

**П. І. Кулаков**

**ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ  
ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ  
ПАРАМЕТРІВ БІОТЕХНІЧНОЇ  
СИСТЕМИ ДОЇННЯ**



Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**П. І. Кулаков**

**ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ  
ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ  
ПАРАМЕТРІВ БІОТЕХНІЧНОЇ  
СИСТЕМИ ДОЇННЯ**

**Монографія**

Вінниця  
ВНТУ  
2015

УДК 631.3.05 + 637.11

ББК 34.725

К90

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 3 від 24.09.20015 р.)

Рецензенти:

**О. В. Осадчук**, доктор технічних наук, професор

**І. П. Паламарчук**, доктор технічних наук, професор

**В. М. Севастьянов**, кандидат технічних наук, доцент

**Кулаков, П. І.**

К90 Елементи теорії вимірювального контролю параметрів біотехнічної системи доїння : монографія / П. І. Кулаков. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 220 с.

ISBN 978-966-641-641-7

В монографії проведено аналіз засобів вимірювального контролю параметрів біотехнічної системи доїння, розроблено моделі процесу доїння та роботи доїльних установок. Запропоновано вимірювальні перетворювачі рівня та інтенсивності молоковіддачі, на їх основі створені засоби вимірювального контролю параметрів біотехнічної системи доїння, розроблено методику розрахунку достовірності контролю при їх використанні, розглянуто технічні засоби, які впроваджено у промислове виробництво.

Монографія призначена для науковців, які займаються питаннями, що пов'язані з виробництвом та первинною обробкою коров'ячого молока.

**УДК 631.3.05 + 637.11**

**ББК 34.725**

**ISBN 978-966-641-641-7**

© П. Кулаков, 2015

## ЗМІСТ

Список умовних скорочень та позначень .....	5
ВСТУП .....	7
<b>1 СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ БТСД .....</b>	<b>9</b>
1.1 Особливості функціонування БТСД .....	9
1.2 Класифікація інформаційно-вимірювальних систем для доїльно-молочних відділень тваринницьких ферм .....	12
1.3 Особливості параметрів БТСД .....	15
1.4 Узагальнена структурна схема ІВС ПБТСД .....	25
1.5 Класифікація ІВС ПБТСД .....	30
1.6 Системи ідентифікації тварин для ІВС ПБТСД .....	33
1.6.1 Класифікація систем ідентифікації тварин для ІВС ПБТСД ..	33
1.6.2 Системи ідентифікації тварин під час руху для ІВС ПБТСД	38
1.6.3 Системи ідентифікації нерухомих тварин для ІВС ПБТСД ..	44
1.7 Огляд та аналіз ІВС ПБТСД .....	50
1.7.1 Огляд та аналіз ІВС ПБТСД, що використовуються при прив'язному утриманні тварин .....	50
1.7.2 Огляд та аналіз ІВС ПБТСД, що використовуються при безприв'язному утриманні тварин .....	54
1.8 Висновки .....	61
<b>2 СТАТИСТИЧНІ МОДЕЛІ ДОЇЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ .....</b>	<b>64</b>
2.1 Статистичні моделі тривалості процесу машинного доїння .....	64
2.2 Статистичні моделі роботи стійлової доїльної установки .....	73
2.3 Статистичні моделі роботи групових доїльних установок .....	80
2.4 Статистичні моделі роботи доїльних установок з прохідними станками .....	85
2.4.1 Статистичні моделі роботи доїльної установки з паралельно-прохідними станками .....	85
2.4.2 Статистичні моделі роботи установки «Тандем» .....	89
2.5 Статистична модель роботи конвеєрної доїльної установки .....	93
2.6 Висновки .....	97
<b>3 РОЗВИТОК ТЕОРІЇ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ БТСД .....</b>	<b>99</b>
3.1 Вплив помилок ідентифікації на результати вимірювального контролю параметрів БТСД при використанні групових доїльних установок .....	99
3.2 Система радіочастотної ідентифікації рухомих тварин з двоконтурною ортогональною антеною .....	103

3.3 Ідентифікація проходження тварини з використанням оптимальної лінійної фільтрації .....	110
3.4 Розвиток математичної моделі фотоелектричного вимірювального перетворення площа–напруга.....	119
3.5 Фотоелектричний ВП рівня молока з аналоговим вихідним сигналом та ЗВ параметрів БТСД на його основі.....	126
3.6 Вимірювання кількості порцій молока та виявлення вмісту води у молоці на стійлових доїльних установках.....	132
3.7 Фотоелектричний ВП миттєвої інтенсивності молоковіддачі ..	140
3.8 ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом.....	144
3.9 Висновки .....	149
<b>4 ТЕОРЕТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ</b>	
<b>ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ БТСД.....</b>	<b>150</b>
4.1 Достовірність вимірювального контролю тривалості роботи доїльних установок та доярів.....	150
4.2 Достовірність вимірювального контролю параметрів БТСД при використанні фотоелектричного ВП рівня молока з аналоговим вихідним сигналом.....	156
4.3 Достовірність вимірювального контролю параметрів БТСД при використанні ВП рівня молока з дискретним вихідним сигналом	170
4.4 Достовірність вимірювального контролю параметрів БТСД при використанні фотоелектричного ВП миттєвої інтенсивності молоковіддачі .....	176
4.5 Висновки .....	180
<b>5 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ АПАРАТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ</b>	
<b>ЗАСОБІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТА ВИМІРЮВАЛЬНОГО</b>	
<b>КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ БТСД.....</b>	<b>182</b>
5.1 Апаратна реалізація засобів вимірювання та вимірювального контролю параметрів БТСД.....	182
5.2 Програмне забезпечення для сервера ІВС ПБТСД .....	194
5.3 Практична реалізація варіантів ІВС ПБТСД.....	198
5.4 Висновки .....	202
<b>ЛІТЕРАТУРА .....</b>	<b>203</b>

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА 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
БІПТ	Блок ідентифікації проходження тварини
БКВП	Блок керування ваговою платформою
БКЗТ	Блок керування зчитувачем транспондерів
БКПТ	Блок контролю присутності тварини
БКСВ	Блок керування селекційними воротами
БКЧУ	Блок керування чесальною установкою
БТСВМ	Біотехнічна система виробництва молока
БТСД	Біотехнічна система доїння
БУДМ	Блок управління дозатором молока
ВП	Вимірювальний перетворювач
ВС ПБТСД	Вимірювальна система параметрів ПБТСД
ЕГ	Еквівалентний генератор
ЗВ	Засіб вимірювання
ЗВКМ	Засіб вимірювання кількості молока
ЗВКШ	Засіб вимірювання кутової швидкості
ЗС	Засіб синхронізації
ЗТ	Зчитувач транспондерів
ІВС	Інформаційно-вимірювальна система
ІВС ДМВТФ	Інформаційно-вимірювальна система для доїльно-молочних відділень тваринницьких ферм
ІВС ЗПГТ	ІВС зоотехнічних параметрів груп тварин
ІВС ЗПГТПТ	ІВС зоотехнічних параметрів груп тварин та індивідуальних зоотехнічних параметрів тварин
ІВС ЗПТ	ІВС зоотехнічних параметрів тварин
ІВС ЗПТПРО	ІВС зоотехнічних параметрів тварин та параметрів роботи оператора
ІВС ПБТСД	Інформаційно-вимірювальна система параметрів біотехнічної системи доїння
ІВС ПБТСДДЕ	ІВС ПБТСД з діагностикою елементів БТСД
ІВС ПВО	Інформаційно-вимірювальна система параметрів вакуумного обладнання

ІВС ПДО	Інформаційно-вимірювальна система параметрів доїльного обладнання
ІВС ПСЕБТСД	ІВС параметрів усіх складових елементів БТСД
ІВС ПГЗО	Інформаційно-вимірювальна система параметрів гноєзбирального обладнання
ІВС ПОО	Інформаційно-вимірювальна система параметрів охолоджувального обладнання
ІВС ПСМ	Інформаційно-вимірювальна система параметрів сирого молока
ІВС ПТО	Інформаційно-вимірювальна система параметрів технологічного обладнання
К	Клавіатура
КІВС ПБТСД	Комбіновані ІВС ПБТСД
КП	Комутаційний пристрій
ЛПМ	Лічильник порцій молока
МАЕ	Магнітоактивний елемент
ПБТСД	Параметри біотехнічної системи доїння
САК ПБТСД	Системи автоматичного контролю параметрів БТСД
САУТФ	Система автоматичного управління тваринницькою фермою
СКВ	Середньоквадратичне відхилення
УП	Узгоджувальний пристрій

## ВСТУП

Молочне тваринництво є однією з найбільш складних та трудомітких галузей сільськогосподарського виробництва. Його основу складає комплекс взаємозв'язаних процесів та операцій, які утворюють системи і технології утримання тварин та виробництва сирого молока. Спеціалізація та концентрація молочного скотарства, а також збільшення випуску відповідної техніки, за останнє десятиріччя забезпечили певне підвищення технологічного рівня тваринницьких ферм та валового виробництва молока. Але, на жаль, суттєвого збільшення продуктивності праці та продуктивності тварин не досягнуто. У теперішній час, на більшості молочних ферм України та пострадянських країн, рівень механізації в середньому не перевищує 60–65 %, що значно збільшує собівартість сирого молока. Закупівельні ціни на молоко є необґрунтовано низькими, що робить виробництво молока наближеним до збиткового. При сучасному стані виробництва молока, в умовах незадовільно розвинутої механізації та автоматизації, ступінь підвищення продуктивності праці в одиницях виробленої продукції, при використанні традиційних технологій утримання, годівлі, обліку та доїння, досягнув свого максимального значення. Внаслідок недостатнього рівня 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 та комплексів. Виходячи з цього, перехід молочного господарства на більш ефективну технологічну основу є важливою та невідкладною проблемою. Зниження собівартості виробництва молока та підвищення вимог до його якості потребує невідкладного впровадження нових технічних засобів та модернізації існуючих. Застарілі суб'єктивно-візуальні, інтуїтивно-логічні та евристичні методи контролю та управління технологічними та виробничими процесами не дозволяють забезпечити високу економічну ефективність виробництва та використати усі його потенційні можливості. Як свідчить закордонний досвід, для широкого впровадження системної автоматизації, централізації управління тваринницькою фермою, роботизації технологічних процесів, необхідна принципова зміна організаційно-технічних та технологічних форм управління та підходів до проектування технологічного обладнання. В напрямку розвитку технології та технічних засобів машинного доїння, автоматизації технологічних процесів у доїльно-молочних відділеннях тваринницьких ферм, працювали та продовжують працювати провідні українські вчені



