^{-0,2V_{RPD}} \int_{-0,2V_{RPD}}^{+\infty} \exp\left(-\frac{\Delta_{V_R}^2}{2\sigma_{V_R}^2} - \frac{\tilde{V}_R^2}{2\sigma_R^2}\right) d\Delta_{V_R} d\tilde{V}_R. \quad (4.55)$$

Визначимо абсолютну похибку вимірювання та достовірність контролю середньої інтенсивності молоковіддачі при використанні фотоелектричного ВП рівня молока. Врахувавши, що похибка вимірювання часового інтервалу незначна у порівнянні з іншими складовими і практично не впливає на результат вимірювання, представимо вираз (3.86), за яким визначається інтенсивність молоковіддачі, у вигляді

$$I_{MS} = \frac{V_R \pm \Delta_{V_R}}{t_D} = \frac{S_M}{t_D} \sum_{j=1}^{N_M} \left(m_j L - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \pm \Delta_{H_{Mj}} \right) = \frac{S_M}{t_D} \sum_{j=1}^{N_M} \left(m_j L - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \right) \pm \frac{S_M}{t_D} \sum_{j=1}^{N_M} \Delta_{H_{Mj}}. \quad (4.56)$$

Друга складова (4.56) визначає максимальне значення абсолютної похибки вимірювання середньої інтенсивності молоковіддачі

$$\Delta_{MS} = \frac{S_M}{t_D} \sum_{j=1}^{N_M} \Delta_{H_{Mj}}. \quad (4.57)$$

Враховуючи велику кількість впливних факторів, та основний вплив складової Δ_{V_S} на результат вимірювання рівня, можна прийняти, що абсолютна похибка вимірювання середньої інтенсивності молоковіддачі розподілена за нормальним законом з нульовим математичним очікуванням, а її СКВ визначається виразом

$$\sigma_{MS} = \frac{1}{t_D} S_M \sqrt{N_M} \sigma_{H_M}. \quad (4.58)$$

Також внаслідок наявності великої кількості впливних факторів, є підстави припустити, що центроване значення середньої інтенсивності молоковіддачі \tilde{I}_{MS} розподілене за нормальним законом з нульовим математичним очікуванням та

має СКВ $\sigma_{I_{MS}}$. Виходячи з цього, сумісна двовимірна функція розподілу центрального значення середньої інтенсивності молоковіддачі та абсолютної похибки її вимірювання визначається виразом

$$p(\Delta_{MS}, \tilde{I}_{MS}) = \frac{1}{2\pi\sigma_{I_{MS}}\sigma_{MS}} \exp\left(-\frac{\Delta_{MS}^2}{2\sigma_{MS}^2} - \frac{\tilde{I}_{MS}^2}{2\sigma_{I_{MS}}^2}\right). \quad (4.59)$$

Позначимо через $\Delta_{K MS}$ допустиме відхилення контрольованої середньої інтенсивності молоковіддачі. Підставивши (4.59) в (4.1) та (4.6), і прийнявши, що коефіцієнт асиметрії полів допуску дорівнює одиниці, а систематична похибка вимірювання та контрольні прирости полів допуску дорівнюють нулю, отримуємо вирази, які визначають помилку першого роду $\alpha_{K I_{MS}}$ та помилку другого роду $\beta_{K I_{MS}}$ при вимірювальному контролі середньої інтенсивності молоковіддачі

$$\alpha_{K I_{MS}} = \frac{1}{2\pi\sigma_{I_{MS}}\sigma_{MS}} \int_{-\Delta_{K MS}}^{\Delta_{K MS}} \left(\int_{-\infty}^{-\Delta_{K MS} - \tilde{I}_U} \exp\left(-\frac{\Delta_{MS}^2}{2\sigma_{MS}^2} - \frac{\tilde{I}_{MS}^2}{2\sigma_{I_{MS}}^2}\right) d\Delta_{MS} + \int_{\Delta_{K MS} - \tilde{I}_U}^{\infty} \exp\left(-\frac{\Delta_{MS}^2}{2\sigma_{MS}^2} - \frac{\tilde{I}_{MS}^2}{2\sigma_{I_{MS}}^2}\right) d\Delta_{MS} \right) d\tilde{I}_{MS}; \quad (4.60)$$

$$\beta_{K I_{MS}} = \frac{1}{2\pi\sigma_{I_{MS}}\sigma_{MS}} \left(\int_{-\infty}^{-\Delta_{K MS}} \int_{-\Delta_{K MS} - \tilde{I}_U}^{\Delta_{K MS} - \tilde{I}_U} \exp\left(-\frac{\Delta_{MS}^2}{2\sigma_{MS}^2} - \frac{\tilde{I}_{MS}^2}{2\sigma_{I_{MS}}^2}\right) d\Delta_{MS} d\tilde{I}_{MS} + \int_{\Delta_{K MS}}^{\infty} \int_{-\Delta_{K MS} - \tilde{I}_U}^{\Delta_{K MS} - \tilde{I}_U} \exp\left(-\frac{\Delta_{MS}^2}{2\sigma_{MS}^2} - \frac{\tilde{I}_{MS}^2}{2\sigma_{I_{MS}}^2}\right) d\Delta_{MS} d\tilde{I}_{MS} \right). \quad (4.61)$$

Визначимо абсолютну похибку вимірювання та достовірність контролю інтенсивності молоковіддачі протягом перших тридцяти секунд після початку доїння I_{30} при використанні фотоелектричного ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата. Значення I_{30} , що визначається за виразом (3.90), представимо у вигляді

$$I_{30} = \frac{V_{M30} \pm \Delta_{V30}}{T_{30}} = \frac{S_M}{T_{30}} \left(m_{30}L - \frac{U_{F m_{30}}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \pm \Delta_{H_M} + \sum_{j=1}^{N_{M30}} \left(m_jL - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \pm \Delta_{H_{Mj}} \right) \right) = \quad (4.62)$$

$$= \frac{S_M}{T_{30}} \left(m_{30}L - \frac{U_{F m_{30}}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} + \sum_{j=1}^{N_{M30}} \left(m_jL - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \right) \right) \pm \frac{S_M}{T_{30}} \sum_{j=1}^{N_{M30}+1} \Delta_{H_{Mj}},$$

де Δ_{V30} – абсолютна похибка вимірювання удою на тридцятій секунді після початку доїння.

Друга складова виразу (4.62) визначає абсолютну похибку вимірювання I_{30}

$$\Delta_{I30} = \frac{S_M}{T_{30}} \sum_{j=1}^{N_{M30}+1} \Delta_{H_{Mj}}. \quad (4.63)$$

Внаслідок того, що виникнення цієї похибки зумовлено тими ж факторами, що і похибка вимірювання середньої інтенсивності молоковіддачі, є підстави припустити, що абсолютна похибка вимірювання I_{30} розподілена за нормальним законом з нульовим математичним очікуванням, її СКВ визначається як

$$\sigma_{\Delta_{I30}} = \frac{1}{T_{30}} S_M \sigma_{H_M} \sqrt{N_{M30} + 1}. \quad (4.64)$$

У відповідності з [2], значення I_{30} не повинно бути меншим, ніж $I_{30 MIN} = 1,5$ л/хв, нормальним вважається значення $I_{30 NORM} = 7,5$ л/хв. Параметр I_{30} залежить від великої кількості факторів, серед яких неможливо виділити домінуючий. Виходя-

чи з цього, можна вважати, що розподіл його центрованого значення є нормальним з СКВ $\sigma_{I_{30}}$. Таким чином, сумісна двовимірна функція розподілу параметра I_{30} та похибки його вимірювання визначається виразом

$$p(\Delta_{I_{30}}, \check{I}_{30}) = \frac{1}{2\pi\sigma_{\Delta_{I_{30}}}\sigma_{I_{30}}} \exp\left(-\frac{\Delta_{I_{30}}^2}{2\sigma_{\Delta_{I_{30}}}^2} - \frac{\check{I}_{30}^2}{2\sigma_{I_{30}}^2}\right), \quad (4.65)$$

де \check{I}_{30} – центроване значення параметра I_{30} , яке визначається як

$$\check{I}_{30} = I_{30} - I_{30 \text{ NORM}}. \quad (4.66)$$

Підставивши (4.65) в (4.1) та (4.6), з урахуванням того, що коефіцієнт асиметрії полів допуску дорівнює одиниці, систематична похибка вимірювання та контрольні прирости полів допуску дорівнюють нулю, $\bar{X}_1 = +\infty$, $\bar{X}_2 = I_{30 \text{ MIN}} - I_{30 \text{ NORM}}$, отримуємо вирази, які визначають помилку першого роду $\alpha_{K I_{30}}$ та помилку другого роду $\beta_{K I_{30}}$ при вимірювальному контролі параметра I_{30}

$$\alpha_{K I_{30}} = \frac{1}{2\pi\sigma_{\Delta_{I_{30}}}\sigma_{I_{30}}} \int_{I_{30 \text{ MIN}} - I_{30 \text{ NORM}}}^{\infty} \int_{-\infty}^{I_{30 \text{ MIN}} - I_{30 \text{ NORM}} - \check{I}_{30}} \exp\left(-\frac{\Delta_{I_{30}}^2}{2\sigma_{\Delta_{I_{30}}}^2} - \frac{\check{I}_{30}^2}{2\sigma_{I_{30}}^2}\right) d\Delta_{I_{30}} d\check{I}_{30}, \quad (4.67)$$

$$\beta_{K I_{30}} = \frac{1}{2\pi\sigma_{\Delta_{I_{30}}}\sigma_{I_{30}}} \int_{-\infty}^{I_{30 \text{ MIN}} - I_{30 \text{ NORM}}} \int_{I_{30 \text{ MIN}} - I_{30 \text{ NORM}}}^{+\infty} \exp\left(-\frac{\Delta_{I_{30}}^2}{2\sigma_{\Delta_{I_{30}}}^2} - \frac{\check{I}_{30}^2}{2\sigma_{I_{30}}^2}\right) d\Delta_{I_{30}} d\check{I}_{30}. \quad (4.68)$$

Визначимо абсолютну похибку вимірювання та достовірність контролю інтенсивності молоковіддачі протягом часового інтервалу від тридцяти до шістдесяти секунд після початку доїння I_{60} , при використанні фотоелектричного ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата. Параметр I_{60} , значення якого визначається за виразом (3.91), представимо у вигляді

$$\begin{aligned} I_{60} &= \frac{V_{M60} \pm \Delta_{V60} - V_{M30} \pm \Delta_{V30}}{T_{30}} = \frac{V_{M60} - V_{M30}}{T_{30}} \pm \frac{\Delta_{V60} + \Delta_{V30}}{T_{30}} = \\ &= \frac{S_M}{T_{30}} \left(L(m_{60} - m_{30}) + \frac{U_{F m_{30}} - U_{F m_{60}}}{IS_{I_0}(\lambda)R_{ZZ}D} + \sum_{j=1}^{N_{M60}} \left(m_j L - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I_0}(\lambda)R_{ZZ}D} \right) - \sum_{j=1}^{N_{M30}} \left(m_j L - \frac{U_{F m_j j}}{IS_{I_0}(\lambda)R_{ZZ}D} \right) \right) \pm \\ &\pm \frac{S_M}{T_{30}} \sum_{j=1}^{N_{M60} + N_{M30} + 2} \Delta_{H_{Mj}}, \end{aligned} \quad (4.69)$$

де Δ_{V60} – абсолютна похибка вимірювання удою на шістдесятій секунді після початку доїння.

Друга складова виразу (4.69) визначає максимальне значення абсолютної похибки вимірювання параметра I_{60}

$$\Delta_{I_{60}} = \frac{S_M}{T_{30}} \sum_{i=1}^{N_{M60} + N_{M30} + 2} \Delta_{H_{M_i}}. \quad (4.70)$$

Виникнення цієї похибки зумовлено тими ж факторами, як і у попередньому випадку. Це дає підстави припустити, що абсолютна похибка вимірювання параметра I_{60} розподілена за нормальним законом з нульовим математичним очікуванням та має СКВ

$$\sigma_{\Delta_{I_{60}}} = \frac{1}{T_{30}} \sigma_{H_M} S_M \sqrt{N_{M60} + N_{M30} + 2}. \quad (4.71)$$

У відповідності з [2] значення I_{60} повинно знаходитись в межах від $I_{60 \text{ MIN}} = 4$ л/хв до $I_{60 \text{ MAX}} = 11$ л/хв, нормальним вважається значення $I_{60 \text{ NORM}} = 7,5$ л/хв. Інтенсивність молоковіддачі протягом цього часового інтервалу залежить від великої кількості факторів, серед яких неможливо виділити домінуючий. Виходячи з цього, можна вважати, що функція розподілу центрованого значення цього параметра є нормальною з СКВ $\sigma_{I_{60}}$. Таким чином, сумісна двовимірна функція розподілу параметра I_{60} та похибки його вимірювання визначається виразом

$$p(\Delta_{I_{60}}, \check{I}_{60}) = \frac{1}{2\pi\sigma_{\Delta_{I_{60}}}\sigma_{I_{60}}} \exp\left(-\frac{\Delta_{I_{60}}^2}{2\sigma_{\Delta_{I_{60}}}^2} - \frac{\check{I}_{60}^2}{2\sigma_{I_{60}}^2}\right), \quad (4.72)$$

де \check{I}_{60} – центроване значення параметра I_{60} , яке визначається як

$$\check{I}_{60} = I_{60} - I_{60 \text{ NORM}}. \quad (4.73)$$

Підставивши (4.72) в (4.1) та (4.6), з урахуванням того, що коефіцієнт асиметрії полів допуску дорівнює одиниці, систематична похибка вимірювання та контрольні прирости полів допуску дорівнюють нулю, а допустиме відхилення контрольованого параметра визначається виразом

$$\Delta_{K I_{60}} = I_{60 \text{ MAX}} - I_{60 \text{ NORM}} = I_{60 \text{ NORM}} - I_{60 \text{ MIN}}, \quad (4.74)$$

отримуємо вирази, які визначають помилку першого роду $\alpha_{K I_{60}}$ та помилку другого роду $\beta_{K I_{60}}$ при вимірювальному контролі параметра I_{60}

$$\alpha_{K I_{60}} = \frac{1}{2\pi\sigma_{\Delta_{I_{60}}}\sigma_{I_{60}}} \int_{-\Delta_{K I_{60}}}^{\Delta_{K I_{60}}} \left(\int_{-\infty}^{-\check{I}_{60}} \exp\left(-\frac{\Delta_{I_{60}}^2}{2\sigma_{\Delta_{I_{60}}}^2} - \frac{\check{I}_{60}^2}{2\sigma_{I_{60}}^2}\right) d\Delta_{I_{60}} + \int_{\Delta_{K I_{60}}}^{\infty} \exp\left(-\frac{\Delta_{I_{60}}^2}{2\sigma_{\Delta_{I_{60}}}^2} - \frac{\check{I}_{60}^2}{2\sigma_{I_{60}}^2}\right) d\Delta_{I_{60}} \right) d\check{I}_{60}; \quad (4.75)$$

$$\beta_{K I_{60}} = \frac{1}{2\pi\sigma_{\Delta_{I_{60}}}\sigma_{I_{60}}} \left(\int_{-\infty}^{-\Delta_{K I_{60}}} \int_{-\Delta_{K I_{60}}}^{\check{I}_{60}} \exp\left(-\frac{\Delta_{I_{60}}^2}{2\sigma_{\Delta_{I_{60}}}^2} - \frac{\check{I}_{60}^2}{2\sigma_{I_{60}}^2}\right) d\Delta_{I_{60}} d\check{I}_{60} + \int_{\Delta_{K I_{60}}}^{\infty} \int_{-\Delta_{K I_{60}}}^{\check{I}_{60}} \exp\left(-\frac{\Delta_{I_{60}}^2}{2\sigma_{\Delta_{I_{60}}}^2} - \frac{\check{I}_{60}^2}{2\sigma_{I_{60}}^2}\right) d\Delta_{I_{60}} d\check{I}_{60} \right). \quad (4.76)$$

Визначимо абсолютну похибку вимірювання та достовірність контролю інтенсивності молоковіддачі протягом часового інтервалу від шістдесяти до дев'яноста секунд після початку доїння I_{90} , при використанні ЗВ рівня молока на основі фотоелектричного ВП з аналоговим вихідним сигналом. Параметр I_{90} , значення якого визначається за виразом (3.92), представимо у вигляді

$$\begin{aligned} I_{90} &= \frac{V_{M90} \pm \Delta_{V90} - V_{M60} \pm \Delta_{V60}}{T_{30}} = \frac{V_{M90} - V_{M60}}{T_{30}} \pm \frac{\Delta_{V90} + \Delta_{V60}}{T_{30}} = \\ &= I_{90} = \frac{S_M}{T_{30}} \left(L(m_{90} - m_{60}) + \frac{U_F m_{60} - U_F m_{90}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} + \sum_{j=1}^{N_{M90}} \left(m_j L - \frac{U_F m_j}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \right) - \sum_{j=1}^{N_{M60}} \left(m_j L - \frac{U_F m_j}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \right) \right) \pm \\ &\pm \frac{S_M}{T_{30}} \sum_{i=1}^{N_{M90} + N_{M60} + 2} \Delta_{H_{M_i}}, \end{aligned} \quad (4.77)$$

де Δ_{V90} – абсолютна похибка вимірювання удою на дев'яностах секундах після початку доїння.

Друга складова виразу (4.77) визначає максимальне значення абсолютної похибки вимірювання параметра I_{90}

$$\Delta_{I_{90}} = \frac{S_M}{T_{30}} \sum_{i=1}^{N_{M90} + N_{M60} + 2} \Delta_{H_{Mi}}. \quad (4.78)$$

За аналогією з попереднім випадком, можна припустити, що абсолютна похибка вимірювання параметра I_{90} розподілена за нормальним законом з нульовим математичним очікуванням, та має СКВ

$$\sigma_{\Delta_{I_{90}}} = \frac{1}{T_{30}} \sigma_{H_M} S_M \sqrt{N_{M90} + N_{M60} + 2}. \quad (4.79)$$

Значення I_{90} , у відповідності з [2], як і I_{60} , повинно знаходитись в межах від $I_{90 \text{ MIN}} = 4$ л/хв до $I_{90 \text{ MAX}} = 11$ л/хв, нормальним вважається значення $I_{90 \text{ NORM}} = 7,5$ л/хв. За аналогією з попереднім випадком, можна вважати, що функція розподілу центрованого значення цього параметра є нормальною з СКВ $\sigma_{I_{90}}$. Таким чином, сумісна двовимірна функція розподілу параметра I_{90} та похибки його вимірювання визначається виразом

$$p(\Delta_{I_{90}}, \check{I}_{90}) = \frac{1}{2\pi\sigma_{\Delta_{I_{90}}}\sigma_{I_{90}}} \exp\left(-\frac{\Delta_{I_{90}}^2}{2\sigma_{\Delta_{I_{90}}}^2} - \frac{\check{I}_{90}^2}{2\sigma_{I_{90}}^2}\right), \quad (4.80)$$

де \check{I}_{90} – центроване значення параметра I_{90} , яке визначається виразом

$$\check{I}_{90} = I_{90} - I_{90 \text{ NORM}}. \quad (4.81)$$

Підставивши (4.80) в (4.1) та (4.6), з урахуванням того, що коефіцієнт асиметрії полів допуску дорівнює одиниці, систематична похибка вимірювання та контрольні прирости полів допуску дорівнюють нулю, а допустиме відхилення параметра I_{90} визначається виразом

$$\Delta_{K I_{90}} = I_{90 \text{ MAX}} - I_{90 \text{ NORM}} = I_{90 \text{ NORM}} - I_{90 \text{ MIN}}, \quad (4.82)$$

отримуємо вирази, які визначають помилку першого роду $\alpha_{K I_{90}}$ та помилку другого роду $\beta_{K I_{90}}$ при вимірювальному контролі параметра I_{90}

$$\alpha_{K I_{90}} = \frac{1}{2\pi\sigma_{\Delta_{I_{90}}}\sigma_{I_{90}}} \int_{-\Delta_{K I_{90}}}^{\Delta_{K I_{90}}} \left(\int_{-\infty}^{-\check{I}_{90}} \exp\left(-\frac{\Delta_{I_{90}}^2}{2\sigma_{\Delta_{I_{90}}}^2} - \frac{\check{I}_{90}^2}{2\sigma_{I_{90}}^2}\right) d\Delta_{I_{90}} + \int_{\Delta_{K I_{90}}}^{\infty} \exp\left(-\frac{\Delta_{I_{90}}^2}{2\sigma_{\Delta_{I_{90}}}^2} - \frac{\check{I}_{90}^2}{2\sigma_{I_{90}}^2}\right) d\Delta_{I_{90}} \right) d\check{I}_{90}; \quad (4.83)$$

$$\beta_{K I_{90}} = \frac{1}{2\pi\sigma_{\Delta_{I_{90}}}\sigma_{I_{90}}} \left(\int_{-\infty}^{-\Delta_{K I_{90}}} \int_{-\Delta_{K I_{90}}}^{\Delta_{K I_{90}}} \exp\left(-\frac{\Delta_{I_{90}}^2}{2\sigma_{\Delta_{I_{90}}}^2} - \frac{\check{I}_{90}^2}{2\sigma_{I_{90}}^2}\right) d\Delta_{I_{90}} d\check{I}_{90} + \int_{\Delta_{K I_{90}}}^{\infty} \int_{-\Delta_{K I_{90}}}^{\Delta_{K I_{90}}} \exp\left(-\frac{\Delta_{I_{90}}^2}{2\sigma_{\Delta_{I_{90}}}^2} - \frac{\check{I}_{90}^2}{2\sigma_{I_{90}}^2}\right) d\Delta_{I_{90}} d\check{I}_{90} \right). \quad (4.84)$$

При контролі часу припуску молока вимірюють часовий проміжок між початком доїння та отриманням перших ста грамів молока, цей часовий проміжок не повинен перевищувати двадцять секунд [2, 14 - 16]. Відповідно, виникає завдання вимірювального контролю значення поточного удою на двадцятій секунді після початку доїння. Врахувавши, що поточний удій на двадцятій секунді після початку доїння менший, ніж об'єм молокоприймальної камери, тобто проводиться тільки одне вимірювання рівня, вираз (3.96) можна представити у вигляді

$$V_{M100} = S_M \left(m_{100} L - \frac{U_F m_{100}}{IS_{I0}(\lambda) R_{ZZ} D} \pm \Delta_{H_M} \right) = S_M \left(m_{100} L - \frac{U_F m_{100}}{IS_{I0}(\lambda) R_{ZZ} D} \right) \pm S_M \Delta_{H_M}. \quad (4.85)$$

Друга складова виразу (4.85) визначає абсолютну похибку вимірювання значення V_{M100}

$$\Delta_{V_{M100}} = S_M \Delta_{H_M}. \quad (4.86)$$

Врахувавши домінуючий вплив складової $\Delta_{V_{S H}}$ на абсолютну похибку вимірювання рівня, та вираз (4.46), можна припустити, що похибка $\Delta_{V_{M100}}$ розподілена за нормальним законом з нульовим математичним очікуванням та має СКВ, яке визначається співвідношенням

$$\sigma_{V_{M100}} = S_M \sigma_{H_M}. \quad (4.87)$$

У відповідності з результатами роботи [253], при використанні різних типів доїльних апаратів для доїння тварин, які здорові, якісно підготовлені до доїння, та знаходяться на різних стадіях лактаційного періоду, поточний удій на двадцятій секунді після початку доїння знаходиться в межах від $V_{M100 MIN} = 100$ г до $V_{M100 MAX} = 500$ г. Виходячи з цього, будемо вважати, що математичне очікування поточного удою на двадцятій секунді після початку доїння, визначається виразом

$$V_{M100 S} = \frac{V_{M100 MIN} + V_{M100 MAX}}{2}. \quad (4.88)$$

Внаслідок того, що поточний удій тварини на двадцятій секунді після початку доїння залежить від великої кількості факторів, є підстави припустити, що його центроване значення розподілене за нормальним законом з СКВ σ_{M100} . Виходячи з цього, сумісна двовимірна функція розподілу параметра V_{M100} та похибки його вимірювання визначається виразом

$$p(\Delta_{V_{M100}}, \check{V}_{M100}) = \frac{1}{2\pi\sigma_{V_{M100}}\sigma_{M100}} \exp\left(-\frac{\Delta_{V_{M100}}^2}{2\sigma_{V_{M100}}^2} - \frac{\check{V}_{M100}^2}{2\sigma_{M100}^2}\right), \quad (4.89)$$

де \check{V}_{M100} – центроване значення параметра V_{M100} , яке дорівнює

$$\check{V}_{M100} = V_{M100} - V_{M100 S}. \quad (4.90)$$

Допустиме відхилення центрованого значення параметра V_{MP} визначається виразом

$$\Delta_{K M100} = V_{M100 S} - V_{M100 MIN} = V_{M100 MAX} - V_{M100 S}, \quad (4.91)$$

Підставивши (4.89) в (4.1) та (4.6), з урахуванням того, що коефіцієнт асиметрії полів допуску дорівнює одиниці, систематична похибка вимірювання та контрольні прирости полів допуску дорівнюють нулю, $\bar{X}_1 = +\infty$, $\bar{X}_2 = V_{M100 MIN} - V_{M100 S}$, отримуємо вирази, які визначають помилку першого роду $\alpha_{K M100}$ та помилку другого роду $\beta_{K M100}$ при вимірному контролі поточного удою на двадцятій секунді після початку доїння

$$\alpha_{K M100} = \frac{1}{2\pi\sigma_{V_{M100}}\sigma_{M100}} \int_{V_{M100 S} - V_{M100 MIN}}^{\infty} \int_{-\infty}^{V_{M100 S} - V_{M100 MIN} - \check{V}_{M100}} \exp\left(-\frac{\Delta_{V_{M100}}^2}{2\sigma_{V_{M100}}^2} - \frac{\check{V}_{M100}^2}{2\sigma_{M100}^2}\right) d\Delta_{V_{M100}} d\check{V}_{M100}; \quad (4.92)$$

$$\beta_{K M100} = \frac{1}{2\pi\sigma_{V_{M100}}\sigma_{M100}} \int_{-\infty}^{V_{M100 S} - V_{M100 MIN}} \int_{V_{M100 S} - V_{M100 MIN}}^{+\infty} \exp\left(-\frac{\Delta_{V_{M100}}^2}{2\sigma_{V_{M100}}^2} - \frac{\check{V}_{M100}^2}{2\sigma_{M100}^2}\right) d\Delta_{V_{M100}} d\check{V}_{M100}. \quad (4.93)$$

Вимірювальний контроль миттєвої інтенсивності молоковіддачі здійснюється протягом доїння з метою визначення моменту переходу до режиму додоювання, та моменту закінчення доїння. У відповідності з [9, 10], порогове значення миттєвої інтенсивності молоковіддачі при переході до режиму додоювання дорівнює $I_{MV D} = 0,8$ л/хв, а порогове значення миттєвої інтенсивності молоковіддачі, яке є ознакою закінчення доїння, приблизно дорівнює $I_{MV Z} = 0,2$ л/хв. Визначимо похибку вимірювання та достовірність вимірювального контролю миттєвої інтенсивності молоковіддачі I_{MV} при використанні фотоелектричного ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата. Параметр I_{MV} залежить від великої кількості факторів, серед яких неможливо виділити домінуючий. Виходячи з цього, можна вважати, що функція розподілу цього параметра є нормальною з СКВ $\sigma_{I_{MV}}$. Математичне очікування миттєвої інтенсивності молоковіддачі $I_{MV S}$ можна визначити шляхом усереднення результатів вимірювання середньої інтенсивності молоковіддачі для кожної тварини. Представимо вираз (3.95), за яким визначається I_{MV} , у вигляді

$$I_{MV} = \frac{S_M (H_{M2} - H_{M1} \pm \Delta_{H_{M1}} \pm \Delta_{H_{M2}})}{t_2 - t_1} = I_{MV} = \frac{S_M}{t_2 - t_1} \left(L(m_2 - m)_1 + \frac{U_{F m_1} - U_{F m_2}}{IS_{I0}(\lambda)R_{ZZ}D} \right) \pm \frac{S_M (\Delta_{H_{M1}} + \Delta_{H_{M2}})}{t_2 - t_1}, \quad (4.94)$$

де $\Delta_{H_{M1}}$, $\Delta_{H_{M2}}$ - значення абсолютних похибок вимірювання рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата, відповідно, у моменти часу t_1 та t_2 .

Друга складова виразу (4.94) визначає абсолютну похибку вимірювання I_{MV}

$$\Delta_{MV} = \frac{1}{t_2 - t_1} S_M (\Delta_{H_{M1}} + \Delta_{H_{M2}}). \quad (4.95)$$

З урахуванням того, що складова $\Delta_{VS H}$ має домінуючий вплив на абсолютну похибку вимірювання рівня, можна припустити, що похибка Δ_{MV} розподілена за нормальним законом з нульовим математичним очікуванням та має СКВ, яке визначається співвідношенням

$$\sigma_{MV} = \frac{\sqrt{2}\sigma_{H_M}}{t_2 - t_1}. \quad (4.96)$$

Таким чином, сумісна двовимірна функція розподілу параметра I_{MV} та похибки його вимірювання визначається виразом

$$p(\Delta_{MV}, \check{I}_{MV}) = \frac{1}{2\pi\sigma_{MV}\sigma_{I_{MV}}} \exp\left(-\frac{\Delta_{MV}^2}{2\sigma_{MV}^2} - \frac{\check{I}_{MV}^2}{2\sigma_{I_{MV}}^2}\right), \quad (4.97)$$

де \check{I}_{MV} - центроване значення миттєвої інтенсивності молоковіддачі, яке визначається як

$$\check{I}_{MV} = I_{MV} - I_{MV S}. \quad (4.98)$$

При вимірювальному контролі I_{MV} , в процесі визначення моменту переходу до додоювання, коефіцієнт асиметрії полів допуску дорівнює одиниці, систематична похибка вимірювання та контрольні прирости полів допуску дорівнюють

нулю, $\bar{X}_1 = +\infty$, $\bar{X}_2 = I_{MV D} - I_{MV S}$. Підставивши (4.97) в (4.1) та (4.6), отримуємо вирази для помилки першого роду $\alpha_{K MVD}$ та помилки другого роду $\beta_{K MVD}$

$$\alpha_{K MVD} = \frac{1}{2\pi\sigma_{MV}\sigma_{I_{MV}}} \int_{I_{MV D} - I_{MV S}}^{\infty} \int_{-\infty}^{I_{MV D} - I_{MV S} - \bar{I}_{MV}} \exp\left(-\frac{\Delta_{MV}^2}{2\sigma_{MV}^2} - \frac{\bar{I}_{MV}^2}{2\sigma_{I_{MV}}^2}\right) d\Delta_{MV} d\bar{I}_{MV}; \quad (4.99)$$

$$\beta_{K MVD} = \frac{1}{2\pi\sigma_{MV}\sigma_{I_{MV}}} \int_{-\infty}^{I_{MV D} - I_{MV S}} \int_{I_{MV D} - I_{MV S}}^{+\infty} \exp\left(-\frac{\Delta_{MV}^2}{2\sigma_{MV}^2} - \frac{\bar{I}_{MV}^2}{2\sigma_{I_{MV}}^2}\right) d\Delta_{MV} d\bar{I}_{MV}. \quad (4.100)$$

При виміральному контролі I_{MV} , в процесі визначення моменту закінчення доїння, коефіцієнт асиметрії полів допуску дорівнює одиниці, систематична похибка вимірювання та контрольні прирости полів допуску дорівнюють нулю, $\bar{X}_1 = +\infty$, $\bar{X}_2 = I_{MV Z} - I_{MV S}$. Підставивши (4.97) в (4.1) та (4.6), отримуємо вирази для помилки першого роду $\alpha_{K MVZ}$ та помилки другого роду $\beta_{K MVZ}$

$$\alpha_{K MVZ} = \frac{1}{2\pi\sigma_{MV}\sigma_{I_{MV}}} \int_{I_{MV Z} - I_{MV S}}^{\infty} \int_{-\infty}^{I_{MV Z} - I_{MV S} - \bar{I}_{MV}} \exp\left(-\frac{\Delta_{MV}^2}{2\sigma_{MV}^2} - \frac{\bar{I}_{MV}^2}{2\sigma_{I_{MV}}^2}\right) d\Delta_{MV} d\bar{I}_{MV}; \quad (4.101)$$

$$\beta_{K MVZ} = \frac{1}{2\pi\sigma_{MV}\sigma_{I_{MV}}} \int_{-\infty}^{I_{MV Z} - I_{MV S}} \int_{I_{MV Z} - I_{MV S}}^{+\infty} \exp\left(-\frac{\Delta_{MV}^2}{2\sigma_{MV}^2} - \frac{\bar{I}_{MV}^2}{2\sigma_{I_{MV}}^2}\right) d\Delta_{MV} d\bar{I}_{MV}. \quad (4.102)$$

Проведемо порівняння помилок виміральному контролю параметрів молоковіддачі при використанні розробленого фотоелектричного ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата, та його аналогів. Результати вимірювання поточного удою, отримані за допомогою доїльного апарата, обладнаного фотоелектричним ВП рівня молока, та результати вимірювання поточного удою, отримані при використанні його аналогів, порівнювались з результатами, отриманими за допомогою приладу для проведення контрольних доїнь ИУ-1, виробництва ТДВ "Брацлав", які вважались дійсним значенням вимірюваної величини. У досліджуваного фотоелектричного ВП $S_M = 100 \text{ см}^2$, максимальне значення $H_{Mf} = 12 \text{ см}$, тобто максимальний об'єм однієї порції молока у молокоприймальній камері доїльного апарата складає 1,2 л. В результаті проведених експериментальних досліджень фотоелектричного ВП рівня молока встановлено, що при значенні удою в діапазоні 8 – 20 л, абсолютна похибка його вимірювання розподілена нормально з нульовим математичним очікуванням, її СКВ дорівнює 0,087 л. Досліджений ковшовий ВП УДТ-12.220, виробництва ТДВ «Брацлав», та його повні аналоги, широко використовуються світовими виробниками доїльного обладнання для виміральному контролю параметрів молоковіддачі [9, 10, 25, 29, 30]. В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що абсолютна похибка вимірювання удою при використанні такого ВП має нормальний розподіл з нульовим математичним очікуванням, її СКВ дорівнює 0,122 л. Оптичні кореляційні ВП інтенсивності молочного потоку FloMaster, виробництва Tetra Laval Group [11], та LactoFlow виробництва GEA Westfalia Separator Group [13], позиціонуються виробниками як ВП інтенсивності молоковіддачі, та призначенні для керування процесом доїння і

встановлення моментів переходу до додоювання та зняття доїльного апарата. У відповідності з [11, 13], вищевказані ВП мають практично однакові метрологічні характеристики, за їх допомогою забезпечується вимірювання поточного удою з зведеної похибкою на рівні 7–10 %, що є достатнім для управління процесом доїння. В результаті проведених досліджень встановлено, що абсолютна похибка вимірювання удою при використанні ВП LactoFlow має нормальний розподіл з нульовим математичним очікуванням, її СКВ дорівнює 0,168 л. Порівняння розрахованих на основі результатів досліджень показників достовірності вимірювального контролю параметрів молоковіддачі при використанні розробленого фотоелектричного ВП рівня молока та аналогів наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати порівняння помилок вимірювального контролю параметрів молоковіддачі при використанні фотоелектричного ВП рівня молока та аналогів

Контрольований параметр	Фотоелектричний ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата		Ковшовий ВП УДТ-12.220		Оптичний кореляційний ВП інтенсивності молочного потоку LactoFlow	
	Помилка першого роду	Помилка другого роду	Помилка першого роду	Помилка другого роду	Помилка першого роду	Помилка другого роду
Разовий удій V_R	$3,80 \cdot 10^{-4}$	$1,74 \cdot 10^{-4}$	$5,81 \cdot 10^{-4}$	$2,89 \cdot 10^{-4}$	$6,02 \cdot 10^{-4}$	$3,05 \cdot 10^{-4}$
Інтенсивність молоковіддачі протягом тридцяти секунд після початку доїння I_{30}	$1,37 \cdot 10^{-4}$	$0,63 \cdot 10^{-4}$	$1,96 \cdot 10^{-4}$	$0,78 \cdot 10^{-4}$	$2,09 \cdot 10^{-4}$	$0,97 \cdot 10^{-4}$
Інтенсивність молоковіддачі протягом часового інтервалу від тридцяти до шістдесяти секунд після початку доїння I_{60}	$1,52 \cdot 10^{-4}$	$0,75 \cdot 10^{-4}$	$2,38 \cdot 10^{-4}$	$0,87 \cdot 10^{-4}$	$2,56 \cdot 10^{-4}$	$1,06 \cdot 10^{-4}$
Інтенсивність молоковіддачі протягом часового інтервалу від шістдесяти до дев'яноста секунд після початку доїння I_{90}	$1,65 \cdot 10^{-4}$	$0,92 \cdot 10^{-4}$	$2,70 \cdot 10^{-4}$	$1,07 \cdot 10^{-4}$	$2,91 \cdot 10^{-4}$	$1,21 \cdot 10^{-4}$
Середня інтенсивність молоковіддачі I_{MS}	$3,58 \cdot 10^{-4}$	$1,70 \cdot 10^{-4}$	$5,64 \cdot 10^{-4}$	$2,67 \cdot 10^{-4}$	$5,99 \cdot 10^{-4}$	$3,01 \cdot 10^{-4}$
Миттєва інтенсивність молоковіддачі (нижня границя допуску 0,2 л/хв)	$1,93 \cdot 10^{-3}$	$1,82 \cdot 10^{-3}$	$2,71 \cdot 10^{-3}$	$2,55 \cdot 10^{-3}$	$2,47 \cdot 10^{-3}$	$2,28 \cdot 10^{-3}$
Миттєва інтенсивність молоковіддачі (нижня границя допуску 0,8 л/хв)	$1,43 \cdot 10^{-3}$	$1,36 \cdot 10^{-3}$	$2,21 \cdot 10^{-3}$	$1,95 \cdot 10^{-3}$	$2,07 \cdot 10^{-3}$	$1,83 \cdot 10^{-3}$
Поточний удій на двадцятій секунд після початку доїння V_{M100}	$1,18 \cdot 10^{-4}$	$0,56 \cdot 10^{-4}$	$5,24 \cdot 10^{-4}$	$2,32 \cdot 10^{-4}$	$5,83 \cdot 10^{-4}$	$2,91 \cdot 10^{-4}$

Наведені у табл. 4.1 показники розраховувалися за виразами (4.54), (4.55), (4.60), (4.61), (4.67), (4.68), (4.75), (4.76), (4.83), (4.84), (4.92), (4.93), (4.99), (4.100), (4.101), (4.102) за допомогою програми у середовищі Maple 17, що наведена у додатку А. Як слідує з аналізу таблиці 4.1, показники достовірності вимірювального

контролю параметрів молоковіддачі, які досягнуто при використанні розробленого фотоелектричного ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата, перевищують аналогічні показники, які досягаються при використанні аналогів.

