

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня "Магістр"
на тему:

**Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів індивідуального
лічильника молока**

Виконав: студент 2 курсу, групи МгМз-1-19
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Чорний Вячеслав Олександрович

Керівник: _____ Алієв Ельчин Бахтияр огли

Рецензент: _____ Яропуд Віталій Миколайович

Дніпро, 2021

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

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві
Освітній ступінь: «Магістр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

МВІТ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Чорний Вячеслав Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів індивідуального лічильника молока

керівник роботи Алієв Ельчин Бахтияр огли, д-р техн. наук, старш. дослід., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« ____ » _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі тваринництва та існуючого молочно-доїльного обладнання. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз методів і засобів обліку молока у процесі доїння. 2. Теоретичні дослідження процесу переміщення молока в індивідуальному лічильнику. 3. Програма та методика експериментальних досліджень індивідуального лічильника молока. 4. Результати експериментальних досліджень індивідуального лічильника молока. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Економічна ефективність використання індивідуального лічильника молока. Висновки. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень. Аналіз (4 аркуша, А4). 2. Теоретичні дослідження (2 аркуша, А4). 3. Експериментальні дослідження (4 аркуша, А4)
4. Економічні показники (1 аркуш, А4). 5. Висновки (2 аркуша, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Алієв Е. Б., професор		
2	Алієв Е. Б., професор		
3	Алієв Е. Б., професор		
4	Алієв Е. Б., професор		
5	Кравець В. В., доцент		
6	Вінніченко І. І., професор		
Нормоконтроль	Гаврильченко О. С., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний		
2	Теоретичний		
3	Експериментальний		
4	Охорона праці		
5	Економічний		
6	Демонстраційна частина		

Студент

_____ (підпис)

Чорний В.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Алієв Е. Б.

_____ (прізвище та ініціали)

Чорний В. О. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів індивідуального лічильника молока. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація тваринництва»). ДДАЕУ, Дніпро, 2021.

Вступна частина дипломної роботи містить обґрунтування актуальності теми, сформульовані мета та задачі, приведено методи досліджень. Аналіз методів і засобів обліку молока у процесі доїння дозволив обґрунтувати напрямки вирішення поставленої мети та задач. В другому розділі проведено теоретичні дослідження технологічного процесу переміщення молока в індивідуальному лічильнику. В результаті експериментальних досліджень визначені метрологічні параметри індивідуального лічильника молока і проведено порівняльну оцінку вимірювачів у лабораторних умовах. Проведено дослідження стану охорони праці у лабораторії і представлено проект інструкції «Безпека праці при машинному доїнні». Виконано економічне обґрунтування розробки. Зроблені висновки та складено список використаної літератури.

Ключові слова: молочно-доїльне обладнання, лічильник молока, параметри, метрологія, дослідження, ефективність

ЗМІСТ

Вступ	8
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ОБЛІКУ МОЛОКА У ПРОЦЕСІ ДОЇННЯ	9
1.1 Аналіз технічних засобів для вимірювання молока в процесі доїння	9
1.2 Вимірювач кількості молока ІУ-1 для доїльної установки «Брацлавчанка»	16
1.3 Висновки з розділу	19
1.4 Мета і завдання досліджень	20
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ МОЛОКА В ІНДИВІДУАЛЬНОМУ ЛІЧИЛЬНИКУ	21
2.1 Фізико-математична модель потоку молока в індивідуальному лічильнику типу ІУ-1	24
2.2 Аналіз роботи механізму розподілу потоку	26
2.3 Результати моделювання характеристик вимірювача на ПЕОМ	34
2.4 Висновки з розділу	40
3 ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЛІЧИЛЬНИКА МОЛОКА	42
3.1 Мета і завдання експериментальних досліджень	42
3.2 Програма експериментальних досліджень	42
3.4 Перевірка відповідності експериментального розподілу з теоретичним	44
3.5 Планований факторний експеримент	47
3.6 Порівняльна оцінка вимірювачів у лабораторних умовах	50
3.7 Висновки до розділу	52
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЛІЧИЛЬНИКА МОЛОКА	53
4.1 Результати планованого експерименту	53
4.2 Результати порівняльної оцінки вимірювачів у лабораторних умовах	55

4.3 Висновки з розділу.....	59
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	60
5.1 Дослідження стану охорони праці у лабораторії	60
5.2 Аналіз травматизму у лабораторії	61
5.3 Розрахунок штучної освітленості в приміщенні лабораторії	64
5.4 Проект інструкції «Безпека праці при машинному доїнні»	67
5.5 Висновки з розділу.....	71
6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЛПЧИЛЬНИКА МОЛОКА	72
6.1 Розрахунок економічної ефективності	72
6.2 Висновки з розділу.....	74
ВИСНОВКИ	75
Список використаних джерел	77
Додатки	85

ВСТУП

Досягнення конкурентної спроможності виробництва молока в Україні, яке б характеризувалося низьким рівнем собівартості та енергоємності технологічних процесів, високою якістю і продуктивністю праці, за умов багатуокладності форм виробництва неможливе без запровадження у виробництво індустріальних методів з високим рівнем механізації та автоматизації технологічних процесів, спеціалізації виробництва і його концентрації.

Вирішення цих завдань потребує покращання інформаційного забезпечення, насамперед через налагодження достовірного обліку видоєного молока, і на цій основі можна забезпечити здійснення оптимального управління технологічними процесами на молочних фермах.

Наприклад, значущість оперативної інформації про індивідуальний надій молока кожною коровою підтверджується відомими даними про те, що вміст концентрованих кормів у раціонах корів має бути диференційованим залежно від величини добового надою [15]. Надлишок, так само як і недостатня кількість концентрованих кормів у кормових раціонах корів, особливо високоудійних, негативно впливає на фізіологічний стан корів і рівень їх продуктивності. Пов'язано це з індивідуальними особливостями тварин, а також інтенсивністю обміну речовин у їхньому організмі [20]. Дозування кормів дійним коровам в залежності від щодобового надою може підвищити продуктивність корів на 10-15 % і підвищити конверсію корма на 15-17 % [23].

Одним із параметрів, що визначає технологічний процес машинного доїння є індивідуальний надій корови. Точна й швидка інформація про продуктивність кожної корови в стаді забезпечує реалізацію системи індивідуальної дозованої годівлі, що дозволяє раціоналізувати раціон, управляти якістю і кількістю отриманого молока. Це є важливим та актуальним на сьогодні зоотехнічним завданням.

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ОБЛІКУ МОЛОКА У ПРОЦЕСІ ДОЇННЯ

1.1 Аналіз технічних засобів для вимірювання молока в процесі доїння

Існуючі вимірювачі кількості молока прийнято кваліфікувати за принципом дії на вагові, об'ємні, механічні, гідравлічні, оптичні, теплові та ультразвукові (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Класифікація вимірювачів кількості молока

З усієї гами вимірювачів досить широкого застосування в системах доїння корів набули гідравлічні вимірювачі внаслідок технологічності при масовому виробництві і достатній точності вимірювання.

Водночас, гідравлічним вимірювачам також притаманні недоліки. Так,

вимірювачі вагового типу [3, 30, 34] поряд із значними перевагами (висока точність вимірювання, широкий динамічний діапазон, лінійність шкали та ін.) сприяють значній втраті тиску, що зумовлює їх непридатність для малих швидкостей рідини і витрат у трубопроводах малого діаметра.

Що стосується вимірювачів обтікання [2], то для забезпечення достатньої точності вимірювання вони потребують чіткої орієнтації в просторі.

Використання вимірювачів змінного рівня [20] обмежується наявністю додаткових місткостей, які погіршують циркуляційне їх промивання.

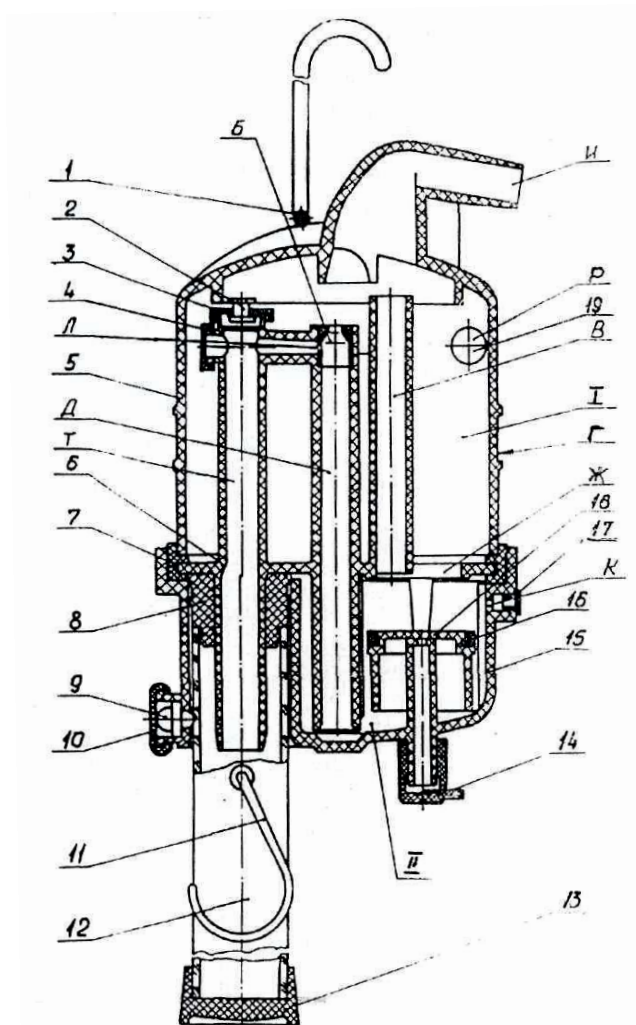
Кореляційні вимірювачі [44] складні за конструкцією та високоматеріаломісткі.

З усієї різноманітності гідравлічних вимірювачів найширше розповсюдження знайшли пропорційні вимірювачі [45] із досить високою точністю вимірювання (похибка до 3 %). Ці вимірювачі нині мають найбільше розповсюдження на фермах України та в інших країнах ближнього та далекого зарубіжжя, оскільки вони є універсальними та можуть використовуватись на всіх доїльних установках. Існуючі вимірювачі пропорційного типу можна поділити на дві групи: із повітровіддільною камерою та без неї [45].

До вимірювачів, у конструкції яких передбачені повітровіддільні камери, належать: УЗМ-1А, “Milko-scope MC-1” фірми “Foss-electric” (Данія), “ZKD” “AGROSTROI PELHRIMOV” (Чехія) та ін. В Україні на фермах використовувався вимірювач УЗМ-1А (рис. 1.2).

Принцип дії цієї групи вимірювачів базується на розподіленні потоку молока під час його проходження через звужену ділянку. Перед звуженням виникає підвищений тиск, в результаті якого через калібрований отвір відбирається деяка частина потоку молока 12-13 % пропорційно його загальній кількості і за нею визначається надій в цілому.

До переваг вимірювачів, які мають повітровіддільну камеру, можна зарахувати: відносно малу похибку вимірювань, експлуатаційну надійність у виробничих умовах, незалежність показників від кута та висоти розташування пристроїв і від інтенсивності молоковіддачі.



I – приймальна камера; II – мірна камера; Б – звужений отвір; В – трубка відсмоктування повітря; Г – канавка; Д – трубка відводу молока; Ж – отвір і сідло поплавка; И – патрубок виходу молока; Т – трубка вводу молока в мензурку; 1 – дуга або скоба; 2 – клапан; 3 – вкладиш; 4, 5, 10 – ковпачки; 6 – розподілювач; 7 – прокладка; 8 – пробка; 9 – фіксатор; 11 – скоба; 12 – мензурка; 13 – ковпак; 14 – клапан; 15 – камера; 16 – прокладка; 17 – фільтр; 18 – корпус; 19 – кутник

Рисунок 1.2 – Вимірювач кількості молока УЗМ-1А

Основними недоліками таких вимірювачів є: конструктивна складність, трудомісткість очистки, відносно велика маса та габаритні розміри, вплив на вакуумний режим доїльної установки.

Дані осцилографічних записів, проведених А. С. Астаховим і

В. А. Борисовим для вимірювачів УЗМ-1А та “Milko-scope MC-1” фірми “Foss-electric” (Данія) показали, що вони спричиняють спад вакуумметричного тиску приблизно на 1,4 кПа, але цей вплив є незначним і допускається стандартом на доїльну установку (± 3 кПа) [23; 53].

До вимірювачів молока, що не мають повітровіддільних камер, належать: “TRU-TEST F.V.”, “TRU-TEST F.”, “TRU-TEST H.I.” фірми “TRUE-TEST Distributors LTD” (Нова Зеландія), “Milko-scope MC-1” фірми “Foss-electric” (Данія), “Waicato” фірми “Alfa-Laval” (Швеція), “Meterite” фірми “Gaiscoignes”, ІУ-1 Резекненського заводу доїльного обладнання (Латвія) [54-61].

Принципову схему вимірювача ІУ-1 показано на рис. 1.3. Принцип його роботи полягає в наступному. Молоко з повітрям від доїльного апарату потрапляє в поплавкову камеру I, а звідти через отвір А в камеру II. Насадка 1 розділяє струмінь молока на дві частини. Основна частина його зливається вниз і відсмоктується у молокопровід, менша – через відбірник у мензурку. Через відбірник протікає близько 2 % від загальної кількості молока. Але, як показали випробування, проведені Подільською МВС [62], цей принцип розподілення потоку не забезпечує точної пропорційності, а також ускладнений його рівномірний потік за малих витрат, що призводить до збільшення похибок вимірювання.

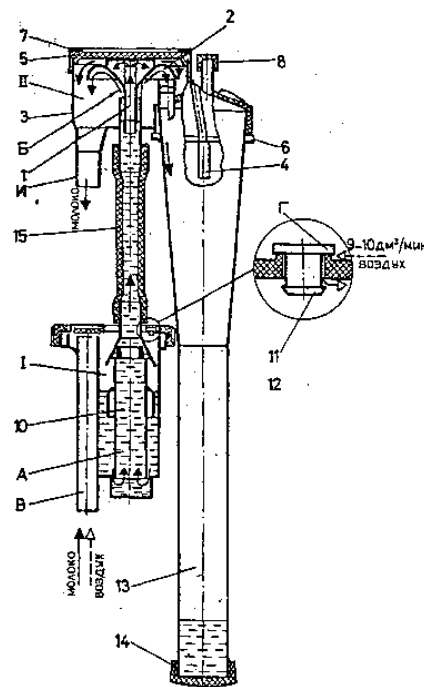
Порівняльні випробування щодо визначення похибки вимірювань різних вимірювачів було проведено болгарськими дослідниками І.Поповим і Б.Баневим [63]. Випробування проводилися в доїльному залі Казанлкського молочного комплексу (Болгарія) на доїльній установці “Ялинка” 2x10. Доїння проводилось двічі на добу доїльним апаратом “Impulsa” М-874, вакуумний режим підтримувався в межах 50 кПа.

Проведені ними випробування дали такі результати:

– вимірювачі індивідуального обліку молока з повітровіддільною камерою “Milko-scope MC-1” фірми “Foss-electric” (Данія) мають похибку близько 2,3 %, УЗМ-1А – 4-5 %, “ZKD” “AGROSTROI PELHRIMOV” – 10-10,5 %;

– вимірювачі без повітровіддільної камери “TRU-TEST H.I.” фірми “TRUE-

TEST Distributors LTD” (Нова Зеландія) – 3 %, “Milko-scope MC-1” фірми “Foss-electric” (Данія) – 5 % [56].

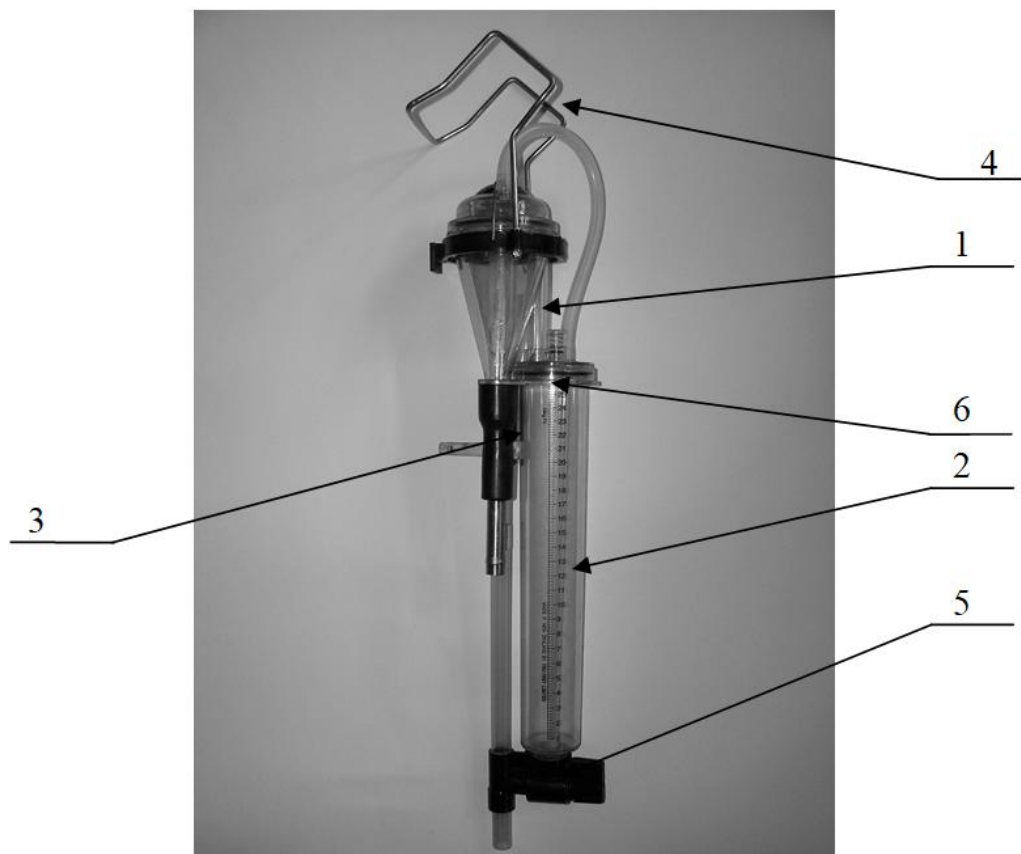


1 – насадка; 2 – наконечник; 3 – корпус; 4 – амортизатор; 5 – кришка;
6, 7 – прокладки; 8, 11 – клапани; 9 – корпус; 10 – поплавок; 12 – кільце;
13 – мензурка; 14 – пробка

Рисунок 1.3 – Технологічна схема вимірювача молока ІУ-1

Аналіз відомих в на сьогодні технічних засобів для індивідуального обліку молока як в Україні, так і за її межами показує, що найповніше вимогам відповідають вимірювачі об'ємного типу з пропорційним відбором деякої частини потоку в мірну мензурку. До них належить вимірювач кількості молока фірми True-Test (рис. 1.4).