М. М. Луценко, В. О. Дріго, Є. І. Адмін, В. Т. Дмитрів, Л. П. Ліщинський, І. І. Ревенко, В. М. Сиротюк, А. І. Фененко, та відомі закордонні вчені Ю. А. Цой, Е. Б. Білібін, Л. П. Карташов, И. Н. Краснов, В. Ф. Ужик, D. J. Reinemann, G. A. Mein, S. V. Spencer, та інші. Важливою складовою процесу підвищення інтенсифікації та ефективності виробництва молока є удосконалення та впровадження інформаційно-вимірювальних технологій. У багатьох випадках впровадження сучасних наукоємних інформаційно-вимірювальних та автоматизованих інформаційно-аналітичних систем є найважливішим фактором, який забезпечує високі економічні показники підприємства. Вказані системи, як правило, 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. На основі отриманої інформації вирішуються завдання обліку, контролю, та планування зоотехнічних та ветеринарних заходів, доїння, функціонування обладнання та якості роботи доярів, здоров'я окремих тварин та стада в цілому, відтворення стада, руху тварин, здійснюється аналіз структури та фізіологічного стану стада. 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. Таким чином, основним завданням використання інформаційно-вимірювальних та автоматизованих інформаційно-аналітичних систем 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 інформаційно-вимірювальних та автоматизованих інформаційно-аналітичних систем, з метою покращення їх характеристик, є важливим та актуальним завданням.

Автор вважає своїм обов'язком висловити подяку д. т. н., професору кафедри «Метрологія та промислова автоматика» Вінницького національного технічного університету, В. Ю. Кучеруку, та головному конструктору ТДВ «Брацлав», заслуженому машинобудівнику України, лауреату Державної премії України в галузі науки і техніки В. О. Дріго, за підтримку та надані в процесі підготовки монографії важливі зауваження та пропозиції.

# 1 СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ БТСД

## 1.1 Особливості функціонування БТСД

Виробництво коров'ячого молока це біотехнічна система, до складу якої входить набір машин, технологій, груп тварин та колективів операторів. До складу таких систем можуть включатися не лише технічні та біологічні об'єкти, а і деякі абстрактні елементи, такі як організація і управління технологічними процесами.

Під біотехнічною системою виробництва молока (БТСВМ) в подальшому розуміється сукупність біологічних та технічних об'єктів, які взаємозв'язані між собою, впливають один на одного, та забезпечують процес виробництва молока. До складу БТСВМ входять тварини та люди, що задіяні у процесі виробництва молока, доїльно-молочні відділення, родильні відділення та відділення для сухостійних тварин, відділення для молодняка, устаткування для виробництва та транспортування кормів та кормових добавок, відповідна транспортна та сільськогосподарська інфраструктура, ветеринарні відділення та засоби, доїльне обладнання, устаткування для первинної обробки молока, вакуумне, гноєзбиральне та гноєпереробне обладнання, інші об'єкти.

Процес отримання молока здійснюється у доїльно-молочному відділенні тваринницької ферми, на частку цього процесу припадає до 70 % затрат людської праці. У відповідності з роботою [1], у якій проведено розробку зоотехнологічних основ функціонування біотехнічних систем доїння і напрямків їх удосконалення, найбільш відповідальним у технології виробництва молока є процес взаємодії людини, молочних тварин та доїльних машин, за допомогою якого забезпечується отримання кінцевого продукту. Цей процес уявляє собою біотехнічну систему доїння (БТСД), до складу якої входить людина, доїльна машина та тварина. У БТСД технічні і технологічні ланки вступають у пряму взаємодію з біологічними об'єктами, схему їх взаємодії наведено на рис. 1.1.

В межах БТСД одночасно реалізується декілька завдань. БТСД повинна створювати такі умови функціонування, які б дозволили тварині реалізувати свій генетичний потенціал і забезпечити високу продуктивність протягом усього періоду експлуатації. Для цього БТСД повинна бути максимально фізіологічною щодо тварин і забезпечува

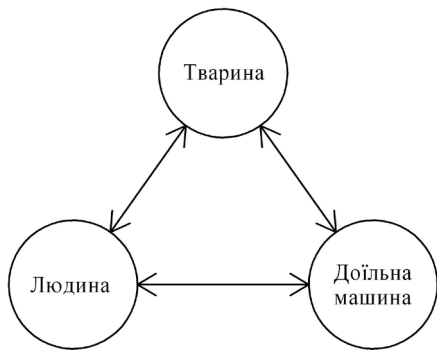


Рисунок 1.1 – Схема взаємодії складових елементів БТСД

ти повноцінну реалізацію рефлексу молоковіддачі. Основне завдання БТСД зводиться до забезпечення якісного видоювання корів.

Рівень ефективності функціонування БТСД в цілому залежить від її складових елементів: доїльної машини, тварини, людини, а також від їх взаємозв'язку. Три вищевказаних складових елементи БТСД можна розглядати як її підсистеми. Кожна з підсистем, у свою чергу, включає низку елементів, до яких 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. Ефективне функціонування БТСД в цілому залежить від відповідності окремих підсистем фізіологічним потребам тварин і якості взаємозв'язків між ними. Внаслідок взаємодії підсистем, вихідні параметри БТСД в певній мірі характеризують стан кожної з них. Також вихідні параметри кожної окремої підсистеми характеризують стан інших підсистем, що входять до складу БТСД.

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 дуже важливих і в той же час трудомістких технологічних операцій, пов'язаних з підготовкою тварин до доїння, підключенням доїльних апаратів, проведення додоювання тварин, зніманням доїльних апаратів. Важливий вплив на якісні характеристики роботи оператора машинного доїння має також комплексний показник ергономічності доїльної установки.

В БТСД 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 систем конт-

ролю за процесом доїння, призводить до систематичних порушень технологічного процесу, зниження секреторної функції молочної залози, високого рівня захворюваності тварин маститом, зниження якості молока і погіршення санітарного стану дійкової гуми, суттєвого збільшення бактеріальної заплідненості молока.

Ефективність функціонування БТСД, 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 постійних порушень технологічного процесу доїння. Високопродуктивні тварини практично за всіма показниками придатності до машинного доїння виходять за рамки існуючих вимог. Наявність у стаді таких тварин також призводить до порушень технологічного процесу. Тільки використання спеціалізованих доїльних установок для високопродуктивних тварин може вирішити цю проблему. Для забезпечення ефективного функціонування БТСД необхідна спрямована селекційна робота із створення однорідних стад тварин с високими адаптаційними можливостями і придатних до машинного доїння.

БТСД, внаслідок її багатовимірності, внутрішніх зв'язків, змінних умов, нестабільності режимів, вимагає високого рівня досконалості. Практика виробництва молока свідчить, що існуючі системи доїння та технічні засоби, не завжди забезпечують високоякісне виконання технологічного процесу і адекватного взаємозв'язку між підсистемами БТСД, є недостатньо ефективними і потребують подальшого удосконалення. Підвищення ефективності тваринницьких ферм потребує оптимізації варіантів взаємодії чинників «людина–машина–тварина» у різних системах доїння, удосконалення технології доїння, доїльних установок та апаратів, засобів вимірювання (ЗВ) та контролю параметрів технологічного процесу виробництва молока.

Сучасні тваринницькі ферми з великою кількістю тварин та їх доїльно-молочні відділення потребують впровадження технічних рішень, котрі дають можливість відслідковувати розвиток кожної тварини і оптимально керувати процесом її утримання. Системи автоматичного управління тваринницькою фермою (САУТФ) в автоматичному режимі забезпечують комплексне управління технологічним процесом виробництва молока, оптимізацію продуктивності тварин, здоров'я стада, репродуктивної здатності стада, годівлі, ефективністю 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. Використання САУТФ забезпечує ефективне управління стадом та тваринницькою фермою в цілому. Невід'ємною складовою сучасних САУТФ є ЗВ та контролю параметрів різноманітних технологічних процесів, які є складовою частиною процесу виробництва молока. Серед таких засобів особливо важливу роль відіграють інформаційно-вимірювальні системи (ІВС). Якість забезпечення взаємозв'язку між підсистемами БТСД, в значній мірі залежить від метрологічних характеристик інформаційно-вимірювальних систем параметрів біотехнічної системи доїння (ІВС ПБТСД), яка, як правило, є складовою частиною САУТФ. Виходячи з цього, подальший розвиток теорії таких систем, покращення їх метрологічних та інших технічних характеристик, є важливим та актуальним завданням.