4.3 Достовірність вимірювального контролю параметрів ТПВКМ при використанні ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом

Проведемо дослідження похибки вимірювання рівня молока, яка виникає при застосуванні фотоелектричного ВП рівня з дискретним вихідним сигналом, що розглянуто у підрозділі 3.8. При використанні такого ВП виникають дві складові похибки вимірювання рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата – похибка квантування Δ_{KV} , та похибка встановлення Δ_{VS} . Максимальне значення похибки квантування такого ВП визначається виразом (3.102). Ця складова має рівномірний закон розподілу з нульовим математичним очікуванням, який визначається виразом [245]

$$p_{KVH}(\Delta_{HM}) = \begin{cases} \frac{1}{d_{TK}}, & \Delta_{HM} \in \left[-\frac{d_{TK}}{2}; \frac{d_{TK}}{2}\right] \\ 0, & \Delta_{HM} \in \left(-\infty; -\frac{d_{TK}}{2}\right) \cup \left(\frac{d_{TK}}{2}; +\infty\right). \end{cases} \quad (4.103)$$

СКВ цієї складової визначається за виразом

$$\sigma_{KVH} = \frac{d_{TK}}{2\sqrt{3}}. \quad (4.104)$$

Виникнення похибки встановлення Δ_{VS} зумовлено тими ж факторами, що і у фотоелектричного ВП, який розглянуто у підрозділі 3.6. Виходячи з цього, є підстави припустити, що ця складова розподілена за нормальним законом, який визначається виразом (4.37), з СКВ σ_{VSH} та нульовим математичним очікуванням.

Внаслідок незалежності складових абсолютної похибки вимірювання рівня молока, її СКВ визначається за виразом

$$\sigma_{HM} = \sqrt{\sigma_{VSH}^2 + \sigma_{KVH}^2} = \sqrt{\frac{d_{TK}^2}{12} + \sigma_{VS}^2}. \quad (4.105)$$

Функція розподілу абсолютної похибки вимірювання рівня молока Δ_{HM} при використанні фотоелектричного ВП з дискретним вихідним сигналом визначається згортанням їх функцій розподілу [151, 241]

$$p_H(\Delta_{HM}) = p_{VSH}(\Delta_{HM}) * p_{KVH}(\Delta_{HM}). \quad (4.106)$$

Підставивши (4.103) та (4.37) в (4.106), отримуємо функцію розподілу абсолютної похибки вимірювання рівня молока при використанні фотоелектричного ВП з дискретним вихідним сигналом

$$p_H(\Delta_{HM}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{VSH}d_{TK}} \int_{-\frac{d_{TK}}{2}}^{\frac{d_{TK}}{2}} \exp\left(-\frac{(\Delta_{HM}-z)^2}{2\sigma_{VSH}^2}\right) dz. \quad (4.107)$$

Проведемо теоретичне дослідження похибки вимірювання рівня, яка виникає при застосуванні ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом на основі

МАЕ, який розглянуто у підрозділі 3.7. При використанні ВП рівня на основі МАЕ, як і у попередньому випадку, виникають дві складових похибки вимірювання – похибка квантування Δ_{KV} та похибка встановлення Δ_{VS} . Максимальне значення похибки квантування ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ, визначається виразом (3.99). У відповідності з [245] ця складова має рівномірну функцію розподілу з нульовим математичним очікуванням, яка визначається виразом

$$p_{KVH}(\Delta_{H_M}) = \begin{cases} \frac{2}{h_{LM}}, & \Delta_{H_M} \in \left[-\frac{h_{LM}}{4}; \frac{h_{LM}}{4}\right] \\ 0, & \Delta_{H_M} \in \left(-\infty; -\frac{h_{LM}}{4}\right) \cup \left(\frac{h_{LM}}{4}; +\infty\right). \end{cases} \quad (4.108)$$

СКВ цієї складової визначається за виразом

$$\sigma_{KVH} = \frac{h_{LM}}{4\sqrt{3}}. \quad (4.109)$$

Причини виникнення похибки встановлення Δ_{VS} при застосуванні ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ аналогічні причинам виникнення цієї складової, при застосуванні фотоелектричного ВП рівня молока. Таким чином, можна вважати, що ця складова розподілена за нормальним законом, який визначається виразом (4.37), з СКВ σ_{VSH} та нульовим математичним очікуванням. СКВ похибки вимірювання рівня, при використанні ВП на основі МАЕ

$$\sigma_{H_M} = \sqrt{\sigma_{VSH}^2 + \sigma_{KVH}^2} = \sqrt{\frac{h_{LM}^2}{48} + \sigma_{VSH}^2}. \quad (4.110)$$

Функція розподілу абсолютної похибки вимірювання рівня при використанні ВП на основі МАЕ визначається виразом (4.106). Підставивши (4.108) та (4.37) в (4.106), отримуємо функцію розподілу абсолютної похибки вимірювання рівня молока при використанні ВП з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ

$$p_H(\Delta_{H_M}) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi} \sigma_{VSH} h_{LM}} \int_{-\frac{h_{LM}}{2}}^{\frac{h_{LM}}{2}} \exp\left(-\frac{(\Delta_{H_M} - z)^2}{2\sigma_{VSH}^2}\right) dz. \quad (4.111)$$

Розглянемо похибки вимірювання та достовірність вимірювального контролю параметрів ТПВКМ, при використанні вищевказаних ВП рівня з дискретним вихідним сигналом. На відміну від фотоелектричного ВП рівня молока, у випадку використання фотоелектричного ВП з дискретним вихідним сигналом, похибка квантування співрозмірна з похибкою встановлення, виходячи з цього, розподіл похибки вимірювання рівня відрізняється від нормального.

Похибка вимірювання поточного удою на двадцятій секунді після початку доїння $\Delta_{V_{M100}}$, яка виникає при контролі часу припуску, визначається виразом (4.86). Як слідує з виразів (4.86) та (4.103), функція розподілу складової цієї похибки, що зумовлена квантуванням, при використанні фотоелектричного ВП з дискретним вихідним сигналом, визначається співвідношенням

$$p_{KV}(\Delta_{V_{M100}}) = \begin{cases} \frac{1}{S_M d_{TK}}, & \Delta_{V_{M100}} \in \left[-\frac{S_M d_{TK}}{2}; \frac{S_M d_{TK}}{2} \right] \\ 0, & \Delta_{V_{M100}} \in \left(-\infty; -\frac{S_M d_{TK}}{2} \right) \cup \left(\frac{S_M d_{TK}}{2}; +\infty \right), \end{cases} \quad (4.112)$$

а функція розподілу її складової, яка зумовлена наявністю похибки встановлення при вимірюванні рівня, визначається виразом

$$p_{VS}(\Delta_{V_{M100}}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} S_M \sigma_{H_M}} \exp\left(-\frac{\Delta_{V_{M100}}^2}{2S_M^2 \sigma_{H_M}^2}\right). \quad (4.113)$$

Композиція функцій розподілу цих двох незалежних складових

$$p(\Delta_{V_{M100}}) = p_{VS}(\Delta_{V_{M100}}) * p_{KV}(\Delta_{V_{M100}}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} S_M^2 d_{TK} \sigma_{H_M}} \int_{-\frac{S_M d_{TK}}{2}}^{\frac{S_M d_{TK}}{2}} \exp\left(-\frac{(\Delta_{V_{M100}} - z)^2}{2S_M^2 \sigma_{H_M}^2}\right) dz. \quad (4.114)$$

Сумісна двовимірна функція розподілу контрольованого параметра та похибки його вимірювання визначається виразом

$$p(\Delta_{V_{M100}}, \check{V}_{M100}) = \frac{1}{2\pi S_M^2 d_{TK} \sigma_{M100} \sigma_{H_M}} \exp\left(-\frac{\check{V}_{M100}^2}{2\sigma_{M100}^2}\right) \int_{-\frac{S_M d_{TK}}{2}}^{\frac{S_M d_{TK}}{2}} \exp\left(-\frac{(\Delta_{V_{M100}} - z)^2}{2S_M^2 \sigma_{H_M}^2}\right) dz. \quad (4.115)$$

Підставивши (4.90), (4.91), (4.115) в (4.1) та (4.6), з урахуванням того, що коефіцієнт асиметрії полів допуску дорівнює одиниці, систематична похибка вимірювання та контрольні прирости полів допуску дорівнюють нулю, $\bar{X}_1 = +\infty$, $\bar{X}_2 = V_{M100 \text{ MIN}} - V_{M100 \text{ S}}$, отримуємо вирази, які визначають помилку першого роду $\alpha_{K \text{ M100}}$ та помилку другого роду $\beta_{K \text{ M100}}$ при вимірювальному контролі V_{M100} з застосуванням фотоелектричного ВП з дискретним вихідним сигналом

$$\alpha_{K \text{ M100}} = \frac{\int_{V_{M100 \text{ S}}}^{\infty} \int_{-V_{M100 \text{ MIN}}}^{V_{M100 \text{ S}} - V_{M100 \text{ MIN}} - \check{V}_{M100}} \exp\left(-\frac{\check{V}_{M100}^2}{2\sigma_{M100}^2}\right) \cdot \left(\int_{-\frac{S_M d_{TK}}{2}}^{\frac{S_M d_{TK}}{2}} \exp\left(-\frac{(\Delta_{V_{M100}} - z)^2}{2S_M^2 \sigma_{H_M}^2}\right) dz \right) d\Delta_{V_{M100}} d\check{V}_{M100}}{2\pi S_M^2 d_{TK} \sigma_{M100} \sigma_{H_M}}; \quad (4.116)$$

$$\beta_{K \text{ M100}} = \frac{\int_{-\infty}^{V_{M100 \text{ S}} - V_{M100 \text{ MIN}}} \int_{V_{M100 \text{ S}} - V_{M100 \text{ MIN}}}^{+\infty} \exp\left(-\frac{\check{V}_{M100}^2}{2\sigma_{M100}^2}\right) \cdot \left(\int_{-\frac{S_M d_{TK}}{2}}^{\frac{S_M d_{TK}}{2}} \exp\left(-\frac{(\Delta_{V_{M100}} - z)^2}{2S_M^2 \sigma_{H_M}^2}\right) dz \right) d\Delta_{V_{M100}} d\check{V}_{M100}}{2\pi S_M^2 d_{TK} \sigma_{M100} \sigma_{H_M}}. \quad (4.117)$$

При використанні ВП з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ, як слідує з виразів (4.86) та (4.108), функція розподілу складової похибки вимірювання параметра V_{M100} , яка зумовлена квантуванням, визначається виразом

$$p_{KV}(\Delta_{V_{M100}}) = \begin{cases} \frac{2}{S_M h_{LM}}, & \Delta_{H_M} \in \left[-\frac{S_M h_{LM}}{4}; \frac{S_M h_{LM}}{4} \right]; \\ 0, & \Delta_{H_M} \in \left(-\infty; -\frac{S_M h_{LM}}{4} \right) \cup \left(\frac{S_M h_{LM}}{4}; +\infty \right). \end{cases} \quad (4.118)$$

Функція розподілу складової похибки вимірювання параметра V_{M100} , яка зумовлена наявністю похибки встановлення, при використанні ВП з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ, визначається виразом (4.113). Композиція функцій розподілу цих двох складових визначається виразом

$$p(\Delta_{V_{M100}}) = \frac{2}{\sqrt{2\pi} S_M^2 h_{LM} \sigma_{H_M}} \int_{-\frac{S_M h_{LM}}{4}}^{\frac{S_M h_{LM}}{4}} \exp\left(-\frac{(\Delta_{V_{M100}} - z)^2}{2S_M^2 \sigma_{H_M}^2}\right) dz. \quad (4.119)$$

Сумісна двовимірний функція розподілу контрольованого параметра та похибки його вимірювання визначається виразом

$$p(\Delta_{V_{M100}}, \tilde{V}_{M100}) = \frac{1}{\pi S_M^2 h_{LM} \sigma_{H_M} \sigma_{M100}} \exp\left(-\frac{\tilde{V}_{M100}^2}{2\sigma_{M100}^2}\right) \int_{-\frac{S_M h_{LM}}{4}}^{\frac{S_M h_{LM}}{4}} \exp\left(-\frac{(\Delta_{V_{M100}} - z)^2}{2S_M^2 \sigma_{H_M}^2}\right) dz. \quad (4.120)$$

Підставивши (4.90), (4.91), (4.120) в (4.1) та (4.6), з урахуванням того, що коефіцієнт асиметрії полів допуску дорівнює одиниці, систематична похибка вимірювання та контрольні прирости полів допуску дорівнюють нулю, $\bar{X}_1 = +\infty$, $\bar{X}_2 = V_{M100\ MIN} - V_{M100\ S}$, отримуємо вирази, які визначають помилку першого роду $\alpha_{K\ M100}$ та помилку другого роду $\beta_{K\ M100}$ при вимірювальному контролі параметра V_{MP} при використанні ВП з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ

$$\alpha_{K\ M100} = \frac{\int_{V_{M100\ S} - V_{M100\ MIN}}^{\infty} \int_{-\infty}^{V_{M100\ S} - V_{M100\ MIN} - \tilde{V}_{M100}} \exp\left(-\frac{\tilde{V}_{M100}^2}{2\sigma_{M100}^2}\right) \cdot \left(\int_{-\frac{S_M h_{LM}}{4}}^{\frac{S_M h_{LM}}{4}} \exp\left(-\frac{(\Delta_{V_{M100}} - z)^2}{2S_M^2 \sigma_{H_M}^2}\right) dz \right) d\Delta_{V_{M100}} d\tilde{V}_{M100}}{\pi S_M^2 h_{LM} \sigma_{H_M} \sigma_{M100}}; \quad (4.121)$$

$$\beta_{K\ M100} = \frac{\int_{-\infty}^{V_{M100\ S} - V_{M100\ MIN}} \int_{V_{M100\ S} - V_{M100\ MIN}}^{+\infty} \exp\left(-\frac{\tilde{V}_{M100}^2}{2\sigma_{M100}^2}\right) \cdot \left(\int_{-\frac{S_M h_{LM}}{4}}^{\frac{S_M h_{LM}}{4}} \exp\left(-\frac{(\Delta_{V_{M100}} - z)^2}{2S_M^2 \sigma_{H_M}^2}\right) dz \right) d\Delta_{V_{M100}} d\tilde{V}_{M100}}{\pi S_M^2 h_{LM} \sigma_{H_M} \sigma_{M100}}. \quad (4.122)$$

При використанні фотоелектричного ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом та ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ, інші параметри ТПВКМ, які розглянуті у попередньому підрозділі, визначаються на основі суми або різниці результатів вимірювання рівня. Врахувавши, що на стійловій доільній установці, при використанні вищевказаних ВП у складі переносних БЗПД, похибка встановлення має більше значення, ніж похибка квантування, в першому наближенні можна припустити, що функція розподілу похибки вимірювання інших параметрів ТПВКМ є нормальною, з нульовим математичним очікуванням. Виходячи з цього, для визначення характеристик похибки вимірювання та достовірності контролю цих параметрів, можна використати результати, що отримані у попередньому підрозділі. Таким чином, для визначення інших параметрів ТПВКМ при використанні фотоелектричного ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом, СКВ похибки вимірювання рівня молока визначається за виразом (4.105), при використанні ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ – за виразом (4.110). Разовий удій тварини визначається за виразом (2.82), максимальне значення абсолютної похибки вимірювання разового удою тварини визначається за виразом (4.49), СКВ цієї похибки визначається за виразом (4.50), помилка першого роду $\alpha_{K\ V_R}$ та помилка другого роду $\beta_{K\ V_R}$ при вимірювальному контролі разового удою визначаються за виразами (4.54) та (4.55). Абсолютна похибка вимірювання середньої інтенсивності молоковіддачі визначається виразом (4.57), а її СКВ – виразом

(4.58). При використанні вищевказаних ВП, абсолютна похибка вимірювання параметра I_{30} визначається виразом (4.63), її СКВ – виразом (4.64), помилки першого та другого роду $\alpha_{K I_{30}}$ та $\beta_{K I_{30}}$ при вимірювальному контролі цього параметра – відповідно виразами (4.67) та (4.68). Абсолютна похибка вимірювання параметра I_{60} визначається виразом (4.70), її СКВ – виразом (4.71), помилки першого та другого роду $\alpha_{K I_{60}}$ та $\beta_{K I_{60}}$ при вимірювальному контролі цього параметра – відповідно виразами (4.75) та (4.76). Абсолютна похибка вимірювання параметра I_{90} при використанні вищевказаних ВП, визначається виразом (4.78), її СКВ – виразом (4.79), помилки першого та другого роду $\alpha_{K I_{90}}$ та $\beta_{K I_{90}}$ вимірювального контролю цього параметра – відповідно виразами (4.83) та (4.84). Абсолютна похибка вимірювання миттєвого значення інтенсивності молоковіддачі визначається за виразом (4.95), її СКВ за виразом (4.96), помилка першого роду $\alpha_{K MVD}$ та помилку другого роду $\beta_{K MVD}$ при вимірювальному контролі миттєвої інтенсивності молоковіддачі в процесі визначення моменту переходу до додоювання – за виразами (4.99) та (4.100), помилка першого роду $\alpha_{K MVZ}$ та помилка другого роду $\beta_{K MVZ}$ при вимірювальному контролі миттєвої інтенсивності молоковіддачі в процесі визначення моменту закінчення доїння – за виразами (4.101) та (4.102).

У процесі досліджень проведено розрахунок помилок вимірювального контролю параметрів молоковіддачі при використанні фотоелектричного ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом та ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ, результати розрахунку наведено у табл. 4.2. Розрахунок наведених у табл. 4.2 чисельних значень помилок вимірювального контролю параметрів молоковіддачі при використанні розроблених ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом проведений на основі результатів експериментальних досліджень макетних зразків вищевказаних ВП з використанням програми у середовищі Maple 17, яка наведена у додатку А. В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що абсолютна похибка вимірювання удою при використанні розроблених ВП з дискретним вихідним сигналом має наближену до нормальної функцію розподілу з нульовим математичним очікуванням, її СКВ при використанні фотоелектричного ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом дорівнює 0,158 л, а при використанні ВП рівня молока на основі МАЕ – 0,175 л. Результати вимірювання поточного удою, отримані за допомогою розроблених ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом, порівнювались з результатами, отриманими за допомогою приладу для проведення контрольних доїнь ИУ-1, виробництва ТДВ "Брацлав", які вважались дійсним значенням вимірюваної величини. Для досліджуваних ВП рівня $S_M = 100 \text{ см}^2$, максимальне значення $H_{Mj} = 12 \text{ см}$, відповідно, максимальний об'єм однієї порції молока у молокоприймальній камері доїльного апарата – 1,2 л. У фотоелектричному ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом використано фототранзистори з діаметром лінзи 3 мм, тобто $d_{TK} = 3 \text{ мм}$, у ВП рівня молока з дискретним

вихідним сигналом на основі МАЕ висота тороподібного магніту складає 7 мм, тобто $h_{LM} = 7$ мм.

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку помилок вимірювального контролю параметрів молоковіддачі при використанні ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом

Контрольований параметр	Фотоелектричний ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом		ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ	
	Помилка першого роду	Помилка другого роду	Помилка першого роду	Помилка другого роду
Разовий удій V_R	$5,92 \cdot 10^{-4}$	$2,97 \cdot 10^{-4}$	$6,37 \cdot 10^{-4}$	$3,29 \cdot 10^{-4}$
Інтенсивність молоковіддачі протягом тридцяти секунд після початку доїння I_{30}	$2,01 \cdot 10^{-4}$	$0,92 \cdot 10^{-4}$	$2,36 \cdot 10^{-4}$	$1,17 \cdot 10^{-4}$
Інтенсивність молоковіддачі протягом часового інтервалу від тридцяти до шістдесяти секунд після початку доїння I_{60}	$2,45 \cdot 10^{-4}$	$0,98 \cdot 10^{-4}$	$2,78 \cdot 10^{-4}$	$1,24 \cdot 10^{-4}$
Інтенсивність молоковіддачі протягом часового інтервалу від шістдесяти до дев'яноста секунд після початку доїння I_{90}	$2,81 \cdot 10^{-4}$	$1,13 \cdot 10^{-4}$	$3,18 \cdot 10^{-4}$	$1,39 \cdot 10^{-4}$
Середня інтенсивність молоковіддачі I_{MS}	$5,85 \cdot 10^{-4}$	$2,86 \cdot 10^{-4}$	$6,20 \cdot 10^{-4}$	$3,17 \cdot 10^{-4}$
Миттєва інтенсивність молоковіддачі (нижня границя допуску 0,2 л/хв)	$2,81 \cdot 10^{-3}$	$2,66 \cdot 10^{-3}$	$2,95 \cdot 10^{-3}$	$2,74 \cdot 10^{-3}$
Миттєва інтенсивність молоковіддачі (нижня границя допуску 0,8 л/хв)	$2,42 \cdot 10^{-3}$	$2,13 \cdot 10^{-3}$	$2,53 \cdot 10^{-3}$	$2,28 \cdot 10^{-3}$
Поточний удій на двадцятій секундні після початку доїння V_{M100}	$5,72 \cdot 10^{-4}$	$2,70 \cdot 10^{-4}$	$6,01 \cdot 10^{-4}$	$3,11 \cdot 10^{-4}$

Як слідує з порівняльного аналізу табл. 4.1 та табл. 4.2, показники достовірності вимірювального контролю, при використанні фотоелектричного ВП з дискретним вихідним сигналом співрозмірні з показниками, які досягаються при використанні оптичних кореляційних ВП інтенсивності молочного потоку типу LactoFlow або FloMaster. При використанні ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ досягаються нижчі показники достовірності вимірювального контролю, ніж при використанні оптичних кореляційних ВП інтенсивності молочного потоку. Єдиною перевагою ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ є незалежність його метрологічних характеристик від якості промивання доїльної системи.

4.4 Висновки до розділу

1. На основі отриманих диференційних функцій розподілу загального часу роботи з тваринами розроблено та практично реалізовано метод статистичного оцінювання та вимірювального контролю тривалості роботи основних типів доїльних установок та доярів при використанні різних типів доїльних апаратів та різних варіантах ідентифікації тварин, який базується на встановленому в

результаті проведених досліджень функціональному зв'язку між статистичними характеристиками тривалості роботи доїльних установок, статистичними характеристиками часу підготовки тварини, статистичними характеристиками часу видоювання тварини, кількістю доярів, кількістю тварин, кількістю доїльних апаратів, типом доїльного апарата, що дозволило підвищити достовірність вимірювального контролю тривалості роботи основних типів доїльних установок та окремих доярів, що їх обслуговують. Отримано залежності показників достовірності вимірювального контролю тривалості роботи доїльних установок, та доярів, що їх обслуговують, від СКВ абсолютної похибки вимірювання часу.

2. Проведено теоретичний аналіз похибки вимірювання разового удою, удою на двадцятій секунді після початку доїння, середньої інтенсивності молоковіддачі, інтенсивності молоковіддачі протягом тридцяти секунд від початку доїння, інтенсивності молоковіддачі протягом інтервалу від тридцяти до шістдесяти секунд від початку доїння, інтенсивності молоковіддачі протягом інтервалу від шістдесяти до дев'яноста секунд від початку доїння, поточного удою, миттєвої інтенсивності молоковіддачі, при використанні розробленого фотоелектричного ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата. Отримано теоретичні вирази для визначення функцій розподілу вищевказаних параметрів молоковіддачі, похибок їх вимірювання, достовірності вимірювального контролю. Проведено порівняльний аналіз показників достовірності вимірювального контролю вищевказаних параметрів молоковіддачі при використанні розробленого фотоелектричного ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з показниками достовірності вимірювального контролю при використанні аналогів. В результаті проведеного аналізу встановлено, що показники достовірності вимірювального контролю при використанні розробленого фотоелектричного ВП рівня молока перевищують відповідні показники аналогів.

3. Теоретично проаналізовано похибки вимірювання разового удою, удою на двадцятій секунді після початку доїння, середньої інтенсивності молоковіддачі, інтенсивності молоковіддачі протягом тридцяти секунд від початку доїння, інтенсивності молоковіддачі протягом інтервалу від тридцяти до шістдесяти секунд від початку доїння, інтенсивності молоковіддачі протягом інтервалу від шістдесяти до дев'яноста секунд від початку доїння, поточного удою, миттєвої інтенсивності молоковіддачі, при використанні фотоелектричного ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом та ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ. Отримано теоретичні вирази для визначення функцій розподілу вищевказаних параметрів молоковіддачі, похибок їх вимірювання, достовірності вимірювального контролю. Проведено порівняльний аналіз показників достовірності вимірювального контролю вищевказаних параметрів молоковіддачі при використанні розроблених ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом, та показників достовірності вимірювального контролю при використанні аналогів. В результаті проведеного аналізу встановлено, що використанні ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ досягаються нижчі показники достовірності

вимірювального контролю, ніж при використанні аналогів. Єдиною перевагою ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ є незалежність його метрологічних характеристик від якості промивання доїльної системи. При використанні фотоелектричного ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом досягаються кращі показники достовірності вимірювального контролю, ніж при використанні оптичних кореляційних ВП інтенсивності молочного потоку.

5 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ АПАРАТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТПВКМ

5.1 Практична реалізація засобів контролю параметрів ТПВКМ

В процесі виконання досліджень розроблено низку технічних засобів, за допомогою яких забезпечується вимірювання та контроль параметрів ТПВКМ як у автономному режимі, так і у складі ІВС КППВКМ. В процесі проведення досліджень розроблено та впроваджено у виробництво лінійку БЗПД. БЗПД «Індикатор інтенсивності доїння «ІД-02» (далі за текстом «ІД-02») [254], електрична структурна схема якого наведена на рис. 5.1, призначений для використання на доїльних установках типу «Ялинка», «Паралель», «Тандем», та на доїльній установці з паралельно-прохідними станками. БЗПД «ІД-02» може використовуватися у складі ІВС ІВС КППВКМ найнижчої цінової категорії, або в автономному режимі. БЗПД «ІД-02» призначений для роботи з доїльними апаратами без функції керування процесом доїння, за його допомогою забезпечується вимірювання індивідуального удою тварин без їх ідентифікації, вимірювання інтенсивності молоковіддачі, визначення моменту закінчення доїння на основі результатів вимірювального контролю миттєвої інтенсивності молоковіддачі, формування сигналу необхідності ручного зняття доїльного апарата, передавання інформації про удій тварини до ЗВКМ.



Рисунок 5.1 – Електрична структурна схема БЗПД «ІД-02»

Живлення «ІД-02» забезпечується від загальної лінії живлення електронного обладнання доїльної установки постійною напругою 24 В, для живлення активних електронних компонентів «ІД-02» застосовується постійна напруга 5 В, яка отримується за допомогою відповідного перетворювача. Після підготовки тварини та вдягання доїльних стаканів, дояр натискає кнопку «Пуск». За сигналом, який надходить на дискретний вхід мікроконтролера після натискання цієї кнопки, починається вимірювання параметрів молоковіддачі. Результат вимірювання поточного удою відображається на цифровому світлодіодному індикаторі. При використанні «ІД-02», для вимірювання параметрів молоковіддачі може бути застосований ковшовий ВП [126 - 131], або ВП перетворювачі рівня молока у

молокоприймальній камері доїльного апарата, які розглянуті у підрозділах 3.6 – 3.8. При використанні ковшового ВП автоматично виявляється наявність «нормально замкненого» та «нормально розімкненого» геркона, програмно реалізовано захист від «дрижання контактів». При використанні ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата, двонаправлений обмін даними у послідовному форматі між ВП та мікроконтролером забезпечується за допомогою інтегрованого у мікроконтролер модуля UART. Через одну хвилину після початку доїння «ІД-02» починає здійснювати вимірювальний контроль миттєвої інтенсивності молоковіддачі, у момент її зниження нижче ніж 0,2 л/хв, за допомогою світлодіодного індикатора необхідності зняття доїльного апарата формується відповідний сигнал дояру. У випадку застосування ковшового ВП, «ІД-02» забезпечує вимірювання індивідуального удою тварин в діапазоні від 0,1 кг до 99,9 кг з дискретністю 0,1 кг, зведена похибка вимірювання не перевищує 3 %. При використанні фотоелектричного ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата зведена похибка вимірювання індивідуального удою не перевищує 1,5 %. Відносна похибка вимірювання та формування необхідних для функціонування «ІД-02» часових інтервалів – 0,1 %. Передавання інформації про й удій до ЗВКМ забезпечується за допомогою «струмової петлі» та дводротової лінії передачі даних з гальванічною розв'язкою. Електрична структурна схема розробленого та впроваджененого у виробництво БЗПД «Блок доїння «БД-05» (далі за текстом «БД-05»)) [254], наведена на рис. 5.2.