Водночас, багаторічна експлуатація вимірювача типу УЗМ-1А на фермах показала, що він має низку недоліків, а саме: конструктивна складність, відносно великі маса і габаритні розміри, нестабільна похибка вимірювання, велика трудомісткість промивання.



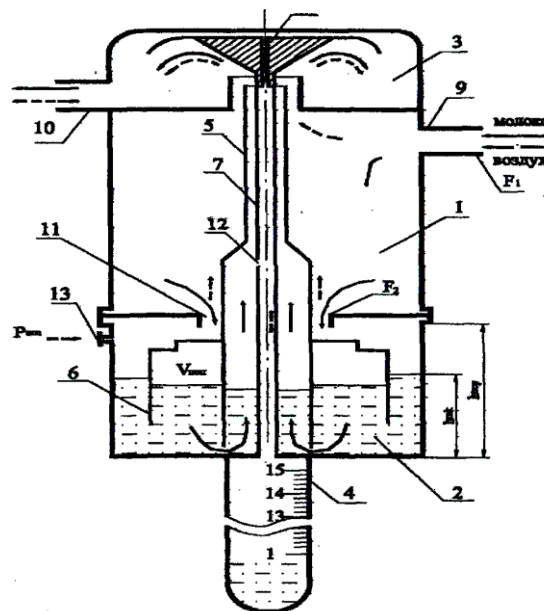
1 – корпус; 2 – мензурка; 3 – пристрій відбору молока; 4 – скоба;
5 – кран; 6 – клапан

Рисунок 1.4 – Вимірювач кількості молока фірми “True-Test” (Нова Зеландія)

В останні роки значну роботу зі створення вимірювача для індивідуального обліку молока виконують у Всеросійському інституті електрифікації сільського господарства [64-67]. Зокрема А.А. Максutow розробив і дослідив вимірювач індивідуального надоя молока [68].

Вимірювач молока Максutowа (рис. 1.5) працює таким чином. Молоко по вхідному патрубку 9 потрапляє у приймальну камеру 1 і далі через отвір 11 у мірну камеру 2. У міру наповнення мірної камери молоком поплавок 6 разом із підвідною трубкою 5 спливає, відділяючи приймальну камеру від мірної, закриваючи при цьому відвід повітря з останньої. Повітря, яке потрапляє через отвір 13, створює в мірній камері підвищений тиск порівняно з тиском у

приймальній камері. Молоко під напором потрапляє по підвідній трубці з мірної камери у відвідну камеру 3 і далі через патрубок 10 відводиться в молокопровід. Площа перерізу верхньої частини подавальної трубки зменшена відносно нижньої, при цьому перед ділянкою звуження в зливній трубці 7 передбачено калібрований отвір, через який частина, пропорційна основному потоку, зливається в мензурку 4. Після спорожнення мірної камери в ній встановлюється вакуумметричний тиск і процес повторюється. Після припинення надходження молока процес вимірювання завершується, а величину надою визначають за показниками шкали мензурки 4.



- 1 – приймальна камера; 2 – мірна камера; 3 – відвідна камера;
 4 – мензурка; 5 – трубка для відводу молока; 6 – поплавок; 7 – зливна трубка;
 8 – розподільник потоку; 9 – вхідний патрубок; 10 – вихідний патрубок;
 11 – отвір, що з'єднує приймальну камеру з першою; 12 – отвір для
 пропорційного відбору; 13 – жиклер

Рисунок 1.5 – Схема вимірювача молока Максutowa

В процесі видоювання тварини молоко в суміші з повітрям із вимені потрапляє в колектор доїльного апарата, а звідти по шлангу та патрубку 9

перерізом F_1 потрапляє в приймальну камеру. У приймальній камері суміш розподіляється: повітря відсмоктується через отвір у відвідній камері в молокопровід, а молоко зливається у вимірювальну камеру.

Поряд з вимірювачами гідродинамічного типу широкого розповсюдження набули теплові витратоміри [14, 25, 30], які є компактними, не спотворюють потік молока.

Однак даний тип вимірювачів вимагає підведення енергії для вимірювань, є складним електронним приладом і вимагає переоснащення вже експлуатуючих доїльних установок та перекваліфікації операторів машинного доїння. Крім того вартість теплових вимірювачів є на порядок вищою від механічних.

1.2 Вимірювач кількості молока ІУ-1 для доїльної установки «Брацлавчанка»

Спеціалізованим конструкторським бюро ВАТ “Брацлав” розроблено вимірювач молока при контрольному доїнні корів ІУ-1 [77-79].

Вимірювач використовується для зоотехнічного контролю надоїв від 1 до 25 кілограмів молока від однієї корови на доїльних установках АДМ-8А, УДС-3Б, УДМ-100, УДМ-200, УДБ-100, УДЕ-16 та відбору проб молока для контролю його якості.

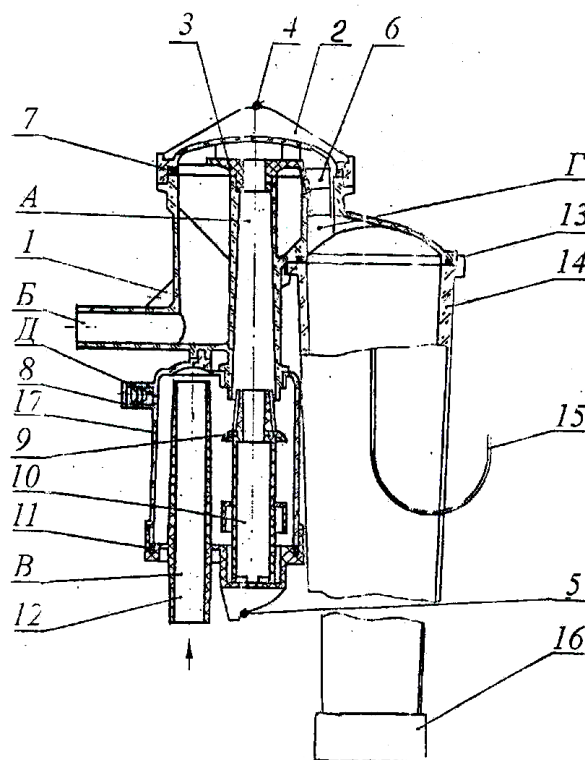
Загальний вигляд вимірювача наведено на рис. 1.6, конструкція – на рис. 1.7. Вимірювач містить: основний корпус 1, корпус 12, розташований всередині поплавкової камери, на якому встановлений поплавок 10, у верхній частині поплавка встановлена ущільнююча прокладка 9, нижня частина корпусу 12 притискається до корпусу 1 за допомогою скоби 5, у боковій стінці корпусу є калібрований отвір, що з’єднує поплавкову камеру із зовнішнім середовищем, верхня частина основного корпусу 1 закрита сферичною кришкою 2, яка кріпиться за допомогою скоби 4, через гумову прокладку 7. У боковій частині корпусу є кришка для мензурки 14. Нижня частина мензурки 14 закрита ковпаком 16. Для ущільнення між спряженими поверхнями є гумова прокладка 13.

Вимірювач вмикається послідовно між доїльним апаратом і молокопроводом чи доїльним відром.

Вимірювач працює таким чином: молоко з повітрям від доїльного апарата через нижній патрубок надходить у поплавкову камеру. В міру заповнення її молоком поплавок спливає і перекриває отвір відсмоктування повітря. Молоко з поплавкової камери по центральному каналу поплавка відсмоктується у верхню камеру. Струмінь молока відбивається від внутрішньої поверхні кришки і розтікається по ній, створюючи потік у вигляді факела, на задній частині якого розташована забірна щілина. Частина молока через забірну щілину потрапляє в мензурку, а решта через вихідний патрубок відсмоктується в молокопровід або доїльне відро.



Рисунок 1.6 – Загальний вигляд вимірювача кількості молока ІУ-1 виробництва ВАТ “Брацлав”



- 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – наконечник; 4, 5 – скоби; 6 – забірник;
 7, 9, 11, 13 – прокладки; 8 – фільтр; 10 – поплавок; 12 – корпус;
 14 – мензурка; 15 – скоба; 16 – ковпак; 17 – камера

Рисунок 1.7 – Вимірювач молока ІУ-1 виробництва ВАТ “Брацлав”

Шкала мензурки градуїрована в кілограмах. Одна поділлка шкали мензурки в проміжку від 0 до 17 кг відповідає 100 г, а більше 17 кг відповідає 200 г молока, яке пройшло через вимірювач.

Технічна характеристика вимірювача наведена в таблиці 1.1.

Під час замірів вимірювач необхідно встановлювати вертикально з відхиленням не більше $\pm 1^\circ$.

Вимірювач пройшов випробування і освоєний виробництвом на ВАТ “Брацлав”. Проведені порівняльні дослідження на точність вимірів [80] вимірювача ІУ-1, освоєного виробництвом на ВАТ “Брацлав” і “Tru-test” (Нова Зеландія), показали, що кращі метрологічні показники має останній.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика вимірювача ІУ-1

Показник	Значення
Тип	Пневмогідравлічний
Діапазон вимірювань, кг	0-25
Границя допустимої похибки: абсолютно-основна при вимірюванні від 1 до 4 дм ³ включно, не більше, кг відносна при вимірюванні понад 4 дм ³ , %	± 0,25 до 5 %
Ціна поділки шкали мензурки, кг до 17 кг понад 17 кг	0,1 0,2
Габаритні розміри, мм - довжина - ширина - висота	115 190 30
Зовнішній діаметр з'єднувальних патрубків, мм	18,0
Маса, кг, не більше	0,89

1.3 Висновки з розділу

1. Облік надоїв кожної корови є головною ланкою в організації зоотехнічної та ветеринарної роботи на молочнотоварних фермах під час обслуговування стада з урахуванням особливостей кожної корови. Важливість індивідуального обліку надоїв підвищується із ростом рівня автоматизації керування молочно-доїльного обладнання.

2. В результаті аналізу методів і технічних засобів вимірювання величини надоїв під час доїння показав чітку тенденцію їх вдосконалення на базі підвищення достовірності з розширенням діапазонів використання, зниження габаритних розмірів, маси та вартості. Найбільше зазначеним вимогам відповідають лічильники об'ємного типу, що працюють на принципі пропорційного відбору деякої частини молока в мірну мензурку.

1.4 Мета і задачі досліджень

Метою досліджень є підвищення ефективності індивідуального лічильника молока для забезпечення достовірності зоотехнічної інформації по надоям корови в структурі автоматизованого керування технологічним процесом доїння.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз методів і технічних засобів визначання величини надоїв під час доїння;
- створити фізико-математичну модель процесу визначання величини надоїв під час доїння;
- обґрунтувати конструктивно-технологічну схему індивідуального лічильника молока з урахуванням виявлених недоліків;
- провести експериментальні дослідження процесу вимірювання молока індивідуальним лічильником;
- дослідити шкідливі і небезпечні фактори при роботі доїльної установки;
- провести техніко-економічний аналіз виконаних досліджень.

Об'єкти досліджень – технологічний процес індивідуального вимірювання кількості молока під час доїння корів.

Предмет досліджень – гідродинамічні процеси вимірювання молока під час доїння, залежності точності вимірювання від конструктивно-технологічних параметрів індивідуального лічильника молока.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження здійснювались на основі аналітичних методів гідродинаміки із застосуванням моделювання. Експериментальні дослідження походилися на основі методів планування багатofакторного експерименту і методів математичної статистики.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ МОЛОКА В ІНДИВІДУАЛЬНОМУ ЛІЧИЛЬНИКУ

2.1 Фізико-математична модель потоку молока в індивідуальному лічильнику типу ІУ-1

У попередньому розділі було зазначено, що використання пропорційних лічильників, принцип яких заснований на відокремленні потоку молока, який потім надходить у вимірювану мензурку, досить поширений завдяки своїй конструкції та простоти в експлуатації, мінімальних виробничих витратах. Вони прості і зручні в експлуатації, не вимагають високого рівня спеціальної підготовки, працюють надійно. Водночас споживачі наголошують на дещо зниженому рівні точності вимірювання надоїв на індивідуальному лічильнику типу ІУ-1 порівняно з конструкціями іноземних компаній "Tru-test" (Нова Зеландія). Більше того, точність вимірювання кількості молока залежить від ряду технологічних факторів, включаючи точність встановлення лічильника відносно горизонту, що не завжди реалізована на молочній фермі.

У зв'язку з цим важливо детально вивчити характеристики лічильника ІУ-1 з метою виявлення причин згаданої неточності у визначенні кількості молока, отриманого від корів, а також розробити заходи щодо усунення цих недоліків. У процесі аналізу цієї конструкції існує необхідність у детальному аналізі процесів розподілу та напрямку потоку молока у разі контакту з відповідними перешкодами та напрямними поверхнями, і тому необхідно враховувати гідрометричні аспекти механізму вимірювання молока.

Математичний опис руху рідкого середовища – молока, що здійснюється за допомогою загальних диференціальних рівнянь, які враховують усі його фізико-механічні властивості, є складним завданням. Навіть при обмеженні параметрів текучості, в'язкості та стислості рівняння переміщення, які ґрунтуються на основних законах механіки, настільки складні, що сьогодні не існує загальних аналітичних методів їх вирішення [22]. Використання обчислювальних методів

інтегрування таких рівнянь на основі сучасних комп'ютерів також супроводжується значними труднощами. Тому при вивченні гідромеханічних проблем широко використовуються різноманітні спрощені моделі навколишнього середовища та окремих явищ.

Модель нестисливої ідеальної, нев'язкої рідини набула широкого поширення при вирішенні гідромеханічних задач. У цьому випадку рідина розглядається як безперервне середовище, що має плинність. Вважається, що рідина не має в'язкості і є абсолютно нестисловою. Слід зазначити, що такі рідини, як вода та молоко, мають низьку динамічну в'язкість – близько 10^{-4} Па·с, з високим модулем об'ємної еластичності – близько 2100 МПа. Якщо ці припущення прийняті, кінематичний опис рідини значно спрощується. У більшості випадків такий підхід дає змогу отримати не тільки якісну картину, але й корисні результати для практичного використання, які мають кількісний збіг з результатами експерименту [84, 85].

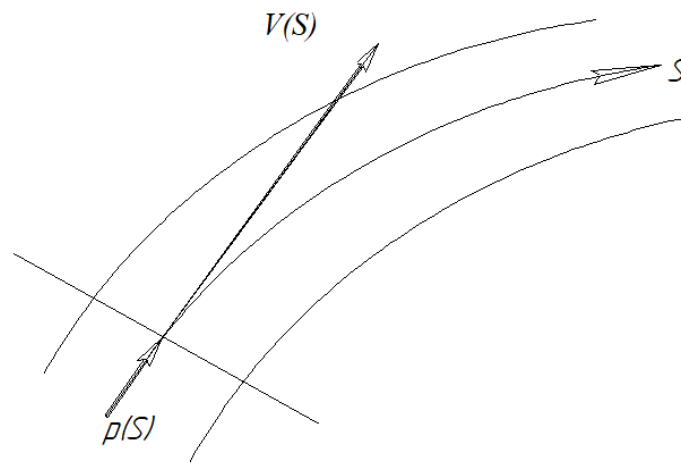
Відомо, що рідина, у якій густина постійна під час руху, не стискається, тому для моделювання руху молока в лічильнику ми припускаємо, що рідина не стискається [26]. Водночас слід зазначити неприпустимість ігнорування стисливості у випадках, коли це визначає характер досліджуваного явища – наприклад, гідравлічний удар у трубах [88].

Слід зазначити, що рух молока в лічильнику, як правило, можна вважати таким, що відбувається без значних і частих змін тиску, тому в цих випадках можна прийняти використання моделі ідеальної нестисливої рідини.

Для вирішення задач гідромеханіки для визначення особливостей руху рідини використовують різні математичні методи, серед яких найчастіше використовуються звичайні диференціальні рівняння, рівняння математичної фізики, функції комплексної змінної, інтегральні рівняння та чисельні методи [88]. Застосування останнього особливо перспективно при дослідженні руху рідини за допомогою електронного моделювання за допомогою потужних сучасних комп'ютерів.

Методи представлення потоків, що розглядаються як одновимірні, набули

широкого поширення при вирішенні задач прикладної гідромеханіки. Одновимірними потоками вважаються потоки, в яких гідродинамічні величини (швидкість, тиск тощо) залежать лише від однієї геометричної координати. Для випадку елементарного потоку, який має невеликий переріз (рис. 2.1), передбачається, що швидкості та тиски розподілені рівномірно. В результаті ми можемо вирішити задачу на знаходження швидкості V і тиску p по довжині потоку S , тобто визначені функції $p(S)$ та $V(S)$ [89].



S – вектор потоку молока; $p(S)$ – вектор вакуумметричного тиску;

$V(S)$ – вектор швидкості

Рисунок 2.1 – Одновимірна модель потоку рідини (молока)

Перехід від реальних просторових або двовимірних потоків до одновимірної моделі значно спрощує гідродинамічну задачу і дозволяє отримати дещо спрощені залежності, зручні для практичного використання при вирішенні технічних задач. Але використання одновимірної моделі може бути правильним лише за умови дотримання певних умов. Потік може бути зведений до одновимірної моделі, навіть якщо граничні поверхні утворюють трубу або канал з перерізом, що змінюється по довжині, якщо кривизна $1/R$ ліній струмів (потоків) і кут β створюється (кут між потоковими лініями) досить малі. Тоді вважається, що потоки плавно змінюються. Незважаючи на те, що вищевикладене формулює

досить жорсткі вимоги до визначення потоку як одновимірного, переважно для використання одновимірної моделі достатньо, якщо умова плавної мінливості виконується лише на окремих ділянках або на коротких ділянках вздовж потоку довжина [81, 85, 90].

Використовуючи вищезазначений метод, можна з достатньою надійністю розглядати потоки в лічильнику одновимірними і плавно мінливими, оскільки конструкція та профіль частин механізму розподілу потоку не викликають значних спотворень потоку та різних змін в його напрямку.