## **1.2 Класифікація інформаційно-вимірювальних систем для доїльно-молочних відділень тваринницьких ферм**

Інформаційно-вимірювальні системи для доїльно-молочних відділень тваринницьких ферм (ІВС ДМВТФ) призначені для отримання вимірювальної інформації про параметри технологічних процесів у доїльно-молочних відділеннях тваринницьких ферм, необхідного перетворення цієї інформації, її обробки, представлення у необхідному вигляді, автоматичного здійснення функцій контролю, діагностики, ідентифікації. В більшості випадків ІВС ДМВТФ є складовою частиною сучасних САУТФ, або працюють у комплексі з ними, але у деяких випадках можуть використовуватися автономно. За допомогою вищевказаних систем здійснюється загальний облік удою на фермі, визначаються параметри молока, вимірюються та контролюються зоотехнічні параметри тварин, здійснюється вимірювання та контроль необхідних параметрів технологічного обладнання та параметрів технологічних процесів, виконуються інші необхідні операції.

У теперішній час, в спектрі продукції усіх основних світових виробників доїльного обладнання присутні САУТФ та ІВС ДМВТФ. Такі системи пропонує вітчизняний виробник ТДВ «Брацлав» [2, 3], шведська компанія «DeLaval» [4, 5], німецькі компанії «GEA» [6–11] та «Impulsa AG» [12], ізраїльські компанії «Afimilk» [13, 14] та «S.C.R.» [15, 16], російська компанія «Фемакс» [17, 18], американська компанія «Boumatic» [19–21], італійська компанія «Panazoo» [22, 23],

датська компанія «SAC» [24], голландська компанія «Lely» [25], інші виробники. На рис. 1.2 наведено розроблену на основі аналізу продукції світових виробників доїльного обладнання класифікацію ІВС ДМВТФ [26, 27].

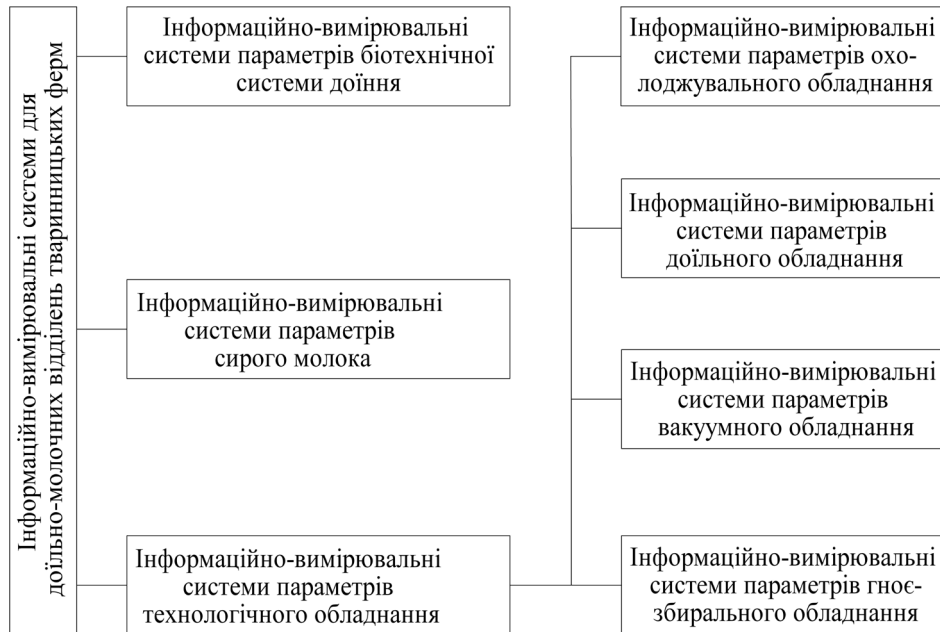


Рисунок 1.2 – Класифікація ІВС ДМВТФ

У відповідності з рис. 1.2, ІВС ДМВТФ поділяються на три групи. До першої групи відносяться ІВС ПБТСД, за допомогою цих систем забезпечується автоматичне вимірювання та контроль усього комплексу зоотехнічних параметрів тварин, параметрів, які характеризують якість роботи обслуговуючого персоналу ферми, параметрів технологічного процесу отримання молока, які необхідні для аналізу якості функціонування БТСД [28–30].

На основі результатів вимірювання та контролю вищевказаних параметрів здійснюється ефективне управління стадом та тваринницькою фермою в цілому. ІВС ПБТСД використовуються у технологічному процесі виробництва молока при усіх способах утримання тварин та усіх видах доїльних установок, що підвищує ефективність молочного господарства [31].

До другої групи відносяться ІВС параметрів сирого молока (ІВС ПСМ). Вони використовуються як виробниками, так і покупцями молока для контролю його якості в процесі отримання та приймання готового продукту. За допомогою ІВС ПСМ вимірюються або контролюються такі параметри молока: жирність, процентний вміст

соматичних клітин, густина, в'язкість, рН, процентний вміст білку, процентний вміст лактози, температура, вміст води, вміст солі, температура замерзання, бактеріальна заплідненість, іноді деякі інші параметри [32].

До третьої групи відносяться ІВС параметрів технологічного обладнання (ІВС ПТО). Вони в свою чергу поділяються на ІВС параметрів гноєзбирального обладнання (ІВС ПГЗО), ІВС параметрів вакуумного обладнання (ІВС ПВО), ІВС параметрів доїльного обладнання (ІВС ПДО), ІВС параметрів охолоджувального обладнання (ІВС ПОО).

За допомогою ІВС ПГЗО вимірюються або контролюються параметри, необхідні для забезпечення роботи гноєзбирального обладнання. На сучасних фермах, як правило, використовуються скреперні гноєзбиральні системи. Для забезпечення їх роботи необхідно здійснювати вимірювання лінійного зміщення скребка відносно початкового положення. У холодну пору року скребок може примерзнути до підлоги, для запобігання цьому здійснюється вимірювання температури підлоги, при її зниженні до  $+1^{\circ}\text{C}$  забезпечуються періодичні антипримерзальні рухи скребка. Для калібрування скреперної системи, компенсації зміни довжини троса, реалізації алгоритму усунення перешкод, здійснюється вимірювання середнього струму споживання привідного електродвигуна. Окрім цього, здійснюється вимірювання поточного часу з метою забезпечення періодичного запуску гноєзбиральної системи [33].

При використанні ІВС ПВО, на основі результатів вимірювання струму споживання у кожній фазі, фазних напруг, температури обмоток, кутової швидкості обертання, здійснюється автоматичний контроль технічного стану основного та резервного електродвигунів вакуумної установки, вимірюється розрідження у різних місцях вакуумпроводу. Результати вимірювання розрідження використовуються системою автоматичного управління вакуумом з метою управління кутовою швидкістю електродвигунів для підтримання оптимального значення розрідження у вакуумпроводі [2, 34].

ІВС ПДО призначені для вимірювання та контролю комплексу параметрів доїльного обладнання, який залежить від типу доїльної установки та типу доїльних апаратів. До параметрів доїльного обладнання відносяться шпаруватість, амплітуда, частота, тривалість, співвідношення тактів, тривалість перехідних процесів та фронтів пульсуючого вакууму у доїльних стаканах доїльних апаратів. Також ці системи здійснюють автоматичний контроль технічного стану та діагностику

вакуумпроводу, 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 доїльної установки, рівня молока у молокоприймальній ємності, деяких інших, специфічних для кожної доїльної установки параметрів [28].

Невід'ємною складовою частиною процесу виробництва молока є його охолодження. Завдяки зниженню температури створюються умови, при яких стримується розвиток мікроорганізмів. Внаслідок цього якість молока та його властивості зберігаються протягом тривалого часу [35, 36]. За допомогою ІВС ПОО здійснюється вимірювання та контроль рівня, температури та ваги сирого молока у охолоджувальних ємностях. На основі результатів цих вимірювань забезпечується контроль функціонування та управління роботою складових елементів охолоджувального обладнання. Окрім того, ІВС ПОО здійснюють контроль та діагностику технічного стану елементів охолоджувального обладнання на основі результатів вимірювання їх параметрів.

### 1.3 Особливості параметрів БТСД

Для конкретизації переліку вимірюваних та контрольованих параметрів БТСД, розглянемо основні положення нейрогормональної теорії лактації [28, 37]. На рис. 1.3 наведено схематичне зображення рефлекторної регуляції молоковиддачі у корів, а на рис. 1.4 – залежність, яка характеризує виведення молока з молочної залози.

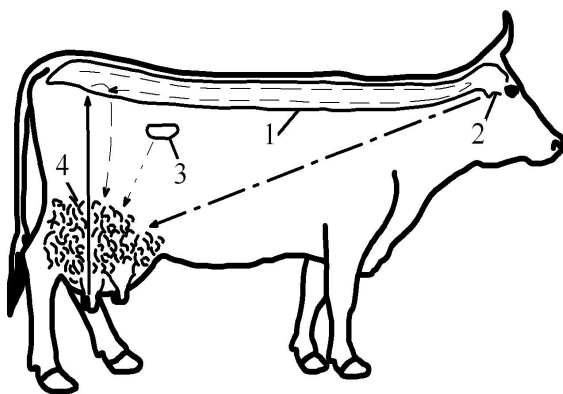


Рисунок 1.3 – Схема рефлекторної регуляції молоковиддачі у корів: 1 – спинний мозок; 2 – гіпофіз; 3 – наднирники; 4 – молочна залоза

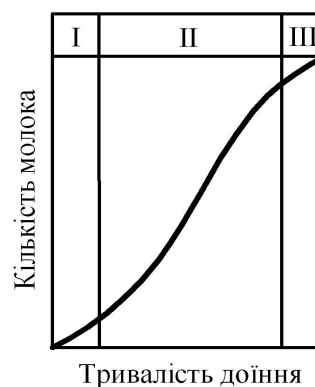


Рисунок 1.4 – Залежність, яка характеризує виведення молока з молочної залози



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. Уся історія розвитку машинного доїння пов'язана з дослідженням БТСД, різні аспекти та дослідження за цією тематикою розглянуті у роботах [1, 38–41].