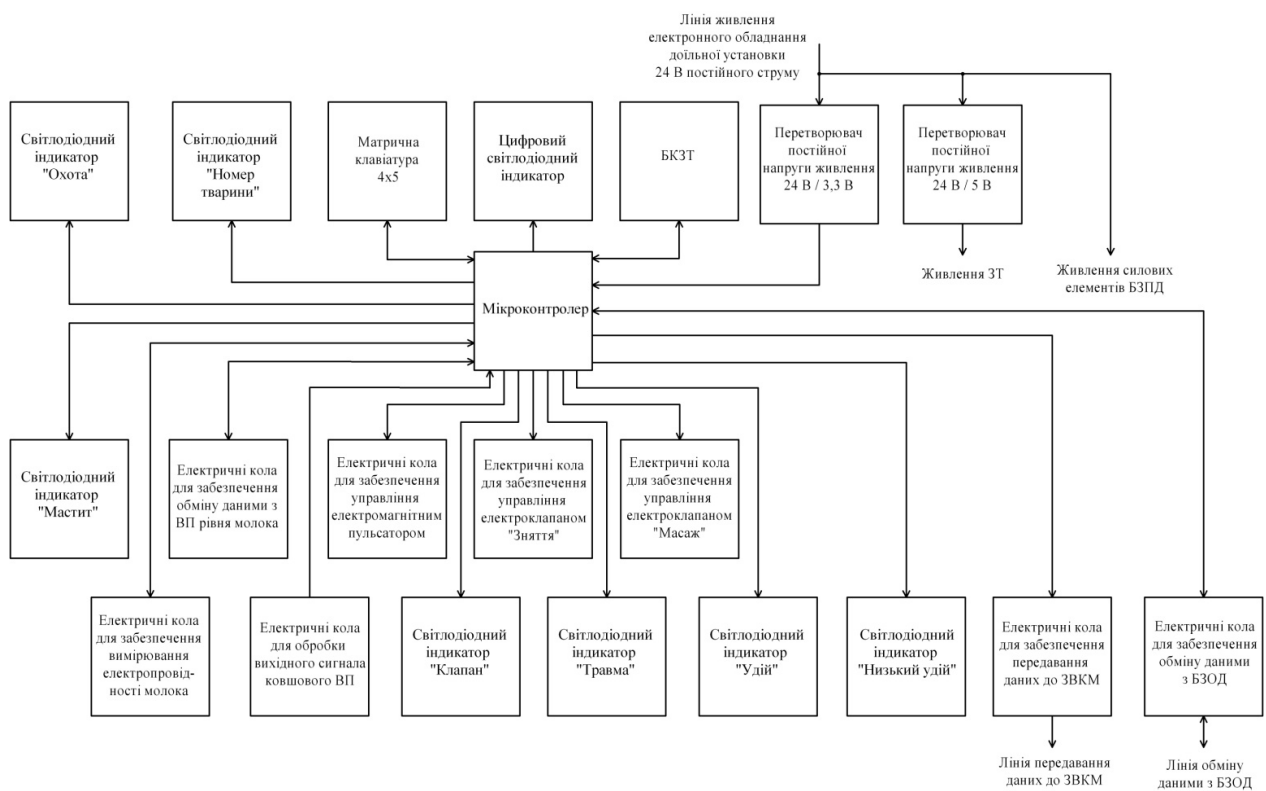


Рисунок 5.2 – Електрична структурна схема БЗПД «Блок доїння «БД-05»
БЗПД «БД-05» забезпечує управління електроклапанною системою маніпулятора та попарним електромагнітним пульсатором з метою керування

процесом доїння, здійснює вимірювання та вимірювальний контроль параметрів ТПВКМ та їх візуалізацію, за допомогою інтегрованого БКЗТ здійснює взаємодію з ЗТ для забезпечення автоматизованої радіочастотної ідентифікації тварин, за посередництва БЗОД здійснює двонаправлений обмін даними з сервером ІВС КПППВКМ, забезпечує передавання інформації про удій тварини до ЗВКМ. «БД-05» може використовуватися на доїльних установках для безприв'язного утримання тварин при наявності або відсутності ІВС КПППВКМ. Живлення «БД-05» здійснюється від загальної лінії живлення електронного обладнання доїльної установки постійною напругою 24 В. Для живлення активних електронних компонентів «БД-05» використовується постійна напруга 3,3 В, для живлення ЗТ використовується постійна напруга 5 В, напруги живлення отримуються за допомогою відповідних перетворювачів. Живлення силових елементів «БД-05» забезпечується вхідною напругою живлення 24 В. Для вимірювання параметрів молоковіддачі при використанні «БД-05» може бути застосований ковшовий ВП, або ВП перетворювачі рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата. При використанні ковшового ВП автоматично виявляється наявність «нормально замкненого» та «нормально розімкненого» геркона, програмно реалізовано захист від «дрижання контактів». При використанні ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата, двонаправлений обмін даними у послідовному форматі між ВП та мікроконтролером забезпечується за допомогою інтегрованого у мікроконтролер модуля UART. При застосуванні ковшового ВП, «БД-05» забезпечує вимірювання індивідуального удою тварин в діапазоні від 0,1 кг до 99,9 кг з дискретністю 0,1 кг, зведена похибка вимірювання не перевищує 3 %. При використанні фотоелектричного ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата зведена похибка вимірювання індивідуального удою не перевищує 1,5 %. Передавання інформації про індивідуальний удій до ЗВКМ забезпечується за допомогою «струмової петлі» та дводротової лінії передачі даних з гальванічною розв'язкою. Для забезпечення обміну даними з сервером ІВС КПППВКМ за посередництва БЗОД використовується двонаправлена гальванічно ізольована «струмова петля», двонаправлений обмін даними між «БД-05» та БЗОД здійснюється у дуплексному режимі. Для підвищення надійності обміну даними до складу пакетів даних входять відповідні їм контрольні суми. При роботі у складі ІВС КПППВКМ для кожного «БД-05» встановлюється унікальний мережевий номер. БЗПД «БД-05» забезпечує передачу до сервера ІВС КПППВКМ інформації про разовий удій тварини, тривалість доїння, розподіл удою за першими трьома тридцятисекундними інтервалами з початку доїння, стадний номер тварини та номер її транспондера, наявність маститу або його ступінь у чвертях вимені, наявність травмованості тварини, наявність у тварини стану «охоти», мережевий номер, результати вимірювання електропровідності молока, кількість відпадань доїльних стаканів, час припуску. В процесі доїння «БД-05» здійснює вимірювальний контроль миттєвої інтенсивності молоковіддачі, у момент її зниження нижче ніж 0,8 л/хв відбувається перехід до режиму додоювання, який забезпечується за допомогою електроклапана «Масаж». У момент зниження миттєвої інтенсивності молоковіддачі нижче ніж 0,2 л/хв відбувається автоматич-

не зняття доїльного апарата за допомогою електроклапана «Зняття». За допомогою світлодіодного індикатора «Клапан» візуалізується спрацьовування електроклапана «Масаж» або «Зняття». За допомогою матричної клавіатури 4x5, яка інтегрована до «БД-05», забезпечується введення чотиризначного стадного номера тварини при використанні ручної ідентифікації, інформації про наявність у тварини маститу, ступеня маститу у кожній чверті вимені, інформації про те, що тварина травмована, знаходиться в стані «охоти», здійснюється програмування мережевого номера та певних режимів роботи, забезпечується початок та примусове закінчення доїння, забезпечується повторне доїння у випадку відпадання доїльних стаканів. На цифровому світлодіодному індикаторі відображається поточний удій, номер тварини, мережевий номер «БД-05» при його програмуванні, ступінь маститу у кожній чверті вимені, інформація про заборону доїння ідентифікованої тварини, інформація про невідповідність часу припуску нормі, інша необхідна службова інформація. Інформація про заборону доїння надходить від сервера ІВС КППВКМ одразу після ідентифікації тварини (наприклад, якщо тварина хвора, або приймає антибіотики). За допомогою світлодіодних індикаторів «Номер тварини» та «Удій» візуалізується тип даних, які відображаються на цифровому світлодіодному індикаторі. Світлодіодні індикатори «Мастит», «Травма» та «Охота» забезпечують візуалізацію факту ручного введення інформації про наявність у тварини маститу, травмованості, стану «охоти». Інформація про низький удій надходить від сервера ІВС КППВКМ до «БД-05» після закінчення доїння, якщо отриманий удій як мінімум на двадцять відсотків менший, ніж аналогічний удій у попередній день. Наявність цієї події візуалізується за допомогою світлодіодного індикатора «Низький удій».

При використанні «БД-05» у складі ІВС КППВКМ можливе застосування ручної або автоматизованої ідентифікації тварин. При застосуванні автоматизованої ідентифікації, кожний «БД-05» обладнується розробленим та впровадженим у виробництво ЗТ «АР-01» малого радіуса дії [254], електрична структурна схема якого наведений на рис. 5.3.

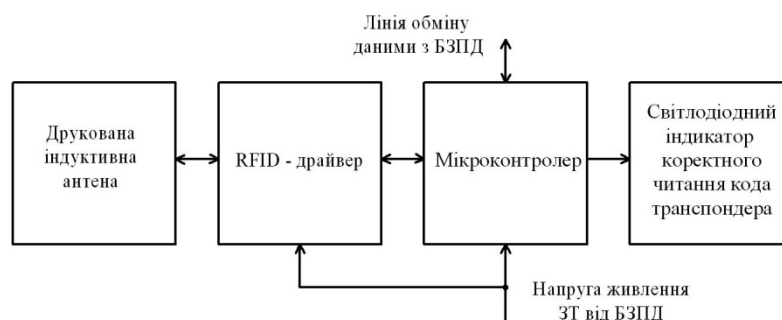


Рисунок 5.3 – Електрична структурна схема ЗТ малого радіуса дії «АР-01»

При автоматизованій ідентифікації транспондери закріплюються на задній нозі тварин, дояр ідентифікує тварину шляхом піднесення ЗТ до транспондера, після чого починає процес підготовки до доїння. Живлення ЗТ «АР-01» забезпечується постійною напругою, яка надходить від «БД-05». Мікроконтролер,

який входить до складу ЗТ «АР-01», забезпечує управління та обмін даними з мікросхемою RFID - драйвера. У ЗТ «АР-01» використовується плоска спіральна індуктивна антена, яка виконана з двох сторін друкованої плати. У випадку коректного читання коду транспондера здійснюється візуалізація цієї події за допомогою відповідного світлодіодного індикатора, після чого код передається до інтегрованого в «БД-05» БКЗТ. ЗТ «АР-01» конструктивно виконаний в ударостійкому корпусі з прозорого полікарбонату, усі електронні компоненти захищені шаром епоксидного компаунду, завдяки цьому забезпечується ступінь захисту від зовнішніх впливів IP68, діапазон робочих температур ЗТ «АР-01» знаходиться в межах від -10 до +50 °С. Відстань зчитування коду транспондерів формату «Em-marine» [255] складає не менше десяти сантиметрів. Впроваджені у виробництво транспондери реалізовані на основі стандартних карткових транспондерів формату «Em-marine» з робочою частотою 125 кГц виробництва «Sokumat» [256], які знаходяться в ударостійкому пластиковому корпусі. За допомогою ремня транспондер кріпиться до нижньої частини правої або лівої задньої ноги тварини.

БЗПД «BigMilk «БД-06» (далі за текстом «БД-06») [254], використовується на безприв'язних доїльних установках високої та середньої цінової категорії, його електрична структурна схема наведена на рис. 5.4. БЗПД «БД-06» забезпечує управління стандартною електроклапанною системою маніпулятора та електроклапанною системою маніпулятора з додатковим електроклапаном підтримки, здійснює вимірювання та вимірювальний контроль параметрів ТПВКМ та їх візуалізацію, за допомогою інтегрованого БКЗТ здійснює взаємодію з ЗТ для забезпечення автоматизованої радіочастотної ідентифікації тварин, забезпечує обмін даними з зовнішніми БКЗТ при застосуванні автоматичної ідентифікації тварин, забезпечує управління вхідними та вихідними воротами сторін групових доїльних установок, забезпечує управління попарним електромагнітним пульсатором з метою керування процесом доїння, за посередництва БЗОД здійснює двонаправлений обмін даними з сервером ІВС КПТПВКМ, забезпечує передавання інформації про удій тварини до ЗВКМ. БЗПД «БД-06» може використовуватися на будь-яких доїльних установках для безприв'язного утримання тварин при наявності або відсутності ІВС КПТПВКМ. Постійна напруга живлення 24 В надходить до «БД-06» від загальної лінії живлення електронного обладнання доїльної установки. Для живлення активних електронних компонентів «БД-06» використовується постійна напруга 3,3 В, для живлення ЗТ «АР-01» при автоматизованій ідентифікації тварин використовується напруга 5 В, вищевказані напруги отримуються за допомогою відповідних перетворювачів. Живлення силових елементів «БД-06» забезпечується вхідною напругою живлення 24 В.

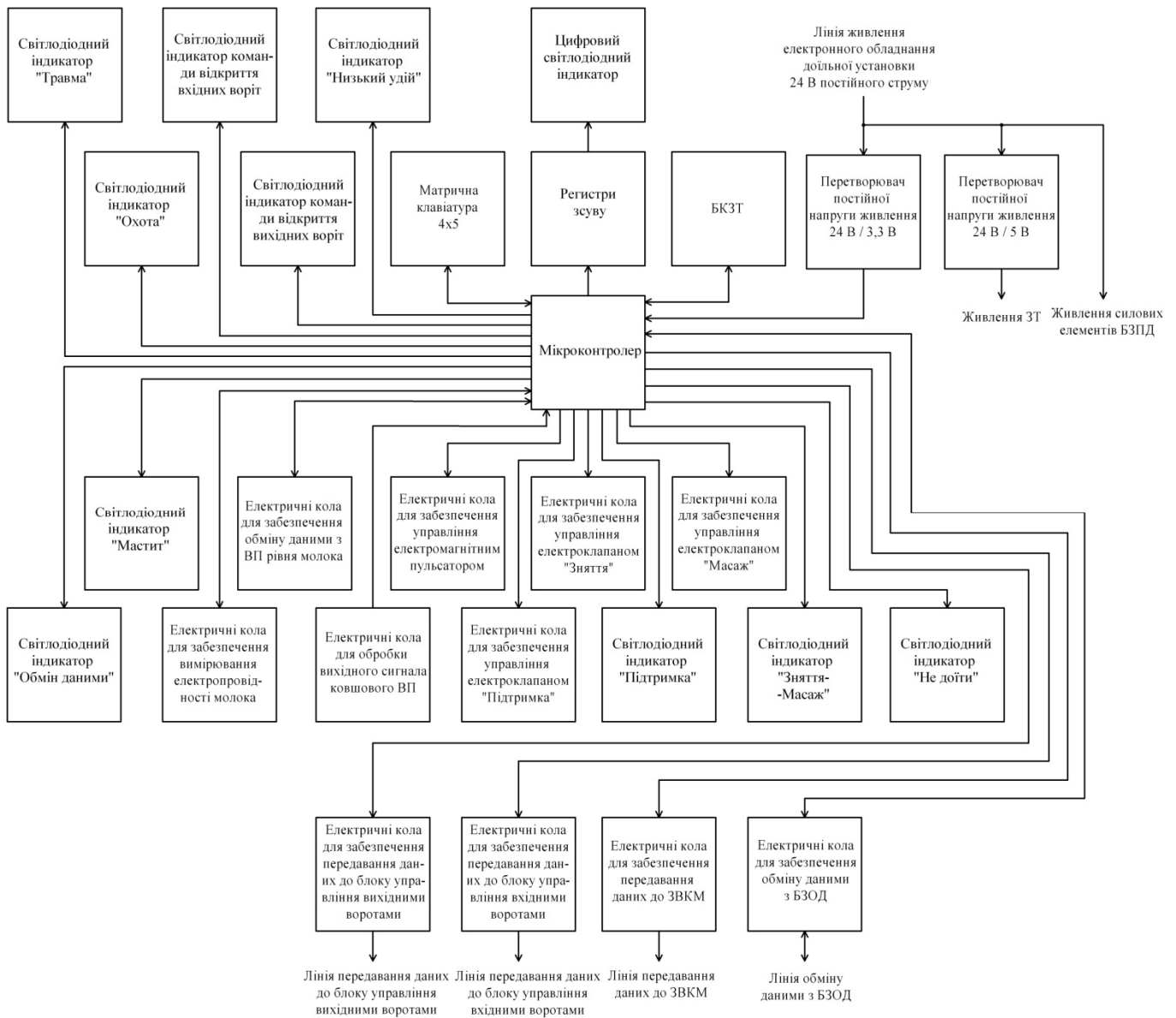


Рисунок 5.4 – Електрична структурна схема БЗПД «BigMilk «БД-06»

Для вимірювання параметрів молоковіддачі при використанні «БД-06» може бути застосований ковшовий ВП, або ВП перетворювачі рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата. Метрологічні характеристики при вимірюванні параметрів ТПВКМ за допомогою «БД-06», аналогічні метрологічним характеристикам при використанні «БД-05». При використанні ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата, двонаправлений обмін даними у послідовному форматі між ВП та мікроконтролером забезпечується за допомогою інтегрованого у мікроконтролер модуля UART. Передавання інформації про індивідуальний удій до ЗВКМ, та передавання даних для управління вхідними та вихідними воротами сторін групової доїльної установи, забезпечується за допомогою «струмової петлі» та дводрової лінії передачі даних з гальванічною розв'язкою. Для забезпечення обміну даними з зовнішніми БКЗТ при автоматичній ідентифікації тварин, та з сервером ІВС КППВКМ за посередництва БЗОД, використовується двонаправлена гальванічно

ізолювана «струмова петля», двонаправлений обмін даними між «БД-06» та БЗОД здійснюється у дуплексному режимі з передаванням контрольних сум для підвищення надійності обміну даними. При роботі у складі ІВС КПППВКМ для кожного «БД-06» встановлюється унікальний мережевий номер. БЗПД «БД-06» забезпечує передачу до сервера ІВС КПППВКМ інформації про разовий удій тварини, тривалість доїння, розподіл удою за першими трьома тридцятисекундними інтервалами з початку доїння, стадний номер тварини та номер її транспондера, наявність маститу або його ступінь у чвертях вимені, наявність травмованості тварини, наявність у тварини стану «охоти», мережевий номер, результати вимірювання електропровідності молока, кількість відпадань доїльних стаканів, час припуску. В процесі доїння «БД-06» здійснює вимірювальний контроль миттєвої інтенсивності молоковіддачі, у момент її зниження нижче ніж 0,8 л/хв відбувається перехід до режиму додоювання, який забезпечується за допомогою електроклапана «Масаж». У момент зниження миттєвої інтенсивності молоковіддачі нижче ніж 0,2 л/хв відбувається автоматичне зняття доїльного апарата за допомогою електроклапана «Зняття». За допомогою світлодіодного індикатора «Клапан» візуалізується спрацьовування електроклапана «Масаж» або «Зняття». За допомогою матричної клавіатури 4x5, яка інтегрована до «БД-06», забезпечується введення шестизначного стадного номера тварини при використанні ручної ідентифікації, інформації про наявність у тварини маститу, ступеня маститу у кожній чверті вимені, інформації про те, що тварина травмована, знаходиться в стані «охоти», здійснюється програмування мережевого номера та певних режимів роботи, забезпечується початок та примусове закінчення доїння, забезпечується повторне доїння у випадку відпадання доїльних стаканів, здійснюється управління вхідними та вихідними воротами. На цифровому світлодіодному індикаторі відображається поточний удій, номер тварини, мережевий номер «БД-06» при його програмуванні, ступінь маститу у кожній чверті вимені, інформація про заборону доїння ідентифікованої тварини, інформація про невідповідність часу припуску нормі, інша необхідна службова інформація. У «БД-06» реалізована статична індикація, тому на цифровий світлодіодний індикатор дані від мікроконтролера надходять за посередництва регістрів зсуву. Інформація про заборону доїння надходить від сервера ІВС КПППВКМ одразу після ідентифікації, наявність цієї події візуалізується за допомогою світлодіодного індикатора «Не доїти». Світлодіодні індикатори «Мастит», «Травма» та «Охота» забезпечують візуалізацію факту ручного введення інформації про наявність у тварини маститу, травмованості, стану «охоти». Інформація про низький удій надходить від сервера ІВС КПППВКМ до «БД-06» після закінчення доїння, якщо отриманий удій як мінімум на двадцять відсотків менший, ніж аналогічний удій у попередній день. Наявність цієї події візуалізується за допомогою світлодіодного індикатора «Низький удій». При здійсненні обміну даними між «БД-06» та сервером ІВС КПППВКМ забезпечується візуалізація цієї події за допомогою світлодіодного індикатора «Обмін даними». З метою забезпечення високої якості вдягання доїльних стаканів, на деяких доїльних установках використовується додатковий електроклапан підтримки доїльного апарата. БЗПД

«БД-06» забезпечує управління цим електроклапаном, відкритий стан електроклапана підтримки візуалізується за допомогою світлодіодного індикатора «Підтримка». Світлодіодні індикатори команди відкриття входних або вихідних воріт на сторонах групової доїльної установки призначені для індикації наявності цієї події.

Для реалізації у ІВС КІТПВКМ автоматичної радіочастотної ідентифікації тварин на групових доїльних установках типу «Ялинка» та «Паралель», використовується спеціальний прилад «Блок центрального рідера «БЦР-01» (далі за текстом «БЦР-01») [254], який встановлюється на вході до кожної сторони робочої траншеї установки. Електричну структурну схему приладу «БЦР-01» наведено на рис. 5.5.

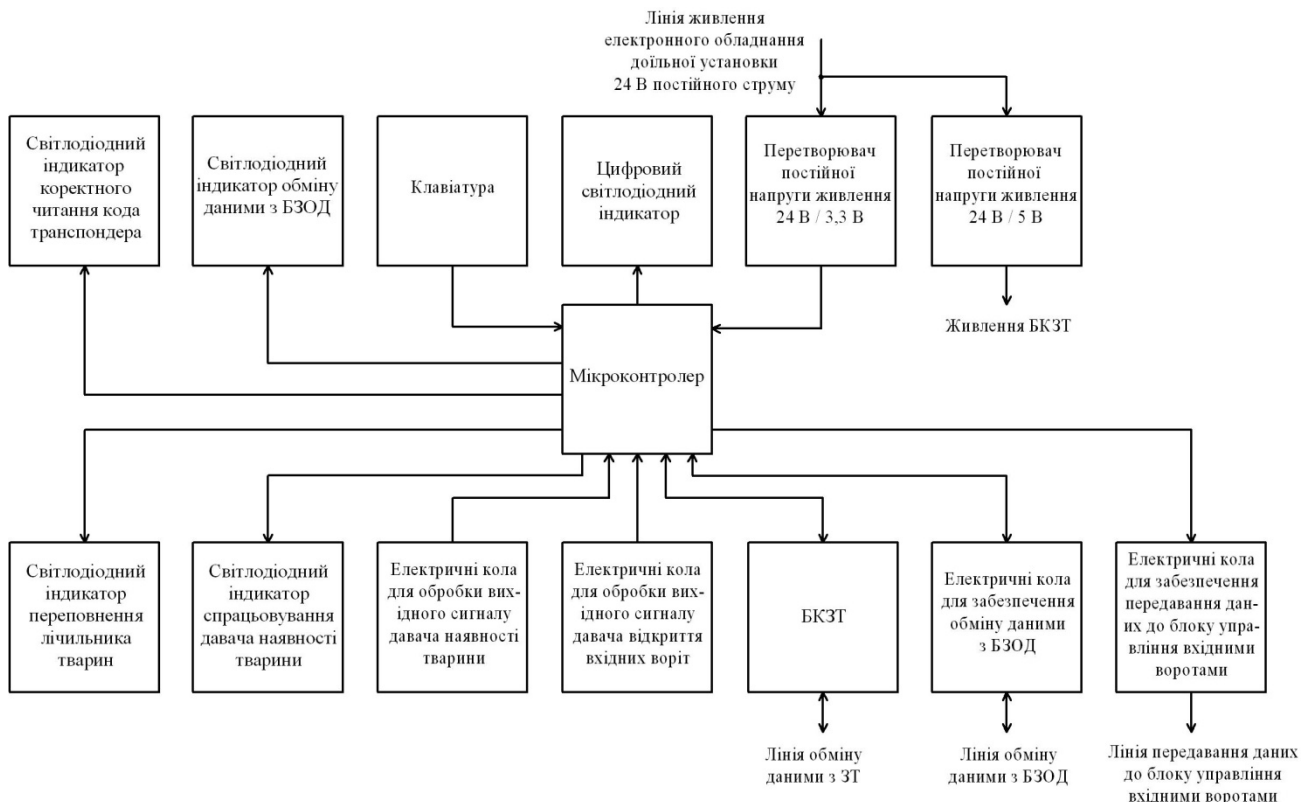


Рисунок 5.5 – Електрична структурна схема приладу «Блок центрального рідера «БЦР-01»

Постійна напруга живлення 24 В надходить до «БЦР-01» від загальної лінії живлення електронного обладнання доїльної установки. Для живлення мікроконтролера приладу «БЦР-01» використовується постійна напруга 3,3 В, для живлення інших активних електронних компонентів «БЦР-01» використовується постійна напруга 5 В, вищевказані напруги отримуються за допомогою відповідних перетворювачів. До складу приладу «БЦР-01» входить інтегрований БКЗТ, який розрахований на сумісне функціонування з ЗТ типу PNL-2530, PNL-4060-3, або PNL-60120 виробництва Allflex USA Inc., та транспондерами формату HDX з робочою частотою 134 кГц [95], що закріплюються у вусі або на шиї тварини. Для підвищення достовірності ідентифікації тварин можливе використання

двоконтурної ортогональної антени у комплексі з вищевказаними ЗТ. Радіочастотна ідентифікація здійснюється під час руху тварин при входженні їх на сторону доїльної установки. При коректному читанні коду транспондера, ця подія візуалізується за допомогою відповідного світлодіодного індикатора. У складі приладу «БЦР-01», за допомогою відповідних апаратних та програмних засобів, реалізований БКПТ. У якості давача наявності тварини використовується оптичний давач присутності об'єкта WE-T3AD виробництва «Highly Electric» [257], або аналогічний. Вихідний сигнал давача наявності тварини, після необхідної обробки, надходить на вхід мікроконтролера. Використовуючи оптимальну лінійну фільтрацію, яка реалізована програмно, «БЦР-01» здійснює ідентифікацію проходження тварин та їх підрахунок у потоці. Факт спрацьовування давача наявності тварини візуалізується за допомогою відповідного світлодіодного індикатора. При переповненні програмного лічильника тварин, параметри якого налаштовуються у відповідності з кількістю доїльних станків на стороні установки, здійснюється візуалізація цієї події за допомогою світлодіодного індикатора переповнення лічильника тварин. За допомогою «БЦР-01» забезпечується передача до сервера системи коду транспондера або інформації про помилку ідентифікації тварини, номерів доїльних станків, у яких знаходиться ідентифіковані та неідентифіковані тварини. Наявність процесу обміну даними з БЗОД візуалізується за допомогою відповідного світлодіодного індикатора. Для забезпечення обміну даними з БЗОД використовується двонаправлена гальванічно ізольована «струмова петля», обмін даними між «БЦР-01» та БЗОД здійснюється у дуплексному режимі, з передаванням контрольних сум для підвищення надійності обміну даними. Прилад «БЦР-01» забезпечує управління вхідними воротами сторони доїльної установки шляхом передавання відповідних даних до блоку управління воротами (БУВ). У відповідності з даними, які надходять від «БЦР-01», БУВ здійснює автоматичне відкриття вхідних воріт для входження групи тварин, та їх автоматичне закриття після того, як усі тварини групи розташувалися у доїльних станках сторони установки. Передавання даних для управління вхідними воротами забезпечується за допомогою «струмової петлі» та дводротової лінії передачі даних з гальванічною розв'язкою. Для отримання інформації про стан вхідних воріт сторони установки використовується давач відкриття вхідних воріт, вихідний сигнал якого надходить до «БЦР-01». За допомогою інтегрованої клавіатури можливе програмування часу затримки автоматичного закриття вхідних воріт, мінімальної тривалості вихідного сигналу давача проходження тварини, мережевого номера першого БЗПД на стороні установки, мережевого номера останнього БЗПД на стороні установки, режиму дозволу автоматичного закриття вхідних воріт за останньою твариною у потоці. За допомогою чотирирозрядного цифрового світлодіодного індикатора візуалізуються три останніх цифри коду транспондера, поточний номер тварин групи у черзі, положення вхідних воріт, часовий інтервал перед закриттям вхідних воріт, час проходження тварини, мережевий номер першого БЗПД на стороні установки, мережевий номер останнього БЗПД на стороні установки, надходження коду транспондера, наявність тварини без транспондера. При

використанні «БЦР-01» забезпечується необмежений час знаходження тварини в робочій зоні ЗТ, мінімальний час між надходженням кодів транспондерів складає 0,8 с.

У багатьох випадках, на доїльних установках для безприв'язного утримання тварин низької цінової категорії, використовуються доїльні апарати з функцією керування процесом доїння. Для використання у складі таких доїльних установок розроблений та впроваджений у виробництво БЗПД «Standard «БД-07» (далі за текстом «БД-07») [254], електрична структурна схема якого наведена на рис. 5.6. БЗПД «БД-07» забезпечує управління стандартною електроклапанною системою маніпулятора та електроклапанною системою маніпулятора з додатковим електроклапаном підтримки, здійснює вимірювання та вимірювальний контроль параметрів ТПВКМ та їх візуалізацію, забезпечує управління вхідними та вихідними воротами сторін групових доїльних установок, забезпечує управління попарним електромагнітним пульсатором з метою керування процесом доїння, забезпечує передавання інформації про удій тварини до ЗВКМ. Постійна напруга живлення 24 В надходить до «БД-07» від загальної лінії живлення електронного обладнання доїльної установки, для живлення активних електронних компонентів «БД-07» використовується постійна напруга 3,3 В, живлення силових елементів «БД-07» забезпечується вхідною напругою живлення 24 В.

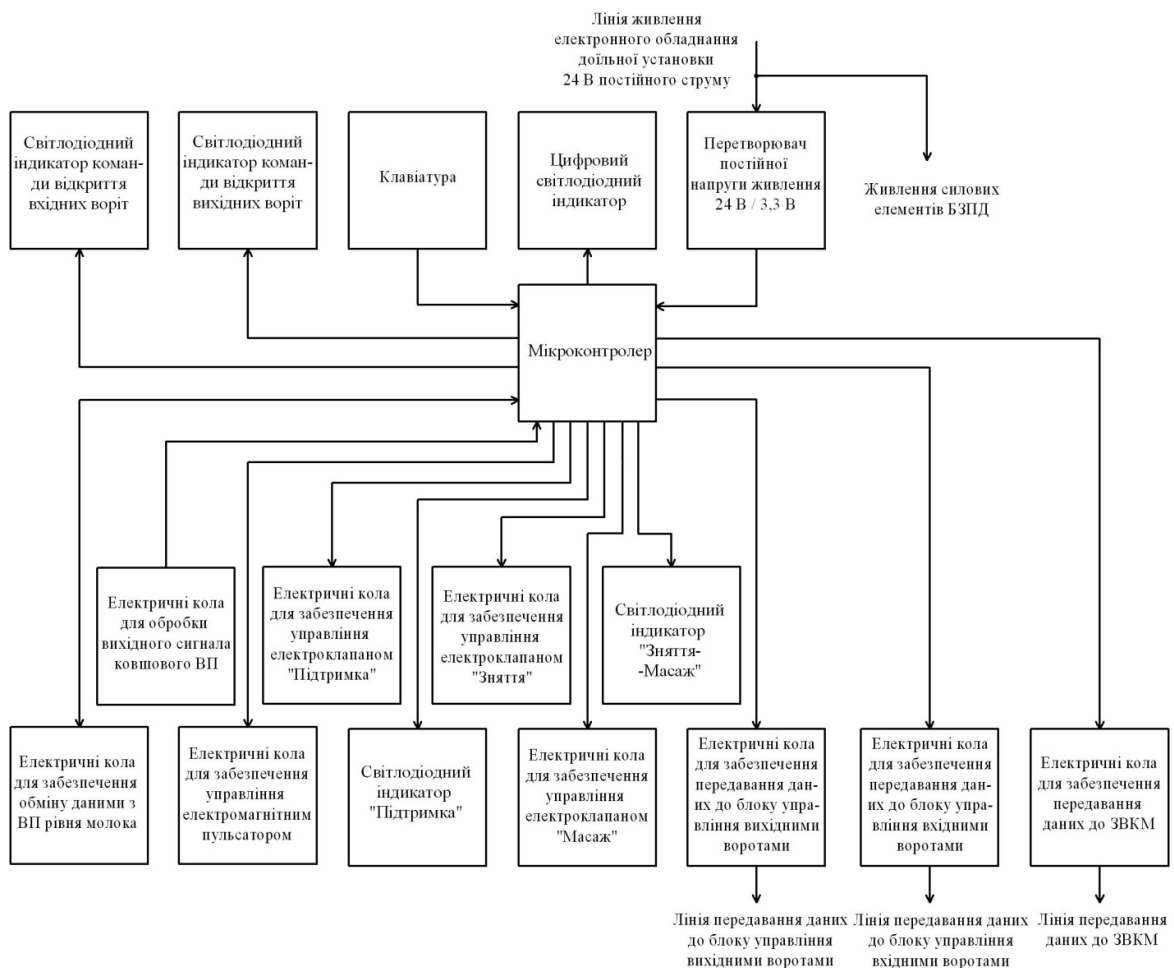


Рисунок 5.6 – Електрична структурна схема БЗПД «Standard «БД-07»

У комплексі з «БД-07» для вимірювання параметрів молоковіддачі може бути застосований ковшовий ВП, або ВП перетворювачі рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата. Метрологічні характеристики при вимірювання параметрів ТПВКМ за допомогою «БД-07», аналогічні метрологічним характеристикам при використанні «БД-05» та «БД-06». При використанні ВП рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата, двонаправлений обмін даними у послідовному форматі між ВП та мікроконтролером забезпечується за допомогою інтегрованого у мікроконтролер модуля UART. Передавання інформації про індивідуальний удій до ЗВКМ, та передавання даних для управління вхідними та вихідними воротами сторін групової доїльної установки, забезпечується за допомогою «струмової петлі» та дводротової лінії передачі даних з гальванічною розв'язкою. БЗПД «БД-07» забезпечує вимірювання разового удою тварини, тривалості доїння, середньої інтенсивності молоковіддачі, та вимірювальний контроль миттєвої інтенсивності молоковіддачі і часу припуску. Вимірювальний контроль миттєвої інтенсивності молоковіддачі здійснюється в процесі доїння, у момент її зниження нижче ніж 0,8 л/хв відбувається перехід до режиму додоювання, який забезпечується за допомогою електроклапана «Масаж». При зниженні миттєвої інтенсивності молоковіддачі нижче ніж 0,2 л/хв відбувається автоматичне зняття доїльного апарата за допомогою електроклапана «Зняття». За допомогою світлодіодного індикатора «Клапан» візуалізується спрацьовування електроклапана «Масаж» або «Зняття». За допомогою клавіатури, яка інтегрована до «БД-07», забезпечується початок та примусове закінчення доїння, забезпечується повторне доїння у випадку відпадання доїльних стаканів, здійснюється управління вхідними та вихідними воротами, встановлюються певні режими роботи. На цифровому світлодіодному індикаторі відображається поточний удій, тривалість доїння, інформація про невідповідність часу припуску нормі, інша необхідна службова інформація. БЗПД «БД-07» забезпечує управління електроклапаном підтримки, якщо він входить до складу електроклапанної системи маніпулятора. Відкритий стан електроклапана підтримки візуалізується за допомогою світлодіодного індикатора «Підтримка». Світлодіодні індикатори команди відкриття вхідних або вихідних воріт на сторонах групової доїльної установки призначені для індикації наявності цієї події.