Рівняння Бернуллі встановлює відповідність гідродинамічних параметрів потоку в'язкої нестисливої рідини в різних перерізах лінії течії. У цьому разі важливою є відповідність стану потоку рідини молока основному рівнянню гідродинаміки. Для двох перерізів потоку молока (рис. 2.2), за умови їхнього визначення в різних точках вимірювача, де протікає молоко, справедливе співвідношення параметрів потоку [40]:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + h_0, \quad (2.1)$$

де Z_1, Z_2 – геометричний напір рідини у перерізах 1 та 2 відповідно, м;

p_1, p_2 – гідростатичний тиск у даних перерізах, Па;

V_1, V_2 – швидкість руху рідини у відповідних перерізах потоку, що визначають швидкісний напір, м/с;

h_0 – втрачений напір на подолання опору під час протікання в'язкої нестисливої рідини, м;

ρ – густина рідини, кг/м³;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

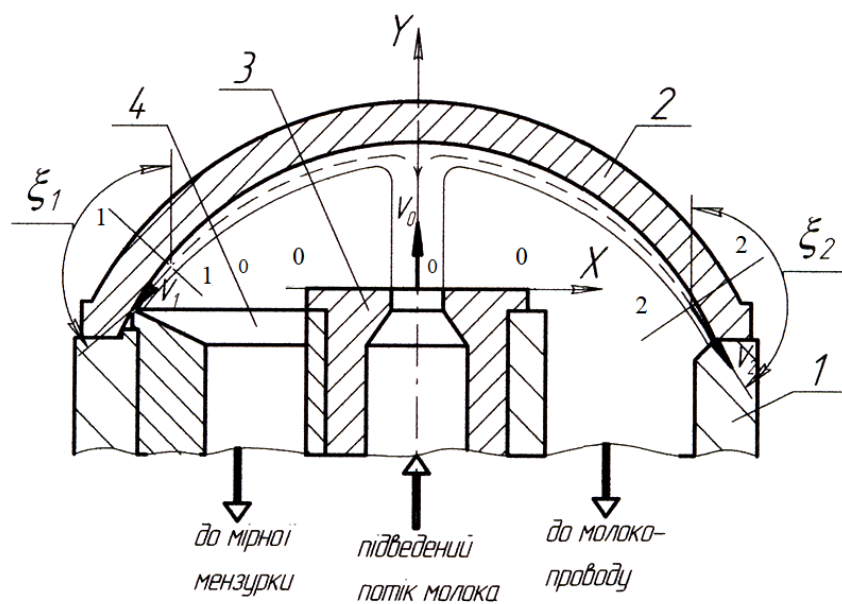
Рівняння (2.1) справедливо для опису поведінки елементарної струминки рідини, сукупність яких дозволяє представити потік в'язкої нестискуючої рідини [88, 89]. Враховуючи, що $Z_1 = Z_2$, рівняння (2.1) можна записати з урахуванням коефіцієнта Коріоліуса в такому вигляді [4]

$$\frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_0, \quad (2.2)$$

де α_1, α_2 – відповідно коефіцієнти Коріоліуса в перерізах 1-1 і 2-2 (рис. 2.2).

Співвідношення (2.2) є модифікованим рівнянням Бернуллі, яке визначає стан потоку в'язкої нестискої рідини, що плавно змінюється. Виконання умови плавної зміни потоку необхідно лише на кінцевих перерізах вибраної розрахункової ділянки потоку.

У разі виконання умови одновимірності потоків рідини за допомогою рівняння Бернуллі (2.2) є можливість моделювати взаємодії струменів молока з обмежуючими поверхнями вимірювача.



1 – корпус; 2 – кришка; 3 – наконечник; 4 – приймальна щілина

Рисунок 2.2 – Розрахункова схема розподілу струменя молока у вимірювачі ІУ-1

Серед інших припущень, прийнятих у теоретичному дослідженні гідромеханічних процесів під час роботи вимірювача, слід зазначити:

– температурний режим потоку молока в процесі вимірювання його кількості є постійним і, таким чином, відсутні зміни густини, в'язкості та поверхневого натягу молока в процесі даної операції;

– тривалість процесу доїння та, відповідно, заміру кількості видоєного молока призводить до обмеженого впливу температури навколишнього

середовища на тепловий стан потоку молока - його температура змінюється при цьому незначно (в межах 3-8 °С);

– вакуумметричний тиск і його коливання (2-4 кПа) в процесі доїння практично не впливають на фізико-хімічні характеристики молока;

– виконується умова нерозривності потоку молока під час його витікання з сопла та розтікання по напрямній поверхні кришки. Ця умова виконується на всій відстані напрямної поверхні кришки від осі насадки до приймальної щілини й забезпечується невідривність потоку молока від напрямної поверхні кришки.

2.2 Аналіз роботи механізму розподілу потоку

Розрахункова схема вузла розподілу струменя молока та відсікання фіксованої його частки для виконання заміру кількості молока, що проходить через вимірювач, показана на рис. 2.2. Основними елементами даного вузла є корпус 1, до якого приєднується при відповідній орієнтації кришка 2, нижня поверхня якої спрофільована з метою спрямування потоку молока до молокопроводу та приймальної щілини 4 мірної ємності (на схемі не показана). Витікання молока у простір під кришкою відбувається через отвір (сопло) наконечника 3 під дією вакуумметричного тиску, створеного в системі за допомогою вакуумного насосу. Струмінь молока витікає в газовий простір, який згідно з принципом роботи пристрою має місце в об'ємі між торцем сопла та кришкою. Дане твердження справедливе, тому що струмінь молока має після контакту з поверхнею обмежувальної кришки рівномірно розтікатись по її профілю у всіх напрямках, надходячи у приймальну щілину 4 і до порожнини, з'єднаної з молокопроводом. При цьому товщина потоку значно менша за відстань між торцем наконечника та прямою поверхнею кришки. Таким чином, має місце вільний струмінь рідини, який витікає з отвору сопла (переріз О-О). При цьому струмінь молока має компакту суцільну форму [83], що забезпечується конструктивною формою отвору в насадці (конфузорі) та незначною відстанню між торцем насадки та напрямною поверхнею кришки

(<10 мм).

Згідно з розрахунковою схемою струмись молока витікає з отвору насадки зі швидкістю V_0 і після контакту з перешкодою (кришкою) розтікається по її поверхні суцільним потоком, який відповідно до викладеного в підрозділі 2.1, може бути представлений сукупністю численних елементарних струминок, для яких справедливо використання одновимірної моделі. Струминна модель даного потоку дозволяє досить коректно звести цю задачу до плоскої моделі, за використання якої розглядаються струмені, спрямовані протилежно, причому один потрапляє зі швидкістю V_1 у приймальне вікно мірної ємності, а другий зі швидкістю V_2 - в порожнину молокопроводу. Саме зміна потоку в перерізі 1-1 під дією низки зовнішніх чинників може призвести до незмінної витрати молока в мірній ємності, що не буде точно відповідати його кількості, в результаті чого буде виникати похибка вимірювання. Таким чином, до подальшого розгляду приймається плоска модель потоків молока, яка фактично розглядає рух струменів молока в площині, яка проходить через приймальне вікно та вісь насадки. Таке припущення справедливе для потоків молока, що надходять до приймального вікна, враховуючи, що його ширина не перевищує 2 мм.

Струмись молока поділяється перешкодою в нашому випадку плоскої моделі на дві частини і сходить з неї зі швидкостями V_1 та V_2 , напрямком яких вважається збіжним із відповідними дотичними до профілю кришки. Виділимо вздовж поверхні струменя елементарну струминку і запишемо рівняння Бернуллі для перерізів 0-0 та 1-1. Силу ваги можна не враховувати, тому що перерізи знаходяться практично на одному рівні. Шорсткість поверхні кришки досить мала, швидкість руху молока відносно низька, тому втратами на опір можна нехтувати. Тоді рівняння Бернуллі (2.2) для вказаних перерізів має вигляд:

$$p_0 + \frac{\rho V_0^2}{2} = p_1 + \frac{\rho V_1^2}{2}. \quad (2.3)$$

Для вільного струменя тиск на його поверхні дорівнює тиску в газовому просторі, в який він витікає. Відповідно тиск буде однаковим у всіх точках потоку молока, тобто $p_0 = p_1 = p_2$. Тоді з рівняння (2.3) отримаємо:

$V_0 = V_1$. $V_0 = V_2$, що характеризує незмінність швидкості під час розтікання струменя по поверхні даної перешкоди. Вважаємо також, що розподіл і значення швидкостей в межах перерізів 0-0, 1-1, 2-2 є рівними.

На рис. 2.3 у загальному випадку показано, що струмінь, який витікає з отвору сопла, відхиляється від вертикальної осі (на рисунку позначеної як вісь Y) під дією низки факторів, до яких можна зарахувати нахил осі сопла α , дію сили тяжіння тощо. В результаті цього струмінь поділяється цією стінкою на дві нерівні частини і сходиться з неї зі швидкостями V_1 та V_2 . Для визначення сили, з якою струмінь діє на перешкоду, доцільно використати рівняння швидкості руху, яке звичайно в таких випадках дає досить точний результат.

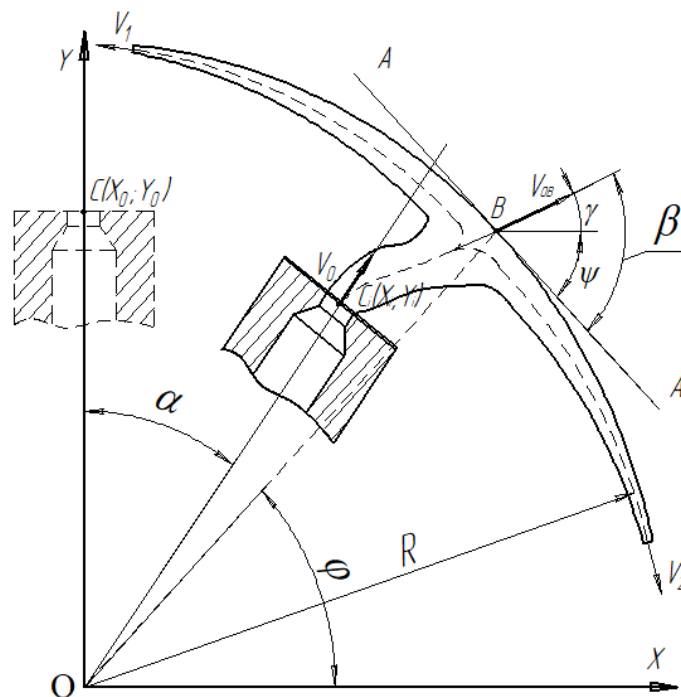


Рисунок 2.3 – Схема визначення розподілу витрат молока по профілю кришки

Складаючи це рівняння, враховуємо, що тиск у всіх перерізах потоку однаковий і дорівнює тиску в газовому просторі, тобто надлишковий тиск у струмені, який розглядається, дорівнює нулю і таким чином гідростатичний тиск

рідини на кришку відсутній. Силова дія на перешкоду виникає у разі зміни напрямку та швидкості руху рідини. При цьому не враховуємо вплив сил тертя та ваги, які є незначними. Тоді силу, що діє на кришку вимірювача, можна визначити за формулою

$$P = \rho Q_0 V_0 - \rho Q_1 V_1 - \rho Q_2 V_2, \quad (2.4)$$

де ρ – густина рідини, кг/м³;

Q_0 , Q_1 й Q_2 – витрати рідини відповідно в перерізах (0-0, 1-1, 2-2), м³/с;

V_0 , V_1 й V_2 – швидкість руху рідини у даних перерізах, м/с;

P – сила, яка діє на поверхню кришки з боку потоку молока, Н.

Обравши осі координат так, як показано на рис. 2.3, спроектуємо на них члени цього рівняння. Тоді з врахуванням швидкості $V_0 = V_1 = V_2$, отримаємо:

$$P_{y=} = \rho Q_0 V_0 - \rho Q_1 V_0 \cdot \cos \xi_1 - \rho Q_2 V_0 \cdot \cos \xi_2; \quad (2.5)$$

$$P_x = -\rho Q_1 V_0 \cdot \sin \xi_1 - \rho Q_2 V_0 \cdot \sin \xi_2, \quad (2.6)$$

де ξ_1 , ξ_2 - відповідно кути сходу струменя з перешкоди (визначені у перерізах 1-1 та 2-2), які збігаються з граничною поверхнею кришки, відповідно до обраної системи координат $\xi_1 < 0$, $\xi_2 < 0$.

Для визначення сил за рівняннями (2.5) та (2.6) необхідно знайти значення витрат рідини у перерізах 1-1 та 2-2, тобто знайти величини Q_1 та Q_2 , які в загальному випадку, коли струмінь рідини діє не по нормалі до поверхні перешкоди, матимуть різні значення. Незбіг витрат збільшуватиметься у разі збільшення відхилення вектора швидкості V_0 від нормалі до поверхні перешкоди.

З цією метою розглянемо загальний випадок контакту струменя молока із напрямною поверхнею кришки за умови можливого нахилу корпусу, що має високу ймовірність в умовах експлуатації в складі доїльної установки. Розрахункова схема до визначення складових елементарних струменів показана на рис. 2.3.

При повороті осі наконечника на кут α під час витікання струменя його траєкторія під дією сили ваги відхиляється від прямолінійної, яка має місце у вертикальному положенні осі.

В результаті нахилу корпусу і викривлення струменя молока кут β між напрямком швидкості ($V_{0\beta}$) в точці B контакту струменя і напрямної поверхні кришки відрізнятиметься від 90° . У даному випадку кут β розглядається між напрямком вектора швидкості та дотичної до поверхні кришки в точці B . Завдяки тому, що $\beta \neq 90^\circ$, виникає нерівність витрат Q_1 та Q_2 (відповідно до струменів, що мають швидкість потоку V_1 та V_2). Для визначення їх величин спроектуємо силу дії струменя на поверхню перешкоди (нормаль до неї), проведену через точку B , використовуючи рівняння (2.4). В результаті отримаємо:

$$P = \rho Q_0 V_0 \cdot \sin \beta. \quad (2.7)$$

При проєкції складових рівняння (2.4) на напрямок дотичної $A-A$ визначимо витрати в напрямках швидкостей V_1 та V_2 :

$$\rho Q_0 V_0 \cdot \cos \beta + \rho Q_1 V_0 - \rho Q_2 V_0 = 0,$$

звідки
$$Q_0 \cdot \cos \beta = -Q_1 + Q_2. \quad (2.8)$$

Враховуючи очевидність виконання умови нерозривності потоків, що забезпечує працездатність вимірювача, приймаємо:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2. \quad (2.9)$$

Сумісне розв'язання рівнянь (2.8) та (2.9) дозволяє знайти закономірність поділу витрат у вигляді:

$$Q_1 = \frac{Q_0(1 - \cos \beta)}{2};$$

$$Q_2 = \frac{Q_0(1 + \cos \beta)}{2}. \quad (2.10)$$

Якщо вважати, що саме витрати Q_1 елементарного струменя, який спрямований до приймальної щілини, визначає накопичення молока в мірній ємності і, відповідно, визначає кількість молока, що проходить через пристрій, то очевидно, що зміна її величини безпосередньо впливає на точність даної вимірювальної операції. При строго вертикальній установці корпусу поділ молока за даної конструкції наконечника та напрямної поверхні кришки відбувається рівномірно, тобто:

$$Q_{1o} = Q_{2o} = \frac{Q_0}{2}. \quad (2.11)$$

Тоді похибку у разі нахилу корпусу на кут α можна визначити з виразів (2.10), (2.11) у відносному значенні наступним чином:

$$\varepsilon = \frac{(Q_{10} - Q_{1\alpha})}{Q_{10}} \cdot 100\%, \quad (2.12)$$

де Q_{10} – витрати молока в напрямку приймальної щілини за вертикального положення осі вимірювача ($\alpha=0$), визначається з рівняння (2.11), м³/с;

$Q_{1\alpha}$ – витрати молока в даному напрямку в разі нахилу осі корпусу на кут α , визначається з рівняння (2.10), м³/с.

Тоді, підставивши рівняння (2.10) і (2.11) в рівняння (2.12), одержимо:

$$\varepsilon = \cos\beta \cdot 100\%. \quad (2.13)$$

Якісний аналіз роботи вимірювача поділу молока після його витікання з наконечника та контакту з напрямною поверхнею кришки свідчить про наявність суттєвого впливу кута нахилу α осі корпусу в разі його установки на опорах на точність вимірювання кількості молока. Згідно зі схемою, показаною на рис. 2.3, кут нахилу α безпосередньо впливає на величину кута β між дотичною та напрямною поверхні кришки в точці

В її контакту зі струменем та напрямком швидкості струменя в даній точці. Згідно (2.13) саме величина кута β визначає похибку кількості молока за даної конструкції вимірювача. Як показано на рис. 2.3, кут β складається з кутів ψ та γ

$$\beta = \psi + \gamma, \quad (2.14)$$

де ψ – кут між дотичною та напрямною поверхні кришки в т. В та горизонтальною віссю, град;

γ – кут, який визначається між напрямком вектора швидкості V_{OB} в т. В та горизонтальною віссю, град.

Таким чином, для визначення кута β і, відповідно, похибки вимірювання кількості молока, пов'язаної з нахилом вимірювача, необхідно визначити величину кутів γ та ψ , пов'язаних із геометричними та гідравлічними параметрами даного вимірювача. Кут α нахилу корпусу вимірювача, що може

виникнути у разі його неточної установки, за умовою є відомим. Таким чином, виникає задача знаходження величини кутів γ та ψ залежно від параметрів даного вимірювача та його установлення.

Для знаходження точки перетину струменя молока та напрямної поверхні кришки складаємо систему рівнянь, за допомогою яких визначимо траєкторію струменя молока, а також рівняння поверхні, яка перешкоджає вільному руху струменя молока.