Під час процесу доїння руки дояра або спеціальна дійкова гума доїльних стаканів доїльного апарата механічно діє на рецептори молочної залози, які знаходяться глибоко у тканинах дійки, особливо в їх основі. Внаслідок подразнення рецепторів чвертей вимені виникає нервово збудження, яке по волокнах зовнішнього сім'яного нерва досягає спинного мозку. В спинному мозку в поперековій частині нервовий сигнал, як наведено на рис. 1.3, 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, 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, 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. Тривалість латентного періоду протягом лактації збільшується, і на 6–7 місяці лактації триває більше однієї хвилини. 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 для важливого правила доїння: доїння повинно відбуватися так, щоб максимально використати дію рефлексу молоковіддачі. Окситоцин, не досягаючи з кров'ю вимені тварини, не викликає підвищення внутрішньовим'яного тиску, необхідного для виділення молока в процесі доїння. Високий рівень тиску у порожнинах молочної залози утримується протягом 1,5–2 хвилини, після чого поступово починає знижуватись. У відповідності з фізіологічними дослідженнями, виходячи із значення внутрішньоцистернального тиску,

лактаційний рефлекс у корів складає приблизно 4–5 хвилин. У середньому вважають, що 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, під час якої здійснюється додоювання. Для виникнення повноцінного рефлексу молоковіддачі, необхідний енергійний масаж вимені та сильні стискання дійок, тому що нервові закінчення закладені глибоко в шкірі дійки, а також у її слизовій оболонці та цистерні. Якість виконання цієї операції залежить від відповідальності оператора. На великих фермах при використанні високопродуктивних доїльних установок цей фактор може сильно впливати на продуктивність та виробництво молока в цілому.

Для оцінки якості виконання доярками своїх обов'язків, за допомогою сучасних ІВС ПБТСД здійснюється вимірювання та контроль низки параметрів, більшість з яких регламентуються стандартом [42]. Якість роботи доярів, певною мірою, характеризує тривалість роботи доїльної установки  $T_U$ , яка повинна знаходитись в межах, які залежать від статистичних характеристик стада або групи тварин, кількості доїльних апаратів, кількості тварин, алгоритму роботи доїльного апарата, типу доїльної установки, якості роботи дояра, інших факторів. Також робота доярів характеризується кількістю повторних під'єднань доїльних стаканів  $K_{PDS}$ , кількістю випадків холостих доїнь  $K_{HD}$  (доїльний апарат працює, а припуску молока немає), тривалістю холостих доїнь  $T_{HD}$ , кількістю відпадань доїльного апарата  $K_{DA}$ .

Тривалість доїння  $t_{TD}$  певним чином характеризує стан тварини. Якщо тривалість доїння конкретної тварини значно збільшилася у порівнянні з середнім значенням, це може свідчити про погану підготовку тварини до доїння доярем, або наявність стресового стану. Середнє значення тривалості доїння конкретної тварини змінюється протягом періоду лактації та визначається шляхом усереднення певної кількості результатів вимірювань [43].

Середня інтенсивність молоковіддачі  $I_{MS}$  також певним чином характеризує стан тварини, її визначають як відношення разового удою до тривалості доїння [44]. Якщо середня інтенсивність молоковіддачі конкретної тварини значно зменшилася у порівнянні з середнім значенням, це може свідчити про наявність маститу, або погану підготовку тварини до доїння, або наявність стресового стану. Середнє значення інтенсивності молоковіддачі конкретної тварини може

визначатися шляхом усереднення результатів багаторазових вимірювань.

Миттєве значення інтенсивності молоковіддачі  $I_{MV}$  контролюється протягом усього доїння з метою визначення моменту переходу до режиму додоювання та моменту закінчення доїння і автоматичного або ручного зняття доїльних стаканів. На рис. 1.5 наведено типовий графік залежності миттєвої інтенсивності молоковіддачі від часу протягом доїння без додоювання та з додоюванням [2, 3].

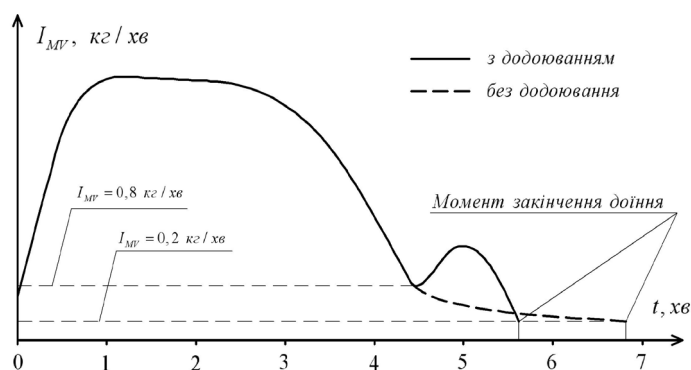


Рисунок 1.5 – Залежність миттєвої інтенсивності молоковіддачі від часу протягом доїння з додоюванням та без додоювання

При використанні доїльного апарата з функцією додоювання,

перехід до цієї фази відбувається при досягненні миттєвої інтенсивності молоковіддачі значення 0,8 кг/хв. Критерієм необхідності закінчення доїння є досягнення миттєвою інтенсивністю молоковіддачі значення 0,2 кг/хв. Слід відзначити, що середня щільність сирого молока складає від 1,026 г/см<sup>3</sup> до 1,034 г/см<sup>3</sup> [32]. Відповідно, виміряне у л/хв значення інтенсивності молоковіддачі, та виміряне у об'ємних одиницях значення удою, легко перераховується у кг/хв та кг.

Важливими параметрами БТСД, які характеризують якість роботи дояра, 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 кг/хв, а параметри  $I_{60}$  та  $I_{90}$  знаходяться в межах від 4 кг/хв до 11 кг/хв. Відхилення цих параметрів від норми свідчить про неякісну підготовку тварини до доїння, наявність у тварини стресового стану, можливу наявність маститу [28].

Важливим показником стану тварини та якості роботи дояра є латентний період. Для вимірювання латентного періоду необхідно визначити момент початку подразнення дійок, що на практиці зробити дуже важко. Тому вимірювання латентного періоду замінюють вимірюванням часу припуску молока  $T_p$ , який визначається як час після

початку доїння, за який удій тварини склав 100 г молока. В середньому, якщо тварина не тугодійна, не хвора, не знаходиться в стані стресу та якісно підготовлена доярцем до доїння, то протягом 20 с після початку доїння її мінімальний удій повинен складати 100 г молока [45]. Якщо час, за який було отримано 100 г молока, більший норми, це свідчить про стресовий стан тварини, який можливо виник внаслідок неякісної підготовки її до доїння.

Також одним з найважливіших параметрів БТСД є удій тварини. Розрізняють разовий удій  $V_R$  протягом одного доїння, добовий удій  $V_D$ , удій за період лактації  $V_L$ . 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 сучасних 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 [46, 47], якщо ранковий, денний, або вечірній удій менший на двадцять і більше відсотків аналогічного удою за попередній день, то це є ознакою неякісної підготовки тварини до доїння доярцем.

Чесальні установки широко використовуються у сучасних доїльно-молочних відділеннях тваринницьких ферм при безприв'язному утриманні тварин. Вони забезпечують підвищення комфорту тварини, збільшують середній добовий удій, зменшують стресовий стан тварини, зменшують втрати на лікування тварин та ремонт стійлового обладнання. Окрім того, правильне розташування чесальних установок, допомагає організувати оптимальний рух тварин у корівнику і сприяє їх природній поведінці [48]. Згідно з [49], в середньому тварина користується чесальною установкою від трьох до семи разів на добу. На основі аналізу результатів спостереження чесальної активності тварин протягом лактаційного періоду, для кожної тварини визначається норма користування чесальною установкою  $C_{\min} - C_{\max}$ . Суттєве збільшення чесальної активності свідчить про високу імовірність наявності у тварини шкірних захворювань, кліщів або стану «охоти», суттєве зменшення чесальної активності може бути ознакою захворювання тварини, її поганого стану, наявності стресу.

Температура тіла тварини є важливим показником її стану. З метою раннього розпізнавання хвороб необхідно контролювати ректальну температуру тіла тварини. Контроль температури здійснюється під час планових ветеринарних оглядів та під час знаходження тварини на доїльній установці. Результати контролю температури за допомогою

відповідних технічних засобів передаються до сервера ІВС ПБТСД. Дуже часто підвищення температури, або ж навпаки, її зниження – це перша ознака початку захворювання, яке можна розпізнати. Необхідним є проведення періодичних вимірювань температури всім коровам в перші 7 днів після отелення. Доцільним є також періодичний контроль температури протягом усього лактаційного періоду та сухостою. Нормальна температура тіла у великої рогатої худоби, так само як і у всіх теплокровних, порівняно постійна, і у дорослої тварини знаходиться в діапазоні від  $T_{\min} = 38\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $T_{\min} = 39\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Але інколи у повністю здорових тварин показники можуть бути трохи вищими або нижчими вказаної норми, підвищеною вважається температура більша  $39\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Тварина віддає тепло через пониження кровообігу в шкірі, виділення тепла також підвищується завдяки більш інтенсивному обміну речовин і можливому тремтінню м'язів. Підвищення температури спричиняють ендогенні або екзогенні речовини, так звані пірогени. Вони виробляються в організмі у відповідь на різні стимули, найчастіше це інфекції або запалення. Екзогенні пірогени представлені в основному мікроорганізмами, їх токсинами і продуктами життєдіяльності. Зниження температури не завжди означає одужання. Так, у випадку колімастити температура може як підвищуватися, так і знижуватися. Хронічні запалення (наприклад, запалення шкіри живота при пошкодженні чужорідним тілом) часто проходять без підвищення температури. Найчастіше, причиною підвищення температури в період після отелення, є післяотельна інтоксикація. Вона виникає, коли в матці починається розклад бактеріями плодової оболонки і навколоплідних вод. Такий стан часто спостерігається разом з затримкою посліду, субклінічною нестачею кальцію, нестачею селену, а також ускладненням під час отелення. Друга причина, яка найчастіше є причиною підвищення температури, це мастити. Причини маститу – незадовільна гігієна корівника та доїння, а також незадовільна організація годівлі. При порушенні загального стану і підвищенні температури потрібне швидке і ефективне лікування для того, щоб уникнути подальшого спаду продуктивності або ж втрати тварини [49, 50].