При використанні у складі доїльної установки селекційних воріт, для забезпечення їх функціонування використовується розроблений та впроваджений у виробництво БКСВ «Блок управління селекційними воротами «БУСВ-01» (далі за текстом «БУСВ-01») [254], електрична структурна схема якого наведена на рис. 5.7. Постійна напруга живлення 24 В надходить до «БУСВ-01» від загальної лінії живлення електронного обладнання доїльної установки. Для живлення мікроконтролера та інших електронних компонентів «БУСВ-01» використовується постійна напруга 5 В, живлення силових елементів «БУСВ-01» забезпечується вхідною напругою 24 В.

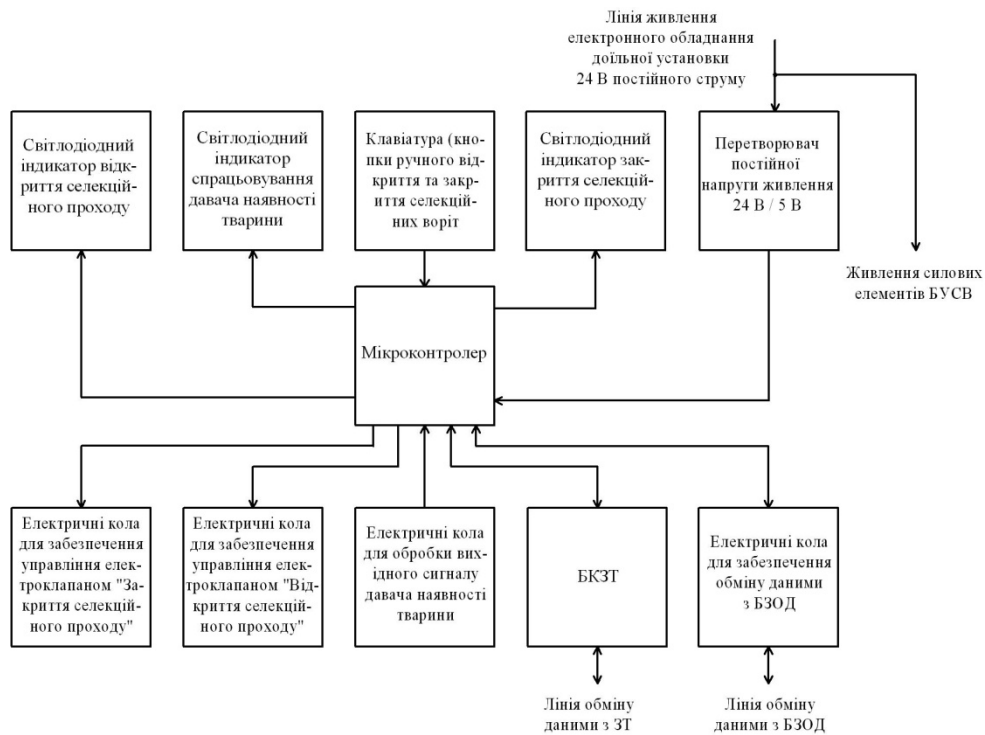


Рисунок 5.7 – Електрична структурна схема БКСВ «Блок управління селекційними воротами «БУСВ-01»»

У складі «БУСВ-01», за допомогою відповідних апаратних та програмних засобів, реалізований БКПТ. У якості давача наявності тварини використовується оптичний давач присутності об'єкта E3Z-D62 виробництва «Omron Corporation» [182], або аналогічний. Вихідний сигнал давача наявності тварини, після необхідної обробки, надходить на вхід мікроконтролера. Використовуючи оптимальну лінійну фільтрацію, яка реалізована програмно, «БУСВ-01» здійснює ідентифікацію проходження тварин та їх підрахунок у потоці. Факт спрацювання давача наявності тварини візуалізується за допомогою відповідного світлодіодного індикатора. До складу «БУСВ-01» входить інтегрований БКЗТ, який розрахований на сумісне функціонування з ЗТ типу PNL-2530, PNL-4060-3, або PNL-60120 виробництва Allflex USA Inc., та транспондерами формату HDX з робочою частотою 134 кГц [95], що закріплюються у вусі або на шиї тварини. Для підвищення достовірності ідентифікації тварин можливе використання двоконтурної ортогональної антени у комплексі з вищевказаними ЗТ. Радіочастотна ідентифікація здійснюється під час руху тварин при наближенні їх до селекційних воріт. У «БУСВ-01», за допомогою електроклапанів «Відкриття селекційного проходу» та «Закриття селекційного проходу», забезпечується керування привідними механізмами селекційних воріт, положення селекційних воріт візуалізується за допомогою відповідних світлодіодних індикаторів. «БУСВ-01», за посередництва БЗОД, забезпечує передачу до сервера системи коду транспондера тварини, яка наближається до селекційних воріт. Після цього, сервер повертає до «БУСВ-01» інформацію про необхідне положення селекційних воріт. Для забезпечення обміну даними з БЗОД використовується двонаправлена гальванічно ізольована «струмова петля», обмін даними між «БУСВ-01» та БЗОД

здійснюється у дуплексному режимі, з передаванням контрольних сум. За допомогою інтегрованої до «БУСВ-01» клавіатури можливе ручне встановлення селекційних воріт у необхідне положення.

Впроваджений у виробництво БКЧУ «Пристрій для чесання тварин «КОМФОРТ-01» (далі за текстом «КОМФОРТ-01») [254], призначений для автоматичного керування чесальною установкою у приміщеннях, де утримується велика рогата худоба, його електрична структурна схема наведена на рис. 5.8. Живлення «КОМФОРТ-01» здійснюється однофазною змінною напругою 220 В 50 Гц, для живлення мікроконтролера та інших активних електронних компонентів «КОМФОРТ-01» використовується постійна напруга 5 В, яка отримується за допомогою відповідного перетворювача. «КОМФОРТ-01» розрахований на сумісну роботу з однофазними мотор-редукторами номінальною потужністю не більше 400 Вт та може працювати цілодобово, живлення мотор-редуктора здійснюється однофазною змінною напругою 220 В 50 Гц. Управління напрямком обертання електродвигуна мотор-редуктора здійснюється за допомогою комутатора, у відповідності з сигналами, які надходять від мікроконтролера. Комутатор забезпечує таке підключення пускового конденсатора, яке забезпечує необхідний напрямок обертання. Наявність напруги живлення «КОМФОРТ-01» візуалізується за допомогою відповідного світлодіодного індикатора. Алгоритм роботи «КОМФОРТ-01» полягає в наступному. Коли у тварини виникає бажання користування чесальною установкою, вона входить у її робочу зону, після цього спрацьовує датчик наявності тварини.

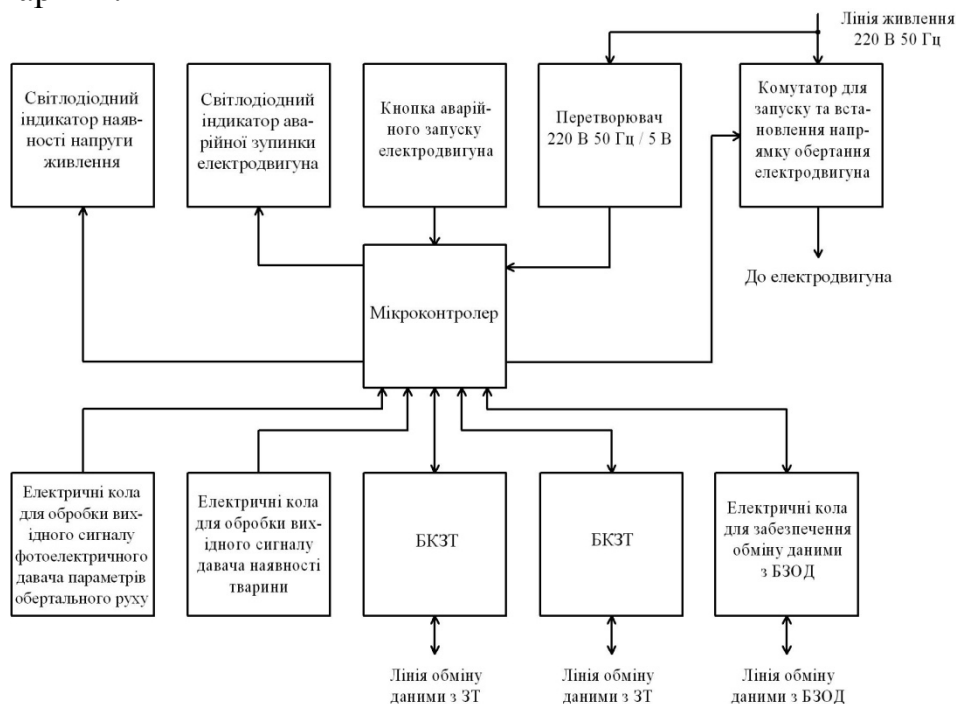


Рисунок 5.8 – Електрична структурна схема БКЧУ «Пристрій для чесання тварин «КОМФОРТ-01»

У якості датчика наявності тварини використовується оптичний датчик присутності об'єкта E3Z-D62 виробництва «Omron Corporation» [182], або

аналогічний. Після виявлення тварини у робочій зоні чесальної установки, вмикається мотор-редуктор, щітка починає циклічно обертатися протягом тридцяти секунд у кожному напрямку. Це необхідно для того, щоб ворс щітки не загинався весь час у одному напрямку, таке рішення дозволяє значно збільшити ресурс щітки. Якщо під час роботи чесальної установки виникне намотування хвоста тварини на вал щітки, або з інших причин відбудеться заклинювання ротора електричного двигуна мотор-редуктора, його вимірювана за допомогою фотоелектричного давача параметрів обертального руху кутова швидкість зменшиться. У цьому випадку, «КОМФОРТ-01» зупиняє електродвигун, після чого здійснює п'ять обертів щітки у протилежному напрямку з метою розмотування хвоста. Якщо після цієї операції кутова швидкість не відповідає номінальному значенню, відбувається аварійна зупинка чесальної установки. Про цю подію сигналізує відповідний світлодіодний індикатор на лицевій панелі. Після усунення причини заклинювання ротора, вручну здійснюється перезапуск чесальної установки за допомогою кнопки на лицевій панелі. До складу «КОМФОРТ-01» входять два БКЗТ, які розраховані на сумісну роботу з ЗТ типу PNL-2530, PNL-4060-3 або PNL-60120 виробництва Allflex USA Inc., та транспондерами формату HDX, які закріплюються у вусі, шиї або на нозі тварини. У цьому випадку забезпечується ідентифікація тварини та вимірювання кількості користувань та часу користування чесальною установкою. Наявність двох ЗТ необхідна для ідентифікації тварини незалежно від її положення у робочій зоні установки. Результати вимірювання, за посередництва БЗОД, передаються до сервера ІВС КПППВКМ. Для забезпечення обміну даними з БЗОД використовується двонаправлена гальванічно ізольована «струмова петля».

Розроблений та впроваджений у виробництво БУДМ «Блок управління дозатором молока «БУДМ-01» (далі за текстом «БУДМ-01») [254], призначений для використання на стійлових доїльних установках, може працювати як у автономному режимі, так і у складі ІВС КПППВКМ. Електрична структурна схема «БУДМ-01» наведена на рис. 5.9. «БУДМ-01» призначений для формування, підрахунку, та транспортування порцій молока, які утворюються у дозаторі стійлової доїльної установки, в автоматичну мішалку або холодильну установку. Під час автоматичного промивання молокопровода установки, «БУДМ-01» може працювати у відповідності з командами, які надходять від блоків управління автоматом промивання (БУАП) «БУАП-02» та «БУАП-03», що підвищує якість промивання, або у автономному режимі. Пропускна здатність «БУДМ-01» складає 800 л/год, що дозволяє використовувати його на фермах з прив'язним утриманням високопродуктивних корів. Постійна напруга живлення 24 В надходить до «БУДМ-01» від загальної лінії живлення електронного обладнання доїльної установки. Для живлення мікроконтролера, що входить до складу «БУДМ-01», використовується постійна напруга 5 В, живлення силових елементів «БУДМ-01» здійснюється вхідною напругою 24 В. Під час доїння відбувається періодичне наповнення дозатора молоком, «БУДМ-01» здійснює вимірювання його рівня за допомогою поплавкового давача. Також можливе використання ВП перетворювачів рівня молока, які розглянуті у підрозділах 3.6 – 3.8, у цьому випадку, двонаправ-

лений обмін даними у послідовному форматі між ВП та мікроконтролером забезпечується за допомогою інтегрованого у мікроконтролер модуля UART.

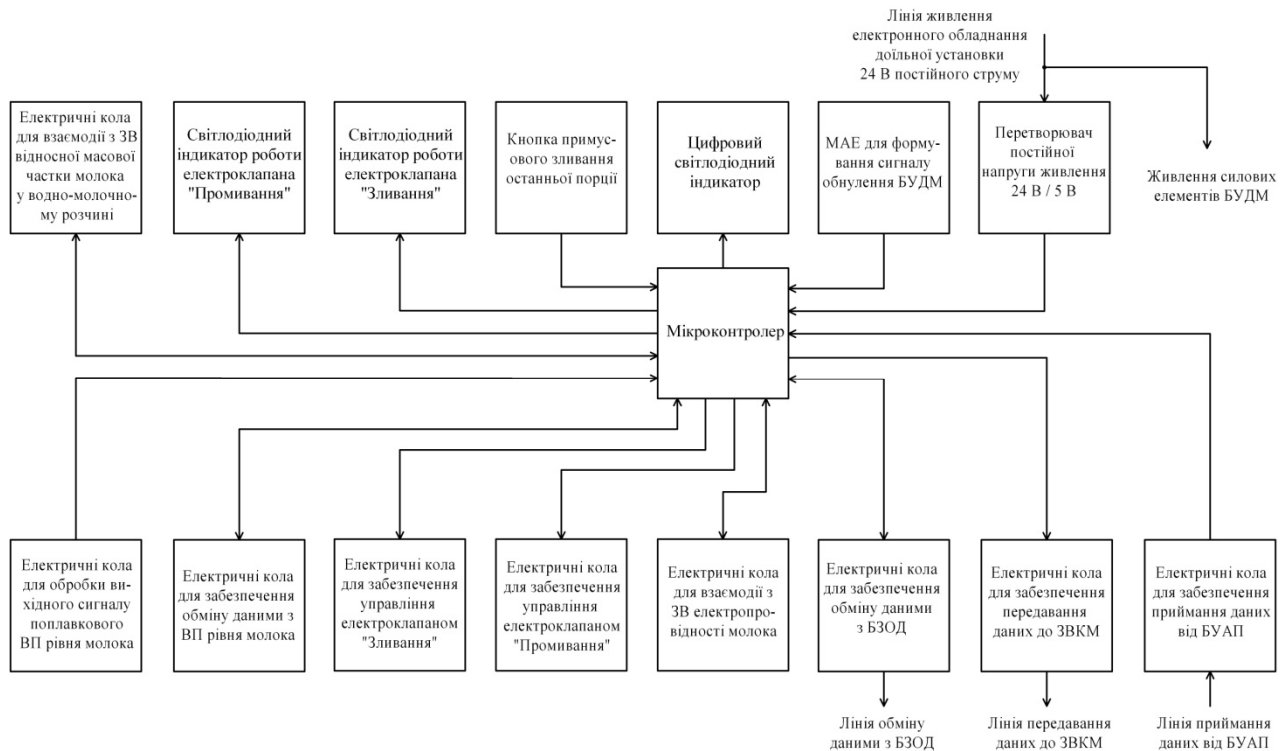


Рисунок 5.9 – Електрична структурна схема БУДМ «Блок управління дозатором молока «БУДМ-01»

Після досягнення рівнем молока значення, яке відповідає необхідному об'єму порції, «БУДМ-01» здійснює відкриття зливного електроклапана, після чого молоко зливається в автоматичну мішалку або холодильну установку. За допомогою світлодіодного індикатора роботи електроклапана «Зливання» забезпечується візуалізація його спрацьовування. Час відкриття зливного електроклапана встановлюється програмно, в межах від 0,1 до 5 с в залежності від об'єму порції. «БУДМ-01» забезпечує підрахунок та відображення на цифровому світлодіодному індикаторі кількості сформованих порцій молока в діапазоні від 0 до 999. При зникненні напруги живлення «БУДМ-01» забезпечує збереження налаштувань та результатів підрахунку порцій у енергонезалежній пам'яті мікроконтролера. При використанні БУАП для управління «БУДМ-01» протягом промивання, у відповідності з командами, які надходять від БУАП, у певні проміжки часу відкривається електроклапан «Промивання». Відкриття електроклапана «Промивання» візуалізується за допомогою відповідного світлодіодного індикатора. При розташуванні у дозаторі ЗВ відносної масової частки молока у водно-молочному розчині, можливе виявлення фактів фальсифікації молока доярами. Також можливе використання ЗВ електропровідності молока з метою підвищення достовірності виявлення фактів фальсифікації молока водою. При виявленні факту фальсифікації молока, відповідне повідомлення відображається на цифровому світлодіодному індикаторі. Для зливання останньої порції молока,

об'єм якої як правило менший, ніж програмно встановлений, на лицевій панелі «БУДМ-01» передбачена кнопка ручного зливання останньої порції. Для попередження втручання в роботу «БУДМ-01» сторонніх осіб, сигнал його обнуління формується за допомогою інтегрованого МАЕ. Інформація про кількість сформованих порцій передається до ЗВКМ з використанням «струмової петлі» та дводротової лінії передачі даних з гальванічною розв'язкою. За посередництва БЗОД, до сервера ІВС КППВКМ передається інформація про номер доїльної лінії, кількість сформованих порцій, наявність води у молоці, електропровідність молока. Для забезпечення обміну даними з БЗОД використовується двонаправлена гальванічно ізолювана «струмова петля», обмін даними між «БУДМ-01» та БЗОД здійснюється у дуплексному режимі, з передаванням контрольних сум для підвищення надійності обміну даними.

Розроблений та впроваджений у виробництво БЗОД «Інтерфейсний блок Spider «ІБ-04» (далі за текстом «ІБ-04») [254], призначений для роботи у складі ІВС КППВКМ на доїльних установках типу «Ялинка», «Паралель», «Карусель», «Тандем», доїльній установці з паралельно-прохідними станками при використанні БЗПД «БД-05» та «БД-06», та на стійлових доїльних установках, при використанні БУДМ «БУДМ-01». Електрична структурна схема «ІБ-04» наведена на рис. 5.10. «ІБ-04» забезпечує високонадійний двонаправлений обмін даними за шістьма каналами між «БД-05», «БД-06», «БУДМ-01», «КОМФОРТ-01», «БУСВ-01», «БЦР-01», та сервером ІВС КППВКМ, за допомогою двонаправленої гальванічно ізолюваної «струмової петлі» при використанні програмного забезпечення «АСУ-ФЕРМА-2». До складу «ІБ-04» входить хаб, який дозволяє забезпечити обмін даними між USB - портом сервера ІВС КППВКМ, та чотирма USB - пристроями у форматі USB 2.0. Перші три USB - порта хаба використовуються для забезпечення обміну даними за шістьма каналами з складовими елементами ІВС КППВКМ. За допомогою перетворювачів USB – 2×UART, кожний USB - порт хаба забезпечує обмін даними у форматі інтерфейсу USB 2.0 за двома лініями послідовного двонаправленого обміну даними у форматі UART. Для забезпечення високої завадостійкості при обміні даними забезпечується оптична гальванічна розв'язка сигнальних кіл UART. Безпосередній обмін даними між «ІБ-04» та складовими елементами ІВС КППВКМ здійснюється за допомогою двонаправленої «струмової петлі» у дуплексному режимі, з передаванням контрольних сум для підвищення надійності обміну даними. Перетворення сигналів UART в сигнали «струмової петлі», та зворотне перетворення, здійснюється за допомогою шести перетворювачів «UART - струмова петля». Процес прийому та передавання даних за кожним з каналів візуалізується за допомогою світлодіодних індикаторів. Максимальна відстань обміну даними, яку забезпечує «ІБ-04», складає 500 м, максимальна кількість пристроїв, які можуть здійснювати обмін даними при використанні одного каналу, дорівнює шістнадцяти. «ІБ-04» має інтегровану енергонезалежну пам'ять для резервного зберігання даних сервера ІВС КППВКМ. Четвертий USB - порт хаба використовується для обміну даними з мікроконтролером, який входить до складу

«ІБ-04», та призначений для захисту програмного забезпечення «АСУ-ФЕРМА-2» від несанкціонованого копіювання.

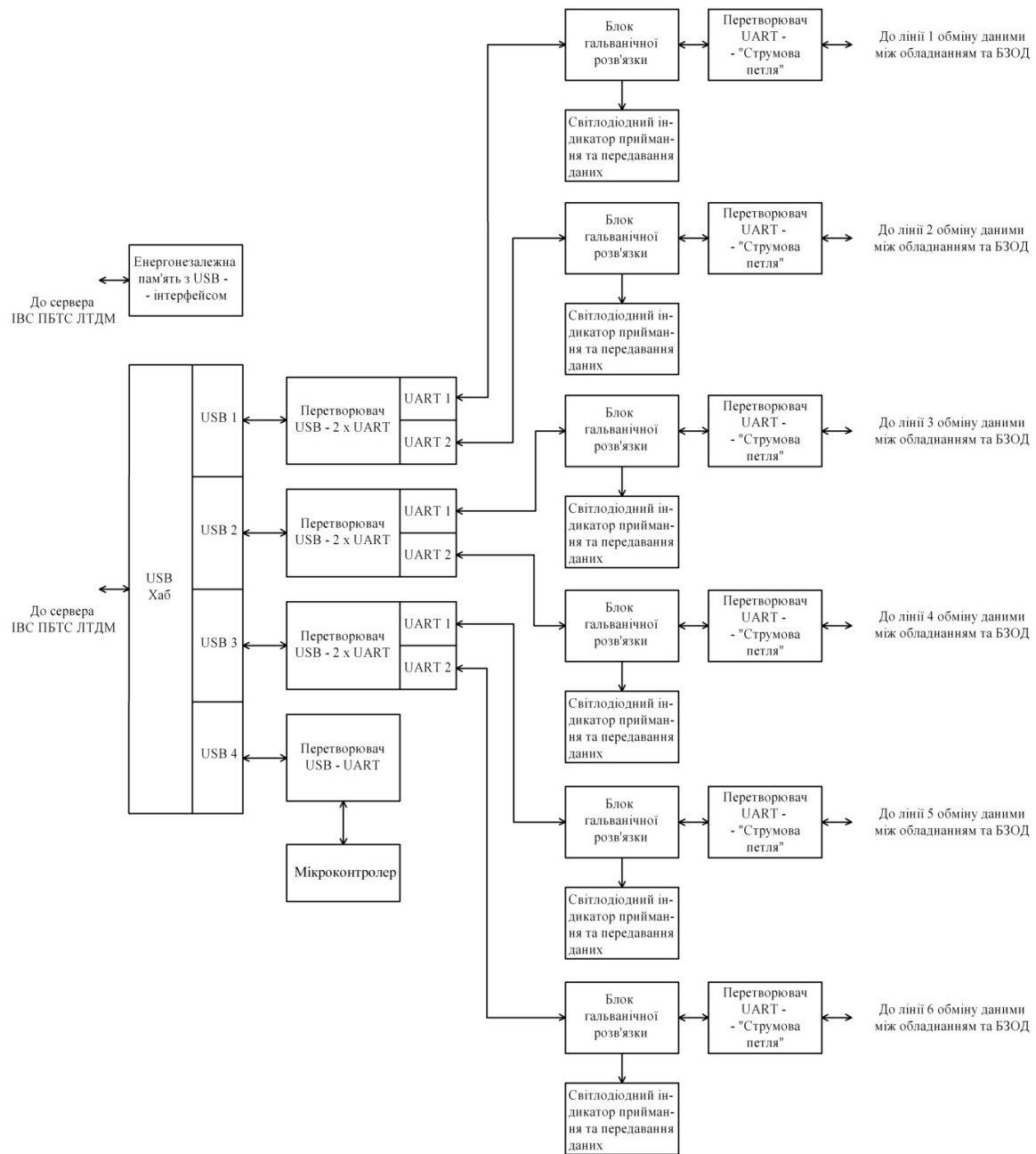


Рисунок 5.10 – Електрична структурна схема БЗОД «Інтерфейсний блок Spider «ІБ-04»

Розроблений та впроваджений у виробництво ЛПМ «СПМ-02» (далі за текстом «СПМ-02») [254], використовується на стійлових доільних установках, які обладнані механічними дозаторами, та призначений для підрахунку порцій молока сформованих дозатором та виявлення фактів фальсифікації молока водою. Електрична структурна схема «СПМ-02» наведена на рис. 5.11. Постійна напруга живлення 24 В надходить до «СПМ-02» від загальної лінії живлення електронного обладнання доільної установки, для живлення активних компонентів, що входять

до складу «СПМ-02», використовується постійна напруга 5 В, яка отримується за допомогою відповідного перетворювача.



Рисунок 5.11 – Електрична структурна схема ЛПМ «СПМ-02»

Давач проходження порції молока, який реалізований на основі пари фотодіод - операційний підсилювач, розташований у шлангу, через який молоко транспортується в мішалъну або холодильну установку. Вихідна напруга операційного підсилювача, рівень якої залежить від вмісту води у молоці, за допомогою порогових пристроїв порівнюється з опорними напругами $U_{REF 1}$ та $U_{REF 2}$. Значення напруги $U_{REF 1}$ наближене до максимального значення вихідної напруги фотоприймача на основі пари фотодіод - операційний підсилювач. При проходженні порції молока, незалежно від наявності у ній води, відбувається переривання потоку інфрачервоного випромінювання. В результаті, на виході першого порогового пристрою змінюється логічний рівень, який поступає на вхід мікроконтролера. Ідентифікація проходження порції молока здійснюється з використанням оптимальної лінійної фільтрації. Якщо вихідна напруга операційного підсилювача при проходженні порції молока більша, ніж $U_{REF 2}$ та менша ніж $U_{REF 1}$, це свідчить про наявність факту фальсифікації молока водою з метою завищення показників удою. У цьому випадку на виході другого порогового пристрою логічний рівень під час проходження порції не змінюється. У випадку виявлення факту фальсифікації, «СПМ-02» візуалізує відповідний сигнал на цифровому світлодіодному індикаторі. Пропускна здатність «СПМ-02» складає 600 л/год, при його використанні забезпечується підрахунок та відображення на цифровому світлодіодному індикаторі кількості порцій молока в діапазоні від 0 до 999, зведена похибка підрахунку не перевищує 0,1 %. При зникненні напруги живлення, «СПМ-02» забезпечує зберігання результатів підрахунку порцій у енергонезалежній пам'яті мікроконтролера. Для попередження втручання в роботу «СПМ-02» сторонніх осіб, його обнуління здійснюється за допомогою інтегрованого МАЕ. Інформація про кількість сформованих порцій передається до

ЗВКМ з використанням «струмової петлі» та дводротової лінії передачі даних з гальванічною розв'язкою.

Розроблений та впроваджений у виробництво ЗВКМ «Підсумовуючий лічильник «ЦНС-2» (далі за текстом «ЦНС-2») [254], призначений для вимірювання загального удою, отриманого на доїльних установках типу «Ялинка», «Паралель», «Карусель», «Тандем», доїльної установки з паралельно-прохідними станками, при використанні БЗПД «ІД-02», «БД-05», «БД-06», «БД-07», та на стійлових доїльних установках при використанні БУДМ «БУДМ-01» та ЛПМ «СПМ-02». Електрична структурна схема «ЦНС-2» наведена на рис. 5.12.



Рисунок 5.12 – Електрична структурна схема ЗВКМ «ЦНС-2»

Живлення «ЦНС-2» забезпечується постійною напругою 24 В, яка надходить від загальної лінії живлення електронного обладнання доїльної установки, для живлення активних компонентів, що входять до складу «ЦНС-2», використовується постійна напруга 5 В, яка отримується за допомогою відповідного перетворювача. Для забезпечення гальванічної розв'язки лінії приймання даних від обладнання, живлення її електричних кіл здійснюється з використанням гальванічно ізолюваного перетворювача постійної напруги 5 В / 5 В. Після натискання кнопки «Пуск» формується сигнал, який надходить на дискретний вхід мікроконтролера, за цим сигналом обнуляються поточні покази та починається процес вимірювання загального удою. Результат вимірювання відображається на цифровому чотирирозрядному світлодіодному індикаторі. «ЦНС-2» забезпечує вимірювання отриманого на доїльній установці удою не тільки після закінчення доїння, а і протягом доїння. Результати вимірювання загального удою зберігаються при зникненні напруги живлення у енергонезалежній пам'яті мікроконтролера. БЗПД «ІД-02», «БД-05», «БД-06» та «БД-07», при збільшенні поточного удою тварини на 0,1 кг, формують імпульс певної тривалості, який через гальванічно ізолювану лінію передається до «ЦНС-2», усі БЗПД до лінії приймання даних від обладнання під'єднуються паралельно, полярність під'єднання значення не має. Ці інформативні імпульси, через гальванічно ізолювані електричні кола, надходять на дискретний вхід мікроконтролера, який здійснює їх підрахунок. На основі результатів підрахунку

визначається загальний удій установки. «БУДМ-01» та «СПМ-02» працюють аналогічно, тільки у цьому випадку імпульс передається при формуванні дозатором порції молока, об'єм якої може бути різним (як правило, один літр). Відповідно, при використанні «ІД-02», «БД-05», «БД-06» та «БД-07» загальний удій установки вимірюється у кілограмах, при використанні «БУДМ-01» та «СПМ-02» удій установки вимірюється у кількості порцій. У «ЦНС-2» передбачена можливість встановлення режиму роботи в залежності від типу установки. Діапазон вимірювання загального удою при використанні «ЦНС-2» складає від 0 до 9999 кг або порцій з дискретністю 1 кг або одна порція, зведена похибка вимірювання загального удою не перевищує 5 % [258 - 260].

5.2 Програмне забезпечення для здійснення контролю параметрів ТПВКМ

Розроблене та впроваджене на багатьох тваринницьких підприємствах програмне забезпечення «АСУ-ФЕРМА-2» призначене для комплексного управління молочним стадом, забезпечення контролю параметрів ТПВКМ, функціонування різних варіантів ІВС КППТВКМ [254]. Програмне забезпечення «АСУ-ФЕРМА-2» створено на мові програмування РНР четвертої версії та може функціонувати на платформах Windows XP, Windows 7, Windows 8, Windows 10, Linux Mandriva 2010.1, Ubuntu 11.04, Ubuntu 12.04. Фрагмент лістингу програмного забезпечення «АСУ-ФЕРМА-2» наведений додатку Б. «АСУ-ФЕРМА-2» інсталується на автономному сервері ІВС КППТВКМ, робота з програмним забезпеченням здійснюється виключно з локальних або віддалених робочих станцій за допомогою веб-браузерів Mozilla Firefox, Google Chrome, або Internet Explorer. Локальні робочі станції з'єднуються з сервером ІВС КППТВКМ через комп'ютерну мережу, віддалені робочі станції з'єднуються з сервером ІВС КППТВКМ через мережу Internet, у цьому випадку сервер повинен мати статичну IP-адресу. На рис. 5.13 наведено узагальнену структурну схему програмного забезпечення «АСУ-ФЕРМА-2», яке складається з шести основних програмних модулів: модуля ручного введення інформації, модуля взаємодії з обладнанням, модуля налаштувань та конфігурації, модуля обробки інформації, модуля взаємодії з стороннім програмним забезпеченням, модуля формування звітів, модуля формування звітів, модуля взаємодії з стороннім програмним забезпеченням.

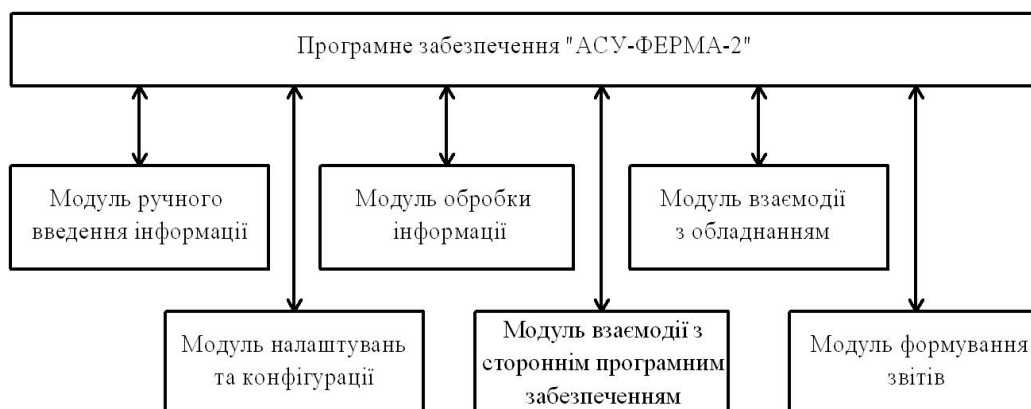


Рисунок 5.13 – Узагальнена структурна схема програмного забезпечення «АСУ-ФЕРМА-2»

За допомогою програмного модуля ручного введення інформації оператор здійснює занесення до бази даних такої інформації про тварину: стадний номер, номер стада, номер тварини у національній базі даних, результати контрольних доїнь, результати вимірювання температури тіла та ваги, інформацію про батьків тварини, номер групи, у якій знаходиться тварина, номер транспондера, породу, параметри екстер'єру та його вади, кличку, дату народження, дати отелів, дати ветеринарних досліджень та їх результати, дати та параметри штучних запліднень та абортів, інформацію про лікування та неможливість доїння, інформацію про необхідність розколу, коментарі та іншу індивідуальну інформацію. Окрім цього, вручну вводиться певна інформація, яка необхідна для управління стадом або групою тварин. До такої інформації відноситься день першого запліднення, день першого отелювання, кількість днів між заплідненням та запуском, кількість днів між заплідненням та пізнім запуском, кількість днів між заплідненням та отелюванням, кількість днів між отелюванням та заплідненням, кількість днів між абортотом та заплідненням, кількість днів між ректальним дослідженням, що має негативні результати, та заплідненням, кількість днів між заплідненням та початком підготовки до запуску. Також забезпечується запис у відповідну базу даних інформації про державу, область, район, населений пункт, поштову адресу, назву ферми, особисті та контактні дані директора, головного зоотехніка, осіб, які відповідають за експлуатацію системи, ідентифікатори операторів, що мають дозвіл на роботу у системі, деякі інші параметри.