За вихідний стан приймаємо вертикальне положення насадки (на рис. 2.3 показано пунктиром). Початок відліку обраної системи координат збігається з віссю можливого повороту корпусу, яка в свою чергу за конструктивними особливостями вимірювача збігається з центром сфери напрямної поверхні кришки. У такому разі відстань від початку координат до напрямної поверхні кришки дорівнюватиме: радіусу R даної поверхні. Координати торця наконечника (X_0, Y_0) в початковому положенні (т. С на рис. 2.3) визначаються конструктивними розмірами. У разі повороті корпусу координата т. С на торці наконечника змінюється, набуваючи значення відповідно (X_i, Y_i) . Причому:

$$X_i = X_0 \cdot \sin \alpha; \quad Y_i = Y_0 \cdot \cos \alpha. \quad (2.15)$$

Коли струмінь молока витікає крізь отвір наконечника, кожна елементарна частинка описує траєкторію

$$\begin{aligned} X &= X_i + V_x \cdot t \\ Y &= Y_i + V_y \cdot t - \frac{gt^2}{2}, \end{aligned} \quad (2.16)$$

де V_x, V_y – складові швидкості руху елементарного об'єму потоку в напрямку відповідних осей координат, м/с;

t – час, с;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

У свою чергу

$$\begin{aligned} V_x &= V_0 \cdot \sin \alpha \\ V_y &= V_0 \cdot \cos \alpha - gt. \end{aligned} \quad (2.17)$$

З урахуванням (2.17) система рівнянь (2.16) набуває вигляду:

$$\begin{aligned} X &= X_i + V_0 \cdot \sin \alpha \cdot t; \\ Y &= Y_i + V_0 \cdot \cos \alpha \cdot t - \frac{3}{2} g t^2. \end{aligned} \quad (2.18)$$

Поверхня перешкоди – напрямної поверхні кришки описується рівнянням кола з центром в т. О відповідно до прийнятих методів для аналізу плоскої моделі потоку і запишеться у вигляді рівняння:

$$X^2 + Y^2 = R^2, \quad (2.19)$$

де X, Y – координати т. В напрямної поверхні кришки, м;

R – радіус поверхні кришки в т. В, м.

Таким чином, маємо систему рівнянь (2.18) та (2.19), які дозволяють визначити координати т. В перетину струменя та напрямної поверхні кришки, а також значення часу t_k , коли струмінь молока досягає поверхні кришки (час, за який елементарні частинки потоку молока долають шлях від торця наконечника до поверхні перешкод). Це у свою чергу дозволяє визначити гідродинамічні параметри потоку молока в момент його дотику поверхні перешкоди, а також відповідно напрямок вектора його швидкості відносно дотичної до профілю напрямної поверхні кришки в точці контакту потоку та кришки.

На основі значення t_k за формулою (2.17) можна визначити складові швидкості руху V_{xk} та V_{yk} струменя молока в момент його контакту з напрямною поверхнею кришки. Саме співвідношення цих складових визначає величину кута γ , під яким вектор швидкості V_0 спрямований щодо горизонталі в т. В:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{V_{yk}}{V_{xk}}, \quad (2.20)$$

де V_{yk}, V_{xk} – складові швидкості руху струменя молока в момент його контакту з кришкою, м/с.

Для визначення кута β необхідно також знайти величину кута ψ , який у свою чергу зв'язаний з кутом φ . За співвідношенням кутів згідно з рис. 2.3 визначаємо:

$$\psi = 90^\circ - \varphi, \quad (2.21)$$

де φ – кут між радіусом ОВ (т. В) і горизонталлю Х.

Відповідно кут φ визначимо за формулою

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{Y_B}{X_B}, \quad (2.22)$$

де X_B, Y_B – координати т.В в обраній системі координат.

Таким чином, рівняння (2.20) й (2.22) дозволяють отримати значення складових кута β , величина якого згідно із (2.13) визначає похибку вимірювання кількості молока, що проходить через вимірювач.

Аналітичні дослідження точності вимірювання кількості молока вимірювачем проводяться на основі системи алгебраїчних рівнянь четвертого ступеня (2.18) й (2.19) з визначенням похибки вимірювання за рівняннями (2.20) – (2.22). Але аналітичний розв’язок рівнянь (2.18) й (2.19) не дає простих алгоритмів проведення розрахунків. Тому доцільно в цьому разі розв’язувати дану систему рівнянь числовими методами на основі використання ПЕОМ. Складена математична модель протікання молока крізь вимірювач є основою для подальшого детального дослідження характеристик і його точності шляхом математичного моделювання з використанням ПЕОМ.

2.3 Результати моделювання характеристик вимірювача на ПЕОМ

Відповідно до розглянутих вище умов за допомогою розроблених програм були виконані дослідження математичної моделі вимірювача ІУ-1, напрямна поверхня кришки якого має сферичну форму [40]. За початкові значення параметрів, вплив яких досліджувався, були прийняті значення, які відповідають конструкції, що виготовляється серійно, а саме:

- радіус R сфери напрямної поверхні кришки – 0,2 м;
- відстань h торця наконечника до напрямної поверхні кришки – $h=0,009$ м;
- діаметр отвору наконечника – $d_c = 0,011$ м.

Останній параметр – діаметр отвору d_c , визначає швидкість V_0 , з якою потік молока витікає з зазначеного отвору. Швидкість одновимірного потоку молока визначається відношення витрат Q молока крізь отвір до його площі f_c :

$$V_0 = \frac{Q}{f_c}. \quad (2.23)$$

У свою чергу витрати Q молока крізь отвір визначаються площею його поперечного перерізу та перепадом тиску Δp_c (падінням величини вакуумметричного тиску) на цьому отворі за відомою квадратичною залежністю [85]:

$$Q = \mu \cdot f_c \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{\Delta p_c}, \quad (2.24)$$

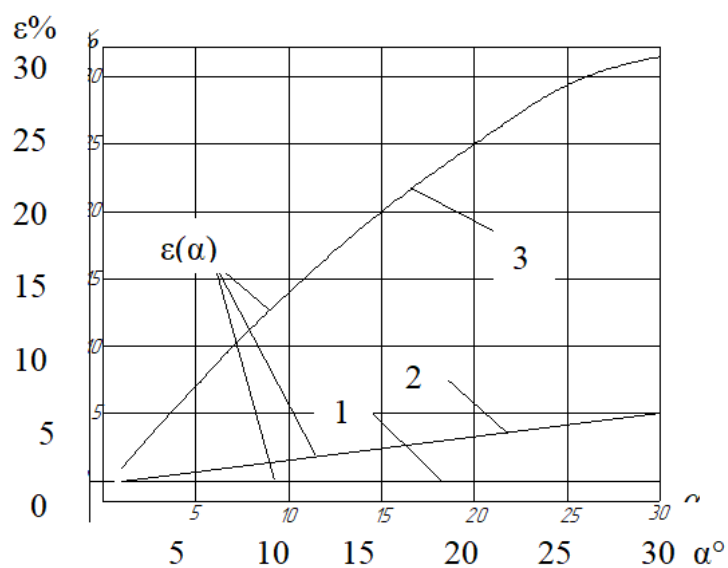
де μ – коефіцієнт витрат ($\mu = 0,65-0,67$).

Максимальна величина витрат і, відповідно, швидкість V_0 має місце у разі, коли величина падіння вакуумметричного тиску на отворі практично досягає величини падіння вакуумметричного тиску в усій системі вимірювача, тобто коли $\Delta p_c = 0,05 \text{ МПа}$.

У цьому разі швидкість V_0 потоку молока досягатиме максимального значення $V_0 = 6,5 \text{ м/с}$. Задання даного значення швидкості потоку молока неможливо з технологічних міркувань, оскільки в цьому разі все падіння величини вакуумметричного тиску відбуватиметься на отворі наконечника, що не дозволить забезпечити нормальну роботу доїльної установки в цілому. Таким чином, дане значення швидкості молока далі розглядається як максимальне, яке обмежує діапазон зміни швидкості молока. Результати моделювання показали, що у разі зменшенні швидкості потоку молока до величини меншої за $V_0 = 0,5 \text{ м/с}$, можливе виникнення режиму роботи вимірювача, за якого струмінь молока не досягає напрямної поверхні кришки і, таким чином, порушується принцип його роботи, що призводить до недопустимої похибки вимірювання кількості молока. Таким чином, необхідно забезпечити, щоб швидкість потоку молока перевищувала вказане мінімальне значення. На рис. 2.4 показані залежності $\varepsilon(\alpha)$ похибки ε вимірювання кількості молока від кута α нахилу корпусу вимірювача. Залежності розраховані за різних значень швидкості потоку молока: 1 – $V_0 = 5 \text{ м/с}$; 2 – $V_0 = 1 \text{ м/с}$; 3 – $V_0 = 0,5 \text{ м/с}$. Інші значення параметрів вимірювача залишаються початковими.

Зі збільшенням кута нахилу корпусу (кут α зростає) відповідно збільшується похибка вимірювання, про що свідчать усі три криві на рис. 2.4. Але якщо за швидкості потоку молока $V_0 = 5$ м/с розрахункова похибка ε вимірювання кількості молока при нахилі корпусу на 30° становила лише 0,5%, то за швидкості $V_0 = 0,5$ м/с вона зростає до 35%.

Навіть за незначного відхилення корпусу ($\alpha = 10^\circ$) при швидкості $V_0 = 0,5$ м/с розрахункова похибка ε становить 13%. За такої швидкості V_0 зростання похибки вимірювання відбувається значно інтенсивніше, ніж за $V_0 = 5$ м/с (крива 1) та $V_0 = 1$ м/с (крива 2), що свідчить про наближення в цьому випадку швидкості V_0 до критичного значення, за якого не відбувається контакту струменя молока з напрямною поверхнею кришки (рис. 2.4).



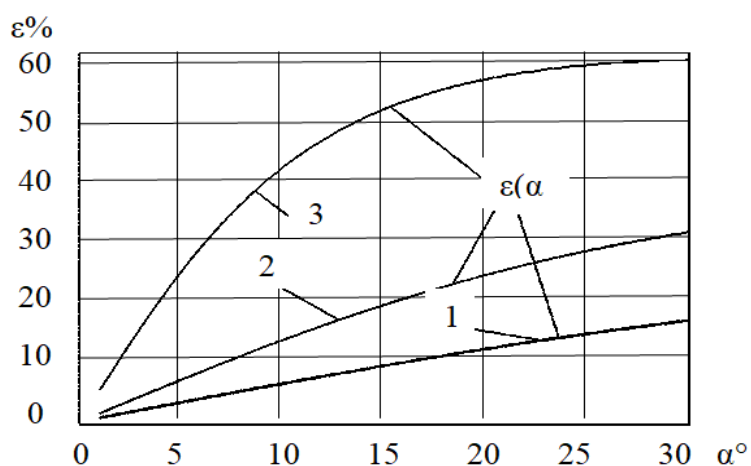
1 – $V_0 = 5$ м/с; 2 – $V_0 = 1$ м/с; 3 – $V_0 = 0,5$ м/с

Рисунок 2.4 – Залежність похибки ε вимірювання кількості молока від кута α нахилу корпусу вимірювача при швидкостях потоку молока V_0

Математичне моделювання показало, що характер гідромеханічних процесів за нахилу корпусу призводить до появи похибки вимірювання, яка збільшується у разі збільшення кута α . Підвищення швидкості V_0 потоку молока

дозволяє зменшити похибку вимірювання. Робота вимірювача на швидкостях потоку молока, близьких до нижньої межі діапазону робочих швидкостей, спричиняє значне збільшення похибки вимірювання, що дозволяє рекомендувати обмеження мінімальної швидкості для заданої точності вимірювання.

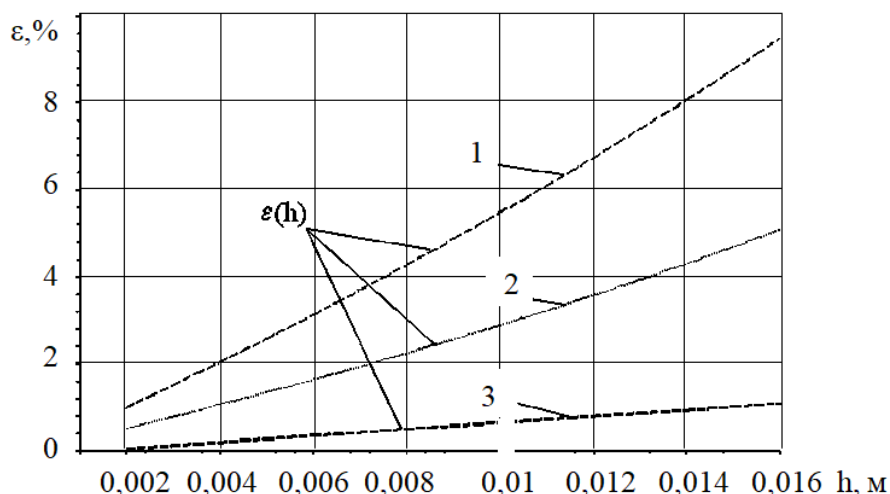
На рис. 2.5 наведено графіки залежності похибки вимірювання ε кількості молока від кута α нахилу корпусу вимірювача за швидкості $V_0 = 0,5$ м/с, наближеної до мінімального допустимого значення, розрахованої за різних значень конструктивного параметра вимірювача – відстані h від торця насадки до напрямної поверхні кришки. Крива 2 розрахована за $h=0,009$ м, що відповідає параметрам серійного вимірювача ІУ-1. Зменшення відстані до $h = 0,006$ м (крива 3) призводить до суттєвого зменшення (більше ніж вдвічі) похибки вимірювання навіть за умови, що вимірювач працює на гранично допустимих швидкостях V_0 потоку молока. Водночас збільшення даного розміру до $h = 0,012$ м (крива 1) призводить до значного зростання похибки ε . Так, за нахилу корпусу на кут $\alpha = 30^\circ$ вона може сягати 62 %, що свідчить про непрацездатність вимірювача молока ІУ-1.



1 – $h = 0,006$ м; 2 – $h = 0,009$ м; 3 – $h = 0,012$ м

Рисунок 2.5 – Залежність похибки вимірювання кількості молока, розрахованої за швидкості $V_0 = 0,5$ м/с і наступних значень відстані h від торця наконечника до напрямної поверхні кришки

На рис. 2.6 наведені криві $\varepsilon(h)$ залежності похибки ε вимірювання молока від величини відстані h від торця наконечника до напрямної поверхні кришки. Дані криві розраховані за умови, що корпус вимірювача нахилений на кут $\alpha = 15^\circ$, що є граничним кутом установки пристрою. При цьому величина похибки визначалась за різних швидкостей V_0 витікання молока з отвору насадки.



1 – $V_0 = 1$ м/с; 2 – $V_0 = 2$ м/с; 3 – $V_0 = 5$ м/с

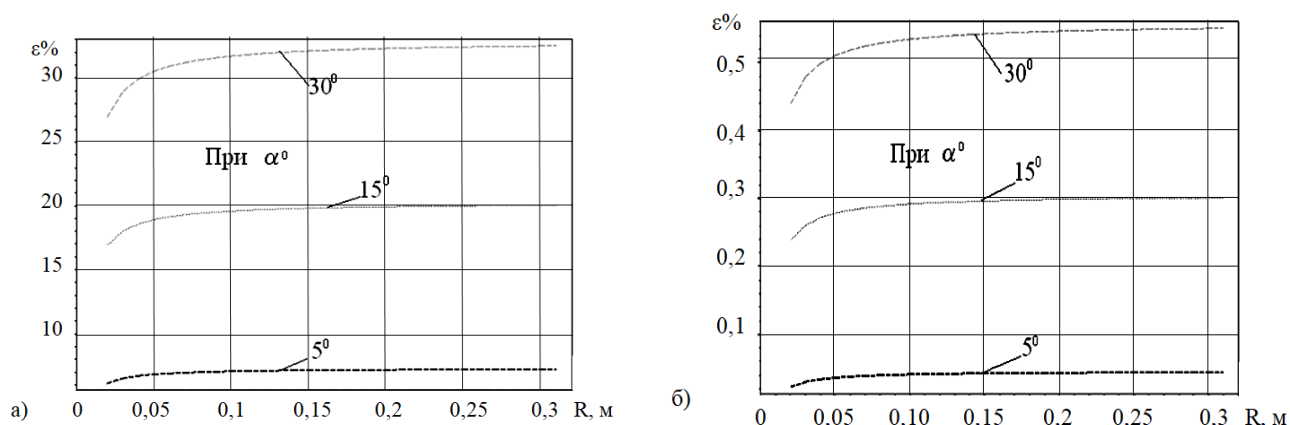
Рисунок 2.6 – Залежність похибки вимірювання кількості молока від величини відстані h від торця наконечника до напрямної поверхні кришки, розрахованої за кута нахилу корпусу молокоміра $\alpha = 15^\circ$, й наступних значеннях швидкості V_0 потоку молока

Похибка ε зростає у разі збільшення відстані h . При цьому похибка інтенсивніше зростає при зменшенні швидкості V_0 потоку молока. Слід зазначити, що за максимально можливих швидкостей (крива 3) похибка ε є практично зникаючою. Іншим фактором, що мінімізує похибку, є зменшення відстані h . Так, якщо $h < 0,004$ м, навіть на швидкостях $V_0 = 1$ м/с похибка не перевищує 1%.

Аналіз даних результатів свідчить, що зменшення відстані h між торцем насадки і напрямною поверхнею кришки може суттєво підвищити точність вимірювання кількості молока, обмеживши похибку, зумовлену нахилом корпусу

вимірювача. При цьому також зменшується вплив на точність вимірювання швидкості потоку молока V_0 . Слід зазначити, що помітне коливання величини похибки ε навіть у разі незначній зміни параметру h свідчить про необхідність вимогливого ставлення до витримування точності даного розміру. Водночас значне зменшення відстані h може призвести до збільшення гідравлічного опору потоку молока, що в свою чергу зменшить вакуумметричний тиск і може спричинити порушення нормальної роботи доїльної установки в цілому.

На рис. 2.7 наведені графіки залежності похибки ε вимірювання кількості молока від величини радіуса R напрямної поверхні кришки, розраховані за різних кутів нахилу корпусу вимірювача (5° , 15° та 30°).



а – $V_0 = 0,5$ м/с; б – $V_0 = 3$ м/с

Рисунок 2.7 – Залежність похибки ε вимірювання від величини радіуса R напрямної поверхні кришки при

Графіки, показані на рис 2.7,а та 2.7,б, відрізняються також тим, що вони отримані за різних значень швидкості V_0 потоку молока (0,5 м/с та 3 м/с).

Завдяки останньому фактору величина похибки ε відрізняється практично на два порядки. Але при цьому зберігається характер зміни величини похибки ε від величини радіуса R напрямної поверхні кришки. У разі зміни цього параметра від 0,02 м до 0,3 м похибка вимірювання залишається практично незмінною.

Лише за зменшення радіуса R до величини $R = 0,03$ м вона зменшується на 20 %. Використання малих радіусів R напрямної поверхні кришки недопустиме з конструктивних міркувань, а також призводить до збільшення відстані h між насадкою і поверхнею кришки, що навпаки збільшує похибку вимірювання.

Також було проведено аналіз впливу симетричності розташування напрямної поверхні кришки відносно осі отвору наконечника. Як показали результати досліджень, навіть за значної несиметричності вказаних поверхонь похибка вимірювання кількості молока зростає несуттєво (менше 1%). Аналогічний вплив створюють інші конструктивні параметри вимірювача, у зв'язку з чим їхній аналіз не представляє практичного інтересу.