Вага тварини  $M_T$  є важливим параметром тварини, який підлягає періодичному контролю. Корів необхідно зважувати з таких причин. Продуктивна і репродуктивна здатність молочної корови під час лактації визначається її станом під час сухостійного періоду і періоду після отелення. Високопродуктивним коровам на перехідній стадії після отелення потрібно більше енергії, ніж вони споживають для виробітку

молока і підтримки маси тіла. Тому їх енергетичний баланс може стати від'ємним, а отже, підвищується ризик метаболічних порушень і взагалі проблем зі здоров'ям. Зазвичай вага і енергетичний баланс корови починають відновлюватися через 30–40 днів після отелення. Якщо це не відбувається, виникає загроза порушення удою і репродукції. Тому дуже важливо контролювати зміну стану тіла 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 ваги після отелення, визначати втрати або приріст ваги протягом сухостійного періоду, оцінювати споживання сухих речовин, проводити моніторинг стресів та проблем зі здоров'ям, проводити ретроспективний аналіз змін в харчуванні [49, 50].

У теперішній час мастит є однією з найбільших проблем молочного скотарства у багатьох країнах світу. Внаслідок захворювання на мастит 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 [51]. При виникненні маститу змінюється цілий комплекс параметрів сирого молока, в тому числі його електропровідність. У відповідності з [52], коефіцієнт кореляції між електропровідністю та вмістом кальцію у сирому молоці складає  $\rho = -0,650$ , між електропровідністю та вмістом фосфору  $\rho = -0,479$ , між електропровідністю та вмістом калію  $\rho = -0,543$ , між електропровідністю та вмістом натрію  $\rho = 0,785$ , між електропровідністю та рН  $\rho = 0,680$ , між електропровідністю та жирністю  $\rho = -0,642$ , між електропровідністю та вмістом лактози  $\rho = -0,766$ , між електропровідністю та кількістю соматичних клітин  $\rho = 0,764$ . Найбільший вплив на збільшення значення електропровідності молока мають іони хлоридів та натрію, концентрація яких при маститах збільшується [32, 53–55]. Виходячи з цього, шляхом вимірювального контролю значення однієї тільки електропровідності, можна з доволі високим ступенем вірогідності діагностувати мастит, в тому числі на початкових стадіях. Вимірювальний контроль електропровідності молока відрізняється простотою, достатньою точністю отриманих результатів, вірогідно відображає процеси, які відбуваються у молочній залозі. Внаслідок цього, у теперішній час найбільш розповсюдженим способом автоматичного виявлення маститу є вимірювальний контроль електропровідності сирого молока під

час процесу його отримання [56–61]. При збільшенні температури електропровідність молока лінійно збільшується [32, 62, 63]. Таким чином, із зміною температури молока змінюються межі допустимого значення електропровідності. Виходячи з цього, вимірювальний канал електропровідності повинен бути термокомпенсованим, або разом з електропровідністю необхідно вимірювати температуру молока з метою внесення відповідної поправки до меж допуску [64]. Для виявлення чверті вимені, яка вражена маститом, вимірювальний контроль електропровідності часто здійснюють для кожної чверті вимені окремо. Зменшення електропровідності молока нижче мінімально допустимого значення може свідчити про фальсифікацію результатів удою персоналом ферми шляхом розбавлення молока водою, що дуже часто зустрічається на фермах з прив'язним утриманням тварин. Отримані результати ставляться у відповідність стадному номеру тварини та передаються до сервера ІВС ПБТСД. Окрім того, як правило у ІВС ПБТСД передбачена можливість введення інформації про результати ручної планової перевірки на мастит за допомогою хімічних або інших засобів.

При фальсифікації доярами результатів удою, окрім зменшення електропровідності молока, збільшується абсорбція світлового потоку, особливо у інфрачервоній ділянці спектру [32]. Для виявлення таких фактів, особливо при прив'язному утриманні тварин, у ІВС ПБТСД на стійлових доїльних установках використовують відповідні засоби вимірювального контролю.

Активність є важливим параметром тварини, який визначається як середнє значення кількості її рухів протягом певних часових проміжків [65]. Активність під час стадії збудження є вірогідно вищою, ніж під час стадії гальмування та зрівноважування статевого циклу. На основі результатів вимірювального контролю активності тварин визначають оптимальний час їх осіменіння [66]. У відповідності з [67], при відсутності автоматичного контролю активності за допомогою відповідних технічних засобів, від 6 до 20 % тварин осіменяється поза межами оптимального часу, за повторного осіменіння – від 8 до 19 % тільних тварин осіменяється поза межами оптимального часу [68]. Ця обставина зумовлена неповноцінним проявом ознак стадії збудження під час статевого циклу [67], скороченням часу та синхронного прояву охоти у високопродуктивних тварин [69], обмеженням візуального контролю з боку обслуговуючого персоналу за безприв'язного утримання [66]. Наслідком цього є збільшення розмірів неплідності та економічні збитки скотарського підприємства. Зменшення активності

тварини є ознакою поганого самопочуття, яке може бути зумовлено захворюванням, травмою, або стресовим станом. Вимірювальний контроль активності тварин здійснюється за допомогою відповідних технічних засобів, які, як правило, реалізовані на основі гіроскопічних первинних вимірювальних перетворювачів (ВП) та інтегровані до активних транспондерів. В більшості випадків, виміряне значення активності порівнюється з нормою, яка залежить від методу вимірювання, способу утримання тварин, фізіологічних параметрів тварини або групи тварин, інших факторів. Іноді норму активності встановлюють окремо для кожної тварини на основі результатів спостережень протягом певного періоду під час стадії гальмування та зрівноважування статевого циклу. Вимірювальна інформація про активність тварини передається до сервера ІВС ПБТСД під час підготовки тварини до доїння або під час доїння, отримані результати ставляться у відповідність стадному номеру тварини. Окрім того, доїльні установки як правило обладнані технічними засобами, які забезпечують введення інформації про стан охоти у тварини в ручному режимі. Ця інформація вводиться обслуговуючим персоналом доїльно-молочного відділення ферми та отримується на основі результатів візуального спостереження за тваринами. У відповідності з [70–74], при використанні автоматичного контролю активності тварин вдається виявити від 60 до 99 % тварин, які знаходяться в стані охоти.

Румінація (жувальна діяльність або активність) є важливим показником стану здоров'я тварини. Зміни румінації є ознакою виникнення змін у її системі травлення [75]. Чим раніше отримується інформація про проблеми у системі травлення тварини, тим менше витрат буде потрібно на її лікування [76, 77]. Сучасними дослідженнями встановлено, що понад 40 % дійного стада після отелення потенційно є групою ризику за різноманітними ускладненнями, зумовленими порушеннями системи травлення. Наявність постійного надходження інформації про рівень румінації у тварин сприяє ранній діагностиці потенційних проблем здоров'я, забезпечує моніторинг ефективності лікування тварин у стаді, дозволяє своєчасно виявляти можливі проблеми у годівлі тварин. Про значний зв'язок румінації з показниками продуктивності тварин та станом їх здоров'я свідчать дослідження, наведені у [78–81]. Значне зменшення жувальної активності відносно нормального для тварини значення може свідчити про наявність певних захворювань або стресового стану. Збільшення жувальної активності може бути ознакою стану «охоти» у тварини. Румінація, визначається тільки при використанні активних транспондерів, до яких



інтегрований відповідний ЗВ. До складу транспондера з ЗВ румінації входить пам'ять для збереження результатів вимірювання, мікрофон, який жорстко закріплений на боковій частині шиї тварини, мікроконтролер з відповідним програмним забезпеченням, призначеним для обробки вихідного сигналу мікрофона для визначення тривалості і ритму жування тварини і інтервалів між відригуваннями [76, 81, 82]. Виміряне значення румінації порівнюється з нормою, яка може визначатися окремо для кожної тварини на основі результатів спостережень протягом певного періоду, або визначається на основі статистичних параметрів тварин. Вимірювальна інформація про румінацію тварини передається до сервера ІВС ПБТСД під час підготовки тварини до доїння або під час доїння.

Оцінка стану тварини на основі результатів вимірювання одного параметра БТСД має відносно низьку достовірність внаслідок наявності великої кількості факторів, які впливають на його значення. У відповідності з [83–87], відхилення стану тварини від норми супроводжується одночасною зміною певної кількості параметрів БТСД. На рис. 1.6, для прикладу, наведені типові експериментальні залежності добового удою та електропровідності молока, від дня лактації, при виникненні маститу [14]. Як випливає з рис. 1.6, майже одночасно із збільшенням електропровідності значно зменшується добовий удій. Експериментальне виявлення цих двох факторів свідчить про наявність у тварини початкових стадій маститу з достатньо високим ступенем імовірності. Але остаточний висновок можна зробити тільки після проведення відповідних лабораторних досліджень проб молока та секретів вимені. При використанні безперервного моніторингу параметрів БТСД можливе вчасне виявлення низки хвороб та відхилень стану тварин від норми, внаслідок чого значно зменшуються витрати на лікування тварин, знижується ризик зменшення їх продуктивності.