За допомогою модуля взаємодії з обладнанням, інформація про параметри ТПВКМ, яка отримана за допомогою відповідних складових елементів ІВС КППТВКМ, записується в базу даних в автоматичному режимі. Окрім того, за допомогою цього модуля забезпечується передача службових даних від сервера ІВС КППТВКМ до її складових елементів з метою забезпечення певних налаштувань, встановлення необхідних режимів роботи та управління, відображення необхідної інформації. Інформація, обмін якою здійснюється при використанні цього модуля, залежить від структури доїльної установки, способу утримання тварин, технічних можливостей та характеристик обладнання, яке використовується на тваринницькій фермі. У розроблених та впроваджених у виробництво ІВС КППТВКМ при безприв'язному утриманні тварин, цей модуль, у програмній взаємодії з «ІБ-04», забезпечує можливість отримання інформації від встановлених на доїльній установці БЗПД про кількість повторних під'єднань доїльних стаканів, наявність випадку холостих доїнь, тривалість холостого доїння, кількість відпадань доїльного апарата, тривалість доїння, час припуску, разовий удій протягом одного доїння, удій у перші три тридцятисекундні інтервали з початку доїння, код транспондера, наявність маститу або його ступінь у чвертях вимені, наявність травмованості тварини, наявність у тварини стану «охоти», мережевий номер, електропровідність молока. До БЗПД, за допомогою цього програмного модуля, забезпечується передача інформації про стадний номер тварини, заборону доїння тварини та інформації про низький удій. У розроблених та впро-

ваджених у виробництво ІВС КППВКМ при прив'язному утриманні тварин, вищевказаний модуль, у програмній взаємодії з «ІБ-04», забезпечує отримання інформації про номер лінії стійлової доїльної установки, загальний удій групи тварин у лінії, наявність води в молоці у кожній лінії, середню електропровідність молока у лінії. При взаємодії з «БУСВ-01», цей модуль забезпечує отримання коду транспондера тварини та передачу даних про необхідність розколу. При взаємодії з «БЦР-01» за допомогою цього модуля отримується код транспондера тварини та їх кількість у потоці. При застосуванні «КОМФОРТ-01» отримується код транспондера тварини та інформація про тривалість та кількість разів користування чесальною установкою. За допомогою мнемосхеми, цей модуль забезпечує візуалізацію процесу взаємодії сервера з складовими елементами ІВС КППВКМ у режимі реального часу.

Модуль налаштувань та конфігурації забезпечує налаштування програмного забезпечення «АСУ-ФЕРМА-2» для функціонування з різними типами доїльних установок та різними варіантами структур ІВС КППВКМ. За допомогою цього модуля програмне забезпечення «АСУ-ФЕРМА-2» налаштовується відповідно до типу доїльної установки та способу утримання, кількості робочих траншей групової установки, загальної кількості каналів обміну даними, кількості каналів обміну даними для роботи з обладнанням у кожній траншеї, типу БЗПД, загальної кількості БЗПД, кількості БЗПД в одній траншеї, розподілу мережевих номерів БЗПД та іншого обладнання, кількості робочих траншей, що обслуговуються одним доярем, кількості доярів, кількості селекційних воріт та чесальних установок, часу початку доїнь та їх кількості. Також за допомогою цього модуля встановлюється тип та номер порта для обміну даними з сервером, часовий інтервал між опитуваннями функціональних складових елементів ІВС КППВКМ, швидкість обміну даними.

Модуль обробки інформації забезпечує проведення інтерполяції та апроксимації результатів вимірювання параметрів ТПВКМ, розрахунок залежностей параметрів ТПВКМ від дня лактації, в тому числі лактаційних кривих, здійснення вимірювального контролю параметрів ТПВКМ, аналіз отриманих результатів вимірювання та вимірювального контролю з метою оцінки стану складових елементів ТПВКМ та небезпеки відхилення їх стану від норми, встановлення тварин, у яких виявлено підозру на певні захворювання, прогнозування стану тварин.

За допомогою модуля формування звітів здійснюється автоматичне створення комплексу звітів, структура яких визначається оператором системи. Можуть формуватися звіти за окремими тваринами, за тваринами з негативною динамікою стану, за тваринами з підозрами на захворювання, звіти з результатами вимірювального контролю параметрів ТПВКМ. Також можливе формування звітів з практично будь-якою конфігурацією даних за стадом, групою тварин, фермами, робочим траншеями, часовими проміжками. Модуль взаємодії з стороннім програмним забезпеченням здійснює експорт отриманих в результаті роботи програмного забезпечення «АСУ-ФЕРМА-2» даних до електронних таб-

лиць, програмного забезпечення «1С», та популярного програмного комплексу «Uniform Agri».

5.3 Практичне застосування засобів контролю параметрів ТПВКМ при використанні різних типів доїльних установок

Під час проведених досліджень розроблено та впроваджено у виробництво декілька варіантів ІВС КППВКМ для групових та стійлових доїльних установок [9, 10]. В усіх розроблених варіантах систем використано технічні засоби, які розглянуто у підрозділі 5.1, та програмне забезпечення «АСУ-ФЕРМА-2», яке розглянуто у підрозділі 5.2. На рис. 5.14 наведено структурну схему ІВС КППВКМ з використанням БЗПД «ІД-02» для типових групових доїльних установок з структурою 2×8.

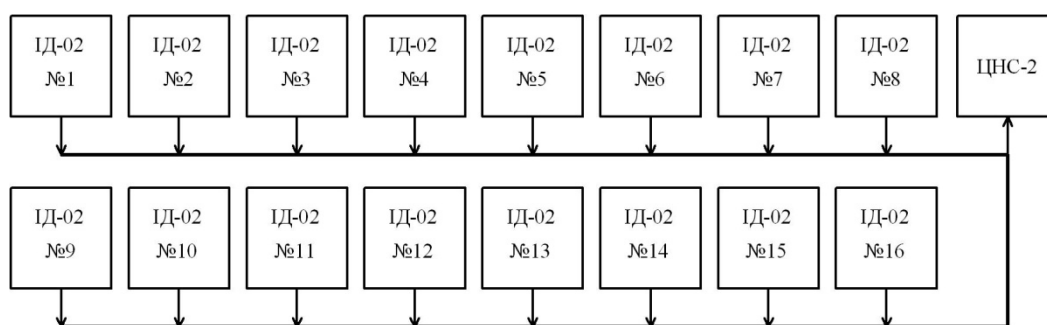


Рисунок 5.14 – Структурна схема ІВС КППВКМ з використанням БЗПД «ІД-02» для типових групових доїльних установок з структурою 2×8

Кількість БЗПД «ІД-02» дорівнює кількості станків, які обладнані доїльними апаратами без функції керування процесом доїння, може бути використано не більше 32 БЗПД «ІД-02». За допомогою наведеного варіанту системи можливе вимірювання індивідуального удою тварин без їх ідентифікації, загального удою стада, вимірювання та автоматичний контроль миттєвої інтенсивності молоковіддачі. Якщо установка обладнана доїльними апаратами з функцією керування процесом доїння, то у наведеній ІВС КППВКМ використовуються БЗПД «БД-07».

На рис. 5.15 наведено структурну схему розробленої та впровадженої у виробництво ІВС КППВКМ з використанням БЗПД «БД-06» або «БД-05» та автоматизованою ідентифікацією тварин для типових групових доїльних установок з структурою 2×8. У цій ІВС КППВКМ кількість БЗПД «БД-06» або «БД-05» дорівнює кількості доїльних станків, які знаходяться на установці, може бути використано не більше 16 БЗПД у кожному каналі БЗОД «ІБ-04». У наведеній структурі, для обслуговування кожної сторони установки, використовується окремий канал «ІБ-04». Автоматизована ідентифікація тварин забезпечується за допомогою ЗТ «АР-01», якими обладнаний кожний БЗПД. За допомогою наведеного варіанта ІВС КППВКМ забезпечується вимірювання разового удою тварини, тривалості доїння, розподілу удою за першими трьома тридцятисекундними інтервалами з початку доїння, електропровідності молока, кількості відпадань

доїльних стаканів, кількості випадків та тривалості холостого доїння, забезпечується ручне введення інформації про наявність маститу або його ступінь у чвертях вимені, наявності травмованості тварини, наявності у тварини стану «охоти».

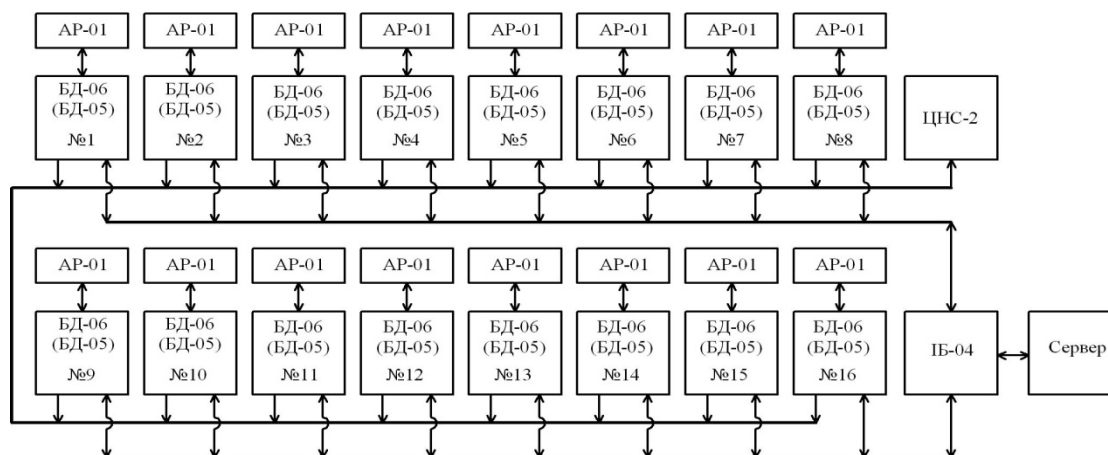


Рисунок 5.15 – Структурна схема ІВС КПТПВКМ з використанням БЗПД «БД-06» або «БД-05» та автоматизованою ідентифікацією тварин для типових групових доїльних установок з структурою 2×8

Також у системі здійснюється автоматичний контроль часу припуску та миттєвої інтенсивності молоковіддачі. На основі даних, отриманих від БЗПД, за допомогою програмного забезпечення «АСУ-ФЕРМА-2» здійснюється вимірювальний контроль тривалості роботи доїльної установки, тривалості доїння окремих тварин, інтенсивності їх молоковіддачі, інтенсивності їх молоковіддачі в перші тридцять секунд після початку доїння, інтенсивності молоковіддачі на часовому проміжку від тридцяти до шістдесяти секунд після початку доїння, інтенсивності молоковіддачі на часовому проміжку від шістдесяти до дев'яноста секунд після початку доїння, разового удою протягом одного доїння, добового удою, удою за період лактації, електропровідності молока у відповідності з днем лактації. Також за допомогою програмного забезпечення «АСУ-ФЕРМА-2», на основі даних, введених вручну, здійснюється контроль температури тіла тварини та її ваги, аналіз результатів ветеринарних та інших досліджень, що відображається у відповідних звітах. Також здійснюється оцінка стану складових елементів ТПВКМ та небезпеки відхилення їх стану від норми на основі результатів вимірювального контролю.

На рис. 5.16 наведено структурну схему розробленої та впровадженої у виробництво ІВС КПТПВКМ з використанням БЗПД «БД-06» та автоматичною ідентифікацією тварин для типових групових доїльних установок з структурою 2×8.

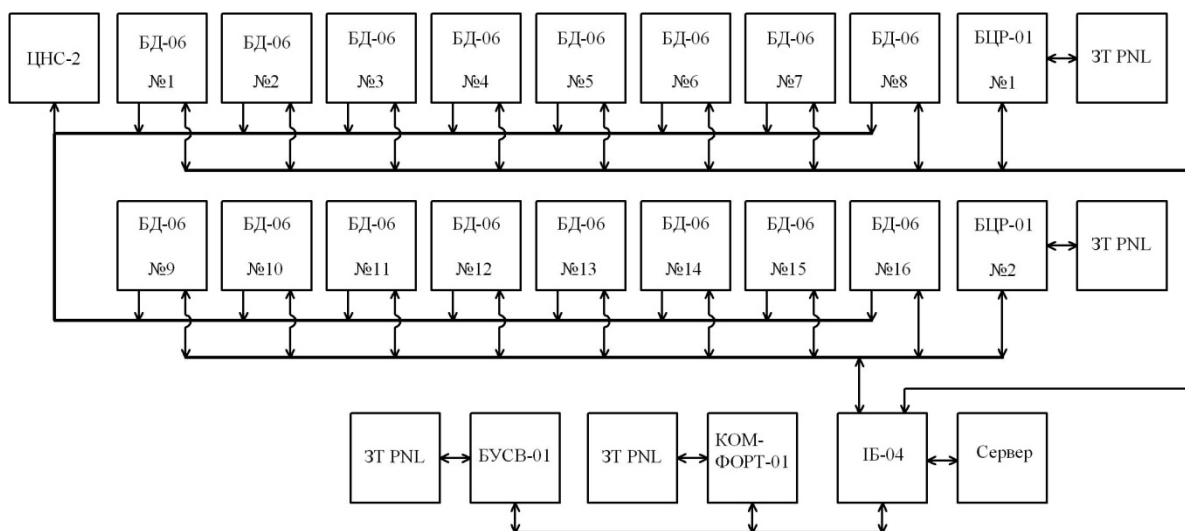


Рисунок 5.16 – Структурна схема ІВС КПТПВКМ з використанням БЗПД «БД-06» та автоматичною ідентифікацією тварин для типових групових доїльних установок з структурою 2×8

Автоматична ідентифікація тварин у цій системі здійснюється з використанням ЗТ типу PNL-2530, PNL-4060-3 або PNL-60120, та транспондерів формату HDX. Ідентифікація відбувається на проході до доїльних станків під час руху тварин з використанням «БЦР-01», на чесальній установці за допомогою «КОМФОРТ-01», на проході до селекційних воріт за допомогою «БУСВ-01». Відповідно, у наведеній ІВС КПТПВКМ, на відміну від попередньо розглянутої, відбувається підрахунок тварин у потоці та ідентифікація їх проходження. Для обслуговування кожної сторони доїльної установки та приладів «БУСВ-01» і «КОМФОРТ-01» використовуються окремі канали «ІБ-04». В усьому іншому, характеристики наведеної системи збігаються з характеристиками ІВС КПТПВКМ, що була розглянута раніше.

На рис. 5.17 наведено структурну схему ІВС КПТПВКМ з використанням ЛПМ «СПМ-02» для типової стійлової доїльної установки. Кількість ЛПМ «СПМ-02», що використовуються у системі, дорівнює кількості доїльних ліній. У відповідності з типовим проектом стійлової доїльної установки з молокопроводом, їх може бути чотири або вісім. За допомогою наведеного варіанта системи можливе вимірювання загального удою стада, вимірювання удою у кожній лінії, контроль наявності води у молоці в кожній лінії.

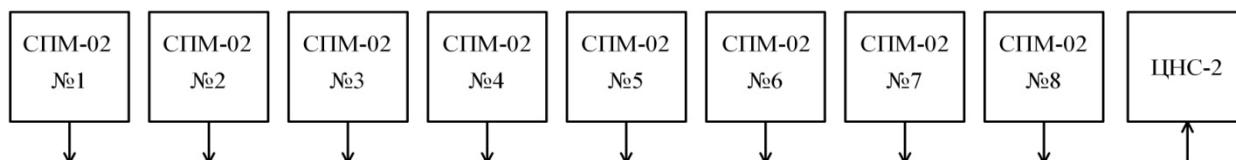


Рисунок 5.17 – Структурна схема ІВС КПТПВКМ з використанням ЛПМ «СПМ-02» для типової стійлової доїльної установки

На рис. 5.18 наведено структурну схему ІВС КППТВКМ з використанням БУДМ «БУДМ-01» для типової стійлової доїльної установки.

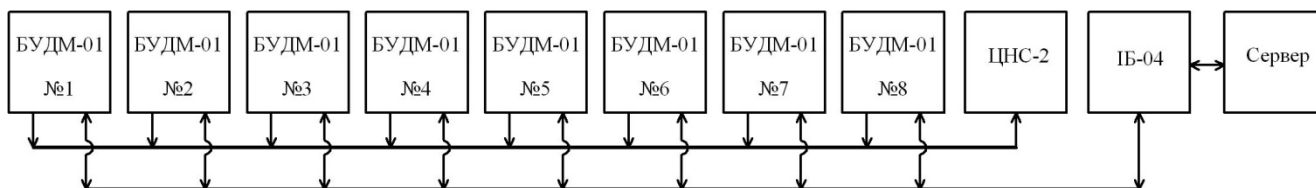


Рисунок 5.18 – Структурна схема ІВС КППТВКМ з використанням БУДМ «БУДМ-01» для типової стійлової доїльної установки

Аналогічно попередньо розглянутій системі, може використовуватися чотири або вісім «БУДМ-01». За допомогою цієї системи забезпечується вимірювання загального удою стада, вимірювання удою у кожній лінії, контроль наявності води у молоці у кожній лінії. Функціонування системи забезпечується за допомогою програмного забезпечення «АСУ-ФЕРМА-2», при його використанні здійснюється вимірювальний контроль тривалості роботи доїльної установки, середнього удою тварини за доїння у групі або стаді, середнього удою тварини у групі або стаді за добу, середнього удою тварини у групі або стаді за період лактації. Також, за допомогою програмного забезпечення «АСУ-ФЕРМА-2», на основі даних, введених вручну, здійснюється контроль температури тіла тварини та її ваги, аналіз результатів ветеринарних досліджень, контроль індивідуального удою на основі результатів контрольних доїнь, забезпечується обробка інформації про планові перевірки на мастит, стан «охоти», травмованість тварин. У наведеній ІВС КППТВКМ «ЦНС-2» працює в автономному режимі та призначений для оперативного спостереження за динамікою процесу доїння, його наявність не обов'язкова. Можливе також функціонування цієї ІВС КППТВКМ без «ІБ-04» та сервера. У цьому випадку система працює аналогічно попередньо розглянутій.

5.4 Висновки до розділу

1. У процесі проведення досліджень, були розроблені та впроваджені у промислове виробництво у якості складових елементів доїльного обладнання виробництва ТДВ "Брацлав", Україна, та СООО «Экомилк», Білорусь, такі прилади, що здійснюють вимірювальний контроль параметрів ТПВКМ: БЗПД «ІД-02», БЗПД «БД-05», ЗТ малого радіуса дії «АР-01», БЗПД «БД-06», «БЦР-01», БЗПД «БД-07», БКСВ «БУСВ-01», БКЧУ «КОМФОРТ-01», БУДМ «БУДМ-01», БЗОД «ІБ-04», ЛПМ «СПМ-02», ЗВКМ «ЦНС-2».

2. Прилади БУДМ «БУДМ-01» та ЛПМ «СПМ-02» призначені для використання на стійлових доїльних установках з молокопроводом, можливе їх функціонування як в автономному режимі, так і у складі ІВС КППТВКМ. Прилади БЗПД «ІД-02», БЗПД «БД-05», БЗПД «БД-06», БЗПД «БД-07», БКЧУ «КОМФОРТ-01», призначені для використання на тваринницьких фермах з безприв'язним утриманням тварин на групових доїльних установках та доїльних установках з прохідними станками, вони теж можуть функціонувати як в автоном-

ному режимі, так і у складі ІВС КПТПВКМ. Прилади «БЦР-01», ЗТ малого радіуса дії «АР-01», БКСВ «БУСВ-01», БЗОД «ІБ-04», ЗВКМ «ЦНС-2», можуть функціонувати виключно у складі ІВС КПТПВКМ.

3. Для забезпечення функціонування ІВС КПТПВКМ, в процесі проведення досліджень розроблено програмне забезпечення «АСУ-ФЕРМА-2», яке може використовуватися на фермах з прив'язним та безприв'язним утриманням тварин. За допомогою цього програмного забезпечення здійснюється отримання, обробка, перетворення, та представлення у необхідному вигляді інформації про параметри ТПВКМ, проведення операцій контролю необхідних параметрів, критеріальне оцінювання та прогнозування стану тварин, формування необхідних звітів.

4. В процесі досліджень розроблено та впроваджено у виробництво декілька варіантів ІВС КПТПВКМ для доїльно-молочних відділень тваринницьких ферм з прив'язним та безприв'язним утриманням тварин. Для ферм з прив'язним утриманням тварин, які обладнані типовими стійловими доїльними установками, реалізовано та впроваджено ІВС КПТПВКМ на основі ЛПМ «СПМ-02», БУДМ «БУДМ-01», ЗВКМ «ЦНС-2», БЗОД «ІБ-04». Для ферм з безприв'язним утриманням, які обладнані груповими доїльними установками, реалізовано та впроваджено такі ІВС КПТПВКМ: ІВС КПТПВКМ без ідентифікації тварин на основі БЗПД «ІД-02», БЗПД «БД-07», та ЗВКМ «ЦНС-2»; ІВС КПТПВКМ з автоматизованою ідентифікацією тварин на основі БЗПД «БД-05», БЗПД «БД-06», ЗТ малого радіуса дії «АР-01», БЗОД «ІБ-04», та ЗВКМ «ЦНС-2»; ІВС КПТПВКМ з автоматичною ідентифікацією тварин на основі БЗПД «БД-06», приладу «БЦР-01», ЗТ типу PNL-2530, PNL-4060-3 або PNL-60120, ЗВКМ «ЦНС-2», БЗОД «ІБ-04», БКСВ «БУСВ-01», БКЧУ «КОМФОРТ-01».

ВИСНОВКИ

Під час проведення досліджень розв'язано науково-прикладну проблему підвищення показників достовірності контролю параметрів технологічного процесу виробництва коров'ячого молока за рахунок розробки нових методів та засобів контролю. Найбільш значимими науковими та практичними результатами роботи є:

1. Вперше розроблено критерій кількісного оцінювання стану складових елементів ТПВКМ на основі результатів вимірювального контролю його параметрів, та критерій кількісного оцінювання небезпеки відхилення від норми стану складових елементів ТПВКМ на основі результатів вимірювання та вимірювального контролю його параметрів. Практичне застосування цих критеріїв у розробленому програмному забезпеченні «АСУ-ФЕРМА-2» дозволило вчасно встановлювати факт високої імовірності відхилення стану складових елементів ТПВКМ від норми та прогнозувати виникнення відхилень стану складових елементів ТПВКМ від норми, вчасно приймати міри для нормалізації стану складових елементів ТПВКМ та запобіжні міри для попередження виникнення відхилень стану ТПВКМ від норми.

2. Вперше розроблено теоретичні засади оптичного методу оперативного вимірювального контролю відносної масової частки молока у потоці водномолочного розчину, які базуються на вимірюванні інтенсивності інфрачервоного випромінювання, яке проходить крізь сформовану дозатором порцію молока, що дозволило оперативно виявляти факти фальсифікації молока водою на стійлових доїльних установках. Отримані теоретичні результати дозволили практично реалізувати та впровадити у виробництво лічильник порцій молока, у якому реалізована функція контролю наявності води у молоці. Окрім того, теоретично досліджено та практично реалізовано спосіб ідентифікації порції молока, сформованої дозатором, з використанням оптимальної лінійної фільтрації вихідного сигналу фотоелектричного давача проходження порції. Використання оптимальної лінійної фільтрації дозволило досягти значення зведеної похибки підрахунку порції не більше 0,1 %, що як мінімум у два рази менше, ніж у існуючих аналогів. Внаслідок цього збільшилася достовірність вимірювального контролю удою, що отриманий окремими доярками на стійлових доїльних установках.

3. На основі проведених експериментальних досліджень вперше отримано диференційні функції розподілу загального часу роботи з тваринами при різних способах їх утримання та підготовки до доїння, різних варіантах їх ідентифікації, при використанні різних типів доїльних апаратів. На основі вищевказаних функцій розподілу розроблено та практично реалізовано метод статистичного оцінювання та вимірювального контролю тривалості роботи основних типів доїльних установок та доярів при використанні різних типів доїльних апаратів та різних варіантах ідентифікації тварин, який базується на встановленому в результаті проведених досліджень функціональному зв'язку між статистичними характеристиками тривалості роботи доїльних установок, статистичними характе-

ристиками часу підготовки тварини, статистичними характеристиками часу видоювання тварини, кількістю доярів, кількістю тварин, кількістю доїльних апаратів, типом доїльного апарата, що дозволило підвищити достовірність вимірювального контролю тривалості роботи основних типів доїльних установок та окремих доярів, що їх обслуговують.

4. Проведено дослідження впливу помилок ідентифікації тварин під час руху на результати вимірювального контролю параметрів ТПВКМ. На основі результатів проведених досліджень встановлено, що при ідентифікації тварин під час руху на групових доїльних установках, виникнення помилки ідентифікації однієї тварини, з високим ступенем імовірності може призвести до втрати результатів вимірювального контролю індивідуальних параметрів групи тварин, яка розташована на відповідній стороні установки. Встановлено співвідношення, за допомогою яких виявляється наявність помилки ідентифікації та визначається група тварин, для якої результати вимірювального контролю індивідуальних параметрів є недостовірними.

5. З метою зменшення впливу помилок ідентифікації тварин на результати вимірювального контролю параметрів ТПВКМ розроблено та впроваджено у виробництво двоконтурну ортогональну антену, за допомогою якої забезпечується підвищення достовірності радіочастотної ідентифікації тварин під час руху на групових та конвеєрних доїльних установках. Використання такої антени дозволило збільшити відсоток успішних зчитувань кодів транспондерів з 89,1% до 99,7%.

6. Вперше розроблено метод та впроваджено у виробництво засіб контролю проходження тварин на групових доїльних установках, у якому, на відміну від існуючих, використовується оптимальна лінійна фільтрація вихідного сигналу сенсора проходження тварини. Впровадження даного методу дозволило виявляти 80 - 90 % не ідентифікованих тварин, в той час як існуючі аналоги дозволяють виявляти 60 - 70 % не ідентифікованих тварин. Це дозволило у 1,5 - 2 рази (в залежності від кількості доїльних станків на стороні установки), зменшити втрату інформації про результати вимірювального контролю індивідуальних параметрів тварин, яка виникає внаслідок виникнення помилок радіочастотної ідентифікації.

7. Запропоновано та впроваджено систему автоматичної радіочастотної ідентифікації тварин на стійлових доїльних установках з зовнішніми транспондерами, за допомогою якої забезпечується примусове виконання доярем регламенту роботи доїльної установки. Внаслідок впровадження цієї системи продуктивність доїльної установки підвищилася на 6,5 % за рахунок суворого дотримання регламенту роботи персоналом ферми.

8. Отримав розвиток метод вимірювального контролю електропровідності молока протягом лактаційного періоду тварини, який на відміну від існуючих, враховує збільшення нормального значення електропровідності протягом першого та останнього місяців лактації, що дозволило збільшити достовірність виявлення тварин з підозрою на захворюваність маститом. Також розроблено конструкцію електродної системи та спосіб вимірювання електропровідності молока у молокоприймальній камері доїльного апарата, при використанні якого

усувається складова похибки вимірювання електропровідності, що зумовлена нерівномірністю силових ліній електричного поля у міжелектродному проміжку.

9. Вперше запропоновано метод контролю кількості та часу користування тваринами чесальною установкою при їх безприв'язному утриманні, що дозволило автоматично виявляти тварин з зниженою активністю та підозрою на наявність шкірних захворювань і кліщів. Розроблено та впроваджено у виробництво систему радіочастотної ідентифікації нерухомих тварин для чесальної установки.

10. Здійснено удосконалення порційного методу вимірювання поточного удою, яке полягає у застосуванні фотоелектричного вимірювального перетворення площа-напруга рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата, що дозволило зменшити похибку вимірювання та підвищити достовірність вимірювального контролю параметрів молоковіддачі. Окрім того, розроблено фотоелектричний ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом та ВП рівня молока на основі МАЕ з дискретним вихідним сигналом, за допомогою яких забезпечується вимірювальний контроль параметрів молоковіддачі на стійлових доїльних установках з достатньою достовірністю. Також розроблено фотоелектричний ВП миттєвої інтенсивності молоковіддачі, який призначений для використання на стійлових доїльних установках низької цінової категорії. При його використанні забезпечується достатня достовірність вимірювального контролю деяких параметрів молоковіддачі для здійснення керування процесом доїння.

11. На основі отриманих при проведенні досліджень результатів розроблено та впроваджено у промислове виробництво декілька варіантів ІВС КППВКМ для різних типів доїльних установок з різними способами ідентифікації тварин, засоби вимірювання та вимірювального контролю параметрів ТПВКМ, які є складовими елементами розроблених ІВС, та можуть використовуватися в автономному режимі. Проведено оцінювання основних метрологічних характеристик засобів вимірювання та вимірювального контролю параметрів ТПВКМ, адекватність розроблених моделей, ефективність запропонованих методів і створених на їх основі засобів вимірювального контролю підтверджена результатами експериментальних досліджень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Луценко, М. М. Розробка зоотехнологічних основ функціонування біотехнічних систем доїння і напрямків їх удосконалення : дис. ... докт. с.-г. наук / М. М. Луценко. – Український Державний центр по випробуванню та прогнозуванню техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва. – Дослідницьке, 1993. – 299 с.
2. Цой, Ю. А. Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм / Ю. А. Цой. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 424 с.
3. Куликов, Л. В. Физиологические основы доения коров / Л. В. Куликов. – М. : Россельхозиздат, 1969. – 80 с.
4. Ревенко, І. І. Машиновикористання у тваринництві: підруч. для студ. аграрних вузів III-IV рівнів акредитації із спец. "Механізація сільського господарства" / І. І. Ревенко [та ін] ; ред. І. І. Ревенко. – К. : Урожай, 1999. – 207 с.
5. Фененко, А. І. Механізація доїння корів. Теорія і практика. / А. І. Фененко –К. : ННЦ «ІАЕ», 2008. – 198 с.
6. Луценко, М. М. Перспективні технології виробництва молока : монографія / М. М. Луценко, В. В. Іванишин, В. І. Смоляр. – К. : Видавничий центр «Академія», 2006. – 192 с.
7. Уиттлстоун, В. Г. Принципы машинного доения / В. Г. Уиттлстоун. – М. : Колос, 1964. – 196 с.
8. BS ISO 5707 : 2007. Milking machine installations. Construction and performance. – 30 March 2007. – BSI. – 60 p.
9. Технологии и оборудование для животноводства ВАТ "Брацлав" / Рекламний проспект. – 2010. – 27 с.
10. ПАТ «Брацлав» / ПАТ «Брацлав». – Режим доступу : <http://bratslav.com>.
11. DeLaval / Tetra Laval Group. – Режим доступу : www.delaval.com.
12. DeLaval. Системы доения для развития ферм. Увеличивая производительность. Рекламный проспект. / Tetra Laval Group. – 2014. – 23 с.
13. GEA Group / GEA Westfalia Separator Group – Режим доступу : www.westfalia-separator.com.
14. GEA Group / GEA Farm Technologies – Режим доступу : www.gea-farmtechnologies.com.
15. Система управления DairyManagementSystem 21. Информационный помощник с новой системой управления воспроизводством. Рекламный проспект / GEA Group. – 2013. – 15 с.
16. Продукты и системы для производства молока с повышенной эффективностью. Рекламный проспект. / GEA Group. – 2013. – 27 с.
17. GEA Group / WestfaliaSurge – Режим доступу : www.westfalia.com.
18. Dairyplan C21. Успішне управління стадом в XXI столітті. Рекламний проспект / GEA Group. – 2013. – 15 с.
19. Impulsa AG / Impulsa AG. – Режим доступу : www.impulsa-ag.de.
20. Afimilk / Afimilk – Режим доступу : www.afimilk.com.

21. S.A.E. Afikim. Компьютеризованные системы управления молочной фермой. Рекламный проспект. / Afimilk. – 2013. – 6 с.
22. S.C.R. / S.C.R. – Режим доступа : www.scrdairy.com.
23. S.C.R. Precise dairy farming. Рекламный проспект. / S.C.R. – 2014. – 30 с.
24. Фемакс. Каталог оборудования для молочных ферм. Рекламный проспект. / Фемакс. – 2010. – 27 с.
25. НПП "Фемакс" / НПП "Фемакс" – Режим доступа : <http://viesh.ru/oborudovanie-dlya-molochnih-ferm/>
26. Boumatic / Boumatic – Режим доступа : www.boumatic.com.
27. Boumatic. Системы Xpressway Parallel Stall Systems. Когда вы используете лучшее. Рекламный проспект. / Boumatic. – 2012. – 6 с.
28. Boumatic. SmartDairy. Технология для получения качественного молока. Рекламный проспект. / Boumatic. – 2013. – 12 с.
29. Panazoo / Panazoo Italiana Srl. – Режим доступа : www.panazoo.it.
30. Panazoo. Products Guide 2014 Automation in Milking Systems. Рекламный проспект. / Panazoo Italiana Srl. – 2014. – 102 с.
31. Sac / Aktieselskabet S.A.Christensen & Co – Режим доступа : www.sacmilking.com.
32. Lely / Lely Holding S.a.r.l. – Режим доступа : www.lely.com.
33. Тверской, Г. Б. Регуляция секреции молока / Г. Б. Тверской. – Л. : Наука, 1972. – 356 с.
34. Кучерук, В. Ю. Датчик інтенсивності молоковіддачі переносного доїльного апарата для стійлового молокопроводу / В. Ю. Кучерук, П. І. Кулаков, Є. А. Паламарчук, Т. В. Гнесь // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2013. – №3. – С. 44–48.
35. Вальдман, Э. К. Физиология машинного доения коров / Э. К. Вальдман. – М. : Колос, 1977. – 192 с.
36. Грачев, И. И. Физиология лактации сельскохозяйственных животных / И. И. Грачев, В. П. Ланцев – М. : Колос, 1974. – 280 с.
37. Админ, Е. И. Технология производства молока на промышленной основе / Е. И. Админ, Е. Н. Зюнкина, Б. А. Корсун – К. : Урожай, 1983. – 160 с.
38. DeLaval. Каталог сопутствующих товаров. Рекламный проспект / Tetra Laval Group. – 2014. – 51 с.
39. Городецкая, Т. К. О стрессовых факторах на молочных комплексах промышленного типа / Т. К. Городецкая // Поведение животных в условиях промышленных комплексов – М. : Колос, 1979. – С. 77–83.
40. Голиков, А. Н. Новое в физиологии и нервной системе сельскохозяйственных животных / А. Н. Голиков, Е. И. Любимов – М. : Колос, 1977. – 110 с.
41. Пешук, Л. В. Проблема маститу в стадах великої рогатої худоби молочного напрямку / Л. В. Пешук // Вісник аграрної науки. – 2001. – № 9. – С. 32–35.
42. Голобоких, П. И. Изменение электропроводности молока коров в течение лактации : автореф. дис... канд. техн. наук : / П. И. Голобоких ; Всесоюзный научно-исследовательский институт племенного дела. – М., 1991. – 23 с.