2.4 Висновки до розділу

В результаті проведених моделювань характеристик точності вимірювання кількості молока серійним вимірювачем ІУ-1 і розрахунку їх теоретичним шляхом на основі моделювання гідромеханічних процесів взаємодії потоку молока та елементів вимірювача розподілу молока виявлено низку залежностей між параметрами даного вимірювача і показниками точності вимірювання кількості молока, що дозволяє зробити наступні висновки:

1. Результати моделювання показали, що похибка вимірювання кількості молока вимірювачем ІУ-1 зростає зі збільшенням кута нахилу корпусу, тобто відхилення його осі від вертикалі. Ця залежність має практично лінійний характер, причому похибка вимірювання у разі нахилу корпусу зростає інтенсивніше зі зменшенням швидкості струменя молока, з якою він витікає з отвору наконечника. Максимально допустимий кут $\alpha = 5^\circ$ при швидкості потоку молока $V = 0,5$ м/с, а при швидкості потоку молока $V = 5$ м/с максимально допустимий кут може становити $\alpha = 30^\circ$.

2. Точність вимірювання кількості молока, яка зазначалась вище, знижується у разі зменшення швидкості струменя молока V . Залежно від значення відстані h між торцем наконечника і напрямною поверхнею кришки існує

відповідне мінімальне значення швидкості струменя молока V , при якому забезпечується дотик струменя молока поверхні кришки та відповідно його розташування по ній. Для мінімальної швидкості $V = 0,5$ м/с значення відстані h повинно становити 0,012 м. У міру зниження швидкості струменя та наближення до вказаної критичної відстані h , значення похибки вимірювання зростає із значною інтенсивністю. У разі зменшення швидкості струменя молока до величини, меншої за критичне значення, не відбувається контакт потоку молока з кришкою і порушується принцип роботи вимірювача. Точність вимірювання кількості молока зростає, якщо зменшується відстань між торцем наконечника та напрямною поверхнею кришки.

3. Кривизну напрямної поверхні кришки можна використати для підвищення точності вимірювання, але помітного ефекту можна досягти лише за досить малих радіусів кривизни (< 50 мм) напрямної поверхні кришки, що не завжди зручно з погляду практичної реалізації даного заходу.

4. Для підвищення якості роботи вимірювача даного типу необхідно зменшити відстань між торцем наконечника та напрямної поверхні кришки, забезпечити стабільну швидкість струменя молока на рівні не менше 1-1,5 м/с.

5. Стабільної роботи даного пропорційного розподілу механізму вимірювача можна досягнути у разі збільшення робочих швидкостей молока у потоці не нижче від 1,6-1,8 м/с.

3 ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЛІЧИЛЬНИКА МОЛОКА

3.1 Мета і завдання експериментальних досліджень

Метою експериментальних досліджень є перевірка теоретичних залежностей, що використовуються при розробці індивідуального лічильника молока, вивчення метрологічних параметрів індивідуального лічильника молока залежно від його конструктивних параметрів.

Об'єктом експериментальних досліджень є індивідуальний лічильник молока ІУ-1 серійного виробництва.

Для реалізації поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання експериментальних досліджень:

- розробити методику експериментальних досліджень;
- провести порівняльні дослідження різних варіантів конструктивного виконання вимірювачів (сферична та конусоподібна форма напрямних поверхонь) і метрологічних характеристик вимірювачів залежно від дестабілізуючих чинників.

3.2 Програма експериментальних досліджень

У результаті аналізу літературних джерел, теоретичних залежностей для обґрунтування основних параметрів індивідуального лічильника молока було розроблено програму експериментальних досліджень вимірювача в лабораторних і виробничих умовах.

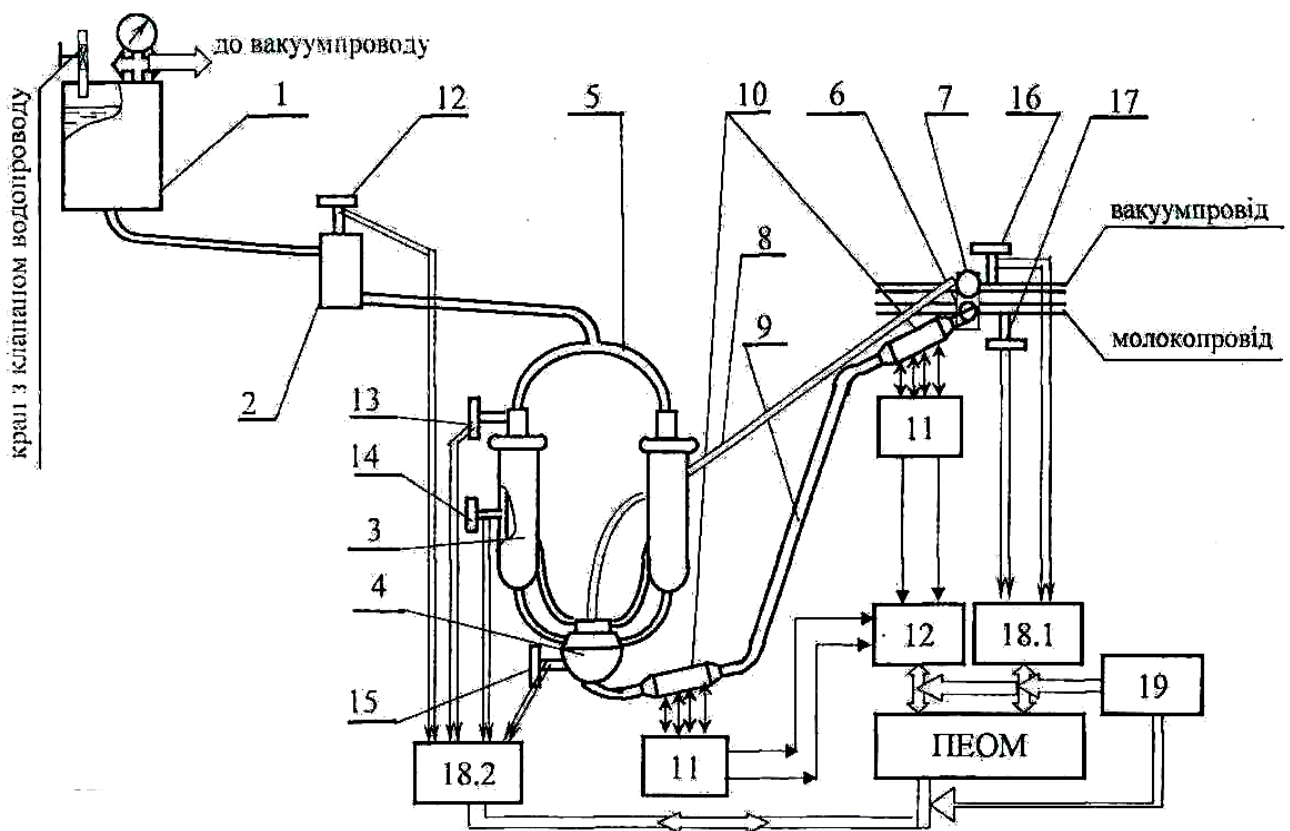
Програмою передбачалося:

- розробити конструктивно-технологічну схему для проведення експериментальних досліджень у лабораторних умовах;
- перевірити адекватність отриманих теоретичних залежностей;
- встановити кореляційний взаємозв'язок між метрологічними параметрами індивідуального лічильника молока і чинниками, що впливають на точність

вимірювання.

3.3 Лабораторне обладнання для проведення експериментальних досліджень

Для проведення експериментальних досліджень використано лабораторний стенд молочно-доїльного обладнання. Структурну схему стенда наведено на рис. 3.1.



- 1 – місткість; 2 – імітатор; 3 – доїльні стакани; 4 – колектор; 5 – штучне вим'я;
6 – молочний кран; 7 – пульсатор; 8 – шланг; 9 – шланг молочний;
10 – вимірювач інтенсивності; 11 – електронний блок; 12, 13, 14, 15, 16,
17 – датчики вакуумметричного тиску; 18 – АЦП; 19 – блок живлення

Рисунок 3.1 – Структурна схема стенду для діагностики й дослідження доїльного обладнання і його елементів

Загальний вигляд станда для лабораторних досліджень подано на рис. 3.2. До складу станда входили: вакуумна установка, вакуум-регулятор, мірна ємність, штучне вим'я, доїльний апарат, персональний комп'ютер, аналого-цифровий перетворювач, лабораторні ваги, секундомір і датчики вакуумметричного тиску.

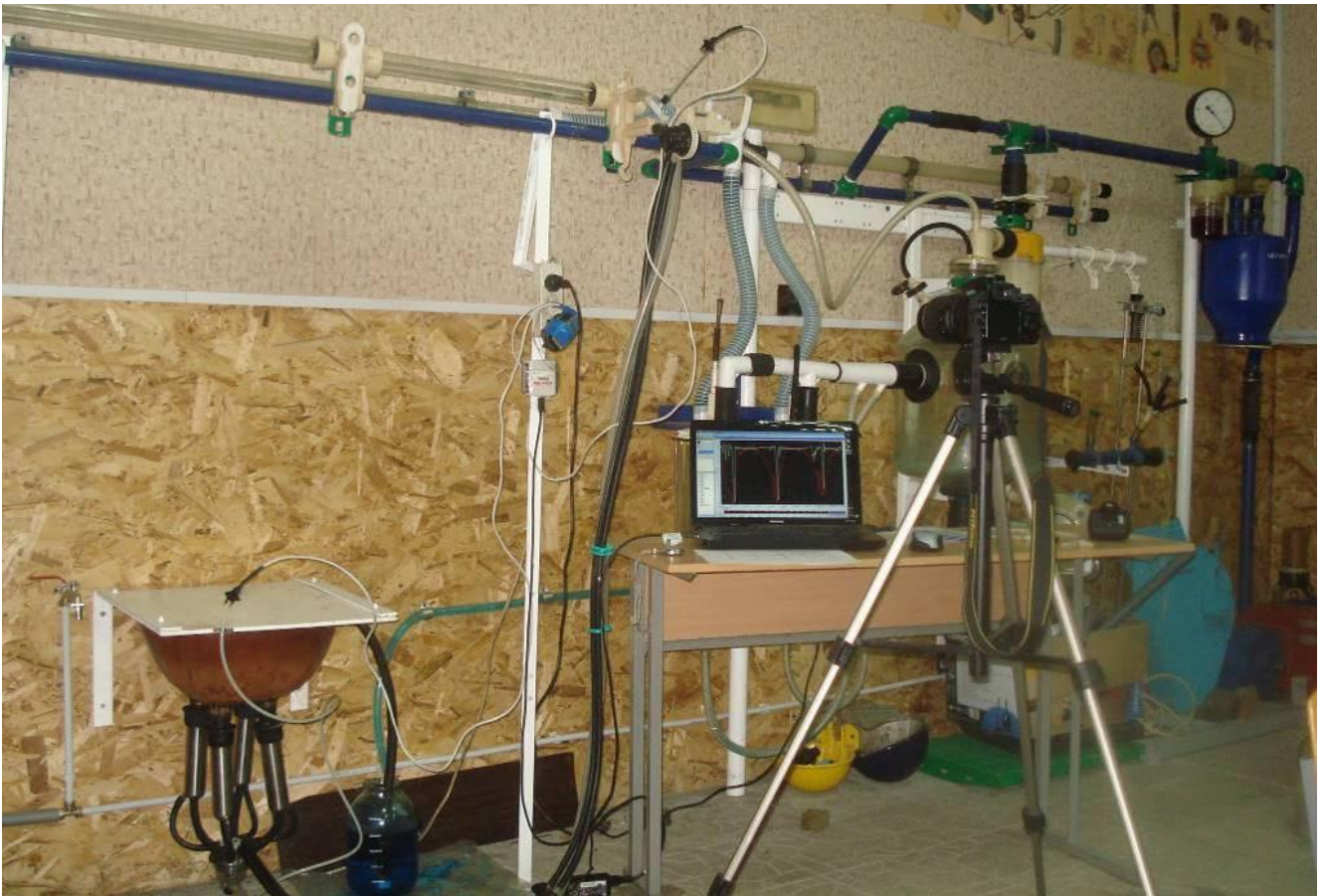


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд станда для лабораторних досліджень

3.4 Перевірка відповідності експериментального розподілу з теоретичним

Для обґрунтування можливості використання статистичних критеріїв оцінки результатів експерименту, коректність застосування яких вимагає підпорядкування нормальному розподілу впливу випадкових факторів, необхідно перевірити на відповідність теоретичного та експериментального законів розподілу на основі результатів рекогносцирувального експерименту.

Перевірку відповідності експериментального й теоретичного розподілів здійснювали відповідно до ГОСТ 11.006-74 [40].

З цією метою, відповідно до стандарту, необхідно провести серію вимірювань критерію оптимізації на середньому незмінному значенні рівнів варіювання факторів (табл. 3.1). До табл. 3.1 як фактор не внесено конструкційне виконання вимірювача з формуванням дози рідини, оскільки таке виконання є складнішим, погіршує гідравлічний режим руху молока через вимірювач, створює додаткову втрату вакуумметричного тиску і суттєво не покращує метрологічні показники у варіанті з напрямною конусоподібною поверхнею потоку рідини. Для інженерних застосувань перевірку відповідності розподілів доцільно здійснювати за критерієм χ^2 , для цього кількість дослідів повинна бути не меншою 100.

Для вимірювання значень досліджуваної величини слід використовувати прилади з ціною поділки, що не перевищує 1/5 передбачуваної величини середньоквадратичного відхилення досліджуваного розподілу. Тому для визначення величини разового набою не можна користуватись шкалою мензурки, яка забезпечує відлік із точністю 0,1 кг. Для вимірювання вказаного параметра необхідно проводити зважування рідини, що виявилась у мензурці після кожного заміру з точністю до другого знаку після коми, якщо одиницею вимір є кілограм, тобто до 0,01 кг.

Таблиця 3.1 – Фактори, що впливають на процес вимірювання кількості молока

Назва фактора та його розмірність	Рівні факторів		
	-1	0	+1
x_1 – інтенсивність молоковіддачі, кг/хв	0,2	4,1	8,0
x_2 – кут нахилу вимірювача, град.	-15	0	+15
x_3 – величина вакуумметричного тиску у системі, кПа	40	50	60
x_4 – витрата повітря через колектор доїльного апарата, м ³ /с	$2 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$

Усю сукупність експериментальних значень параметра розбиваємо на r інтервалів. Кількість інтервалів для кількості дослідів n у межах від 100 до 200 необхідно вибирати у межах 15-18 інтервалів.

Далі визначаємо розмах досліджуваного параметра δ_{\max} і величину інтервалу h як:

$$\delta_{\max} = x_{\max} - x_{\min}; \quad (3.1)$$

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{r}, \quad (3.2)$$

де x_{\max} і x_{\min} – максимальне і мінімальне значення параметра у досліді;
 r – кількість інтервалів.

Середньоарифметичне значення параметра, виражене через номер інтервалу (класу) i , визначають так:

$$x_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r \left(i - \frac{1}{2} \right) \cdot m_i, \quad (3.3)$$

середньоквадратичне відхилення знаходиться за формулою

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^r \left[\left(i - \frac{1}{2} \right) - x_c \right]^2 \cdot m_i}, \quad (3.4)$$

а в натуральній величині:

$$x_c = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j, \quad (3.5)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_j - x_c)^2} \quad (3.6)$$

Результати експерименту розташовуємо в порядку зростання або спадання і розбиваємо на інтервали з врахуванням частоти m_i величин x_i , що потрапили в i -й інтервал і заносять у таблицю 3.1.

Потім обчислюємо середнє арифметичне значення параметра і його середньоквадратичне відхилення, виразивши значення параметра через номер інтервалу і його ширину, за формулами (3.3) і (3.6).

Для параметра, вираженого у натуральних значеннях, вказані параметри можна визначити за формулами (3.5) і (3.6).

Величину y_i для крайніх значень параметра кожного інтервалу вираховують за формулою

$$y_{i.\max} = -\frac{x_{i.\max} - x_c}{S}, \quad (3.7)$$

$$y_{i.\min} = -\frac{x_{i.\min} - x_c}{S}. \quad (3.8)$$

Значення функції нормального розподілу $\Phi_o(y)$ знаходимо, скориставшись таблицею [28].

Ймовірність p_i потрапляння j -го заміру в i -й інтервал визначаємо як:

$$P_{(x_{i.\max} < x < x_{i.\min})} = \Phi_o\left(\frac{x_{i.\max} - x_c}{S}\right) - \Phi_o\left(\frac{x_{i.\min} - x_c}{S}\right). \quad (3.9)$$

Критерій Пірсона χ^2 визначають за формулою:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \frac{m_i - np_i}{np_i}. \quad (3.10)$$

Для визначення табличного значення χ^2 – критерію задаються довірчою ймовірністю того, що величина χ^2 обумовлена випадковим відхиленням експериментального розподілу від відповідних ймовірностей нормального розподілу, яка для науково-інженерних застосувань встановлюється в межах від 0,1 до 0,05, значення χ^2 знаходять за допомогою відповідних таблиць [28]. Якщо виявиться, що табличне значення χ^2 – критерію для заданого значення довірчої ймовірності є меншим від розрахункового, то гіпотеза щодо нормального розподілу параметра в експериментальній вибірці не приймається і застосування статистичних критеріїв для статистичної обробки експериментальних даних є проблематичним.

3.5 Планований факторний експеримент

Для встановлення взаємозв'язку між факторами, що впливають на точність вимірювання, необхідно провести експериментальні дослідження вимірювача кількості молока з використанням методу планованого експерименту. Для цього було встановлено тип плану, кількість рівнів факторів, їх граничне значення, порядок проведення дослідів тощо. Конкретне значення вказаних параметрів обумовлюється кількістю значущих факторів, що будуть внесені у план експерименту, мети експерименту, його надійності.

Базуючись на результатах відсівного експерименту, робимо висновок, що

значущими факторами, які слід внести у матрицю планованого експерименту є інтенсивність молоковіддачі – x_1 , кут нахилу вимірювача – x_2 , величина вакуумметричного тиску у вакуумній системі доїльної установки – x_3 і витрата повітря, що надходить у колектор доїльного апарата – x_4 .

З метою скорочення кількості дослідів кількість рівнів факторів k необхідно встановити до $k = 2$ і передбачити проведення одного досліду на середньому значенні всіх факторів для з'ясування відсутності значної нелінійності впливу якогось із факторів на середньому рівні.