У більшості ІВС ПБТСД здійснюється вимірювання та

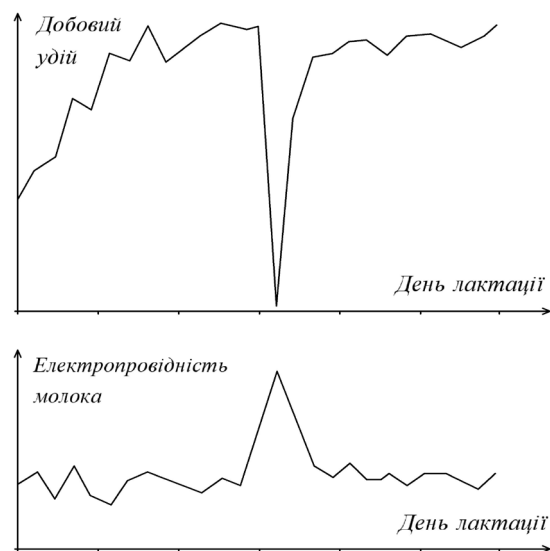


Рисунок 1.6 – Типові експериментальні залежності добового удою та електропровідності молока від дня лактації при виникненні маститу

контроль параметрів БТСД, які стосуються певних груп тварин. До таких параметрів, відносяться: загальна кількість отриманого молока  $V_S$ ; загальний удій певної групи тварин  $V_G$ ; удій, отриманий кожним доярем  $V_D$ ; загальний удій отриманий у доїльному станку  $V_{ST}$ ; тривалість роботи установки  $T_U$ ; середній удій тварини у групі або стаді за добу  $V_{SD}$ ; середній удій тварини у групі або стаді за період лактації  $V_{SL}$ ; середній час доїння тварини у групі або стаді  $t_{DS}$ ; параметри сирого молока, яке отримано від групи тварин.

Також у багатьох ІВС ПБТСД відбувається вимірювання та контроль параметрів доїльної машини, яка є складовим елементом БТСД. До таких параметрів відносяться характеристики пульсуючого вакууму у доїльних стаканах доїльних апаратів, параметри, які характеризують технічний стан пульсатора, параметри, які характеризують положення маніпулятора та доїльних стаканів.

#### **1.4 Узагальнена структурна схема ІВС ПБТСД**

В переважній більшості випадків ІВС ПБТСД є одним з найважливіших елементів ІВС ДМВТФ та САУТФ, вони мають такі особливості [29, 30, 84]. Потоки вимірювальної інформації у ІВС ПБТСД мають випадковий характер, характеристики інформаційних потоків в значній мірі визначаються типом доїльної установки, об'єм вимірювальної та допоміжної інформації у ІВС ПБТСД відносно невеликий, тому не виникає необхідності у використанні швидкодійних інтерфейсів для обміну даними. Найбільш важливими параметрами інтерфейсу, у цьому випадку, є його надійність, життєздатність та завадостійкість, тому що робота ІВС ПБТСД здійснюється в умовах високого рівня промислових завод та великої імовірності механічних пошкоджень елементів системи. За допомогою ІВС ПБТСД здійснюється вимірювання та контроль комплексу різноманітних та різнорідних параметрів БТСД. На основі результатів вимірювального контролю та вимірювання параметрів БТСД може бути виявлено та встановлено підозри на захворювання тварин, виявлено їх стресовий стан, проведено оцінку якості підготовки доярем тварин до доїння, проведено комплексну оцінку якості роботи персоналу ферми, проведено аналіз якості селекційної підібраності стада або груп тварин. Іноді параметри тварин, які вимірюються або контролюються за допомогою ІВС ПБТСД, не є індивідуальними параметрами. У деяких випадках вони відносяться до певної групи тварин, склад якої залежить від типу доїльної установки.

## ЛІТЕРАТУРА

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. Технологии и оборудование для животноводства ВАТ «Брацлав» / Рекламний проспект. – 2010. – 27 с.
3. ПАТ «Брацлав» / ПАТ «Брацлав». – Режим доступу : <http://bratslav.com>.
4. DeLaval / Tetra Laval Group. – Режим доступу : [www.delaval.com](http://www.delaval.com).
5. DeLaval. Системы доения для развития ферм. Увеличивая производительность. Рекламный проспект. / Tetra Laval Group. – 2014. – 23 с.
6. GEA Group / GEA Westfalia Separator Group – Режим доступу : [www.westfalia-separator.com](http://www.westfalia-separator.com).
7. GEA Group / GEA Farm Technologies – Режим доступу : [www.gea-farmtechnologies.com](http://www.gea-farmtechnologies.com).
8. Система управления DairyManagementSystem 21. Информационный помощник с новой системой управления воспроизводством. Рекламный проспект. / GEA Group. – 2013. – 15 с.
9. Продукты и системы для производства молока с повышенной эффективностью. Рекламный проспект. / GEA Group. – 2013. – 27 с.
10. GEA Group / WestfaliaSurge – Режим доступу : [www.westfalia.com](http://www.westfalia.com).
11. Dairyplan C21. Успішне управління стадом в ХХІ столітті. Рекламний проспект. / GEA Group. – 2013. – 15 с.
12. Impulsa AG / Impulsa AG. – Режим доступу : [www.impulsa-ag.de](http://www.impulsa-ag.de).
13. Afimilk / Afimilk – Режим доступу : [www.afimilk.com](http://www.afimilk.com).
14. S.A.E. Afikim. Компьютеризованные системы управления молочной фермой. Рекламный проспект. / Afimilk. – 2013. – 6 с.
15. S.C.R. / S.C.R. – Режим доступу : [www.scrdairy.com](http://www.scrdairy.com).
16. S.C.R. Precise dairy farming. Рекламный проспект. / S.C.R. – 2014. – 30 с.
17. Фемакс. Каталог оборудования для молочных ферм. Рекламный проспект. / Фемакс. – 2010. – 27 с.
18. НПП «Фемакс» / НПП «Фемакс» – Режим доступу : <http://viesh.ru/oborudovanie-dlya-molochnih-ferm/>

19. Boumatic / Boumatic – Режим доступу : [www.boumatic.com](http://www.boumatic.com).
20. Boumatic. Системы Xpressway Parallel Stall Systems. Когда вы используете лучшее. Рекламный проспект. / Boumatic. – 2012. – 6 с.
21. Boumatic. SmartDairy. Технология для получения качественного молока. Рекламный проспект. / Boumatic. – 2013. – 12 с.
22. Panazoo / Panazoo Italiana Srl. – Режим доступу : [www.panazoo.it](http://www.panazoo.it).
23. Panazoo. Products Guide 2014 Automation in Milking Systems. Рекламный проспект. / Panazoo Italiana Srl. – 2014. – 102 с.
24. Sac / Aktieselskabet S. A. Christensen & Co – Режим доступу : [www.sacmilking.com](http://www.sacmilking.com).
25. Lely / Lely Holding S.a.r.l. – Режим доступу : [www.lely.com](http://www.lely.com).
26. 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.
27. 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.
28. Цой Ю. А. Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм / Ю. А. Цой. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 424 с.
29. Automatic Milking Systems, Farm Size, and Milk Production / С. А. Rotz, С. U. Coiner, К. J. Soder // Journal of Dairy Science.– 2003. – V. 86, № 12. – P. 1605–1614.
30. De Koning С. J. А. М. Automatic milking: State of the art in Europe and North America / С. J. А. М. de Koning, J. Rodenburg, А. Meijering, Н. Hogeveen // A Better Understanding of Automatic Milking. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands. – 2004. – P. 27 – 35.
31. Каталог продуктов и услуг ДеЛаваль / 2011. – 372 с.
32. Тёпел, А. Химия и физика молока / А. Тёпел. – М. : Пищевая промышленность, 1979. – 623 с.
33. Цой Ю. А. Анализ и синтез транспортеров непрерывного действия / Ю. А. Цой, А. А. Мансуров // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. – №4. – С. 29–32.
34. Мжельский Н. И. Вакуумные насосы для доильных установок / Н. И. Мжельский. – М. : Машиностроение, 1974. – 152 с.

35. Больше мощности. Больше чистоты. Больше возможностей. Рекламный проспект. / GEA Group. – 2013. – 35 с.
36. Индивидуальные решения для Вашего растущего успеха. Рекламный проспект. / GEA Group. – 2013. – 59 с.
37. Куликов Л. В. Физиологические основы доения коров / Л. В. Куликов. – М. : Россельхозиздат, 1969. – 80 с.
38. Велиток И. Г. Технология машинного доения / И. Г. Велиток. – М. : Колос, 1975. – 256 с.
39. Краснов И. Н. Доильные аппараты / И. Н. Краснов. – Ростов : Ростовский университет, 1974. – 228 с.
40. Луценко М. М. Перспективні технології виробництва молока : монографія / М. М. Луценко, В. В. Іванишин, В. І. Смоляр . – К. : Видавничий центр «Академія», 2006. – 192 с.
41. Уиттлстоун В. Г. Принципы машинного доения / В. Г. Уиттлстоун. – М. : Колос, 1964. – 196 с.
42. BS ISO 5707:2007. Milking machine installations. Construction and performance. – 30 March 2007. – BSI. – 60 p.
43. Тверской Г. Б. Регуляция секреции молока / Г. Б. Тверской. – Л. : Наука, 1972. – 356 с.
44. 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.
45. Вальдман Э. К. Физиология машинного доения коров / Э. К. Вальдман. – М. : Колос, 1977. – 192 с.
46. Грачев И. И. Физиология лактации сельскохозяйственных животных / И. И. Грачев, В. П. Ланцев – М. : Колос, 1974. – 280 с.
47. Админ Е. И. Технология производства молока на промышленной основе / Е. И. Админ, Е. Н. Зюнкина, Б. А. Корсун – К. : Урожай, 1983. – 160 с.
48. DeLaval. Каталог сопутствующих товаров. Рекламный проспект. / Tetra Laval Group. – 2014. – 51 с.
49. 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.
50. Голиков А. Н. Новое в физиологии и нервной системе сельскохозяйственных животных / А. Н. Голиков, Е. И. Любимов – М. : Колос, 1977. – 110 с.