43. Тёпел, А. Химия и физика молока / А. Тёпел. – М. : Пищевая промышленность, 1979. – 623 с.
44. Дмитриев, Н. Г. Производство молока : справочник / Н. Г. Дмитриев, В. И. Мосийко, С. С. Брага. – М. : Агропромиздат, 1985. – 240 с.
45. Nielen, M. Electrical Conductivity of Milk: Measurement, Modifiers, and Meta Analysis of Mastitis Detection Performance / M. Nielen, H. Deluyker, Y. H. Schukken, A. Brand // *Journal of Dairy Science*. – 1992. – V. 75. – № 2. – P. 606–614.
46. Brandt, M. Invited review: Technical solutions for analysis of milk constituents and abnormal milk / M. Brandt, A. Haeussermann, E. Hartung // *Journal of Dairy Science*. – 2010. – V. 93. – № 2. – P. 427–436.
47. Метатрон 21. Нове покоління. Високотехнологічний стрибок в доїльній техніці. Рекламний проспект. / GEA Group. – 2013. – 7 с.
48. Lukas, J. M. Invited review: A novel method of analyzing daily milk production and electrical conductivity to predict disease onset / J. M. Lukas, J. K. Reneau, R. Wallace [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2009. – V. 92. – № 12. – P. 5964–5976.
49. Peris, C. Variation in Somatic Cell Count, California Mastitis Test, and Electrical Conductivity Among Various Fractions of Ewe's Milk / C. Peris, P. Molina, N. Fernandez [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 1991. – V. 74. – № 5. – P. 1553–1560.
50. Chagunda, M. G. A model for detection of individual cow mastitis based on an indicator measured in milk / M. G. Chagunda, N. C. Friggens, M. D. Rasmussen, T. Larsen. // *Journal of Dairy Science*. – 2006. – V. 89. – P. 2980–2998.
51. Hamann, J. Diagnosis of mastitis and indicators of milk quality / J. Hamann, Krömker V. // *Mastitis in Dairy Production: Current Knowledge and Future Solutions*. – Wageningen Academic Publishers. – 2005. – P. 82–91.
52. Rasmussen, M. D. Detection and separation of abnormal milk in automatic milking systems / M. D. Rasmussen, A. Meijering, H. Hogeveen, C. J. A. M. de Koning // *Automatic Milking – A Better Understanding*. Wageningen Academic Publishers. – 2004. – P. 189–197.
53. Войтюк, В. В. Вимірювання витрати молока в молочній лінії доїльного апарата : автореф. дис. // канд. техн. наук : / В. В. Войтюк ; Національний університет «Львівська політехніка». – Л., 2011. – 21 с.
54. Oshima, M. Detection of abnormal quarter milk by the quarter difference of the electrical conductivity and its theoretical basis / M. Oshima // *JARQ*. – 1977. – № 11. – P. 239.
55. Oshima, M. Empirical formula for correcting electrical conductivity values of milk in relation to temperature / M. Oshima // *Jpn. J. Zootech. Sci.* – 1978. – № 49. – P. 180.
56. Малик, О. В. Система виявлення зайвої води у молоці / О. В. Малик, П. Г. Столярчук // *Електротехнічні та комп'ютерні системи*. – 2012. – № 6. – С. 194–197.
57. Lovendahl, P. On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows / P. Lovendahl, M. G. G. Chagunda // *Journal of Dairy Science*. – 2010. – V. 93. – № 1. – P. 249–259 .

58. Лотоцький, В. В. Ефективність методу визначення стадії збудження статевого циклу корів за індексами активності руху / В. В. Лотоцький // Науковий вісник ветеринарної медицини. – 2013. – Вип. 11. – С. 101–103.
59. Saumande, J. Faut – Il reconsiderer le moment souhaitable de l'insemination au cours de l'estrus chez les bovins. Une revue des donnees de la litterature / J. Saumande // *Revue Med. Vet.* – 2001. – V. 152. – № 11. – P. 755–764.
60. Sturman, H. Importance of inseminating only cows in estrus. / H. Sturman, E. A. Oltenacu, R. H. Foote // *Theriogenology.* – 2000. – № 53. – P. 1657–1667.
61. Зверева, Г. В. Рекомендації з профілактики неплідності худоби / Г. В. Зверева, В. А. Яблонський, М. В. Косенко [та ін.]. – Львів, 2001. – 18 с.
62. At-Taras, E. E. Detection and characterization of estrus in dairy cattle with an electronic heatmount detector and an electronic activity tag / E. E. At-Taras, S. L. Spahr // *Journal of Dairy Science.* – 2001. – №84(4). – P. 792–798.
63. Lewis, G. S. Changes throughout estrous cycles of variables that might indicate estrus in dairy cows / G. S. Lewis, S. K. Newman // *Journal of Dairy Science.* – 1984. – № 67(1). – P. 146–152.
64. Maatje, K. Predicting optimal time of insemination in cows that show visual signs of estrus by estimating onset of estrus with pedometers / K. Maatje, S. H. Loeffler, B. Engel // *Journal of Dairy Science.* – 1997. – № 80. – P. 1098–1105.
65. Nebel, R. Automated electronic systems for the detection of oestrus and timing of AI in cattle / R. Nebel, M. Dransfield, S. Jobst [et al.] // *Anim. Reprod. Sci.* – 2000. – № 2. – P. 60–61.
66. Филоненко, А. И. Выбор времени осеменения коров и телок / А. И. Филоненко, Г. П. Дюльгер, В. В. Храмцов. □ – М. : Издательство МСХА, 1993.–18 с.
67. Костенко, В. І. Характер жуйки і рівень молочної продуктивності корів / В. І. Костенко, Ю. Ю. Баняс // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. – 2012. – Вип. 179. – С. 18–23.
68. Моніторинг румінації – практичне застосування. Рекламний проспект. / S. C. R. – Режим доступу : <http://www.scrdairy.com/UsingMonitoring.asp>.
69. Rumination monitoring white paper. / S. C. R. – Режим доступу : <http://www.selectsires.com/products/docs/rumination%20white%20paper%20from%20SCR.pdf>
70. Yu, P. Improving the nutritional value of oat hulls for ruminant animals with pretreatment of a multienzyme cocktail: In vitro studies / P. Yu, J. J. McKinnon, D. A. Christensen // *Journal of Animal Science.* – 2005. – № 83. – P. 1133–1141.
71. Dodo, R. G. Nutrition, Feeding and Calves : variation and relationships among feeding, chewing and drinking variables for Lactating Dairy Cows / R. G. Dodo, M. S. Allon // *Journal of Dairy Science.* – 1994. – № 77. – P. 132–144.

72. Adin, G. Effect of feeding cows in early lactation with diets differing in roughage-neutral detergent fiber content on intake behavior, rumination, and milk production. / G. Adin, R. Solomon, M. Nikbachat, [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2009. – № 92. – P. 3364–3373.

73. Lindgren, E. Validation of rumination measurement equipment and the role of rumination in dairy cow time budgets / E. Lindgren – Swedish University of Agricultural Sciences, 2009. – 36 p.

74. Schirmann, K. Validation of a System for Monitoring Rumination in Dairy Cows / K. Schirmann, M. A. von Keyserlingk, D. M. Weary, D. M. Veira, W. Heuwieser // *Journal of Dairy Science*. – 2009. – № 92. – P. 6052–6055.

75. Каталог продукції Afimilk / 2012. – 65 с.

76. Jacobs, J. A. The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare / J. A. Jacobs, J. M. Siegford // *Journal of Dairy Science*. – 2012. – V. 95, № 5. – P. 2227–2247.

77. Devir, S. A new dairy control and management system in the automatic milking farm: basic concepts and components / S. Devir, J. A. Renkema, R. B. Huirne, A. H. Ipema // *Journal of Dairy Science*. – 1993. – V. 76. – № 11. – P. 3607–3616.

78. Кулаков, П. І. Оцінювання стану тварин на основі результатів вимірювального контролю їх зоотехнічних параметрів / П. І. Кулаков // *Вісник інженерної академії України*. – 2014. – № 3 – 4. – С. 154–158.

79. Кулаков, П. І. Оцінювання стану тварин на основі результатів контролю їх зоотехнічних параметрів : / П. І. Кулаков // *Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи*. – Львів, 2015. – С. 157.

80. Цапенко, М. П. Измерительные информационные системы: Структуры и алгоритмы, схемотехническое проектирование / М. П. Цапенко. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 440 с.

81. Rotz, C. A. Automatic Milking Systems, Farm Size, and Milk Production / C. A. Rotz, C. U. Coiner, K. J. Soder // *Journal of Dairy Science*. – 2003. – V. 86. – № 12. – P. 1605–1614.

82. De Koning, C. J. A. M. Automatic milking: State of the art in Europe and North America / C.J.A.M. de Koning, J. Rodenburg, A. Meijering, H. Hogeveen // *A Better Understanding of Automatic Milking*. Wageningen Academic Publishers. – 2004. – P. 27–35.

83. Каталог продуктов и услуг ДеЛаваль / 2011. – 372 с.

84. Кучерук, В. Ю. Класифікація інформаційно-вимірювальних систем для доїльно-молочних відділень тваринницьких ферм / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. – 2015. – №2. – С. 89–93.

85. Гнесь, Т. В. Класифікація інформаційно-вимірювальних систем для доїльно-молочних відділень ферм : / Т. В. Гнесь, П. І. Кулаков // *Матеріали п'ятої міжнародної конференції студентів і молодих науковців «Сучасні інформаційні технології 2015»*. – Одеса, 2015. – С. 125–126.

86. Кучерук, В. Ю. Підвищення достовірності ідентифікації тварин у інформаційно-вимірювальних системах контролю зоотехнічних параметрів / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков // *Методи та прилади контролю якості*. – 2014. – № 2 (33). – С. 115–122.

87. Цой, Ю. А. Анализ и синтез транспортеров непрерывного действия / Ю. А. Цой, А. А. Мансуров // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. – 1999. – №4. – С. 29–32.

88. Мжелский, Н. И. Вакуумные насосы для доильных установок / Н. И. Мжелский. – М. : Машиностроение, 1974. – 152 с.

89. Больше мощности. Больше чистоты. Больше возможностей. Рекламный проспект. / GEA Group. – 2013. – 35 с.

90. Индивидуальные решения для Вашего растущего успеха. Рекламный проспект. / GEA Group. – 2013. – 59 с.

91. International Committee for Animal Recording (ICAR) / ICAR. – Режим доступа : www.icar.org.

92. ISO 11784/85. Radio frequency identification of animals / International Standard Organization. – Режим доступа : <http://www.iso.org>.

93. Кучерук, В. Ю. Класифікація систем ідентифікації тварин для доїльно-молочних відділень тваринницьких ферм / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. – 2015. – № 1 (50). – С. 252–256.

94. Кулаков, П. І. Класифікація систем ідентифікації тварин для доїльно-молочних відділень тваринницьких ферм / П. І. Кулаков // *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. – Одеса, 2015, С. 134.

95. Allflex / Allflex USA Inc. – Режим доступа : <http://www.allflexusa.com>.

96. RFID Journal / RFID journal LLC. – Режим доступа : <http://www.rfidjournal.com>.

97. Domdouzis, K. Radio-frequency identification (RFID) applications: A brief introduction / K. Domdouzis, B. Kumar, C. Anumba // *Adv. Engineering Informatics*. – 2007. – P. 350–355.

98. Radio Frequency Identification RFID – a basic primer / AIM International, Inc. white paper, 1998. – 56 p.

99. Breiner, S. J. Practices and perceptions of cow-calf producers regarding the National Animal Identification System / S. J. Breiner, D. A. Blasi, K. M. Boone, T. C. Schroeder, S. A. Grau // *Journal of Animal Science*. – 2007. – № 85. – P. 611–617

100. Ghirardi, J. J. Long term comparative trial of ear tags and ceramic boluses for the electronic identification of beef cattle under European rangeland conditions / J. J. Ghirardi, G. Caja, C. Conill, M. Hernández-Jover, D. Garín // *Journal of Animal Science*. – 2004. – № 82. – P. 351–359

101. Кучерук, В. Ю. Засоби радіочастотної ідентифікації для доїльно-молочних відділень тваринницьких ферм / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков // *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. – 2014. – № 3(48). – С. 145–150.

102. Кучерук, В. Ю. Вплив помилок ідентифікації тварин на результати вимірювання їх зоотехнічних параметрів / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, А. А. Видмиш // Вісник інженерної академії України. – 2015. – № 1. – С. 55–59.
103. Basarab, J. Read rate on two multi-panel RFID reader systems for use in beef cattle / J. Basarab, L. Erickson, J. Kopp [et al] // Alberta Food and Rural Development New Initiative Fund, Alberta, Canada, Project Number : 2005007, 2007. – 254 p.
104. Кучерук, В. Ю. Огляд інформаційно-вимірювальних систем зоотехнічних параметрів тварин / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2015. – № 3(120). – С. 15–23.
105. Artmann, R. Sensor systems for milking robots / R. Artmann // Computers and Electronics in Agriculture. – 1997. – V. 17, №1. – P. 19–40.
106. Laurs, A. Studies of operating parameters in milking robots / A. Laurs, J. Priekulis, M. Puriņš // Engineering for rural development. – 2009. – № 3. – P. 38–42
107. Многобоксовая система. Рекламный проспект. / GEA Group.– 2013. – 47 с.
108. Поджаренко, В. О. Визначення необхідної точності вимірювання контрольованих параметрів / В. О. Поджаренко, В. Ю. Кучерук, П. І. Кулаков, В. М. Севастьянов, О. П. Войтович // Вісник інженерної академії України. – 2008. – № 3 – 4. – С. 259 – 263.
109. Кучерук, В. Ю. Елементи теорії побудови систем технічного діагностування електромоторів / В. Ю. Кучерук. – Вінниця : Універсум-Вінниця, 2003. – 195 с.
110. Земельман, И. А. О классификации погрешностей измерений / И. А. Земельман // Измерительная техника. – 1985. – №6. – С. 3 – 5.
111. Кучерук, В. Ю. Вимірювання відносної масової частки молока у водно-молочному розчині / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – №3. – С. 38 – 43.
112. Авраменко, В. Н. Инфракрасные спектры пищевых продуктов / В. Н. Авраменко, М. П. Есельсон, А. А. Заика. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 173 с.
113. Білінський, Й. Й. Модель перенесення випромінювання в середовищі вологого газу та визначення його відносної вологості / Й. Й. Білінський, М. Й. Юкиш, В. В. Онушко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – № 5. – С. 18–22.
114. Осадчук, В. С. Температурні та оптичні мікроелектронні частотні перетворювачі. / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, В. Г. Вербицький. – Вінниця : ВНТУ, 2001. – 195 с.
115. Васильківський, І. В. Автоматизований контроль оптичних параметрів водно-дисперсних середовищ. / І. В. Васильківський, В. Г. Петрук. – Вінниця : ВНТУ, 2007. – 171 с.
116. Кулаков, П. І. Математична модель оптичного датчика наявності води у молоці / П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Міжнародний науково-технічний журнал

"Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології". – 2012. – № 1(23). – С. 121–126.

117. Кучерук, В. Ю. Пристрій підрахунку порцій молока з функцією контролю наявності води в молоці / В. Ю. Кучерук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь, С. В. Савенко // Вісник інженерної академії України. – 2013. – № 1. – С. 56 – 59.

118. Кучерук, В. Ю. Розвиток математичної моделі вимірювального перетворювача інтенсивності світлового потоку [Текст] / В. Ю. Кучерук, П. І. Кулаков, О. М. Возняк, Т. В. Гнесь, О. Г. Антіпов, У. С. Мельничук, Р. С. Білієнко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2016. – №1. – С. 31 – 36.

119. Гнесь, Т. В. Вимірювання відносної масової частки молока у водномолочному розчині : / Т. В. Гнесь, П. І. Кулаков // Матеріали третьої міжнародної наукової конференції «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС-2015)». – 2015. – С. 66

120. Боровиков, А. С. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. В двух книгах. Книга 1. / А. С. Боровиков, Э. И. Вайнберг, В. И. Горбунов и др. ; под общ. ред. В. В. Клюева. – 2 - е изд., перераб и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 488 с.

121. Шрюфер, Е. Обработка сигналов: цифровая обработка дискретизованных сигналов / Е. Шрюфер. ; за ред. В. П. Бабака. – К.: Либідь, 1992. – 296 с.

122. Завьялов, Ю. С. Методы сплайн-функций / Ю. С. Завьялов, Б. И. Квасов, В. Л. Мирошниченко. – М.: Наука, 1980. – 352 с.

123. Jones, L. R. Variability and Reliability of Real-Time Milk Conductivity Data / L. R. Jones, S. L. Spahr, H. B. Puckett // Journal of Dairy Science. – 1994. – Vol. 77. – P. 80 – 83.

124. Залманзон, Л. А. Микропроцессоры и управление потоками жидкости и газа / Л. А. Залманзон. – М. : Наука, 1984. – 320 с.

125. Лютак, І. З. Ультразвуковий контроль параметрів технічного стану магістральних трубопроводів / І. З. Лютак, І. С. Кісіль. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010. – 485 с.

126. А. с. 276609 СССР, МПК А01J 7/00. Групповой счетчик молока / Дриго В. А., Иевиньш Я. К., Карклиньш Я. Э., Балчунс В. А., Озолиньш Л. Я., Кузнецова И. В., Пилькевич И. С. (СССР). – 1151497/30–15 ; заяв. 03.05.1967 ; опубл. 14.07.1970, Бюл. № 23. – 4 с.

127. А. с. 1158118 СССР, МПК А01J 7/00. Устройство для управления процессом доения / Винников И. К., Дриго В. А., Талинский Р. В., Забродина О. Б. (СССР). – 3644471/30–15 ; заявл. 21.09.1983; опубл. 30.05.1985, Бюл. № 20.– 5 с.

128. А. с. 952170 СССР, МПК А01J 7/00. Измеритель количества молока в процессе доения / Дриго В. А., Карклиньш Я. Э., Баркан А. Ф. (СССР). – 3273619/30–15 ; заявл. 02.04.1981 ; опубл. 23.08.1982, Бюл. № 31. – 4 с.

129. А. с. 792622 СССР, МПК А01J 7/00. Устройство для управления процессом доения / Стенгревитцс О. Я., Галван Б. И., Дриго В. А. (СССР). – 2554525/30–15 ; заявл. 29.09.1969 ; опубл. 15.07.1969, Бюл. № 23. – 4 с.

130. А. с. 906460 СССР, МПК А01J 7/00. Устройство для учета количества молока в процессе доения / Винников И. К., Дриго В. А., Королев В. Ф. (СССР). – 2985000/30–15 ; заявл. 06.08.1980 ; опубл. 23.02.1982, Бюл. № 7. – 6 с.
131. А. с. 982627 СССР, МПК А01J 7/00. Устройство для учета количества молока в процессе доения / Винников И. К., Дриго В. А., Королев В. Ф., Бержицкий Ю. И., Золотуский Ю. Л. (СССР). – 3331003/30–15 ; заявл. 17.05.1981 ; опубл. 23.12.1982, Бюл. № 47. – 4 с.
132. Де Монмоллен, Н. Системы «человек-машина» / Н. Де Монмоллен. – М. : Мир, 1973. – 256 с.
133. Тесленко, И. И. Расчет и технологический анализ этапов организации процессов доения / И. И. Тесленко, И. И. Тесленко // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 2 (6). – С. 93–97.
134. DeMax и DeMaTron. Универсал и ассистент для доильного зала. Рекламный проспект. / GEA Group. – 2013. – 11 с.
135. Кулаков, П. І. Статистичні моделі тривалості машинного доїння / П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи). – Черкаси, 2015. – С. 301 – 302.
136. Кучерук, В. Ю. Статистичні моделі тривалості машинного доїння / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 1, № 3 (67). – С. 4 – 7.
137. Тихонов, В. И. Статистическая радиотехника / В. И. Тихонов. – М. : Радио и связь, 1982. – 624 с.
138. Дмитрів, В. Т. Основи теорії машиновикористання у тваринництві / В. Т. Дмитрів. – Львів, 2008. – 260 с.
139. Berry, D. P. Factors associated with milking characteristics in dairy cows / D. P. Berry, B. Coughlan, B. Enright [et al] // Journal of Dairy Science. – 2013. – V. 96, № 9. – P. 5943–5953.
140. Edwards, J. P. Analysis of milking characteristics in New Zealand dairy cows / J. P. Edwards, J. G. Jago, N. Lopez-Villalobos // Journal of Dairy Science. – 2014. – V. 97, № 1. – P. 259–269.
141. Билибин, Е. Б. Методические рекомендации по технологическому расчету конвейерных доильных установок молочных ферм промышленного типа / Е. Б. Билибин. – М. : ВИЭСХ, 1977. – 32 с.
142. Викторова, И. Н. Расчет некоторых параметров конвейерных доильных установок / И. Н. Викторова, Е. Н. Палецков // Механизация и электрификации социалистического сельского хозяйства. – 1974. – № 4. – С. 19–21.
143. Билибин, Е. Б. Методические рекомендации по технологическому расчету доильных установок «Елочка» молочных ферм промышленного типа / Е. Б. Билибин. – М. : ВИЭСХ, 1978. – 32 с.
144. Гельштейн, З. И. Уточненный расчет производительности доильных установок / З. И. Гельштейн, А. Я. Вилцанс, А. Р. Лауре, М. Я. Лусис // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1973. – № 10. – С. 18–23.

145. Мкртумян, В. С. Применение теории вероятности для расчета доильных установок / В. С. Мкртумян, Н. А. Петухов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1967. – № 1. – С. 33–36.
146. Крашаков, И. С. Производительность доильных установок «Карусель» / И. С. Крашаков // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1973. – № 10. – С. 24–28.
147. Королев, В. Ф. Доильные машины / В. Ф. Королев. – М. : Машиностроение, 1969. – 280 с.
148. Закс, Л. М. Статистическое оценивание / Л. М. Закс. – М. : Статистика, 1976. – 107 с.
149. Хан, Г. М. Статистические модели в инженерных задачах / Г. М. Хан, С. В. Шапиро. – М. : Мир, 1969. – 396 с.
150. Справочник по теории вероятностей и математической статистике : справочник / В. С. Королюк, Н. И. Портенко, А. В. Скороход, А. Ф. Турбин. – М. : Наука, 1985. – 640 с.
151. Новицкий, П. В. Оценка погрешностей результатов измерений : произв. изд. / П. В. Новицкий, И. А. Зограф. – Л. : Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.
152. Кучерук, В. Ю. Статистична модель тривалості машинного доїння на стійловій доїльній установці / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 2/4 (68). – С. 31–77.
153. Кулаков, П. І. Статистична модель тривалості машинного доїння на стійловій доїльній установці / П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Technical Using of Measurement – 2015. – Славське, 2015. – С. 29–31.
154. Цой, Ю. А. Молочные линии животноводческих ферм и комплексов / Ю. А. Цой. – М. : Колос, 1982. – 222 с.
155. Кук, Г.А. Процессы и аппараты молочной промышленности / Г. А. Кук. – М. : Пищевая промышленность, 1973. – 768 с.
156. Славин, Р. М. Научные основы автоматизации производства в животноводстве и птицеводстве / Р. М. Славин. – М. : Колос, 1974. – 464 с.
157. Мельников, С. В. Эксплуатация технологического оборудования животноводческих ферм и комплексов / С. В. Мельников, П. М. Роцин, – М. : Колос, 1980. – 288 с.
158. Карташов, Л. П. Машинное доение коров / Л. П. Карташов / – М. : Колос, 1982. – 302 с.
159. Schön, H. Automatische Melksysteme (AMS) / Schön, H. / Institut für Landtechnik TUM, 1997. – 197 с.
160. Кучерук, В. Ю. Статистичні моделі тривалості машинного доїння на групових доїльних установках / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 4, № 4 (70). – С. 13–17.
161. Кучерук, В. Ю. Статистичні моделі тривалості машинного доїння на доїльних установках з прохідними станками / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук,

П. И. Кулаков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 5/4 (71). – С. 4–9.

162. Кирсанов, В. В. Оптимизация управления работой конвейерно-кольцевых доильных установок / В. В. Кирсанов, Р. Ф. Филонов, О. А. Тареева // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 2 (6). – С. 79–88.

163. Кузин, Б. И. Организация поточного производства в условиях научно-технического прогресса машиностроения / Б. И. Кузин – Л. : Машиностроение, 1977. – 184 с.

164. Тареева, О. А. Алгоритмизация циклообразной работы конвейерной доильной установки / О. А. Тареева // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического института. – 2011. – Т. 2, № 6 (7). – С. 132–142.

165. Бабкин, В. П. Механизация доения коров и первичной обработки молока / В. П. Бабкин. – М. : Агропромиздат, 1986. – 271 с.

166. Кучерук, В. Ю. Алгоритм мінімізації тривалості роботи конвеєрної доїльної установки / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков [та ін.] // Вісник інженерної академії України. – 2014. – № 1. – С. 265–269.

167. Кучерук, В. Ю. Розробка статистичних моделей тривалості доїння на конвеєрних доїльних установках / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 6/4 (72). – С. 4–8.

168. Прохоров, Ю. В. Теория вероятностей (Основные понятия. Предельные теоремы. Случайные процессы) / Ю. В. Прохоров, Ю. А. Розанов. - М. : Наука, 1973. – 495 с.

169. Кулаков, П. І. Інформаційно-вимірювальна система параметрів доїння для доїльного залу з централізованою ідентифікацією тварин : / П. І. Кулаков, О. В. Андрусь // Інтегровані інтелектуальні робото-технічні комплекси (ІРТК–2015). – К., 2015. – С. 108–109.

170. Buesser, W. Contactless Read / Write Transponder Using Low Power EEPROM Techniques / W. Buesser, J. Rudin, N. Nandra [et al] // ESSCIRC 96. – Switzerland, Neuchatel, 1996. – P. 356–359.

171. Finkenzeller, K. RFID – Handbuch / K. Finkenzeller. – Munchen, Hanser Verlag. – 2008. – 528 s.

172. Herter, E. Nachrichtentechnik / E. Herter, W. Lorcher. – Munchen, Hanser Verlag. – 2004. – 532 s.

173. Roz, T. Using low power transponders and tags for RFID applications : / T. Roz, V. Fuentes // 6th Wireless Symposium. – USA, Santa Clara, 1998. – P. 1–8.

174. Кучерук, В. Ю. Двоконтурна система радіочастотної ідентифікації тварин / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – № 2 (47). – С. 140–144.

175. DeLaval / Система управления фермой DelPro для привязного содержания животных – Режим доступа : <http://www.delaval.ru/Product-Information1/Management/Systems/Dairy-management-DelPro/>

176. DeLaval / Ручное устройство считывания ННН – Режим доступа : <http://www.delaval.ru / Product-Information1 / Management / Systems / DeLaval-handheld-reader-HNR/>

177. Кучерук, В. Ю. Система радіочастотної ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Збірник наукових праць одеської державної академії технічного регулювання та якості. – 2014. – № 2(5). – С. 88–93.

178. Kucheruk, V. The radiofrequency identification systems of animals for stall milking machines // IV Miedzynarodowa konferencja studentow oraz mlodych naukowcow / V. Kucheruk, P. Kulakov, T. Gnes // Inzynier XXI wieku. – Bielsko-Biala, 2014. – P. 175–176.

179. Кулаков, П. І. Система радіочастотної ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки : І Всеукраїнська науково-технічна конференція / П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Актуальні проблеми автоматики та приладобудування. – Харків, 2014. – С. 95–96.

180. Система радіочастотної ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки: Патент на корисну модель 104010 Україна: А01К 29/00 А01J 5/00 / Кучерук В. Ю., Паламарчук Є. А., Кулаков П. І., Гнесь Т. В. ; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет ; заявл. 24.06.2015 ; опубл. 12.01.2016, Бюл. № 1. – 2 с.

181. Kucheruk, V. Y. The animals radio-frequency identification systems for stall milking machines / V. Y. Kucheruk, I. P. Kurytnik, P. I. Kulakov, T. V. Gnes // Measurement Automation Monitoring. – 2015. – v. 61. – №11. – P. 526 – 529.

182. Omron Industrial Automation / Omron Corporation. – Режим доступа : <https://www.ia.omron.com/ products/ family/407/>

183. Тесленко, И. И. Поточно-конвейерные технологии в молочном животноводстве : автореф. дис... докт. техн. наук : / И. И. Тесленко; Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ). – М., 2010. – 483 с.

184. Казаринов, Ю. М. Радиотехнические системы : учеб. / под ред. Ю. М. Казаринова. – М. : – Сов. радио, 1968. – 496 с.

185. Баскаков, С. И. Радиотехнические цепи и сигналы / С. И. Баскаков. – М. : Высш. шк., 1983. – 448 с.

186. Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы. Часть II / И. С. Гоноровский. – М. : Сов. радио, 1967. – 327 с.

187. Фомин, А. Ф. Помехоустойчивость систем передачи непрерывных сообщений / А. Ф. Фомин. – М. : Сов. радио, 1975. – 352 с.

188. Евсиков, Ю. А. Прикладные математические методы анализа в радиотехнике : учеб пособие / Ю. А. Евсиков, Г. В. Обрезков, В. Д. Разевиг [и др.]. – М. : Высш. школа., 1985. – 343 с.

189. Порєв, В. А. Контроль температурного режиму електронно-променевої безтигельної зонної плавки кремнію / В. А. Порєв // Методи та прилади контролю якості. – 2013. – №1 (30). – С. 108 –113.

190. Глоба, С. Н. Состояние методов и средств контроля толщины покрытий (обзор) / С. Н. Глоба, Л. Ч. Хиеу, Г. М. Сучков, А. А. Хлыбов // Вісник НТУ «ХП». – 2014. – №19 (1062). – С. 84–112.

191. Аксененко, М. Д. Микроэлектронные фотоприемные устройства / М. Д. Аксененко, М. Л. Бараночников, О. В. Смолин. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 208 с.

192. Кулаков, П. І. Математична модель фотоелектричного перетворювача площа–напруга на основі пари фотодіод–операційний підсилювач / П. І. Кулаков // Контроль і управління у складних системах. – Вінниця : ВНТУ, 1999. – Т. № 2. – С. 228–233.

193. Васілевський, О. М. Елементи теорії підвищення точності вимірювання та синхронізації кутових швидкостей роторів взаємозв'язаних електромоторів : монографія / О. М. Васілевський, П. І. Кулаков – Вінниця.: ВНТУ, 2011. – 176 с.

194. Носов, Ю. Р. Оптроны и их применение / Ю. Р. Носов, А. С. Сидоров. – М. : Радио и связь, 1981. – 280 с.

195. Васильев, А. М. Полупроводниковые фотопреобразователи / А. М. Васильев, А. П. Ландсман. – М. : Сов.радио, 1971. – 248 с.

196. Амброзьяк, А. Л. Конструкция и технология полупроводниковых фотоэлектрических приборов. – М. : Сов. радио, 1971. – 128 с.

197. Анисимова, И. Д. Полупроводниковые фотоприемники: ультрафиолетовый, видимый и ближний инфракрасный диапазоны спектра / И. Д. Анисимова, И. М. Викулин, Ф. А. Заитов, Ш. Д. Курмашев. – М. : Радио и связь, 1984. – 216 с.

198. Everlight Americas Inc. / Everlight Americas Inc. – Режим доступу : <http://everlightamericas.com>.

199. Infineon Technologies AG / Infineon Technologies AG. – Режим доступу : <https://www.infineon.com>.

200. OPTeK – TT electronics Company / OPTeK – TT electronics Company. – Режим доступу : <http://optekinc.com>.

201. Hamamatsu Photonics / Hamamatsu Photonics. – Режим доступу : <http://www.hamamatsu.com>.

202. AMS-TAOS USA Inc. / AMS-TAOS USA Inc. – Режим доступу : <http://www.taosinc.com>.

203. Texas Instruments Incorporated / Texas Instruments Incorporated. – Режим доступу : <http://www.ti.com/bb>.

204. Волков, В. А. Справочник по приемникам оптического излучения / В. А. Волков, В. К. Вялов, Л. Г. Гассанов [и др.]. – К. : Техніка, 1985. – 216 с.

205. Кулаков, П. І. Елементи теорії вимірювального контролю параметрів біотехнічної системи доіння / П. І. Кулаков. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 220 с.

206. Кузьмичев, В. Е. Законы и формулы физики / В. Е. Кузьмичев. – К. : Наукова думка, 1989. – 864 с.

207. Ишанин, Г. Г. Источники и приемники излучения : учебное пособие для студентов оптических специальностей вузов / Г. Г. Ишанин, Э. Д. Панков, А. Л. Андреев, Г. В. Польщиков. – СПб. : Политехника, 1991. – 240 с.

208. Калниболотский, Ю. М. Проектирование электронных схем / Ю. М. Калниболотский, В. С. Рысин. – К. : Техніка, 1976. – 144 с.
209. Кучерук, В. Ю. Засіб вимірювання рівня молока для переносного доїльного апарата стійлової установки / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 3/9 (69). – С. 16 – 22.
210. Кулаков, П. І. Фотоелектричний перетворювач рівня / П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Photonics ODS – 2015. – Вінниця, 2015, С. 125.
211. Кулаков, П. І. Засіб вимірювання рівня молока для переносного доїльного апарата стійлової установки / П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Одеса, 2013. – С. 131–132.
212. Кулаков, П. І. Засіб контролю зоотехнічних параметрів тварин / П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Контроль і управління в складних системах. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – С. 193.
213. Патент на корисну модель 97271, Україна, G01M 1/22. Оптичний пристрій для вимірювання кількості молока для переносного доїльного апарата / Кучерук В. Ю., Паламарчук Є. А., Кулаков П. І., Гнесь Т. В. ; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет ; заявл. 04.08.2014 ; опубл. 10.03.2015, Бюл. № 5. – 4 с.
214. Патент на корисну модель 97209, Україна, G01M 1/22. Пристрій для вимірювання кількості молока для переносного доїльного апарата : / Кучерук В. Ю., Паламарчук Є. А., Кулаков П. І., Гнесь Т. В. ; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет; заявл. 20.06.2014 ; опубл. 10.03.2015, Бюл. № 5. – 4 с.
215. Кулаков, П. І. Вимірювальний перетворювач рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарату на основі магнітоактивних елементів / П. І. Кулаков, У. С. Мельничук // Матеріали третьої міжнародної наукової конференції «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС-2015)». - Вінниця, 2015, С. 64
216. Интегральные микросхемы : Микросхемы для аналого-цифрового преобразования и средств мультимедиа. – М. : ДОДЭКА, 1996. – 384 с.
217. Федорков, Б. Г. Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение / Б. Г. Федорков, В. А. Телец. – М.: Энергоатомизд., 1990. – 320 с.
218. Кулаков, П. І. Елементи теорії вимірювального контролю параметрів біотехнічної системи доїння / П. І. Кулаков // Матеріали третьої міжнародної наукової конференції «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС-2015)». – Вінниця, 2015, С. 154
219. Фелпс, Р. 750 практических электронных схем: Справочное руководство / Р. Фелпс. – М. : Мир, 1986. – 584 с.
220. Граф, Р. Электронные схемы: 1300 примеров / Р. Граф. – М. : Мир, 1989. – 688 с.
221. Доїльна установка УДМ-200 / Технічний опис і інструкція з експлуатації. – Брацлав, – 2002. – 165 с.