У такому разі матимемо матрицю умовно факторного експерименту типу 2^m+1 , де m - кількість значущих факторів.

Прогнозуючи близьку до лінійної залежності між значущими факторами і критерієм оптимізації та нехтуючи взаємодіями другого порядку, рівняння регресії будемо шукати у вигляді:

$$y = a_0 = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_1x_2 + a_6x_1x_3 + a_7x_1x_4 + a_8x_2x_3 + a_9x_2x_4 + a_{10}x_3x_4. \quad (3.11)$$

Реалізація такого експерименту, якщо виконувати досліди з трикратною повторністю, потребує проведення 51 заміру, що свідчить про недоцільність застосування дробних реплік, враховуючи незначну його трудомісткість і вартість.

Рівні варіювання факторів приймаємо такими ж, як і у відсівному експерименті.

Оцінка відтворюваності дослідів здійснюють за G -критерієм Кохрена, виходячи з умови:

- $G_p \leq G_T$ – досліди відтворювані;
- $G_p \geq G_T$ – досліди не відтворювані,

де G_T – табличне значення критерію Кохрена;

G_p – розрахункове значення критерію Кохрена, яке визначають за формулою

$$G_p = \frac{S_{n\max}^2}{\sum_{n=1}^N S_{ni}^2}, \quad (3.12)$$

де S_{nmax}^2 – максимальне значення порядкової дисперсії у дослідях;

S_{ni}^2 – порядкова дисперсія, яка визначається за формулою

$$S_{ni}^2 = \frac{\sum_{n=1}^N \Delta y^2}{m-1}, \quad (3.13)$$

де

$$\Delta y = y_i - y_c; \quad (3.14)$$

$$y_c = \frac{\sum_{n=1}^N y_i}{m-1}, \quad (3.15)$$

де m – кількість повторностей дослідів;

N – кількість дослідів без дублів (рядків матриці плану).

Числові значення коефіцієнтів регресії в кодованих змінних визначають за формулами

$$a_o = \frac{\sum_{n=1}^N y_n}{N}; \quad (3.16)$$

$$a_i = \frac{\sum_{n=1}^N y_n \cdot x_{in}}{N}; \quad (3.17)$$

$$a_{ij} = \frac{\sum_{n=1}^N y_n \cdot x_{in} \cdot x_{jn}}{N} \dots \quad (3.18)$$

Значущість коефіцієнтів регресії оцінюють за t - критерієм Стюдента за умовою

$a_i \geq t \cdot S_a$ – коефіцієнт значущий;

$a_i \leq t \cdot S_a$ – коефіцієнт не значущий, (3.19)

де S_a^2 – дисперсія визначення коефіцієнта регресії, яка визначається за формулою:

$$S_a^2 = \frac{S^2}{N \cdot m}, \quad (3.20)$$

де S^2 – генеральна дисперсія, що визначається за формулою

$$S^2 = \frac{\sum S_n^2}{N}, \quad (3.21)$$

де t – табличне значення t -критерію, визначене зі ступенем вільності k і заданою довірчою ймовірністю.

Ступінь вільності при цьому визначається за формулою

$$k = N \cdot (m - 1). \quad (3.22)$$

Адекватність кореляційної моделі процесу з'ясовувалась за допомогою F -критерію Фішера за умови:

– $F_p \leq F_T$ – модель адекватна;

– $F_p \geq F_T$ – модель не адекватна, (3.23)

де F_T – табличне значення F -критерію, визначене для заданого значення довірчої ймовірності і ступеню вільності більшої дисперсії f та меншої f^1 , які визначаються за формулами [25]:

$$f = N - c, \text{ і } f^1 = N, \quad (3.24)$$

де c – кількість значущих коефіцієнтів рівняння регресії.

Розрахункове значення критерію Фішера визначають за формулою

$$F_p = \frac{\sigma_{ad}^2}{S^2}, \quad (3.25)$$

де σ_{ad} – дисперсія неадекватності, визначена за формулою:

$$\sigma_{ad}^2 = \frac{\sum_{n=1}^N y_{cn} - y_{pn}}{N - c}, \quad (3.26)$$

де y_{cn} і y_{pn} – середнє порядкове значення критерію оптимізації і значення критерію оптимізації, розраховане за рівнянням (3.20) з визначеними значущими коефіцієнтами регресії, відповідно.

3.6 Порівняльна оцінка вимірювачів у лабораторних умовах

Метою порівняння було визначення ергономічних і метрологічних характеристик індивідуальних лічильників молока. Зокрема, необхідно було

визначити похибки вимірювання лічильників залежно від:

- кута відхилення вертикальної осі лічильника;
- інтенсивності потоку молока;
- вакуумметричного тиску в системі;
- способу формування потоку молока;
- характеру проходження рідини через пристрій.

У порівняльних дослідженнях використовувались:

– серійний індивідуальний лічильник молока ІУ-1, щілина забірника якого розташована перпендикулярно до осі молокопроводу, що негативно впливає на процес вимірювання у разі порушення вертикального положення молочного крана, що має місце за тривалої експлуатації молокопроводу;

- серійний лічильник молока УЗМ-1А;

Лабораторні дослідження на похибки виміру кількості рідини проводились на стенді.

Значення варіації рівнів факторів у порівняльних дослідженнях наведено у таблиці 3.2.

Похибки виміру вимірювача визначались згідно з ГОСТ 8.207-76.

Похибки виміру залежно від кута відхилення вертикальної осі приладу від вертикалі визначають, якщо вакуумметричний тиск у вакуумпроводі $P = 50 \pm 1$ кПа та інтенсивність потоку рідини через доїльний апарат 3 кг/хв. Зміна кута здійснювалася з допомогою штативу, закріпленого на рамі стенду.

Похибки виміру залежно від інтенсивності молоковіддачі визначалися при куті відхилення пристрою, рівному 0° , і вакуумметричному тиску 50 ± 1 кПа. Діапазон інтенсивності рідини наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Варіація рівнів факторів у порівняльних дослідженнях

Фактор	Значення рівнів
Вакуумметричний тиск, кПа	35, 40, 45, 50, 55, 60
Інтенсивність молоковіддачі, кг/хв	1, 2, 3, 5, 8
Кут відхилення осі вимірювача, град.	-15, -10, -5, 0, +5, +10, +15

Похибки виміру вимірювачем залежно від вакуумметричного тиску визначаються при куті нахилу, рівному 0° , та інтенсивності потоку рідини 3,0 кг/хв. Діапазон вакуумметричного тиску наведено у табл. 3.4.

Необхідний вакуумметричний тиск встановлювався з допомогою вакуумрегулятора стенда, а контроль величини тиску в системі здійснюється візуально за даними вакуумметра ВП4-У.

Інтенсивність потоку рідини визначалася як частка від ділення маси рідини у мірній ємності на тривалість її витікання через вимірювач.

Повторність дослідів – п'ятикратна.

Оцінка похибок вимірів вимірювачем від способу формування потоку і характеру проходження рідини визначалася порівнянням відповідних результатів показників вимірювання.

Значення вакуумметричного тиску у вакуумно-молокопровідній системі доїльної установки встановлювались відповідно до її технічного паспорту.

3.7 Висновки до розділу

Виходячи з програми і методики експериментальних досліджень індивідуального вимірювача кількості молока у процесі доїння необхідно провести факторний експеримент з метою встановлення кореляційного зв'язку між метрологічними характеристиками вимірювача і факторами, що впливають на процес вимірювання.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЛІЧИЛЬНИКА МОЛОКА

4.1 Результати планованого експерименту

Провівши планований експеримент одержали результати, наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати планованого експерименту

№ досліду	Y_1	Y_2	Y_3	y_c
1	2	3	4	5
1	4,5	4,6	4,2	4,43333
2	3,1	3,5	3,6	3,4
3	5,7	5,1	5,6	5,46667
4	8,6	7,8	8,9	8,43333
5	3,8	4,8	4,3	4,3
6	4,2	3	3,2	3,46667
7	6	6,2	6,1	6,1
8	5,2	4,3	4,7	4,73333
9	4,2	4,3	3,8	4,1
10	3,1	4,2	3,2	3,5
11	3,7	4,6	4,5	4,26667
12	8,1	7,8	9,4	8,43333
13	5,1	4,4	4,6	4,7
14	2,7	2,4	3	2,7
15	5,5	6,4	7,7	6,53333
16	4,9	6,4	5,8	5,7
17	4,8	5	5,1	4,96667

Виконавши обробку результатів експерименту згідно з методикою, викладеною у розділі 3.

Розрахункове значення критерію Кохрена, яке визначене за формулою (3.21) і становить 0,1495, є меншим від його табличного значення – 0,3218, що свідчить про відтворюваність досліду.

Для з'ясування значущості коефіцієнтів регресії знаходимо табличне значення критерію Стюдента, яке для наших умов дорівнює $t = 2,041$ [25], і дисперсію у визначенні коефіцієнтів регресії S_a за формулою (3.28)

$$S_a^2 = \frac{120,9}{16 \cdot 3} = 2,519.$$

У коефіцієнти регресії, що мають значення, менші від:

$$S_a \cdot t_p = 2,041 \cdot \sqrt{2,519} = 3,24.,$$

можна вважати незначними з довірчою ймовірністю 0,95. Слід зауважити, що їх можна залишити у рівнянні регресії у разі необхідності.

Залишивши члени із значущими коефіцієнтами регресії, рівняння для відносної похибки вимірювання δ у кодovаних значеннях факторів має вигляд:

$$\delta = 0,333 - 0,583X_1 - 23,83X_2 + 4,75X_4 + 11,75X_1X_2 - \\ - 13,167X_1X_8 - 4,083X_2X_4 + 3,08X_4X_8.$$

Для підтвердження адекватності рівняння регресії процесу вимірювання кількості молока знайдемо табличне (зі ступенями вільності $f_1 = 16-7 = 9$ і $f_2 = 16$) і визначимо розрахункове значення критерію Фішера за формулою (3.33):

$$F_T = 2,25,$$

$$F_p = \frac{271,04}{120,9} = 2,24,$$

і це свідчить, що рівняння адекватне.

Як впливає з рівняння регресії, найбільший вплив на критерій оптимізації має кут нахилу вимірювача у площині відбірника. Особливо це проявляється за великих значень інтенсивності молоковіддачі і нахилу вимірювача у бік розташування щілини забірника, як про це свідчить вагомість коефіцієнта регресії при члені парної взаємодії факторів X_1 і X_2 .

Причому, нахил на один градус призводить до збільшення відносної похибки вимірювання на 1,59%. Тобто, якщо відповідно до стандарту [4] відносна похибка не повинна перевищувати 5%, кут відхилення вимірювача від вертикалі не повинен перевищувати 3,1°.

Значний вплив на критерій оптимізації має взаємодія факторів X_1 і X_8 . Менша точність вимірювання досягається за високих значень молоковіддачі і малих значень впуску повітря в колектор доїльного апарата, та значного впуску

повітря і малої інтенсивності молоковіддачі. Це накладає додаткові вимоги щодо точності виготовлення отворів для впуску повітря в колектор доїльного апарата та дотримання умов незасміченості цих отворів у процесі доїння.

4.2 Результати порівняльної оцінки вимірювачів у лабораторних умовах

4.2.1 Динаміка руху рідини через вимірювач.

Динаміку руху рідини через вимірювач характеризують зміни вакуумметричного тиску в камері, де формується потік і зміна швидкості руху рідини при виході її з отвору (сопла) наконечника [14].

Вакуумметричний тиск і швидкість руху рідини в камері вимірювача визначають залежно від інтенсивності потоку рідини, що проходить через доїльний апарат, способу формування потоку рідини в камері та способу подачі рідини в отвір наконечника (з формуванням дози чи без формування).

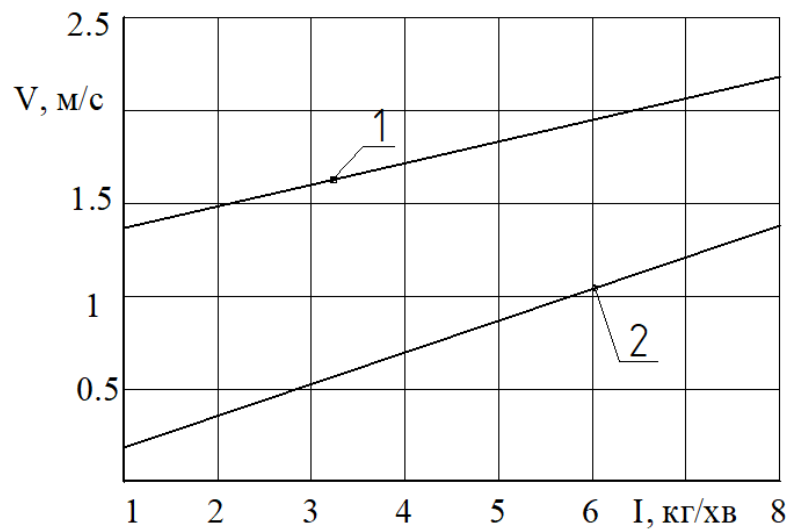
За даними результатів вимірювань побудовані графіки залежності швидкості виходу рідини із сопла наконечника (рис. 4.1) та спад вакуумметричного тиску в камері вимірювача (рис. 4.2) від середньої інтенсивності потоку рідини через доїльний апарат.

Графіки свідчать, що в камері вимірювача, де формується потік, під час викиду дози рідини через сопло наконечника виникає зниження вакуумметричного тиску (рис. 4.1). Збільшення потоку рідини через доїльний апарат призводить до спаду тиску. Так, при потоці 1 кг/хв., зниження тиску від номінального становить 1-2 кПа; а при потоці 8 кг/хв. – 8-10 кПа.

У разі відсутності формування дози рідини (подача безпосередньо в отвір сопла вимірювача) характер зниження вакуумметричного тиску від інтенсивності потоку рідини не змінюється, однак здійснюється за меншого зниження вакуумметричного тиску (на 2-3 кПа).

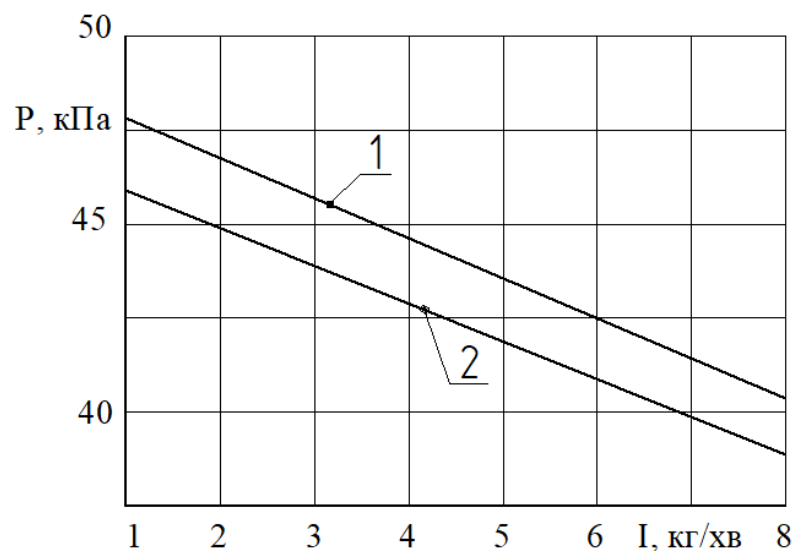
Залежність швидкості V викиду рідини із сопла наконечника від

інтенсивності потоку наведена на рис. 4.1. Збільшення інтенсивності потоку рідини через доїльний апарат збільшує швидкість викиду за лінійною залежністю.



1 – індивідуальний лічильник молока ІУ-1; 2 – вимірювач УЗМ-1А

Рисунок 4.1 – Експериментальна залежність швидкості V витікання молока через сопло від інтенсивності потоку I



1 – вимірювач потоку ІУ-1А; 2 – вимірювач УЗМ-1А

Рисунок 4.2 – Залежність вакуумметричного тиску P в камері вимірювача від інтенсивності потоку I

Характер осцилограм зміни вакуумметричного тиску в камері, де створюється потік, показує, що у разі збільшення інтенсивності потоку рідини понад 5 кг/хв іде викид дози за викидом, при цьому поплавок камери, де формується доза, безперервно рухається в камері, перемішуючи рідину. У цьому разі поплавок гальмує рух рідини, що призводить до збільшення швидкості рідини і зменшення вакуумметричного тиску у камері. Можна дійти висновку, що за великих потоків (понад 6 кг/хв) немає необхідності формувати дозу рідини і використовувати вимірювач типу.

4.2.2 Визначення похибок вимірювачів

Похибки вимірів у вимірювачах потоку молока визначалися в лабораторних умовах на стенді порівняно з серійними вимірювачами ІУ-1 виробництва ВАТ “Брацлав” і УЗМ-1А.

На рис. 4.3 наведено залежність відносної похибки вимірювачів ϵ від кута нахилу α .

Із графіків (рис. 4.3) випливає, що:

– зі збільшенням кута α нахилу корпусів усіх вимірювачів похибка виміру ϵ зростає за пропорційними залежностями, що відповідає результатам теоретичних досліджень (рис. 2.4 і 2.5);

– в межах найбільшої вірогідності відхилень корпусів вимірювачів до $\alpha = \pm 7^\circ$ вимогам технічних умов ($\epsilon = \pm 5 \%$) відповідає вимірювач ІУ-1.

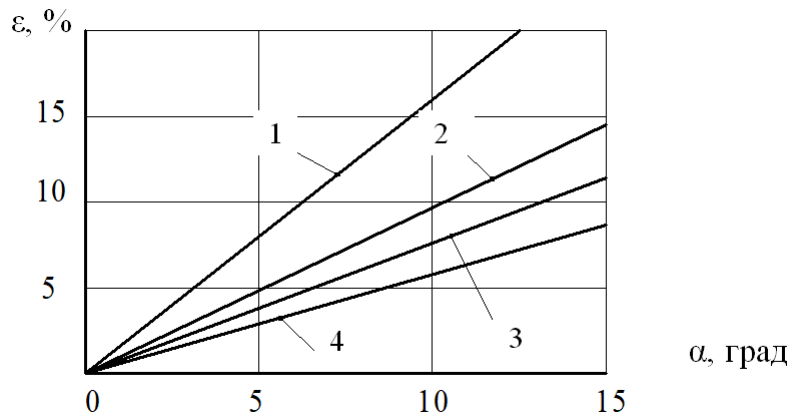
Результати експериментальних досліджень впливу на похибку вимірів ϵ вакуумметричного тиску P наведені на рис. 4.4.