51. Пешук Л. В. Проблема маститу в стадах великої рогатої худоби молочного напрямку / Л. В. Пешук // Вісник аграрної науки. – 2001. – № 9. – С. 32–35.
52. 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.
53. Дмитриев Н. Г. Производство молока : справочник / Н. Г. Дмитриев, В. И. Мосийко, С. С. Брага. – М. : Агропромиздат, 1985. – 240 с.
54. 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.
55. 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.
56. Метатрон 21. Нове покоління. Високотехнологічний стрибок в доїльній техніці. Рекламний проспект. / GEA Group. – 2013. – 7 с.
57. 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.
58. 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.
59. 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.
60. 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, Wageningen : 2005. – P. 82–91.
61. 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, Wageningen : 2004. – P. 189–197.

62. 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.
63. 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.
64. 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.
65. Lovendah P. On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows / P. Lovendah, M. G. G. Chagunda // Journal of Dairy Science. – 2010. – V. 93. – № 1. – P. 249–259 .
66. 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.
67. Saumande J. Faut – Il reconsiderer le moment souhaitable de l'insemination au cours de l'estrus chez les bovins. Une revue des donnes de la literature / J. Saumande // Revue Med. Vet. – 2001. – V. 152. – № 11. – P. 755–764.
68. Sturman H. Importance of inseminating only cows in estrus. / H. Sturman, E. A. Oltenacu, R. H. Foote // Theriogenology. – 2000. – № 53. – P. 1657–1667.
69. Рекомендації з профілактики неплідності худоби / Г. В. Зверева, В. А. Яблонський, М. В. Косенко [та ін.]. – Львів, 2001. – 18 с.
70. 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 // J. Dairy Sci. – 2001. – №84(4). – P. 792–798.
71. Lewis G.S. Changes throughout estrous cycles of variables that might indicate estrus in dairy cows / G.S. Lewis, S.K. Newman // J. Dairy Sci. – 1984. – № 67(1). – P. 146–152.
72. 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 // J. Dairy Sci. – 1997. – № 80. – P. 1098–1105.
73. 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.

74. Филоненко А. И. Выбор времени осеменения коров и телок / А. И. Филоненко, Г. П. Дюльгер, В. В. Храмцов. – М. : Издательство МСХА, 1993. – 18 с.

75. Костенко В. І. Характер жуйки і рівень молочної продуктивності корів / В. І. Костенко, Ю. Ю. Баняс // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. : Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. – 2012. –Вип. 179. С. 18–23.

76. Моніторинг румінації – практичне застосування. Рекламний проспект. / S. C. R. – Режим доступу : <http://www.scrdairy.com/UsingMonitoring.asp>.

77. Огляд технології. Рекламний проспект. / Israeli Technological Incubator Program – Режим доступу : <http://www.vocaltag.com/technology.html>.

78. Christensen D. A. Eating and Feeding Behavior of Dairy Cows: Dietary Influences and Impact on Production / D. A. Christensen, M. Fehr ; Department of Animal and Poultry Science, University of Saskatchewan, 72 Campus Drive. – Saskatoon Canada. – 2009. – 11 p.

79. Dodo R. G. Nutrition, Feeding and Calves / R. G. Dodo, M. S. Allen ; Department of Animal Science Michigan State University East Lansing. – Michigan, 1994. – 13 p.

80. 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.] // American Dairy Science Association. – 2009. – 10 p.

81. 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. – 40 p.

82. Validation of a System for Monitoring Rumination in Dairy Cows / K. Schirmann, M.A.G. von Keyserlingk, D. M. Veira [et al.] // Freie University Berlin. – 2009. – 15 p.

83. Каталог продукции Afimilk / 2012. – 65 с.

84. 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.

85. 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.



86. 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.
87. 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.
88. 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.
89. International Committee for Animal Recording (ICAR) / ICAR. – Режим доступу : [www.icar.org](http://www.icar.org).
90. ISO 11784/85. Radio frequency identification of animals / International Standard Organization. – Режим доступу : <http://www.iso.org>.
91. 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.
92. Кулаков П. І. Класифікація систем ідентифікації тварин для доїльно-молочних відділень тваринницьких ферм / П. І. Кулаков // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах (ВОТТП–14–2015). – Одеса, 2015. – С. 134.
93. 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.
94. Allflex / Allflex USA Inc. – Режим доступу : <http://www.allflexusa.com>.
95. RFID Journal / RFID journal LLC. – Режим доступу : <http://www.rfidjournal.com>.
96. Domdouzis K. Radio–frequency identification (RFID) applications: A brief introduction / K. Domdouzis, B. Kumar, C. Anumba // Adv. Engineering Informatics. – 2007. – P. 350–355.
97. Radio Frequency Identification RFID – a basic primer / AIM International, Inc. white paper, 1998. – 56 p.

98. Bryant A.M. Performance of ISO 11785 low–frequency radio frequency identification devices for cattle / A. M. Bryant // M. S. Thesis, Kansas State Univ., Manhattan : 2007.

99. Bryant A. M. Variation in performance of electronic cattle ear tags and readers / A. M. Bryant, D. A. Blasi, B. B. Barnhardt [et al] // Kansas State University, Beef Cattle Research, Report of Progress, 2006. – 978 p.

100. 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.

101. 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.

102. Read rate on two multi–panel RFID reader systems for use in beef cattle / J. Basarab, L. Erickson, J. Kopp [et al]// AAFRD New Initiative Fund, Project Number : 2005007, 2007. – 254 p.

103. 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.

104. 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.

105. DeLaval / Система управління фермой DelPro для прив'язного содержания животных – Режим доступу : <http://www.delaval.ru/Product-Information1/Management/Systems/Dairy-management-DelPro/>.

106. DeLaval / Ручное устройство считывания ННР – Режим доступу : <http://www.delaval.ru/Product-Information1/Management/Systems/DeLaval-hand-held-reader-HNR/>.

107. 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.

108. 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.

109. Artmann R. Sensor systems for milking robots / R. Artmann // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 1997. – V. 17, №1. – P. 19–40.
110. Laurs A. Studies of operating parameters in milking robots / A. Laurs, J. Priekulis, M. Puriņš // *Engineering for rural development*. – 2009. – № 3. – P. 38–42
111. Многобоксовая система. Рекламный проспект. / GEA Group. – 2013. – 47 с.
112. Де Монмоллен Н. Системы «человек–машина» / Н. Де Монмоллен. – М. : Мир, 1973. – 256 с.
113. 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.
114. DeMax и DemaTron. Универсал и ассистент для доильного зала. Рекламный проспект. / GEA Group. – 2013. – 11 с.
115. Кулаков П. І. Статистичні моделі тривалості машинного доїння / П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // *Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи)*. – Черкаси, 2015. – С. 301–302.
116. 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.
117. Тихонов В. И. Статистическая радиотехника / В. И. Тихонов. – М. : Радио и связь, 1982. – 624 с.
118. Тареева О. А. Поток животно́х на конвеерных доильных установках и модель продолжительности выдаивания / О. А. Тареева // *Вестник Нижегородского государственного инженерно–экономического института*. – 2011. – Т. 2, № 2 (3). – С. 183–193.
119. 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.
120. 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.
121. Билибин Е. Б. Методические рекомендации по технологическому расчету конвейерных доильных установок молочных ферм промышленного типа / Е. Б. Билибин. – М. : ВИЭСХ, 1977. – 32 с.

122. Викторова И. Н. Расчет некоторых параметров конвейерных доильных установок / И. Н. Викторова, Е. Н. Палецков // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1974. – № 4. – С. 19–21.

123. Билибин Е. Б. Методические рекомендации по технологическому расчету доильных установок «Елочка» молочных ферм промышленного типа / Е. Б. Билибин. – М. : ВИЭСХ, 1978. – 32 с.

124. 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.

125. 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.

126. Крашаков И. С. Производительность доильных установок «Карусель» / И. С. Крашаков // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1973. – № 10. – С. 24–28.

127. Королев В. Ф. Доильные машины / В. Ф. Королев. – М. : Машиностроение, 1969. – 280 с.

128. Закс Л. М. Статистическое оценивание / Л. М. Закс. – М. : Статистика, 1976, 107 с.

129. Хан Г. М. Статистические модели в инженерных задачах / Г. М. Хан, С. В. Шапиро. – М. : Мир, 1969, 396 с.

130. 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.

131. Новицкий П. В. Оценка погрешностей результатов измерений : произв. изд. / П. В. Новицкий, И. А. Зограф. – Л. : Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.

132. 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.

133. 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.

134. Цой Ю. А. Молочные линии животноводческих ферм и комплексов / Ю. А. Цой. – М. : Колос, 1982. – 222 с.