222. Кулаков, П. І. Датчик проходження порції молока / П. І. Кулаков, А. О. Саркісов // Контроль і управління у складних системах. – Вінниця : ВНТУ, 2003. – С. 47.

223. Кулаков, П. І. Датчик проходження порції молока / П. І. Кулаков, А. О. Саркісов // Контроль і управління у складних системах. – Вінниця : ВНТУ, 2003. – С. 31–36.

224. Кулаков, П. І. Лічильник порцій молока для стійлової доїльної установки / П. І. Кулаков, А. В. Поджаренко, Д. В. Тихонова // Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах – Вінниця : ВНТУ, 2011. – С. 65.

225. Патент на корисну модель 88826, Україна, А01J 7/00. Пристрій для вимірювання кількості порцій молока та виявлення води в молоці / Кучерук В. Ю., Кулаков П. І., Гнесь Т. В. ; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет ; заявл. 15.04.2013 ; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7. – 4 с.

226. Патент на корисну модель 92588, Україна, G01M 1/22. Пристрій для підрахунку порцій молока з виявленням вмісту води в молоці / Кучерук В. Ю., Паламарчук Є. А., Кулаков П. І., Гнесь Т. В. ; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет ; заявл. 14.03.2014 ; опубл. 26.08.2014, Бюл. № 16. – 3 с.

227. Кулаков, П. І. Датчик інтенсивності молоковіддачі для стійлового молокопроводу / П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання. IV науково-практична конференція. – Івано-Франківськ, 2013. – С. 89–90.

228. Патент на корисну модель 92637, Україна, G01M 1/22. Пристрій для вимірювання кількості молока та інтенсивності молочного потоку / Кучерук В. Ю., Паламарчук Є. А., Кулаков П. І., Гнесь Т. В. ; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет ; заявл. 31.03.2014 ; опубл. 26.08.2014, Бюл. № 16. – 3 с.

229. Патент на корисну модель 94015, Україна, G01M 1/22. Пристрій для вимірювання кількості молока та інтенсивності молочного потоку з функцією виявлення води в молоці / Кучерук В. Ю., Паламарчук Є. А., Кулаков П. І., Гнесь Т. В. ; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет ; заявл. 12.05.2014 ; опубл. 27.10.2014, Бюл. № 20. – 3 с.

230. Кулаков, П. І. Вимірювальний перетворювач миттєвої інтенсивності молоковіддачі / П. І. Кулаков, Р. С. Білієнко // Матеріали третьої міжнародної наукової конференції «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС-2015)». – Вінниця, 2015, С. 65

231. Горбійчук, М. І. Числові методи і моделювання на ЕОМ / М. І. Горбійчук, Є. П. Пістун. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010. – 408 с.

232. Кулаков, П. І. Чесальна установка з системою радіочастотної ідентифікації та фотоелектричним перетворювачем параметрів обертального руху / П. І. Кулаков // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2014. – № 2 (28). – С. 104–109.

233. Кулаков, П. І. Чесальна установка з системою радіочастотної ідентифікації тварини / П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Матеріали II Всеукраїнської науково-технічної конференції «Актуальні проблеми автоматики та приладобудування». – Харків, 2015, С. 17 – 18

234. Чесальна установка з системою радіочастотної ідентифікації тварини: Патент на корисну модель 102847 Україна: А01К 13/00 А46В 13/00 / Кучерук В. Ю., Паламарчук Є. А., Кулаков П. І., Гнесь Т. В. ; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет ; заявл. 05.05.2015 ; опубл. 25.11.2015, Бюл. № 22. – 2 с.

235. Podzharenko, V. A. Photoelectric angle converter : Selected papers from the international conference on optoelectronic information technologies / V. A. Podzharenko, P. I. Kulakov // International conference on optoelectronic information technologies, vol. 4425. – Vinnitsa, Ukraine : VSTU, 2001. – С. 452 – 456.

236. Мейзда, Ф. Электронные измерительные приборы и методы измерений: Пер. с англ. / Ф. Мейзда. – М.: Мир, 1990. – 535 с.

237. Fernando, R. S. Electrical conductivity of milk for detection of mastitis / R. S. Fernando, R. B. Rindsig, S. L. Spahr // Journal of Dairy Science. – 1982. – Vol. 65. – P. 659 – 664.

238. Fernando, R. S. Comparison of electrical conductivity of milk with other indirect methods for detection of subclinical mastitis / R. S. Fernando, S. L. Spahr, E. H. Jaster // Journal of Dairy Science. – 1985. – Vol. 68. – P. 449 – 456.

239. Гринфилд, Д. Транзисторы и линейные ИС: Руководство по анализу и расчету: Пер. с англ. / Д. Гринфилд – М.: Мир, 1992. – 560 с.

240. Титце, У. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем. / У. Титце, К. Шенк – М.: Мир, 1982. – 512 с.

241. Дунаев, Б. Б. Точность измерений при контроле качества / Б. Б. Дунаев. – К. : Техніка, 1981. – 152 с.

242. Кузьмин, И. В. Основы теории информации и кодирования / И. В. Кузьмин, В. А. Кедрус. – К. : «Вища школа», 1977. – 280 с.

243. Кошечая, Л. А. Обеспечение единства испытаний. Концептуальные основы. / Л. А. Кошечая. – К.: НАУ–друк, 2009. – 176 с.

244. Мартинюк, В. В. Методи і засоби вимірювання та контролю електрохімічних конденсаторів у стаціонарному та нестаціонарному режимах / В. В. Мартинюк. – Хмельницький : ХНУ, 2013. – 153 с.

245. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные применения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М. : Наука, 1988. – 480 с.

246. Кулаков, П. І. Вимірювальний контроль тривалості роботи стійлової доїльної установки / П. І. Кулаков, О. Л. Бігдай // Матеріали п'ятої науково-практичної конференції «Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання». – Івано-Франківськ, 2015, С. 111

247. Дьяконов, В. П. Математическая система Maple V R3/R4/R5 / В. П. Дьяконов – М. : «Солон», 1998. – 400 с.

248. Орнатский, П. П. Автоматические измерения и приборы (аналоговые и цифровые) / П. П. Орнатский. – К. : Вища шк., 1986. – 504 с.

249. Володарський, Є. Т. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. / Є. Т. Володарський, В. В. Кухарчук, В. О. Поджаренко, Г. Б. Сердюк. – Вінниця: Велес, 2001. – 219 с.

250. Дорожовець, М. Основи метрології та вимірювальної техніки. У 2-х томах. Том 1 / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник, В. Василюк, Р. Борек, А Ковальчик ; за ред. Б. Стадника. – Львів : Видавн. НУ «Львівська політехніка», 2005. – 532 с.

251. Стенцель, Й. І. Метрологія та технологічні вимірювання в хімічній промисловості. Частина перша. / Й. І. Стенцель, В. В. Тіщук. Східноукраїнський державний університет. – Луганськ, 2000. – 263 с.

252. Кучерук, В. Ю. Дослідження похибок непрямих вимірювань зоотехнічних параметрів тварин / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Метрологія та прилади. – 2015. – №2. – С. 66–71.

253. Краснов, И. Н. Компьютерная модель расчета продолжительности доения коров на ферме / И. Н. Краснов, Е. В. Назарова // Вестник аграрной науки Дона. – 2013. – № 3 (23). – С. 10–15.

254. Pallar LTD Co. & Musson Co. / Корпоративний сайт компаній «Паллар ЛТД» та «Муссон». - Режим доступу : www.pallar.com.ua

255. EM Microelectronic - Marin SA / EM Microelectronic - Режим доступу: www.emicroelectronic.com

256. Sokymat / ASSA ABLOY Identification Technologies Group - Режим доступу: www.sokymat.com

257. Highly Electric / Highly Electric Co., Ltd - Режим доступу: www.highly.com

258. Кучерук, В. Ю. Аналіз похибки вимірювання загального удою на стійловому молокопроводі / В. Ю. Кучерук, П. І. Кулаков, В. В. Присяжнюк, Т. В. Гнесь // Вісник інженерної академії України. – 2013. – № 3 – 4. – С. 49 – 51.

259. Кулаков, П. І. Аналіз похибки визначення загального удою при використанні блоків доїння БД-01 або індикаторів інтенсивності доїння ІД-01 : Х науково-технічна конференція / П. І. Кулаков, А. О. Саркісов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький, 2003. – С. 19.

260. Кулаков, П. І. Дослідження похибки вимірювання загального удою стійлової доїльної установки: II міжнародна науково-технічна конференція / П. І. Кулаков // Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – С. 197.

ДОДАТКИ

Додаток А

Лістинг програми розрахунку помилок першого і другого роду у пакеті прикладних програм Maple 17

```

> # СКВ центрованого значення контрольованого параметра
> SigmaY:=---;
> # СКВ абсолютної похибки вимірювання контрольованого параметра
> SigmaDelta:=---;
> # Верхня границя допустимого відхилення контрольованого параметра
> X1:=---;
> # Нижня границя допустимого відхилення контрольованого параметра
> X2:=---;
> # Закон розподілу контрольованого параметра
> pY:=(1/(SigmaY*sqrt(2*Pi)))*exp(-y^2/(2*SigmaY^2));
> # Закон розподілу абсолютної похибки вимірювання
> pDelta:=(1/(SigmaDelta*sqrt(2*Pi)))*exp(-Delta^2/(2*SigmaDelta^2));
> # Сумісний двовимірний закон розподілу похибки вимірювання
> # та центрованого значення контрольованого параметра
> pDeltaY:=simplify(pY*pDelta);
> # Розрахунок помилки першого роду
> # Перша складова виразу:
> In1:=simplify(int(pDeltaY,Delta=-infinity..X2-y));
> # Друга складова виразу:
> In2:=simplify(int(pDeltaY,Delta=X1-y..infinity));
> # Сума першої та другої складових:
> In:=simplify(In1+In2);
> # Обчислення помилки першого роду:
> alpha:=evalf(int(In,y=X2..X1));
> # Розрахунок помилки другого роду
> # Загальний для першої і другої складових інтеграл
> In3:=int(pDeltaY,Delta=X2-y..X1-y);
> # Перша складова виразу:
> In4:=int(In3,y=-infinity..X2);
> # Друга складова виразу:
> In5:=int(In3,y=X1..infinity);
> # Сума першої та другої складових:
> In6:=In4+In5;
> # Обчислення помилки другого роду:
> beta:=evalf(In6);
> #Розрахунок загальної імовірності прийняття помилкового рішення
> Po:=alpha+beta;
> # Побудова залежностей помилок першого та другого роду, та
> # загальної імовірності прийняття помилкового рішення, у випадку,
> # коли параметр SigmaDelta не задається
> plot([alpha,beta,Po],SigmaDelta=---...---)

```

Додаток Б

Програмне забезпечення «АСУ-ФЕРМА-2»

```

<?php
DF_2: forms/f_ccw11.php
form: cow card 2-mol ([c]ard of [c]o[w][1]part[1]:Ukraine)
created: 04.08.2009
modified: 15.01.2014
ob_start();//lock output to set cookies properly!
$view_class="class='cards_title'";
$edit_class="class='cards_title1'";
$edit_sty0="border:0; width:100%; height:19px";
$list_sty0="border:0; cursor:pointer; height:19px; width:100%";
$list_sty_free="border:0; cursor:pointer; height:19px";
echo "
<script language='JavaScript'>
function do_onchange( e, c ) {
    var cname=c.name;
    document.getElementById( \"changed_input_name\").value=cname;
    e.click();
}";
include "../dfilib/f_input.js";
echo "
</script>";
include( "../f_vars.php" );
include( "../locales/$lang/f_prep_$lang" );
include( "../locales/$lang/f_php_$lang" );
include( "../locales/$lang/f_sel_$lang" );
include( "../locales/$lang/f_13_$lang" );
include( "../dfilib/f_func.php" );
include( "../dfilib/f_lib1.php" );
include( "../dfilib/f_librep.php" );
function Data_GET() {
    global
        $changed_input_name,
        $cow_id,
        $dates_,
        $b_date,
        $i_date,
        $nick, $b_num, $nat, $nat1, $breed_id, $func_id, $race_id, $clas_id, $cow_id,
        $m_nick, $m_b_num, $m_nat, $m_nat1, $m_breed_id, $m_func_id, $m_race_id, $m_clas_id, $m_id,
        $f_nick, $f_b_num, $f_nat, $f_nat1, $f_breed_id, $f_func_id, $f_race_id, $f_clas_id, $f_id,
        $mm_nick, $mm_b_num, $mm_nat, $mm_nat1, $mm_breed_id, $mm_func_id, $mm_race_id, $mm_clas_id, $mm_id,
        $fm_nick, $fm_b_num, $fm_nat, $fm_nat1, $fm_breed_id, $fm_func_id, $fm_race_id, $fm_clas_id, $fm_id,
        $mf_nick, $mf_b_num, $mf_nat, $mf_nat1, $mf_breed_id, $mf_func_id, $mf_race_id, $mf_clas_id, $mf_id,
        $ff_nick, $ff_b_num, $ff_nat, $ff_nat1, $ff_breed_id, $ff_func_id, $ff_race_id, $ff_clas_id, $ff_id,
        $mmm_nick, $mmm_b_num, $mmm_nat, $mmm_nat1, $mmm_breed_id, $mmm_func_id, $mmm_race_id, $mmm_clas_id, $mmm_id,
        $fmm_nick, $fmm_b_num, $fmm_nat, $fmm_nat1, $fmm_breed_id, $fmm_func_id, $fmm_race_id, $fmm_clas_id, $fmm_id,
        $mfm_nick, $mfm_b_num, $mfm_nat, $mfm_nat1, $mfm_breed_id, $mfm_func_id, $mfm_race_id, $mfm_clas_id, $mfm_id,
        $b_date=trim( $dates_[0] ); $b_date_=split( "-", $b_date );
        $b_date=$b_date_[2].".".$b_date_[1].".".$b_date_[0];
        $i_date=trim( $dates_[1] ); $i_date_=split( "-", $i_date );
        $i_date=$i_date_[2].".".$i_date_[1].".".$i_date_[0];
        $nick=$_GET[nick];
        $b_num=$_GET[b_num];
        $nat=$_GET[nat];
        $nat1=$_GET[nat1];
        $breed_id=$_GET[breed_id];
        $func_id=$_GET[func_id];
        $race_id=$_GET[race_id];
        $clas_id=$_GET[clas_id];
        $m_id=trim( $_GET[m_id] );
        $f_id=trim( $_GET[f_id] );
        $mm_id=trim( $_GET[mm_id] );
        $fm_id=trim( $_GET[fm_id] );
        $mf_id=trim( $_GET[mf_id] );
        $ff_id=trim( $_GET[ff_id] );
        $mmm_id=trim( $_GET[mmm_id] );
        $fmm_id=trim( $_GET[fmm_id] );
        $mfm_id=trim( $_GET[mfm_id] );
        $ffm_id=trim( $_GET[ffm_id] );
        $mfm_id=trim( $_GET[mfm_id] );
        $fmf_id=trim( $_GET[fmf_id] );

```

```

$mfff_id=trim( $_GET[mfff_id] );
$fff_id=trim( $_GET[fff_id] );
changed_input_name <b>$changed_input_name</b><br>
cow_id <b>$cow_id</b> nick <b>$nick</b><br>
b_date <b>$b_date</b> b_num <b>$b_num</b> b_place <b>$b_place_id</b><br>
nat <b>$nat</b><br>
i_date <b>$i_date</b><br>
breed_id <b>$breed_id</b><br>
race_id <b>$race_id</b> func_id <b>$func_id</b><br>
m_id $m_id<br>
f_id $f_id<br>
mm_id $mm_id<br>
fm_id $fm_id<br>
mf_id $mf_id<br>
ff_id $ff_id<br>
mmm_id $mmm_id<br>
fmm_id $fmm_id<br>
mfm_id $mfm_id<br>
ffm_id $ffm_id<br>
mmf_id $mmf_id<br>
fmf_id $fmf_id<br>
mff_id $mff_id<br>
fff_id $fff_id<br>";*/
}
function Equals( $dbt, $field, $id, $val ) {
    global $db;
    $id=$id*1; $val=$val*1;
    $sele="SELECT $dbt.$field FROM $dbt WHERE $dbt.id*1=$id*1";
    $res=mysql_query( "SELECT $dbt.$field FROM $dbt WHERE $dbt.id*1=$id*1", $db );
    $row=mysql_fetch_row( $res ); $oldval=$row[0]*1;
    if ( $oldval!=$val ) {
        $update_query="UPDATE $dbt SET $field='$val' WHERE id='$id';
        $update_err=Sql_query( $update_query );
        return 0;
    } else {return 1;}
}
function Tr_UPDA( $dbt, $id, $nick, $nat, $b_num, $mth_id, $fth_id, $breed_id, $race_id, $func_id, $clas_id ) {
    global $db;
    $update_query="UPDATE $dbt SET nick='$nick', national_descr='$nat', b_num='$b_num'";
    if ( $mth_id!=-1 ) $update_query=$update_query.", mth_id='$mth_id'";
    if ( $fth_id!=-1 ) $update_query=$update_query.", fth_id='$fth_id'";
    if ( $breed_id!=-1 ) $update_query=$update_query.", breed_id='$breed_id'";
    if ( $race_id!=-1 ) $update_query=$update_query.", _race='$race_id'";
    if ( $func_id!=-1 ) $update_query=$update_query.", _function='$func_id'";
    if ( $clas_id!=-1 ) $update_query=$update_query.", _class='$clas_id'";
    $update_query=$update_query." WHERE id='$id'";
    $update_err=Sql_query( $update_query );
}
function Data_UPDA( $c, $so, $not_section_I ) {
    global
    $changed_input_name,
    $b_date, $b_place_id,
    $i_date,
    $nick, $b_num, $nat, $nat1, $breed_id, $func_id, $race_id, $clas_id, $cow_id,
    $m_nick, $m_b_num, $m_nat, $m_nat1, $m_breed_id, $m_func_id, $m_race_id, $m_clas_id, $m_id,
    $f_nick, $f_b_num, $f_nat, $f_nat1, $f_breed_id, $f_func_id, $f_race_id, $f_clas_id, $f_id,
    $mm_nick, $mm_b_num, $mm_nat, $mm_nat1, $mm_breed_id, $mm_func_id, $mm_race_id, $mm_clas_id, $mm_id,
    $fm_nick, $fm_b_num, $fm_nat, $fm_nat1, $fm_breed_id, $fm_func_id, $fm_race_id, $fm_clas_id, $fm_id,
    $mf_nick, $mf_b_num, $mf_nat, $mf_nat1, $mf_breed_id, $mf_func_id, $mf_race_id, $mf_clas_id, $mf_id,
    $ff_nick, $ff_b_num, $ff_nat, $ff_nat1, $ff_breed_id, $ff_func_id, $ff_race_id, $ff_clas_id, $ff_id,
    $mmm_nick, $mmm_b_num, $mmm_nat, $mmm_nat1, $mmm_breed_id, $mmm_func_id, $mmm_race_id, $mmm_clas_id, $mmm_id,
    $fmm_nick, $fmm_b_num, $fmm_nat, $fmm_nat1, $fmm_breed_id, $fmm_func_id, $fmm_race_id, $fmm_clas_id, $fmm_id,
    $mfm_nick, $mfm_b_num, $mfm_nat, $mfm_nat1, $mfm_breed_id, $mfm_func_id, $mfm_race_id, $mfm_clas_id, $mfm_id,
    $ffm_nick, $ffm_b_num, $ffm_nat, $ffm_nat1, $ffm_breed_id, $ffm_func_id, $ffm_race_id, $ffm_clas_id, $ffm_id,
    $mmf_nick, $mmf_b_num, $mmf_nat, $mmf_nat1, $mmf_breed_id, $mmf_func_id, $mmf_race_id, $mmf_clas_id, $mmf_id,
    $fmf_nick, $fmf_b_num, $fmf_nat, $fmf_nat1, $fmf_breed_id, $fmf_func_id, $fmf_race_id, $fmf_clas_id, $fmf_id,
    $mff_nick, $mff_b_num, $mff_nat, $mff_nat1, $mff_breed_id, $mff_func_id, $mff_race_id, $mff_clas_id, $mff_id,
    $fff_nick, $fff_b_num, $fff_nat, $fff_nat1, $fff_breed_id, $fff_func_id, $fff_race_id, $fff_clas_id, $fff_id;
    $update_query="UPDATE $c SET b_date='$b_date', i_date='$i_date' WHERE id='$cow_id'";
    $update_err=Sql_query( $update_query );
    if ( $not_section_I*1==1 ) {
        Tr_UPDA( $c, $cow_id, $nick, $nat, $b_num, -1, -1, $breed_id, $race_id, $func_id, -1 );
        $m_l=0; $f_l=0;
        if ( $changed_input_name=="m_id" ) $m_l=1;
        if ( $changed_input_name=="mm_id" ) $m_l=2;
        if ( $changed_input_name=="fm_id" ) $m_l=3;
    }
}

```

```

if ( $changed_input_name=="mmm_id" ) $m_l=4;
if ( $changed_input_name=="fmm_id" ) $m_l=5;
if ( $changed_input_name=="mfm_id" ) $m_l=6;
if ( $changed_input_name=="ffm_id" ) $m_l=7;
if ( $changed_input_name=="f_id" ) $f_l=1;
if ( $changed_input_name=="mf_id" ) $f_l=2;
if ( $changed_input_name=="ff_id" ) $f_l=3;
if ( $changed_input_name=="mmf_id" ) $f_l=4;
if ( $changed_input_name=="fmf_id" ) $f_l=5;
if ( $changed_input_name=="mff_id" ) $f_l=6;
if ( $changed_input_name=="fff_id" ) $f_l=7;
if ( $m_l==0 | $m_l>1 ) Tr_UPDA( $c, $m_id, $m_nick, $m_nat, $m_b_num, $mnick_id, $fm_id, $m_breed_id, $m_race_id, -1, $m_clas_id ); if (
$f_l==0 | $f_l>1 ) Tr_UPDA( $o, $f_id, $f_nick, $f_nat, $f_b_num, $mf_id, $ff_id, $f_breed_id, $f_race_id, -1, $f_clas_id ); if ( $m_l==0 | $m_l>2 )
Tr_UPDA( $c, $mm_id, $mm_nick, $mm_nat, $mm_b_num, $mnick_id, $fmm_id, $fmm_breed_id, $fmm_race_id, -1, $mm_clas_id ); if ( $m_l==0 |
$m_l==2 | $m_l>3 ) Tr_UPDA( $o, $fm_id, $fm_nick, $fm_nat, $fm_b_num, $mfm_id, $ffm_id, $fm_breed_id, $fm_race_id, -1, $fm_clas_id ); if ( $f_l==0 | $f_l>2 )
Tr_UPDA( $c, $mf_id, $mf_nick, $mf_nat, $mf_b_num, $mmf_id, $fmf_id, $mf_breed_id, $mf_race_id, -1, $mf_clas_id ); if ( $f_l==0 | $f_l==2 |
$f_l>3 ) Tr_UPDA( $o, $ff_id, $ff_nick, $ff_nat, $ff_b_num, $mff_id, $fff_id, $ff_breed_id, $ff_race_id, -1, $ff_clas_id ); if ( $m_l==0 | $m_l==3 | $m_l>4 )
Tr_UPDA( $c, $mmm_id, $mmm_nick, $mmm_nat, $mmm_b_num, -1, -1, $mmm_breed_id, $mmm_race_id, -1, $mmm_clas_id ); if ( $m_l==0 |
$m_l==3 | $m_l==4 | $m_l>5 ) Tr_UPDA( $o, $fmm_id, $fmm_nick, $fmm_nat, $fmm_b_num, -1, -1, $fmm_breed_id, $fmm_race_id, -1, $fmm_clas_id
); if ( $m_l==0 | $m_l==2 | $m_l==4 | $m_l==5 | $m_l==7 ) Tr_UPDA( $c, $mfm_id, $mfm_nick, $mfm_nat, $mfm_b_num, -1, -1, $mfm_breed_id,
$mfm_race_id, -1, $mfm_clas_id ); if ( $m_l==0 | $m_l==2 | $m_l==4 | $m_l==5 | $m_l==6 ) Tr_UPDA( $o, $ffm_id, $ffm_nick, $ffm_nat, $ffm_b_num, -1,
-1, $ffm_breed_id, $ffm_race_id, -1, $ffm_clas_id ); if ( $f_l==0 | $f_l==3 | $f_l>4 ) Tr_UPDA( $c, $mmf_id, $mmf_nick, $mmf_nat, $mmf_b_num, -1,
-1, $mmf_breed_id, $mmf_race_id, -1, $mmf_clas_id ); if ( $f_l==0 | $f_l==3 | $f_l>5 ) Tr_UPDA( $o, $fmf_id, $fmf_nick, $fmf_nat,
$fmf_b_num, -1, -1, $fmf_breed_id, $fmf_race_id, -1, $fmf_clas_id ); if ( $f_l==0 | $f_l==2 | $f_l==4 | $f_l==5 | $f_l==7 ) Tr_UPDA( $c, $mff_id,
$mff_nick, $mff_nat, $mff_b_num, -1, -1, $mff_breed_id, $mff_race_id, -1, $mff_clas_id ); if ( $f_l==0 | $f_l==2 | $f_l==4 | $f_l==5 | $f_l==6 ) Tr_UPDA(
$o, $fff_id, $fff_nick, $fff_nat, $fff_b_num, -1, -1, $fff_breed_id, $fff_race_id, -1, $fff_clas_id );
} else {
Tr_UPDA( $c, $cow_id, $nick, $nat, $b_num, $m_id, $f_id, $breed_id, $race_id, $func_id, -1 );
Tr_UPDA( $c, $m_id, $m_nick, $m_nat, $m_b_num, $mnick_id, $fm_id, $m_breed_id, $m_race_id, -1, $m_clas_id );
Tr_UPDA( $o, $f_id, $f_nick, $f_nat, $f_b_num, $mf_id, $ff_id, $f_breed_id, $f_race_id, -1, $f_clas_id );
Tr_UPDA( $c, $mm_id, $mm_nick, $mm_nat, $mm_b_num, $mnick_id, $fmm_id, $fmm_breed_id, $fmm_race_id, -1, $mm_clas_id );
Tr_UPDA( $o, $fm_id, $fm_nick, $fm_nat, $fm_b_num, $mfm_id, $ffm_id, $fm_breed_id, $fm_race_id, -1, $fm_clas_id );
Tr_UPDA( $c, $mf_id, $mf_nick, $mf_nat, $mf_b_num, $mmf_id, $fmf_id, $mf_breed_id, $mf_race_id, -1, $mf_clas_id );
Tr_UPDA( $o, $ff_id, $ff_nick, $ff_nat, $ff_b_num, $mff_id, $fff_id, $ff_breed_id, $ff_race_id, -1, $ff_clas_id );
Tr_UPDA( $c, $mmm_id, $mmm_nick, $mmm_nat, $mmm_b_num, -1, -1, $mmm_breed_id, $mmm_race_id, -1, $mmm_clas_id );
Tr_UPDA( $o, $fmm_id, $fmm_nick, $fmm_nat, $fmm_b_num, -1, -1, $fmm_breed_id, $fmm_race_id, -1, $fmm_clas_id );
Tr_UPDA( $c, $mfm_id, $mfm_nick, $mfm_nat, $mfm_b_num, -1, -1, $mfm_breed_id, $mfm_race_id, -1, $mfm_clas_id );
Tr_UPDA( $o, $ffm_id, $ffm_nick, $ffm_nat, $ffm_b_num, -1, -1, $ffm_breed_id, $ffm_race_id, -1, $ffm_clas_id );
Tr_UPDA( $c, $mmf_id, $mmf_nick, $mmf_nat, $mmf_b_num, -1, -1, $mmf_breed_id, $mmf_race_id, -1, $mmf_clas_id );
Tr_UPDA( $o, $fmf_id, $fmf_nick, $fmf_nat, $fmf_b_num, -1, -1, $fmf_breed_id, $fmf_race_id, -1, $fmf_clas_id );
Tr_UPDA( $c, $mff_id, $mff_nick, $mff_nat, $mff_b_num, -1, -1, $mff_breed_id, $mff_race_id, -1, $mff_clas_id );
Tr_UPDA( $o, $fff_id, $fff_nick, $fff_nat, $fff_b_num, -1, -1, $fff_breed_id, $fff_race_id, -1, $fff_clas_id );
}
}
function Adata_UPDA( $dbt, $id ) {
global
$db,
$cows, $c_f2ml, $oxes, $o_f2ml;
if ( $dbt==$cows ) $dbtt=$c_f2ml; else $dbtt=$o_f2ml;
$res1=mysql_query( "SELECT id FROM $dbtt WHERE $dbtt.id=$id", $db );
$row=mysql_fetch_row( $res1 ); if ( $row[0]=="" ) return 1; else return 0;
}
function Td_Echo1( $dbt, $id_exclude, $id, $select_name ) {
global
$db, $buf_cows, $buf_oxes, $edit_class, $list_sty_free;
echo "
<select $edit_class name='$select_name' style='$list_sty_free; width:100%' onchange='do_onchange( cowc_buf, $select_name)''>";
if ( $dbt==$buf_cows ) $dbt_num="$dbt.cow_num"; else $dbt_num="$dbt.num";
$res1=mysql_query( "SELECT $dbt.id, $dbt.num, $dbt.nick FROM $dbt ORDER BY binary($dbt.nick)", $db );
while ( $r=mysql_fetch_row( $res1 ) ) {
if ( ( $r[0]*1<>$id_exclude*1 ) || ( $r[0]*1==1 ) ) { //dont display current cow in mth list
$sele_val="value='".$r[0]."'"; if ( $r[0]*1==$id*1 ) $sele_val="selected ".$sele_val;
echo "
<option $sele_val>$r[2]</option>";
}
}
mysql_free_result( $res1 );
echo " </select>";
}
function Td_Echo2( $dbt, $id, $select_name, $colspan ) {
global
$db, $breeds, $edit_class, $list_sty0;
echo "
<td $colspan><select $edit_class name='$select_name' style='$list_sty0'>";
$res1=mysql_query( "SELECT $dbt.id, $dbt.num, $dbt.nick FROM $dbt ORDER BY binary($dbt.nick)", $db );
while ( $r=mysql_fetch_row( $res1 ) ) {

```



```

    $sele_val="value=".$r[0].""; if ( $r[0]*1==$id*1 ) $sele_val="selected ".$sele_val;
    echo "          <option $sele_val>$r[2]</option>";
}
mysql_free_result( $res1 );
echo "          </select></td>";
}
function T_Copy( $dbt, $dbt_to, $id ) {
    global $db,
    $buf_cows, $buf_oxes,
    $cows, $oxes, $breeds, $groups, $lots, $subgrs, $xfuncs, $xraces, $xclasses;
    if ( $dbt==$buf_cows | $dbt==$cows ) $dbt_num="cow_num"; else $dbt_num="num";
    if ( $id*1==1 ) {
        $res=mysql_query( "SELECT
        $dbt.id, $dbt.$dbt_num, $dbt.nick,
        $dbt.national_descr,
        $dbt.b_num, $dbt.b_date, $dbt.b_place_id,
        $dbt.defects, $dbt.comments,
        $dbt.mth_id, $dbt.fth_id,
        $dbt.breed_id, $breeds.nick,
        $dbt_function, $xfuncs.nick,
        $dbt_race, $xraces.nick,
        $dbt_class, $xclasses.nick,
        $dbt.i_date, $dbt.owner_id
        FROM $dbt, $breeds, $xfuncs, $xraces, $xclasses
        WHERE $dbt.id*1>0 AND $breeds.id=$dbt.breed_id AND
        $xfuncs.id=$dbt_function AND $xraces.id=$dbt_race AND $xclasses.id=$dbt_class", $db );
        while ( $row=mysql_fetch_row( $res ) ) {
            $id=$row[0]*1; $xnum=$row[1]; $xnick=$row[2];
            $xnat_d=$row[3];
            $xb_num=$row[4]; $xb_date=$row[5]; $xb_place_id=$row[6]*1;
            $xdefects=$row[7]; $xcomments=$row[8];
            $xm_id=$row[9]*1; $xf_id=$row[10]*1;
            $xbreed_id=$row[11]*1; $xbreed_nick=$row[12];
            $xfunc_id=$row[13]*1; $xfunc_nick=$row[14];
            $xrace_id=$row[15]*1; $xrace_nick=$row[16];
            $xclas_id=$row[17]*1; $xclas_nick=$row[18];
            $xi_date=$row[19]; $xowner_id=$row[20]*1;
            Sql_query( "INSERT INTO $dbt_to (
            `id`, `$dbt_num`, `nick`,
            `b_date`, `b_num`, `b_place_id`,
            `i_date`, `owner_id`,
            `national_descr`,
            `mth_id`, `fth_id`,
            `_function`,
            `_race`,
            `_class`,
            `breed_id` )
            VALUES (
            '$id', '$xnum', '$xnick',
            '$xb_date', '$xb_num', '$xb_place_id',
            '$xi_date', '$xowner_id',
            '$xnat_d',
            '$xm_id', '$xf_id',
            '$xfunc_id',
            '$xrace_id',
            '$xclas_id',
            '$xbreed_id' )" );
        }
        mysql_free_result( $res );
    } else {
    }
}
function Tr_Copy( $dbt, $dbt_to, $id ) {
    global $db,
    $buf_cows, $buf_oxes,
    $cows, $oxes, $breeds, $groups, $lots, $subgrs, $xfuncs, $xraces, $xclasses;
    if ( $dbt==$buf_cows | $dbt==$cows ) $dbt_num="cow_num"; else $dbt_num="num";
    if ( $id*1==1 ) {
    } else {
        $res=mysql_query( "SELECT
        $dbt.id, $dbt.$dbt_num, $dbt.nick,
        $dbt.national_descr,
        $dbt.b_num, $dbt.b_date, $dbt.b_place_id,
        $dbt.defects, $dbt.comments,
        $dbt.mth_id, $dbt.fth_id,
        $dbt.breed_id, $breeds.nick,