Із графіків випливає, що:

– зменшення вакуумметричного тиску в камері погіршує точність вимірювання всіх типів вимірювачів;

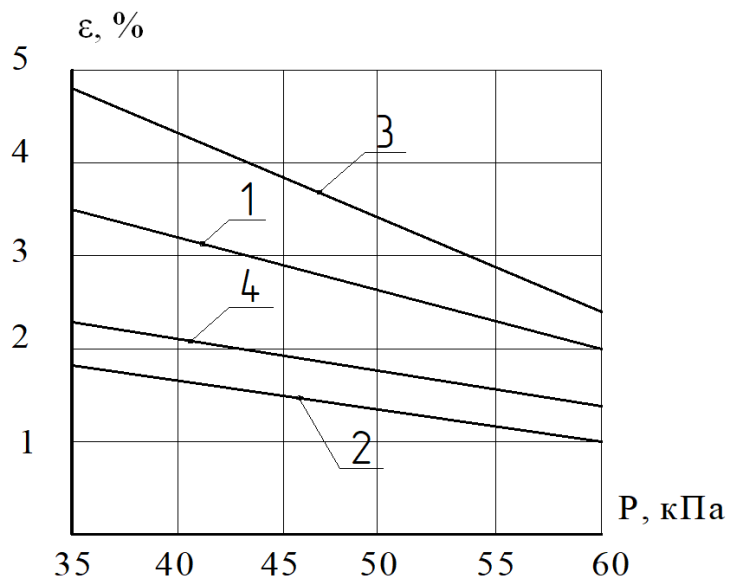
– найкращі показники за точністю вимірювання має вимірювач ІУ-1, в межах зміни вакуумметричного тиску 35-60 кПа похибка виміру змінюється на 1 %;

– у межах вірогідних відхилень вакууметричного тиску 45-60 кПа похибки вимірів ε для всіх вимірювачів змінюються в межах 0,1-0,5 %, що дає можливість стверджувати відповідність вимогам стандарту [14].



$P = 50 \pm 1$ кПа, $V = 1,5$ м/с: 1 – УЗМ-1А; 2 – ІУ-1; $P = 50 \pm 1$ кПа, $V = 2,0$ м/с:
3 – УЗМ-1А; 4 – ІУ-1.

Рисунок 4.3 – Залежність похибок ε вимірювачів від кута α , нахилу корпусу



$\alpha = 0$, $V = 1,5$ м/с: 1 – ІУ-1; 3 – УЗМ-1А; $\alpha = 0$, $V = 2,5$ м/с: 2 – ІУ-1; 4 – УЗМ-1А.

Рисунок 4.4 – Залежність похибок ε вимірювачів від вакууметричного тиску P

Аналіз залежності похибки ε від основних технологічних показників вимірювачів: кута нахилу корпусу α , вакуумметричного тиску P , інтенсивності I і швидкості V показує, що найкращу точність вимірів має вимірювач ІУ-1.

4.3 Висновки до розділу

1. Дослідження індивідуального лічильника молока ІУ-1 виробництва ВАТ «Брацлав» показали, що розташування площини крана відносно вертикалі суттєво впливає на похибки вимірів.

2. В результаті досліджень встановлені залежності швидкості руху рідини та вакуумметричного тиску у камері формування потоку від інтенсивності рідини, що проходить через доїльний апарат. Із збільшенням інтенсивності потоку рідини через доїльний апарат в камері формування потоку швидкість руху рідини підвищується в 2,5-3 рази та здійснюється падіння вакуумметричного тиску під час викиду на 20-22 кПа. У разі відсутності камери формування дози швидкість руху рідини та величина падіння вакуумметричного тиску зменшується в 1,8-2 рази, інакше кажучи, динамічні процеси під час формування потоку здійснюються спокійніше, з меншими пульсаціями швидкості та вакуумметричного тиску.

3. Зміна вакуумметричного тиску в камері формування потоку (35-60 кПа) та інтенсивності потоку рідини через вимірювач (1-8 кг/хв) не суттєво впливають на похибки вимірів, що становлять для всіх режимів у межах 3 %.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Дослідження стану охорони праці у лабораторії

Дослідження конструктивно-технологічних параметрів колектора адаптивного доїння проводилось на лабораторному стенді доїльної установки, яка розміщена в приміщенні ДДАЕУ.

Перед початком робіт були викладачами були проведені всі відповідні інструктажі з правил безпеки. Також було обстежено стан лабораторного приміщення з точки зору забезпечення необхідно-достатньої охорони праці і безпеки проведення досліджень.

Відповідно до СНиП 11-90-81 наукові та навчальні лабораторії відносяться до категорії В – пожежонебезпечне виробництво. Згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), приміщення таких лабораторій відносяться до класу В-16.

Наукова лабораторія розташована в окремій будівлі, ізолювано від інших приміщень. Ступінь вогнестійкості будівелі є не нижче третьої. Стіни і стелі наукової лабораторії забарвлені фарбами, які запобігають адсорбції отруйних речовин і дозволяють проводити їх чистку, миття або дегазацію. Підлоги і поверхні робочих столів виконані з негорючих або важкогорючих антикорозійних матеріалів.

Для наукової лабораторії передбачена можливість відключення подачі води та електроенергії. Крани та рубильники закритого типу встановлені поза робочих приміщень у легко доступних місцях. Наукова лабораторія обладнана вентиляцією.

Лабораторний стенд доїльної установки, який розміщено в лабораторному приміщенні, містить електрообладнання: асинхронний електродвигун і частотний перетворювач. Відповідно до правил розміщення електроустановок, наявне приміщення відноситься до приміщення без підвищеної небезпеки. Будова електричної мережі лабораторії відповідає вимогам та стандартам безпеки праці.

Електророзетки не розміщені в безпосередній близькості від стояків водопровідних і опалювальних систем, радіаторів і умивальників. Стан заземлення та ізоляції електричних мереж, електроприладів і електрообладнання відповідає вимогам до електробезпеки.

Для забезпечення електробезпеки в електромережі лабораторії застосоване їх електричне розділення. Електричний щит керування оснащений кнопкою аварійного вимикання. Обладнання вмикають послідовно від спільного вимикача до вимикачів кіл, що розгалужуються; останні в цьому випадку повинні бути вимкнені. Вимикають обладнання у зворотному порядку.

Перед лабораторним стендом на підлозі розміщена ізоляційна поверхня. Окрім цього все електрообладнання заземлено.

Також в лабораторії розміщена комп'ютерна техніка. В приміщенні дотримані відповідні заходи безпеки при її експлуатації. Виходячи з санітарних норм роботи кабінетів обчислювальної техніки площа його повинна бути визначена з умови 4,5-5 м² на одного студента. В кабінеті повинна підтримуватись оптимальна температура 17-21° С, вологість 40-60 %. При роботі з обчислювальною технікою важливо враховувати оптимальні умови освітленості.

Наукова лабораторія повинна бути оснащена освітленням згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення». Однак встановлено освітлення не в повній мірі відповідає зазначеним нормам. Тому необхідно провести розрахунок додаткового освітлення в науковій лабораторії.

5.2 Аналіз травматизму у лабораторії

Для обґрунтованої розробки заходів щодо профілактики виробничого травматизму в лабораторії необхідно виявити його причини. Порядок розслідування й оформлення виробничого травматизму залежить від його класифікації. Класифікація виробничого травматизму здійснюється відповідно до ДСТУ 2293-00.ССБП “Охорона праці. Терміни та визначення”, яке дає чітке

визначення поняття “виробничий травматизм” і пов'язаних із ним термінів і понять.

Залежно від характеру ушкоджень травми класифікуються на: 1) механічні (забиття, переломи, порізи тощо); 2) термічні (опіки, обмороження, сонячні удари); 3) хімічні (гострі отруєння, опіки кислотами, лугами); 4) електричні (електричні удари, електричні травми); 5) променеві (опіки, ушкодження тканин, кровотворних органів); 6) нервово-психічні (переляк, шок); 7) комбіновані.

За важкістю наслідків нещасні випадки поділяються на такі групи: 1) дрібний травматизм (без втрати працездатності, який становить 70-80% усіх нещасних випадків); 2) легкі випадки (втрата працездатності до трьох днів, тобто з тимчасовою втратою працездатності); 3) тривалі (втрата працездатності від 4 днів до 4 місяців); 4) нещасні випадки з важкими наслідками (повна чи часткова втрата працездатності, тобто повна чи часткова інвалідність); 5) групові (що сталися одночасно з двома і більше працівниками незалежно від тяжкості тілесних ушкоджень); 6) смертельні.

За типами відповідальності нещасні випадки бувають такими: 1) з вини роботодавця; 2) з вини потерпілого; 3) з вини іншого підприємства або працівника іншого підприємства; 4) з вини сторонньої особи; 5) у результаті стихійних лих (страхові, виплата допомоги потерпілому з першого дня непрацездатності); 6) змішані. Залежно від типу відповідальності визначається сума виплат (сума відшкодування збитку).

За місцем і часом події (за зв'язком із виконанням трудових обов'язків) нещасні випадки можна розділити на дві групи: нещасні випадки невиробничого і виробничого характеру.

До нещасних випадків, пов'язаних із виробництвом (страхових), належать випадки, що сталися з працівниками під час: 1) виконання трудових (посадових) обов'язків, у тому числі у відрядженні; перебування на робочому місці, на території підприємства чи в іншому місці роботи протягом робочого часу або за дорученням роботодавця в неробочий час під час відпустки, у вихідні та святкові дні; 2) приведення в порядок знарядь виробництва, засобів захисту, одягу перед

початком роботи та після її закінчення і виконання заходів особистої гігієни; 3) проїзду на роботу чи з роботи на транспортному засобі підприємства або на транспортному засобі іншого підприємства, яке надало його згідно з договором (заявкою) за наявності розпорядження роботодавця; 4) використання власного транспортного засобу в інтересах підприємства з дозволу або за дорученням роботодавця; 5) проведення дій в інтересах підприємства, на якому працює потерпілий працівник, але які не входять до обов'язків цього працівника; 6) ліквідації аварій, пожеж та наслідків стихійного лиха на виробничих об'єктах; 7) надання підприємством шефської допомоги; 8) прямування працівника до або між об'єктів обслуговування за затвердженими маршрутами або до будь-якого об'єкта за дорученням роботодавця; 9) прямування до місця відрядження та у зворотному напрямку відповідно до завдання про відрядження; 10) якщо зникнення працівника пов'язане з можливістю нещасного випадку з ним під час виконання трудових (посадових) обов'язків (після оголошення його померлим у судовому порядку); 11) заподіяння тілесних ушкоджень іншою особою або вбивства під час виконання або у зв'язку з виконанням працівником трудових (посадових) обов'язків незалежно від порушення кримінальної справи; 12) раптове погіршення стану здоров'я працівника, що сталося внаслідок впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів, або якщо потерпілий не проходив медичного огляду, передбаченого законодавством, а робота, що виконувалася, була протипоказана потерпілому відповідно до медичного висновку про стан його здоров'я тощо.

Не вважаються пов'язаними з виробництвом ті нещасні випадки, що сталися з працівниками: 1) під час прямування на роботу чи з роботи пішки, на громадському, власному або іншому транспортному засобі, який не належить підприємству і не використовувався в інтересах цього підприємства; 2) за місцем постійного проживання, на території польових і вахтових селищ; 3) під час використання працівником в особистих цілях транспортних засобів підприємства без дозволу роботодавця, а також устаткування, механізмів, інструментів, крім випадків, що сталися внаслідок несправності цього устаткування; 4) внаслідок

отруєння алкоголем, наркотичними або іншими отруйними речовинами, а також унаслідок їхньої дії за наявності медичного висновку за умови, що це не викликано застосуванням цих речовин у виробничих процесах чи порушенням вимог безпеки щодо їх зберігання або транспортування, або якщо потерпілий, перебуваючи у стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння, був відсторонений від роботи; 5) під час скоєння ними злочинів або інших порушень, якщо ці дії підтверджені рішенням суду; 6) у разі природної смерті або самогубства, що підтверджено висновками судово-медичної експертизи та органів прокуратури; 7) внаслідок заподіяння тілесних ушкоджень іншою особою або вбивства працівника під час з'ясування потерпілим особистих стосунків, якщо з приводу цих дій є висновок компетентних органів.

Аналіз відповідної документації, щодо проведення робіт у лабораторії і актів реєстрації травматизму було виявлено, що виробничих травматизмів за останні 5 років не було. Однак під час проведення експериментальних досліджень було виявлення погіршення зорового сприйняття через погане освітлення, що може розцінюватися як виробничий травматизм. Тому необхідно поліпшити штучне освітлення в приміщенні лабораторії.

5.3 Розрахунок штучної освітленості в приміщенні лабораторії

Загальний вигляд приміщення лабораторії представлено на рисунку 5.1.

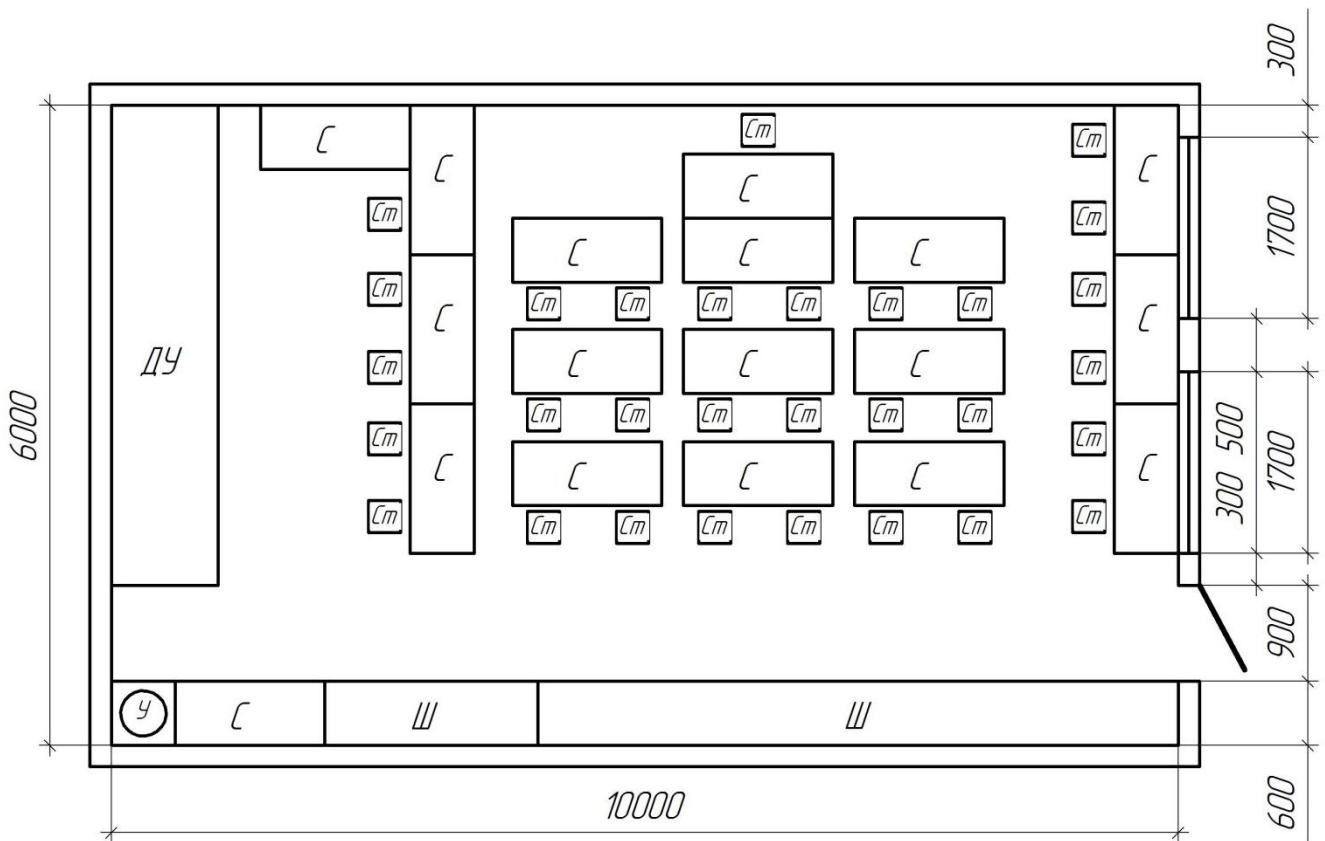
У виробничому приміщенні розміром 6×10 м, для забезпечення обслуговування обладнання рівень освітленості повинен бути не менше $E_n = 150$ лк, при цьому коефіцієнт запасу $K_3 = 1,3$.

Вибираємо світильник за показником економічності, виходячи з формули

$$lg m = \sqrt[3]{\frac{1000}{E \cdot K_3 \cdot h^2}} = \sqrt[3]{\frac{1000}{150 \cdot 1,3 \cdot 2,5}} = 1,27; \quad (5.1)$$

де h – висота підвісу світильників. Приймаємо $h = 2,5$ м.

Відповідно до показника економічності $lg m = 1,27$, вибираємо світильник типу ЛСП-18 з лампою ЛБР-40.



Ш – шафа; С – стіл; Ст – стілець; У – умивальник; ДУ – лабораторний стенд доїльної установки

Рисунок 5.1 – Загальний вигляд приміщення лабораторії

Установлюємо світильники уздовж приміщення, тоді відносна оптимальна відстань між світильниками для рівномірного освітлення $\lambda_{c.y.} = 1,2$.

Оптимальну відстань L_0 визначаємо за формулою

$$L_0 = \lambda_{c.y.} \cdot h = 1,2 \cdot 2,5 = 3,0 \text{ м} \quad (5.2)$$

Визначаємо число світильників уздовж приміщення:

$$h_a = \frac{a}{L_0} \quad (5.3)$$

де a – робоча довжина приміщення, $a = 10$ м.

Маємо

$$h_a = \frac{10}{3} = 3,33, \text{ округляємо до 4 шт.}$$

Визначаємо число світильників по ширині приміщення

$$h_b = \frac{b}{L_0} \quad (5.4)$$

де b – ширина приміщення, $a = 6$ м.