135. Кук Г. А. Процессы и аппараты молочной промышленности / Г. А. Кук. – М. : Пищевая промышленность, 1973. – 768 с.
136. Славин Р. М. Научные основы автоматизации производства в животноводстве и птицеводстве / Р. М. Славин. – М. : Колос, 1974. – 464 с.
137. Мельников С. В. Эксплуатация технологического оборудования животноводческих ферм и комплексов / С. В. Мельников, П. М. Роцин. – М. : Колос, 1980. – 288 с.
138. Карташов Л. П. Машинное доение коров / Л. П. Карташов / – М. : Колос, 1982. – 302 с.
139. Schon H. Automatisches melken (AMS) KTBL – Schriften – Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH Minster – Hiltrup / H. Schon, H. Pirkelman. – Darmstadt, 2002.
140. 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.
141. Кучерук В. Ю. Статистичні моделі тривалості машинного доїння на доїльних установках з прохідними станками / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков // Восточно–европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 5/4 (71). – С. 4–9.
142. 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.
143. Кузин Б. И. Организация поточного производства в условиях научно–технического прогресса машиностроения / Б. И. Кузин – Л. : Машиностроение, 1977. – 184 с.
144. 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.
145. Бабкин В. П. Механизация доения коров и первичной обработки молока / В. П. Бабкин. – М. : Агропромиздат, 1986. – 271 с.
146. 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.

147. 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.

148. Прохоров Ю. В. Теория вероятностей (Основные понятия. Предельные теоремы. Случайные процессы) / Ю. В. Прохоров, Ю. А. Розанов. – М. : Наука, 1973. – 495 с.

149. Кулаков П. І. Інформаційно-виміррювальна система параметрів доїння для доїльного залу з централізованою ідентифікацією тварин : / П. І. Кулаков, О. В. Андрусь // Інтегровані інтелектуальні робото-технічні комплекси (ІПТК–2015). – К., 2015. – С. 108–109.

150. Contactless Read / Write Transponder Using Low Power EEPROM Techniques / W. Buesser, J. Rudin, N. Nandra [et al] // ESSCIRC 96. – Switzerland, Neuchatel, September 17–19 th, 1996.

151. Finkenzeller K. RFID – Handbuch / K. Finkenzeller. – Munchen. : Hanser Verlag, 1st edition. – 1998.

152. Herter, E. Nachrichtentechnik / E. Herter, W. Lorcher. – Munchen : Hanser Verlag. – 1994.

153. Roz T. Using low power transponders and tags for RFID applications : / T. Roz, V. Fuentes // 6th Wireless Symposium. – USA, Santa Clara, 1998.

154. Кучерук В. Ю. Двоконтурна система радіочастотної ідентифікації тварин / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков // Виміррювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – № 2 (47). – С. 140–144.

155. Omron Industrial Automation / Omron Corporation. – Режим доступу : <https://www.ia.omron.com/products/family/407/>.

156. 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.

157. Радиотехнические системы : учеб. / под ред. Ю. М. Казаринова. – М. : – Сов. радио, 1968. – 496 с.

158. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы / С. И. Баскаков. – М. : Высш. шк., 1983. – 448 с.

159. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы. Часть II / И. С. Гоноровский. – М. : Сов. радио, 1967. – 327 с.

160. Фомин А. Ф. Помехоустойчивость систем передачи непрерывных сообщений / А. Ф. Фомин. – М. : Сов. радио, 1975. – 352 с.

161. Прикладные математические методы анализа в радиотехнике : учеб пособие / Ю. А. Евсиков, Г. В. Обрезков, В. Д. Разевиг [и др.] ; под общ. ред. Г. В. Обрезкова. – М. : Высш. школа., 1985. – 343 с.
162. Pallar LTD Co. & Musson Co. / Корпоративний сайт компаній «Паллар ЛТД» та «Муссон». – Режим доступу : [www.pallar.com.ua](http://www.pallar.com.ua).
163. Аксененко М. Д. Микроэлектронные фотоприемные устройства / М. Д. Аксененко, М. Л. Бараночников, О. В. Смолин. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 208 с.
164. 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.
165. Кучерук В. Ю. Фотоелектричне вимірювальне перетворення площа–напруга / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков [та ін.] // Оптико–електронні інформаційно–енергетичні технології. – 2014. – № 1 (27). – С. 139–145.
166. 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.
167. Носов Ю. Р. Оптроны и их применение / Ю. Р. Носов, А. С. Сидоров. – М. : Радио и связь, 1981. – 280 с.
168. Васильев А. М. Полупроводниковые фотопреобразователи / А. М. Васильев, А. П. Ландсман. – М. : Сов.радио, 1971. – 248 с.
169. Амброзьяк А. Л. Конструкция и технология полупроводниковых фотоэлектрических приборов. – М. : Сов. радио, 1971. – 128 с.
170. Полупроводниковые фотоприемники: ультрафиолетовый, видимый и ближний инфракрасный диапазоны спектра / И. Д. Анисимова, И. М. Викулин, Ф. А. Зайтов, Ш. Д. Курмашев. – М. : Радио и связь, 1984. – 216 с.
171. Everlight Americas Inc. / Everlight Americas Inc. – Режим доступу : <http://everlightamericas.com>.
172. Infineon Technologies AG / Infineon Technologies AG. – Режим доступу : <https://www.infineon.com>.
173. OPTeK – TT electronics Company / OPTeK – TT electronics Company. – Режим доступу : <http://optekinc.com>.
174. Hamamatsu Photonics / Hamamatsu Photonics. – Режим доступу : <http://www.hamamatsu.com>.

175. AMS–TAOS USA Inc. / AMS–TAOS USA Inc. – Режим доступа : <http://www.taosinc.com>.

176. Texas Instruments Incorporated / Texas Instruments Incorporated. – Режим доступа : <http://www.ti.com/bb>.

177. Справочник по приемникам оптического излучения / В. А. Волков, В. К. Вялов, Л. Г. Гассанов [и др.] ; под общ. ред. Л. З. Криксунова и Л. С. Кременчугского. – К. : Техніка, 1985. – 216 с.

178. Кузьмичев В. Е. Законы и формулы физики / В. Е. Кузьмичев. – К. : Наукова думка, 1989. – 864 с.

179. 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.

180. Калниболотский Ю. М. Проектирование электронных схем / Ю. М. Калниболотский, В. С. Рысин. – К. : Техніка, 1976. – 144 с.

181. Залманзон Л. А. Микропроцессоры и управление потоками жидкости и газа / Л. А. Залманзон. – М. : Наука, 1984. – 320 с.

182. 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.

183. 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.

184. 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.

185. 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.

186. 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.

187. 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 ; заяв. 17.05.1981 ; опубл. 23.12.1982, Бюл. № 47. – 4 с.

188. 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.

189. Кулаков П. І. Фотоелектричний перетворювач рівня / П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Photonics ODS – 2015. – Вінниця, 2015, с. 125.

190. 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.

191. 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.

192. 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.

193. Доїльна установка УДМ–200 / Технічний опис і інструкція з експлуатації. – Брацлав, – 2002. –165 с.

194. Кулаков П. І. Датчик проходження порції молока / П. І. Кулаков, А. О. Саркісов // Контроль і управління у складних системах. – Вінниця : ВНТУ, 2003. – С. 47.

195. 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.

196. 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.

197. Кулаков П. І. Математична модель оптичного датчика наявності води у молоці / П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Оптико – електронні інформаційно – енергетичні технології. – 2012. – № 1(23). – С. 121–126.

198. 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.

199. 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.

200. 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.

201. 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.

202. 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.

203. 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.

204. 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.

205. Интегральные микросхемы : Микросхемы для аналого-цифрового преобразования и средств мультимедиа. – М. : ДОДЭКА, 1996. – 384 с.

206. Федорков Б. Г. Микросхемы ЦАП и АЦП : функционирование, параметры, применение / Б. Г. Федорков, В. А. Телец. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.

207. Фелпс Р. 750 практических электронных схем: Справочное руководство / Р. Фелпс. – М. : Мир, 1986. – 584 с.

208. Граф Р. Электронные схемы: 1300 примеров / Р. Граф. – М. : Мир, 1989. – 688 с.
209. Дунаев Б. Б. Точность измерений при контроле качества / Б. Б. Дунаев. – К. : Техніка, 1981. – 152 с.
210. Кузьмин И. В. Основы теории информации и кодирования / И. В. Кузьмин, В. А. Кедрус. – К. : «Вища школа», 1977. – 280 с.
211. Вентцель Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные применения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М. : Наука, 1988. – 480 с.
212. Румшицкий Л. З. Элементы теории вероятностей / Л. З. Румшицкий. – М. : Физматгиз, 1960. – 156 с.
213. Орнатский П. П. Автоматические измерения и приборы (аналоговые и цифровые) / П. П. Орнатский. – К. : Вища шк., 1986. – 504 с.
214. 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.
215. 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.
216. EM Microelectronic – Marin SA / EM Microelectronic – Режим доступа: [www.emicroelectronic.com](http://www.emicroelectronic.com).
217. Sokymat / ASSA ABLOY Identification Technologies Group – Режим доступа: [www.sokymat.com](http://www.sokymat.com).
218. Highly Electric / Highly Electric Co., Ltd – Режим доступа: [www.highly.com](http://www.highly.com).

*Наукове видання*

**Кулаков Павло Ігорович**

**ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ  
ПАРАМЕТРІВ БІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ДОЇННЯ**

Монографія

Редактор С. Малішевська

Оригінал–макет підготовлено П. Кулаковим

Підписано до друку 10.11.2015 р.  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний. Ум. др. арк. 12,7.  
Наклад 300 (1-й запуск 1–75) пр. Зам № В2015-36

Вінницький національний технічний університет,  
КІВЦ ВНТУ,  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-85-32.

**publish.vntu.edu.ua**; *email*: kivc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано ФОП Барановська Т. П.  
21021, м. Вінниця, вул. Порика, 7.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 4377 від 31.07.2012 р.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.