```

```

$dbt_function, $xfuncs.nick,
$dbt_race, $xraces.nick,
$dbt_class, $xclasses.nick,
$dbt.i_date, $dbt.owner_id
FROM $dbt, $breeds, $xfuncs, $xraces, $xclasses
WHERE $dbt.id*1>0 AND $breeds.id=$dbt.breed_id AND
$xfuncs.id=$dbt_function AND $xraces.id=$dbt_race AND $xclasses.id=$dbt_class", $db );
$row=mysql_fetch_row( $res );
$id=$row[0]*1; $xnum=$row[1]; $xnick=$row[2];
$xnat_d=$row[3];
$xb_num=$row[4]; $xb_date=$row[5]; $xb_place_id=$row[6]*1;
$xdfects=$row[7]; $xcomments=$row[8];
$xml_id=$row[9]*1; $xf_id=$row[10]*1;
$xbreed_id=$row[11]*1; $xbreed_nick=$row[12];
$xfunc_id=$row[13]*1; $xfunc_nick=$row[14];
$race_id=$row[15]*1; $race_nick=$row[16];
$xclas_id=$row[17]*1; $xclas_nick=$row[18];
$xi_date=$row[19]; $xowner_id=$row[20]*1;
mysql_free_result( $res );
$res=mysql_query( "SELECT
$dbt_to.id
FROM $dbt_to
WHERE $dbt_to.id=$id", $db );
$row=mysql_fetch_row( $res );
if ( strlen( $row[0] )==0 ) Sql_query( "INSERT INTO $dbt_to (
`id`, `dbt_num`, `nick`
`b_date`, `b_num`, `b_place_id`,
`national_descr`,
`mth_id`, `fth_id`,
`owner_id`,
`_function`,
`_race`,
`_class`,
`breed_id`,
`nick` )
VALUES (
`$id`, `$xnum`, `$xnick`,
`$xb_date`, `$xb_num`, `$xb_place_id`,
`$xnat_d`,
`$xm_id`, `$xf_id`,
`$xowner_id`,
`$xfunc_id`,
`$xfunc_nick`,
`$race_id`,
`$xclas_id`,
`$xbreed_id` )" );
}
}
function Data_SELE( $dbt, $id, $ident ) {
global $db,
$c_f2ml, $o_f2ml,
$m_, $mm_, $mf_, $f_, $fm_, $ff_//ARRAYS
$mmm_19, $mfm_19, $mmf_19, $mff_19,
$buf_cows, $buf_oxes,
$cows, $oxes, $breeds, $xfuncs, $xraces, $xclasses,
$b_date, $b_place_id,
$i_date,
$defects,
$comments,
$cow_num,
$nick, $b_num, $nat, $nat1, $breed_id, $func_id, $race_id, $clas_id,
$m_nick, $m_b_num, $m_nat, $m_nat1, $m_breed_id, $m_func_id, $m_race_id, $m_clas_id, $m_id,
$f_nick, $f_b_num, $f_nat, $f_nat1, $f_breed_id, $f_func_id, $f_race_id, $f_clas_id, $f_id,
$mnm_nick, $mnm_b_num, $mnm_nat, $mnm_nat1, $mnm_breed_id, $mnm_func_id, $mnm_race_id, $mnm_clas_id, $mnm_id,
$fm_nick, $fm_b_num, $fm_nat, $fm_nat1, $fm_breed_id, $fm_func_id, $fm_race_id, $fm_clas_id, $fm_id,
$mf_nick, $mf_b_num, $mf_nat, $mf_nat1, $mf_breed_id, $mf_func_id, $mf_race_id, $mf_clas_id, $mf_id,
$ff_nick, $ff_b_num, $ff_nat, $ff_nat1, $ff_breed_id, $ff_func_id, $ff_race_id, $ff_clas_id, $ff_id,
$mmm_nick, $mmm_b_num, $mmm_nat, $mmm_nat1, $mmm_breed_id, $mmm_func_id, $mmm_race_id, $mmm_clas_id, $mmm_id,
$fmm_nick, $fmm_b_num, $fmm_nat, $fmm_nat1, $fmm_breed_id, $fmm_func_id, $fmm_race_id, $fmm_clas_id, $fmm_id,
$mfmm_nick, $mfmm_b_num, $mfmm_nat, $mfmm_nat1, $mfmm_breed_id, $mfmm_func_id, $mfmm_race_id, $mfmm_clas_id, $mfmm_id,
$ffm_nick, $ffm_b_num, $ffm_nat, $ffm_nat1, $ffm_breed_id, $ffm_func_id, $ffm_race_id, $ffm_clas_id, $ffm_id,
$mmmf_nick, $mmmf_b_num, $mmmf_nat, $mmmf_nat1, $mmmf_breed_id, $mmmf_func_id, $mmmf_race_id, $mmmf_clas_id, $mmmf_id,
$fmfm_nick, $fmfm_b_num, $fmfm_nat, $fmfm_nat1, $fmfm_breed_id, $fmfm_func_id, $fmfm_race_id, $fmfm_clas_id, $fmfm_id,
$ffm_nick, $ffm_b_num, $ffm_nat, $ffm_nat1, $ffm_breed_id, $ffm_func_id, $ffm_race_id, $ffm_clas_id, $ffm_id,
$mmmf_nick, $mmmf_b_num, $mmmf_nat, $mmmf_nat1, $mmmf_breed_id, $mmmf_func_id, $mmmf_race_id, $mmmf_clas_id, $mmmf_id,
$mffm_nick, $mffm_b_num, $mffm_nat, $mffm_nat1, $mffm_breed_id, $mffm_func_id, $mffm_race_id, $mffm_clas_id, $mffm_id,
$fff_nick, $fff_b_num, $fff_nat, $fff_nat1, $fff_breed_id, $fff_func_id, $fff_race_id, $fff_clas_id, $fff_id;
if ( $dbt==$buf_cows | $dbt==$cows ) {
$dbt_num="cow_num";

```

```

$res=mysql_query( "SELECT
`a1_0101`,`a1_0102`,`a1_0103`,`a1_0104`,`a1_0105`,`a1_0107`,
`a1_0201`,`a1_0202`,`a1_0203`,`a1_0204`,`a1_0205`,`a1_0207`,
`a1_0301`,`a1_0302`,`a1_0303`,`a1_0304`,`a1_0305`,`a1_0307`,
`a1_0401`,`a1_0402`,`a1_0403`,`a1_0404`,`a1_0405`,`a1_0407`,
`a1_0501`,`a1_0502`,`a1_0503`,`a1_0504`,`a1_0505`,`a1_0507`,
`a1_0601`,`a1_0602`,`a1_0603`,`a1_0604`,`a1_0605`,`a1_0607`,
`a1_0701`,`a1_0702`,`a1_0703`,`a1_0704`,`a1_0705`,`a1_0707`,
`a1_0801`,`a1_0802`,`a1_0803`,`a1_0804`,`a1_0805`,`a1_0807`,
`a1_0901`,`a1_0902`,`a1_0903`,`a1_0904`,`a1_0905`,`a1_0907`,
`a1_19`
FROM $c_f2ml WHERE $c_f2ml.id*1=$id", $db );
$error=mysql_errno();
if ( $error==0 ) {
    $row=mysql_fetch_row( $res ); $ri=0;
    for ( $ai=1; $ai<=9; $ai++ ) for ( $aj=1; $aj<=8; $aj++ ) $a1[$ai][$aj]=-1;
    $a1[0][19]=-1;
    for ( $ai=1; $ai<=9; $ai++ ) for ( $aj=1; $aj<=8; $aj++ ) {
        if ( $row[$ri]=="" ) $row[$ri]=-1;//IMPORTANT!!!
        if ( $row[$ri]*1==-1 ) $row[$ri]="";//IMPORTANT!!!
        if ( $aj!=6 & $aj!=8 ) {
            $a1[$ai][$aj]=$row[$ri]; $ri++;
        }
    }
    if ( $row[$ri]=="" ) $row[$ri]=-1;//IMPORTANT!!!
    if ( $row[$ri]*1==-1 ) $row[$ri]="";//IMPORTANT!!!
    $a1[0][19]=$row[$ri];
} else {
    for ( $ai=1; $ai<=9; $ai++ ) for ( $aj=1; $aj<=8; $aj++ ) $a1[$ai][$aj]=-1;
    $a1[0][19]=-1;
}
} else {
    $dbt_num="num";
    $res=mysql_query( "SELECT
`a1_0000`,
`a1_0101`,`a1_0102`,`a1_0103`,
`a1_0201`,`a1_0202`,`a1_0203`,
`a1_0301`,`a1_0303`,
`a1_0401`,`a1_0402`,`a1_0403`,
`a1_0501`,`a1_0503`
FROM $o_f2ml WHERE $o_f2ml.id*1=$id", $db );
$error=mysql_errno();
if ( $error==0 ) {
    $row=mysql_fetch_row( $res ); $ri=1;
    for ( $ai=1; $ai<=5; $ai++ ) for ( $aj=1; $aj<=3; $aj++ ) $a1[$ai][$aj]=-1;
    for ( $ai=1; $ai<=5; $ai++ ) for ( $aj=1; $aj<=3; $aj++ ) {
        $idxx=$ai.$aj;
        if ( $row[$ri]=="" ) $row[$ri]=-1;//IMPORTANT!!!
        if ( $row[$ri]*1==-1 ) $row[$ri]="";//IMPORTANT!!!
        if ( $idxx!='32' & $idxx!='52' ) {
            $a1[$ai][$aj]=$row[$ri]; $ri++;
        }
    }
    $a1[0][0]=$row[0];
} else {
    for ( $ai=1; $ai<=5; $ai++ ) for ( $aj=1; $aj<=3; $aj++ ) $a1[$ai][$aj]=-1;
    $a1[0][0]=-1;
}
}
$res=mysql_query( "SELECT
$dbt.id, $dbt.$dbt_num, $dbt.nick,
$dbt.national_descr,
$dbt.b_num, $dbt.b_date, $dbt.b_place_id,
$dbt.defects, $dbt.comments,
$dbt.mth_id, $dbt.fth_id,
$dbt.breed_id, $breeds.nick,
$dbt.function, $xfuns.nick,
$dbt_race, $xraces.nick,
$dbt_class, $xclasses.nick,
$dbt.i_date, $dbt.owner_id
FROM $dbt, $breeds, $xfuns, $xraces, $xclasses
WHERE $dbt.id*1=$id AND $breeds.id=$dbt.breed_id AND
$xfuns.id=$dbt.function AND $xraces.id=$dbt_race AND $xclasses.id=$dbt_class", $db );
$row=mysql_fetch_row( $res );
$num=$row[1]; $nick=$row[2];
$nat_d=$row[3];

```

```

$xb_num=$row[4]; $xb_date=$row[5]; $xb_place_id=$row[6]*1;
$xdefects=$row[7]; $xcomments=$row[8];
$xml_id=$row[9]*1; $xf_id=$row[10]*1;
$xbreed_id=$row[11]*1; $xbreed_nick=$row[12];
$xfunc_id=$row[13]*1; $xfunc_nick=$row[14];
$xrace_id=$row[15]*1; $xrace_nick=$row[16];
$xclas_id=$row[17]*1; $xclas_nick=$row[18];
$xi_date=$row[19]; $xowner_id=$row[20]*1;
mysql_free_result( $res );
$xb_date=_split( "-", $xb_date );
$xb_date=$xb_date_[2]."-".$xb_date_[1]."-".$xb_date_[0];
$xi_date=_split( "-", $xi_date );
$xi_date=$xi_date_[2]."-".$xi_date_[1]."-".$xi_date_[0];
switch ( $ident )
function CowProd_Echo( $el_subname ) {
    global
        $edit_class, $edit_sty0, $view_class,
        $m_, $mm_, $mf_;
    $_rows=8; $_cols=8;
    if ( $el_subname=="m" ) {
        for ( $r=0; $r<=$_rows; $r++) for ( $c=0; $c<=$_cols; $c++) $v_[$r][$c]=$m_[$r][$c];
    } elseif ( $el_subname=="mm" ) {
        for ( $r=0; $r<=$_rows; $r++) for ( $c=0; $c<=$_cols; $c++) $v_[$r][$c]=$mm_[$r][$c];
    } elseif ( $el_subname=="mf" ) {
        for ( $r=0; $r<=$_rows; $r++) for ( $c=0; $c<=$_cols; $c++) $v_[$r][$c]=$mf_[$r][$c];
    }
    echo "
        <table cellspacing='1' class='cards_'>
        <tr align='center' $view_class style='height:23px'>
            <td rowspan='3' width='3%'>
                "Рік". "</td>
            <td rowspan='3' width='3%'>
                "Лакт.". "</td>
            <td rowspan='3' width='3%'>
                "Днів лакт.". "</td>
            <td colspan='5' width='17%'>
                "Прод. за 305 днів:". "</td>
        </tr>
        <tr align='center' $view_class style='height:23px'>
            <td rowspan='2' width='5%'>
                "надій, кг". "</td>
            <td colspan='2' width='6%'>
                "жир". "</td>
            <td colspan='2' width='6%'>
                "білок". "</td>
        </tr>
        <tr align='center' $view_class style='height:23px'>
            <td width='3%'>
                "%". "</td>
            <td width='3%'>
                "кг". "</td>
            <td width='3%'>
                "%". "</td>
            <td width='3%'>
                "кг". "</td>
    }
function OxProd_Echo( $el_subname ) {
    global
        $edit_class, $edit_sty0, $view_class,
        $f_, $fm_, $ff_;
    $_rows=5; $_cols=3;
    if ( $el_subname=="f" ) {
        for ( $r=0; $r<=$_rows; $r++) for ( $c=0; $c<=$_cols; $c++) $v_[$r][$c]=$f_[$r][$c];
    } elseif ( $el_subname=="fm" ) {
        for ( $r=0; $r<=$_rows; $r++) for ( $c=0; $c<=$_cols; $c++) $v_[$r][$c]=$fm_[$r][$c];
    } elseif ( $el_subname=="ff" ) {
        for ( $r=0; $r<=$_rows; $r++) for ( $c=0; $c<=$_cols; $c++) $v_[$r][$c]=$ff_[$r][$c];
    }
    $maxl_11=3; $onkeyd_11="onkeydown='int_keyp( \\". $el_subname. "0101\\", 1, 999, 3 )' name='\". $el_subname. "0101\"";
    $maxl_12=7; $onkeyd_12="onkeydown='real_keyp( \\". $el_subname. "0102\\", 1, 99999.9, 7, 1 )' name='\". $el_subname. "0102\"";
    $maxl_13=5; $onkeyd_13="onkeydown='mreal_keyp( \\". $el_subname. "0103\\", -99, 99.9, 5, 2 )' name='\". $el_subname. "0103\"";
    $maxl_21=3; $onkeyd_21="onkeydown='int_keyp( \\". $el_subname. "0201\\", 1, 999, 3 )' name='\". $el_subname. "0201\"";
    $maxl_22=5; $onkeyd_22="onkeydown='real_keyp( \\". $el_subname. "0202\\", 1, 10, 5, 2 )' name='\". $el_subname. "0202\"";
    $maxl_23=5; $onkeyd_23="onkeydown='mreal_keyp( \\". $el_subname. "0203\\", -99, 99.9, 5, 2 )' name='\". $el_subname. "0203\"";
    $maxl_31=5; $onkeyd_31="onkeydown='real_keyp( \\". $el_subname. "0301\\", 1, 99.9, 5, 2 )' name='\". $el_subname. "0301\"";
    $maxl_41=3; $onkeyd_41="onkeydown='int_keyp( \\". $el_subname. "0401\\", 1, 999, 3 )' name='\". $el_subname. "0401\"";

```

```

$maxl_42=7; $onkeyd_42="onkeydown='real_keyp( \"\".$el_subname."0402\", 1, 10, 5, 2 )' name='\".$el_subname."0402\"";
$maxl_43=5; $onkeyd_43="onkeydown='mreal_keyp( \"\".$el_subname."0403\", -99, 99.9, 5, 2 )' name='\".$el_subname."0403\"";
echo "
  <table cellspacing='1' class='cards_'>
  <tr align='center' $view_class style='height:23px'>
    <td colspan='6' rowspan='2'>".
      "Оцінка за якістю потомства."</td>
  </tr>
  <tr align='center' $view_class style='height:23px'>
  </tr>
  <tr align='center' $view_class style='height:23px'>
    <td width='10%'>".
      "Метод, рік оцінки."</td>
    <td align='right' width='6%'>
<input $edit_class maxlength='30' id='\".$el_subname."0000' name='\".$el_subname."0000' style='$edit_sty0' type='text'
value='\".$v_[0][0].\"'></td>
    <td colspan='3' width='14%'>".
      "Середні:"</td>
    <td width='5%'>".
      "ПЦ (+/-)."</td>
  </tr>
  <tr align='right' $view_class style='height:23px'>
    <td align='center' width='10%'>".
      "Дочок."</td>
    <td width='6%'>
<input $edit_class maxlength='$maxl_11' id='\".$el_subname."0101' style='$edit_sty0' type='text' value='\".$v_[1][1].\"' $onkeyd_11></td>
    <td align='center' colspan='2' width='8%'>".
      "надій, кг."</td>
    <td width='6%'>
<input $edit_class maxlength='$maxl_12' id='\".$el_subname."0102' style='$edit_sty0' type='text' value='\".$v_[1][2].\"' $onkeyd_12></td>
    <td width='5%'>
<input $edit_class maxlength='$maxl_13' id='\".$el_subname."0103' style='$edit_sty0' type='text' value='\".$v_[1][3].\"' $onkeyd_13></td>
  </tr>
  <tr align='right' $view_class style='height:23px'>
    <td align='center' width='10%'>".
      "Срад."</td>
    <td width='6%'>
<input $edit_class maxlength='$maxl_21' id='\".$el_subname."0201' style='$edit_sty0' type='text' value='\".$v_[2][1].\"' $onkeyd_21></td>
    <td align='center' rowspan='2' width='4%'>".
      "жир."</td>
    <td align='center' width='4%'>".
      "%."</td>
    <td width='6%'>
<input $edit_class maxlength='$maxl_22' id='\".$el_subname."0202' style='$edit_sty0' type='text' value='\".$v_[2][2].\"' $onkeyd_22></td>
    <td width='5%'>
<input $edit_class maxlength='$maxl_23' id='\".$el_subname."0203' style='$edit_sty0' type='text' value='\".$v_[2][3].\"' $onkeyd_23></td>
  </tr>
  <tr align='right' $view_class style='height:23px'>
    <td align='center' width='10%'>
      Повт., %</td>
    <td width='6%'>
<input $edit_class maxlength='$maxl_31' id='\".$el_subname."0301' style='$edit_sty0' type='text' value='\".$v_[3][1].\"' $onkeyd_31></td>
    <td align='center' width='4%'>
      кг</td>
    <td align='center' width='6%'>
      x</td>
    <td align='center' width='5%'>
      x</td>
  </tr>
  <tr align='right' $view_class style='height:23px'>
    <td align='center' width='10%'>
      Лакт. (бік)</td>
    <td width='6%'>
<input $edit_class maxlength='$maxl_41' id='\".$el_subname."0401' style='$edit_sty0' type='text' value='\".$v_[4][1].\"' $onkeyd_41></td>
    <td align='center' rowspan='2' width='4%'>
      білок</td>
    <td align='center' width='4%'>
      %</td>
    <td width='6%'>
<input $edit_class maxlength='$maxl_42' id='\".$el_subname."0402' style='$edit_sty0' type='text' value='\".$v_[4][2].\"' $onkeyd_42></td>
    <td width='5%'>
<input $edit_class maxlength='$maxl_43' id='\".$el_subname."0403' style='$edit_sty0' type='text' value='\".$v_[4][3].\"' $onkeyd_43></td>
  </tr>
  <tr align='right' $view_class style='height:23px'>
    <td align='center' colspan='2' width='16%'>
      ОТ</td>

```

```

        <td align='center' width='4%'>
            kr</td>
        <td align='center' width='6%'>
            x</td>
        <td align='center' width='5%'>
            x</td>
    </tr>
    <tr align='right' $view_class style='height:23px'>
        <td align='center' colspan='2' width='16%'>
<input $edit_class maxlength='100' id=".$el_subname."0501' name=".$el_subname."0501' style='$edit_sty0' type='text'
value=".$v_[5][1]."></td>
        <td align='center' width='4%'>
            &nbsp;</td>
        <td align='center' width='4%'>
            &nbsp;</td>
        <td width='6%'>
            &nbsp;</td>
        <td width='5%'>
            &nbsp;</td>
    </tr>
    <tr align='right' $view_class style='height:23px'>
        <td align='center' width='5%'>
            &nbsp;</td>
        <td align='left'>
            &nbsp;</td>
        <td align='center' width='4%'>
            &nbsp;</td>
        <td align='center' width='4%'>
            &nbsp;</td>
        <td width='6%'>
            &nbsp;</td>
        <td width='5%'>
            &nbsp;</td>
    </tr>
    <tr align='right' $view_class style='height:23px'>
        <td align='center' width='5%'>
            &nbsp;</td>
        <td align='left'>
            &nbsp;</td>
        <td align='center' width='4%'>
            &nbsp;</td>
        <td align='center' width='4%'>
            &nbsp;</td>
        <td width='6%'>
            &nbsp;</td>
        <td width='5%'>
            &nbsp;</td>
    </tr>
    </table>;
}
$sw_c="Картка племінної тварини";
$title="Інтернет-Ферма: ".$sw_c;
$cowc_prep=$_GET[cowc_prep];
$cowc_buf=$_GET[cowc_buf];
$cowc_cancel=$_GET[cowc_cancel];
//echo "buttons: $cowc_prep $cowc_buf $cowc_cancel<br><br>";
//Dbase_connect(); Dbase_select();
if ( strlen( $local_id )<8 ) {
    $local_id=md5( uniqid( rand(), true ));
    CookieSet( "_ccwid", "$local_id" );
} else {
    $local_id1=Var_FromDb( "$local_id", "0", $userCoo );
}
Var_ToDb( "varchar", "tmp_". $local_id, $local_id, $userCoo );

$buf_cows="tmp_". $local_id."c";
$buf_oxes="tmp_". $local_id."o";

$modif_date=date( "Y-m-d" ); $modif_time=date( "H:i:s" );
$cow_id=$_GET[cow_id];
$changed_input_name=$_GET[changed_input_name];
$random_key=$_GET[random_key]*1;
$ret0=$_GET[ret0]; //link to return to previous page
if ( $ret0=="00" ) $ret_url="../".$hFrm['0500'];
if ( @$cowc_cancel ) {
    mysql_query( "DROP TABLE IF EXISTS $buf_cows" );
}

```

```

mysql_query( "DROP TABLE IF EXISTS $buf_oxes" );
Res_Draw( 3, $ret_url, "", $cow_c."&nbsp;". $13_card_no_changes_done_cap, $php_mm_tip[0] );
} else if ( @$cowc_buf ) {
  Data_GET();
  Data_UPDA( $buf_cows, $buf_oxes, 1 );
  if ( $changed_input_name=="m_id" ) $res=EquIds( $buf_cows, "mth_id", $cow_id, $m_id );
  if ( $changed_input_name=="f_id" ) $res=EquIds( $buf_cows, "fth_id", $cow_id, $f_id );
  if ( $changed_input_name=="mm_id" ) $res=EquIds( $buf_cows, "mth_id", $m_id, $mm_id );
  if ( $changed_input_name=="fm_id" ) $res=EquIds( $buf_cows, "fth_id", $m_id, $fm_id );
  if ( $changed_input_name=="mf_id" ) $res=EquIds( $buf_oxes, "mth_id", $f_id, $mf_id );
  if ( $changed_input_name=="ff_id" ) $res=EquIds( $buf_oxes, "fth_id", $f_id, $ff_id );
  if ( $changed_input_name=="mmm_id" ) $res=EquIds( $buf_cows, "mth_id", $mm_id, $mmm_id );
  if ( $changed_input_name=="fmm_id" ) $res=EquIds( $buf_cows, "fth_id", $mm_id, $fmm_id );
  if ( $changed_input_name=="mfm_id" ) $res=EquIds( $buf_oxes, "mth_id", $fm_id, $mfm_id );
  if ( $changed_input_name=="ffm_id" ) $res=EquIds( $buf_oxes, "fth_id", $fm_id, $ffm_id );
  if ( $changed_input_name=="mmf_id" ) $res=EquIds( $buf_cows, "mth_id", $mf_id, $mmf_id );
  if ( $changed_input_name=="fmf_id" ) $res=EquIds( $buf_cows, "fth_id", $mf_id, $fmf_id );
  if ( $changed_input_name=="mff_id" ) $res=EquIds( $buf_oxes, "mth_id", $ff_id, $mff_id );
  if ( $changed_input_name=="fff_id" ) $res=EquIds( $buf_oxes, "fth_id", $ff_id, $fff_id );
  if ( $userdata_invalid==0 ) {
    $update_query="UPDATE $cows SET
    modif_uid='$userCoo', modif_date='$modif_date'
    WHERE id='$cow_id'";
    $update_err=Sql_query( $update_query );
    Data_UPDA( $buf_cows, $buf_oxes, 0 );
    Data_UPDA( $cows, $oxes, 0 );
    $xa='m'; $xb=$m_id; $res11=Adata_UPDA( $cows, $xb ); $res11_r=8; $res11_c=8;
    if ( $res11==0 ) $aq="UPDATE $c_f2ml SET id='$xb'";
    else {
      $aq="INSERT INTO $c_f2ml ('id'";
      for ( $iii=1; $iii<=$res11_r; $iii++ ) for ( $jjj=1; $jjj<=$res11_c; $jjj++ ) {
        $idx=Int2StrZ( $iii, 2 ).Int2StrZ( $jjj, 2 ); $el=$xa.$idx;
        if ( $jjj!=6 & $jjj!=8 ) {
          $aq=$aq.", `a1_`.$idx."" ";
        }
      }
      $aq=$aq.") VALUES ( "".$xb."" ";
    }
    for ( $iii=1; $iii<=$res11_r; $iii++ ) for ( $jjj=1; $jjj<=$res11_c; $jjj++ ) {
      $idx=Int2StrZ( $iii, 2 ).Int2StrZ( $jjj, 2 ); $el=$xa.$idx;
      $a1[$iii][$jjj]=$_GET[$el];
      if ( trim( $a1[$iii][$jjj] )=="") $a1[$iii][$jjj]=-1;
      $a1[$iii][$jjj]=Str2Int( $a1[$iii][$jjj] );
      if ( $jjj!=6 & $jjj!=8 ) {
        if ( $res11==0 ) $aq=$aq.", a1_.$idx."="".$a1[$iii][$jjj]."" ";
        else $aq=$aq.", "".$a1[$iii][$jjj]."" ";
      }
    }
    if ( $res11==0 ) $aq=$aq." WHERE id='$xb'";
    else $aq=$aq."";
    if ( $xb!=1 ) Sql_query( $aq );

    $xa='mm'; $xb=$mm_id; $res11=Adata_UPDA( $cows, $xb ); $res11_r=8; $res11_c=8;
    if ( $res11==0 ) $aq="UPDATE $c_f2ml SET id='$xb'";
    else {
      $aq="INSERT INTO $c_f2ml ('id'";
      for ( $iii=1; $iii<=$res11_r; $iii++ ) for ( $jjj=1; $jjj<=$res11_c; $jjj++ ) {
        $idx=Int2StrZ( $iii, 2 ).Int2StrZ( $jjj, 2 ); $el=$xa.$idx;
        if ( $jjj!=6 & $jjj!=8 ) {
          $aq=$aq.", `a1_`.$idx."" ";
        }
      }
      $aq=$aq.") VALUES ( "".$xb."" ";
    }
    for ( $iii=1; $iii<=$res11_r; $iii++ ) for ( $jjj=1; $jjj<=$res11_c; $jjj++ ) {
      $idx=Int2StrZ( $iii, 2 ).Int2StrZ( $jjj, 2 ); $el=$xa.$idx;
      $a1[$iii][$jjj]=$_GET[$el];
      if ( trim( $a1[$iii][$jjj] )=="") $a1[$iii][$jjj]=-1;
      $a1[$iii][$jjj]=Str2Int( $a1[$iii][$jjj] );
      if ( $jjj!=6 & $jjj!=8 ) {
        if ( $res11==0 ) $aq=$aq.", a1_.$idx."="".$a1[$iii][$jjj]."" ";
        else $aq=$aq.", "".$a1[$iii][$jjj]."" ";
      }
    }
    if ( $res11==0 ) $aq=$aq." WHERE id='$xb'";
    else $aq=$aq."";
  }
}

```

```

if ( $xb!=1 ) Sql_query( $aq);
$xa='fm'; $xb=$fm_id; $res11=Adata_UPDA( $oxes, $xb ); $res11_r=5; $res11_c=3;
$el=$xa."0000"; $a1[0][0]=$_GET[$el]; if ( trim( $a1[0][0] )="" ) $a1[0][0]=-1;
if ( $res11==0 ) $aq="UPDATE $o_f2ml SET id='$xb', a1_0000='".$a1[0][0]."'";
else {
    $aq="INSERT INTO $o_f2ml (id, `a1_0000`";
    for ( $iii=1; $iii<=$res11_r; $iii++ ) for ( $jjj=1; $jjj<=$res11_c; $jjj++ ) {
        $idxx=Int2StrZ( $iii, 2 ).Int2StrZ( $jjj, 2 ); $el=$xa.$idxx;
        if ( $idxx!='0302' & $idxx!='0502' & $idxx!='0303' & $idxx!='0503' ) {
            $aq=$aq.", `a1_". $idxx. "'";
        }
    }
    $aq=$aq.") VALUES (". $xb. ", ". $a1[0][0]. "' ";
}
for ( $iii=1; $iii<=$res11_r; $iii++ ) for ( $jjj=1; $jjj<=$res11_c; $jjj++ ) {
    $idxx=Int2StrZ( $iii, 2 ).Int2StrZ( $jjj, 2 ); $el=$xa.$idxx;
    $a1[$iii][$jjj]=$_GET[$el];
    if ( trim( $a1[$iii][$jjj] )="" ) $a1[$iii][$jjj]=-1;
    $a1[$iii][$jjj]=Str2Int( $a1[$iii][$jjj] );
    if ( $idxx!='0302' & $idxx!='0502' & $idxx!='0303' & $idxx!='0503' ) {
        if ( $res11==0 ) $aq=$aq.", a1_". $idxx. "'". $a1[$iii][$jjj]. "' ";
        else $aq=$aq.", ". $a1[$iii][$jjj]. "' ";
    }
}
if ( $res11==0 ) $aq=$aq." WHERE id='$xb'";
else $aq=$aq.");";
if ( $xb!=1 ) Sql_query( $aq);

$xa='f'; $xb=$f_id; $res11=Adata_UPDA( $oxes, $xb ); $res11_r=5; $res11_c=3;
$el=$xa."0000"; $a1[0][0]=$_GET[$el]; if ( trim( $a1[0][0] )="" ) $a1[0][0]=-1;
if ( $res11==0 ) $aq="UPDATE $o_f2ml SET id='$xb', a1_0000='".$a1[0][0]."'";
else {
    $aq="INSERT INTO $o_f2ml (id, `a1_0000`";
    for ( $iii=1; $iii<=$res11_r; $iii++ ) for ( $jjj=1; $jjj<=$res11_c; $jjj++ ) {
        $idxx=Int2StrZ( $iii, 2 ).Int2StrZ( $jjj, 2 ); $el=$xa.$idxx;
        if ( $idxx!='0302' & $idxx!='0502' & $idxx!='0303' & $idxx!='0503' ) {
            $aq=$aq.", `a1_". $idxx. "'";
        }
    }
    $aq=$aq.") VALUES (". $xb. ", ". $a1[0][0]. "' ";
}
}
if ( $res11==0 ) $aq=$aq." WHERE id='$xb'";
else $aq=$aq.");";
if ( $xb!=1 ) Sql_query( $aq);
$xa='mf'; $xb=$mf_id; $res11=Adata_UPDA( $cows, $xb ); $res11_r=8; $res11_c=8;
if ( $res11==0 ) $aq="UPDATE $c_f2ml SET id='$xb'";
else {
    $aq="INSERT INTO $c_f2ml (id";
    for ( $iii=1; $iii<=$res11_r; $iii++ ) for ( $jjj=1; $jjj<=$res11_c; $jjj++ ) {
        $idxx=Int2StrZ( $iii, 2 ).Int2StrZ( $jjj, 2 ); $el=$xa.$idxx;
        if ( $jjj!=6 & $jjj!=8 ) {
            $aq=$aq.", `a1_". $idxx. "'";
        }
    }
    $aq=$aq.") VALUES (". $xb. "' ";
}
for ( $iii=1; $iii<=$res11_r; $iii++ ) for ( $jjj=1; $jjj<=$res11_c; $jjj++ ) {
    $idxx=Int2StrZ( $iii, 2 ).Int2StrZ( $jjj, 2 ); $el=$xa.$idxx;
    $a1[$iii][$jjj]=$_GET[$el];
    if ( trim( $a1[$iii][$jjj] )="" ) $a1[$iii][$jjj]=-1;
    $a1[$iii][$jjj]=Str2Int( $a1[$iii][$jjj] );
    if ( $jjj!=6 & $jjj!=8 ) {
        if ( $res11==0 ) $aq=$aq.", a1_". $idxx. "'". $a1[$iii][$jjj]. "' ";
        else $aq=$aq.", ". $a1[$iii][$jjj]. "' ";
    }
}
if ( $res11==0 ) $aq=$aq." WHERE id='$xb'";
else $aq=$aq.");";
if ( $xb!=1 ) Sql_query( $aq);

$xa='ff'; $xb=$ff_id; $res11=Adata_UPDA( $oxes, $xb ); $res11_r=5; $res11_c=3;
if ( $res11==0 ) $aq="UPDATE $o_f2ml SET id='$xb', a1_0000='".$a1[0][0]."'";
else {
    $aq="INSERT INTO $o_f2ml (id, `a1_0000`";
    for ( $iii=1; $iii<=$res11_r; $iii++ ) for ( $jjj=1; $jjj<=$res11_c; $jjj++ ) {
        $idxx=Int2StrZ( $iii, 2 ).Int2StrZ( $jjj, 2 ); $el=$xa.$idxx;

```