Одержимо:

$$h_b = \frac{6}{3} = 2 \text{ шт.}$$

Тоді загальне число світильників дорівнює

$$N = h_a \cdot h_b = 4 \cdot 2 = 8 \text{ шт.} \quad (5.5)$$

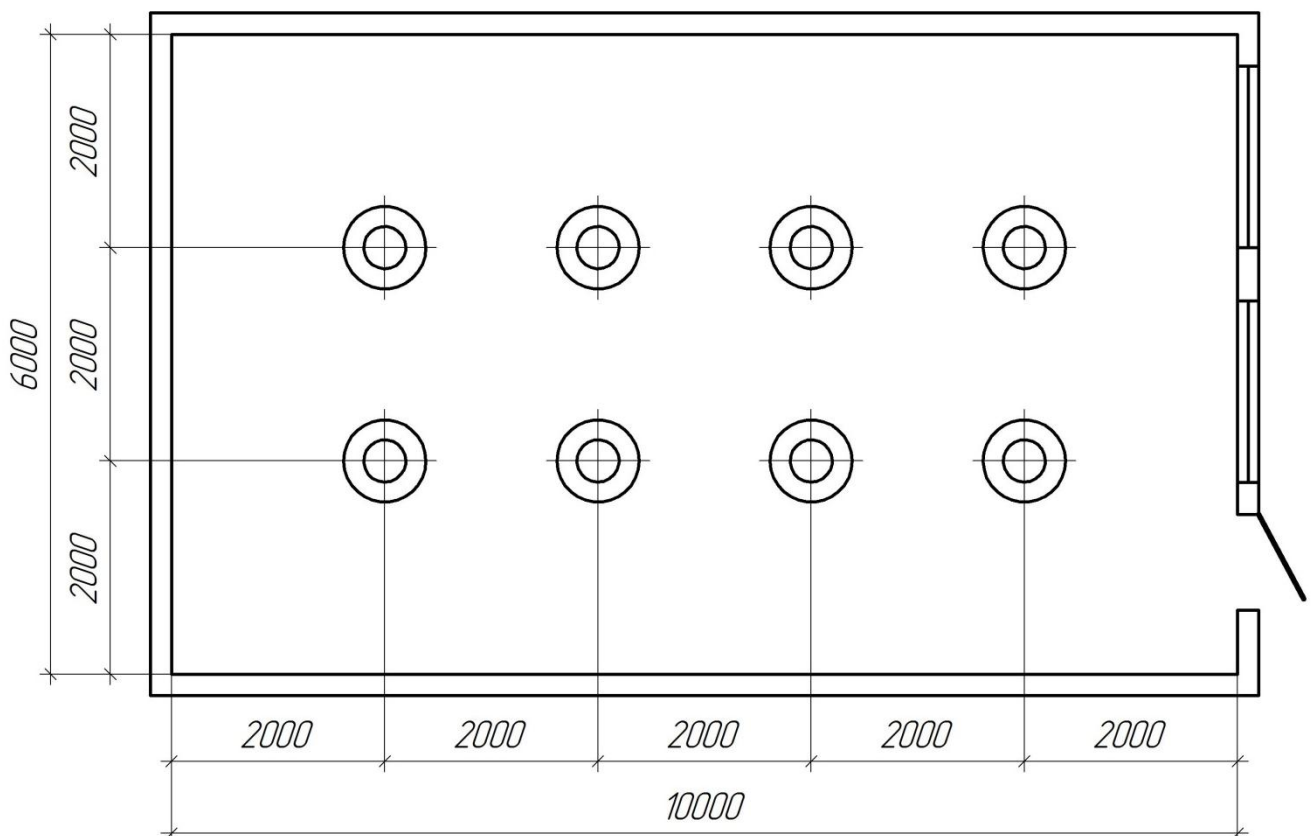
Відстань між центрами світильників уздовж приміщення:

$$L_a = \frac{a}{h_a + 1} = \frac{10}{4 + 1} = 2 \text{ м} \quad (5.6)$$

Відстань між центрами світильників поперек приміщення:

$$L_b = \frac{b}{h_b + 1} = \frac{6}{2 + 1} = 2 \text{ м} \quad (5.7)$$

Схема розміщення світильників у приміщенні наведено на рисунку 5.2.



Рисунку 5.2 – Схема розміщення світильників у приміщенні

5.4 Проект інструкції «Безпека праці при машинному доїнні»

5.4.1 Загальні положення

До доїння тварин допускають осіб, які не мають медичних протипоказів та пройшли спеціальне теоретичне і практичне навчання, склали іспит кваліфікаційній комісії та отримали відповідне посвідчення на право експлуатації застосовуваних механізмів та обладнання, пройшли вступний інструктаж з охорони праці.

До самостійного виконання робіт допускають осіб, які пройшли стажування на робочому місці протягом 2–15 змін під керівництвом завідувача ферми (бригадира) або досвідченого працівника і оволоділи навичками безпечного виконання робіт.

У разі виконання роботи декількома особами одночасно призначають старшого, і роботу виконують під його керівництвом.

Перед початком роботи необхідно ознайомитись з правилами використання засобів сигналізації і пожежогасіння та з їх розташуванням.

Не допускається стояти на шляху руху машин і тварин, переходьте через транспортери і конвеєри у місцях, обладнаних перехідними містками.

Монтувати і експлуатувати доїльні установки згідно з вимогами експлуатаційної документації. Інструмент, інвентар і знаряддя використовувати лише за призначенням і у справному стані.

Працівники, які беруть участь у доїнні, повинні: знати конструкцію, принцип дії машин і механізмів; вміти запускати і зупиняти обслуговувані агрегати; знати призначення і розташування контрольно-вимірювальних приладів і сигналізації, а також правила користування ними; знати призначення і зміст виконуваної операції, її зв'язок з іншими операціями технологічного процесу та робіт щодо догляду за тваринами; знати способи аварійного вимкнення механізмів та обладнання; вміти користуватися засобами колективного та індивідуального захисту.

5.4.2 Вимоги безпеки праці перед виконанням роботи

Перед виконанням робіт необхідно одягти спецодяг і оглянути робоче місце, переконатися у тому, що його добре освітлено, увімкнути вентиляційну систему, переконатися в її справності.

Перевірити справність дверей і воріт доїльного приміщення. Вони повинні легко відчинятися і не мати порогів. Засуви, гачки та інші пристрої воріт і дверей мають легко відмикатися.

Перевірити підлогу на робочому місці, вона повинна бути чистою, не слизькою, без вибоїн і нерівностей. Слизьку підлогу посипте соломною або тирсою.

Прослідкувати, щоб до початку доїння із приміщення чи майданчика прибрали всі трактори, кормороздавачі, зупинили транспортери для видалення гною. Впевнитися, що проходи не захаращено кормами, інвентарем, сторонніми предметами тощо.

Перевірити справність пристосувань для транспортування та підймання фляг, а також справність доїльних апаратів, їх комплектність.

Оглянути соскову гуму. Несправна соскова гума зумовлює у корів больові відчуття і неспокій, що може стати причиною травмування. Перевірити величину робочого вакууму в підсосковому просторі та частоту пульсацій в апараті, які повинні відповідати вимогам експлуатаційної документації.

Перевірити лінії вакуум- та молокопроводів. Переконайтеся, що крани вакуумпроводів, які не використовують під час доїння, закрито, а у системі скляних труб молокопроводів не має дефектів (тріщин, сколу скла).

У разі виявлення будь-яких недоліків в обладнанні та апаратурі необхідно вимагати негайного їх усунення.

Додатково промити все молочне обладнання, доїльні апарати, лінію молокопроводів і весь молочний інвентар. Миття проводити за допомогою спеціальних мийних розчинів. Обполоснути доїльні апарати гарячою водою. У

холодний період, за низької температури, доїльні стакани підігріти у гарячій воді (45–50 °C).

Слідкувати, щоб під час дезінфекції і миття молочного обладнання вода та розчини не потрапляли на електроапаратуру та інші пристрої.

5.4.3 Вимоги безпеки праці під час виконання роботи

Доїть корів згідно зі встановленим на фермі режимом і розпорядком дня, що сприяє формуванню та закріпленню у тварин спокійного і слухняного норову. Підготувати корів до доїння, не створюючи у них неприємних відчуттів, зумовлених механічними та термічними подразниками (сильне натискання, гаряча чи холодна вода тощо).

Виконувати підготовчі операції у такій послідовності: обмити, витерти, промасажувати вим'я, зцідити перші цівки молока, одягнути доїльні стакани на соски вим'я.

Під час доїння не відволікатися і не відволікати інших працівників сторонніми розмовами, не дратуйте цим тварин.

Після припинення віддавання молока негайно і без ривків зняти доїльні стакани з сосків вим'я. Не перетримувати доїльний апарат на сосках вим'я корови, тому що це зумовлює больові відчуття і непокоїть корову, що може призвести до травмування.

Під час роботи на доїльному майданчику типу «Ялинка» не заходити у груповий станок, якщо у ньому перебувають корови. Не стояти у дверях, не проходити і не виходити з доїльного залу, коли корів впускають на доїльний майданчик або випускають з нього. Під час доїння корів у стійлах потрібно використовувати фіксатори кінцівок і хвоста.

Помітивши ознаки захворювання вим'я корови, повідомити про це ветеринарного лікаря.

5.4.4 Вимоги безпеки праці в аварійних ситуаціях

У разі аварії або припиненні електроживлення апаратури вимкнути обладнання, припинити роботу і повідомте керівника робіт.

У разі виникнення пожежі подати сигнал пожежної небезпеки, негайно повідомити про це керівника робіт, пожежну частину і приступити до гасіння пожежі наявними засобами (вогнегасники, внутрішній пожежний гідрант, пісок, земля, брезент), вимкнути всі електрифіковані установки та обладнання, евакуювати людей і тварин з небезпечної зони.

У разі нещасного випадку на робочому місці з працівником звільнити потерпілого від дії небезпечного чинника і надати йому першу (долікарську) допомогу. Викликати швидку медичну допомогу або вжити заходи щодо транспортування потерпілого у найближчу лікувальну установу і повідомити керівника робіт.

5.4.5 Вимоги безпеки праці після закінчення роботи

Вимкнути обладнання та електроустаткування. Органи керування встановити у нейтральне положення, на пускові пристрої почепити плакат: «Не вмикати! Працюють люди».

Загнати тварин на місце їх постійного утримання, закрити ворота та двері. Після доїння всі доїльні апарати і молокопроводи, молочний посуд добре промити і продезінфікуйте спеціальним мийним розчином. Під час його приготування застосувати засоби індивідуального захисту (окуляри, гумові рукавиці, чоботи та прогумований фартух).

Під час з'єднання трубопроводу гарячої води з молокопроводом слідкувати, щоб крани молокопроводу було закрито, а шланги надійно натягнуто на кінці патрубків.

У разі несправності або відсутності автоматичної циркуляційної установки промивати і дезінфікувати доїльні апарати підсмоктуванням гарячого мийного

або дезінфекційного розчину із відра. Не допускати розливання розчину або води на підлогу, потрапляння їх на обличчя, в очі, а також на одяг.

Упорядкувати і прибрати робоче місце. Очистити інструмент, інвентар, пристрої і покласти їх у відведене місце. Зняти і упорядкувати спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту, скласти їх у шафи у побутових кімнатах для зберігання.

5.5 Висновки з розділу

Базуючись на нормативній документації і згідно вимог охорони праці досліджено стан охорони праці та аналіз травматизму у лабораторії, де проводився експеримент. Встановлено, що освітлення приміщення лабораторії не в повній мірі відповідає зазначеним нормам. Проведено розрахунок штучної освітленості в приміщенні лабораторії. Розроблено проект інструкції «Безпека праці при машинному доїнні».

6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЛІЧИЛЬНИКА МОЛОКА

6.1 Розрахунок економічної ефективності

Економічна ефективність від впровадження індивідуального лічильника молока під час машинному доїнні корів визначається за методикою [27].

Таким чином, ефективність використання вимірювача для індивідуального обліку молока в процесі доїння може виникнути тільки у виробника молока за рахунок:

- зменшення витрат кормів;
- підвищення надоїв молока.

Річна економічна ефективність E від впровадження одного вимірювача кількості молока на фермі з прив'язним утриманням корів і доїнням у молокопровід визначається за формулою

$$E = E_k + E_m - B, \quad (6.1)$$

де E_k – річна економічна ефективність від зменшення витрат кормів, грн;

E_m – річна економічна ефективність від підвищення надоїв молока, грн;

B – витрати, пов'язані з впровадженням вимірювача, грн.

Ефективність від зменшення витрат кормів:

$$E_k = \Delta H_n \cdot C_k, \quad (6.2)$$

де ΔH – річна економія кормів у розрахунку на одну тварину, кг;

n – кількість тварин, що обслуговуються одним вимірювачем. Для базової установки УДМ-100 оператор доїння обслуговує 50 корів трьома доїльними апаратами, кожен з яких забезпечений одним вимірювачем;

C_k – ціна кормів, грн/кг.

Відповідно до зоотехнічних правил і практики, надої корів регулюються кількістю видачі концентрованих кормів. Залежно від складу і корисності ціна концентрованих кормів знаходиться в межах: $C_k = 2,4-2,6$ грн/кг.

Річна економія визначається так [27]:

$$\Delta H = A \frac{H(\delta_1 - \delta_2)}{100}, \quad (6.3)$$

де A – кількість днів на рік, коли тварина буде одержувати концорм чи буде перегодована. За нормального закону розподілу похибок видачі кормів ці терміни будуть однаковими і складатимуть близько 150 днів;

H – середня добова норма видачі концормів на одну корову, кг. За зоотехнічними нормами для корів із надоем молока 4000 кг/рік, добова норма концормів складає $H = 4$ кг;

δ_1 – похибка дозування у разі визначення серійним вимірювачем ІУ-1, %;

δ_2 – похибка дозування у разі визначення надоїв новим вимірювачем, %.

Якщо прийняти, що похибки дозування кормів відповідатимуть похибкам вимірів надоїв корів, то за даними досліджень: $\delta_1 = 5$ %, $\delta_2 = 2$ %.

Річна ефективність від зменшення витрат кормів буде становитиме

$$E_k = A \cdot H \cdot n \cdot \frac{\delta_1 - \delta_2}{100} \cdot C_k, \quad (6.4)$$

У чисельному значенні річна ефективність від економії кормів становитиме

$$E_k = 150 \cdot 4 \cdot \frac{50}{3} \cdot \frac{5-2}{100} \cdot 2,5 = 750 \text{ грн.}$$

Ефективність від підвищення надоїв молока складає:

$$E_m = \Delta Q_m \cdot n \cdot C_m, \quad (6.5)$$

де ΔQ_m – зниження витрат молока від неточного дозування, кг/корову;

C_m – ціна молока, грн/кг.

Закупівельна ціна молока 1-го гатунку, що здійснюють молокозаводи, складає $C_m = 4,4-4,5$ грн/кг.

Зниження витрат молока від неточного дозування кормів визначається [27] за формулою

$$\Delta Q_m = A \cdot \frac{H(\delta_1 - \delta_2)}{100} \cdot (a - b), \quad (6.6)$$

де a – зниження надою у разі зниження рівня годування від зоотехнічного рівня, кг молока/кг корму;

b – підвищення надою у разі збільшення рівня, кг молока/кг корму.

За даними [27], вони складають: $a = 1$, $b = 0,1$.

Річна ефективність від підвищення надоїв молока:

$$E_m = A \cdot H \cdot n \cdot \frac{\delta_1 - \delta_2}{100} \cdot (a - b) \cdot C_m. \quad (6.7)$$

У чисельному значенні річна ефективність від збільшення надоїв молока складатиме

$$E_m = 150 \cdot 4 \cdot \frac{50}{3} \cdot \frac{5-2}{100} \cdot (1,0 - 0,1) \cdot 2,43 = 656,1 \text{ грн.}$$

Витрати молока пов'язані з впровадженням нового вимірювача, будуть дорівнювати ринковій ціні вимірювача. Ціна нового вимірювача за даними підприємства-виробника ВАТ "Брацлав" складатиме 362 грн.

Таким чином річна економічна ефективність від впровадження на фермі вдосконаленого вимірювача кількості молока складає:

$$E = 750 + 656,1 - 362 = 1044,1 \text{ грн.}$$

Для ферми на 200 корів, де використовуються 12 вимірювачів, річна ефективність складає:

$$E = 1044,1 \cdot 12 = 12529,2 \text{ грн.}$$

Термін окупності вимірювача для виробника молока складає 0,6 року.

6.2 Висновки з розділу

За рахунок зменшення витрат кормів і підвищення надоїв молока розрахункова річна економічна ефективність від впровадження одного удосконаленого індивідуального лічильника молока становить 1044,1 грн., для ферми на 200 корів (12 індивідуальних лічильників молока) – 12529,2 грн. Термін окупності вимірювача для виробника молока складає 0,6 року.

ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу методів і технічних засобів вимірювання величини надоїв під час доїння показав чітку тенденцію їх вдосконалення на базі підвищення достовірності з розширенням діапазонів використання, зниження габаритних розмірів, маси та вартості. Найбільше зазначеним вимогам відповідають лічильники об'ємного типу, що працюють на принципі пропорційного відбору деякої частини молока в мірну мензурку.

2. Результати моделювання показали, що похибка вимірювання кількості молока вимірювачем ІУ-1 зростає зі збільшенням кута нахилу корпусу, тобто відхилення його осі від вертикалі. Ця залежність має практично лінійний характер, причому похибка вимірювання у разі нахилу корпусу зростає інтенсивніше зі зменшенням швидкості струменя молока, з якою він витікає з отвору наконечника. Максимально допустимий кут $\alpha = 5^\circ$ при швидкості потоку молока $V = 0,5$ м/с, а при швидкості потоку молока $V = 5$ м/с максимально допустимий кут може становити $\alpha = 30^\circ$.

3. Точність вимірювання кількості молока, яка зазначалась вище, знижується у разі зменшення швидкості струменя молока V . Залежно від значення відстані h між торцем наконечника і напрямною поверхнею кришки існує відповідне мінімальне значення швидкості струменя молока V , при якому забезпечується дотик струменя молока поверхні кришки та відповідно його розташування по ній. Для мінімальної швидкості $V = 0,5$ м/с значення відстані h повинно становити 0,012 м. У міру зниження швидкості струменя та наближення до вказаної критичної відстані h , значення похибки вимірювання зростає із значною інтенсивністю. У разі зменшення швидкості струменя молока до величини, меншої за критичне значення, не відбувається контакт потоку молока з кришкою і порушується принцип роботи вимірювача. Точність вимірювання кількості молока зростає, якщо зменшується відстань між торцем наконечника та напрямною поверхнею кришки.

4. В результаті досліджень встановлені залежності швидкості руху

рідини та вакуумметричного тиску у камері формування потоку від інтенсивності рідини, що проходить через доїльний апарат. Із збільшенням інтенсивності потоку рідини через доїльний апарат в камері формування потоку швидкість руху рідини підвищується в 2,5-3 рази та здійснюється падіння вакуумметричного тиску під час викиду на 20-22 кПа. У разі відсутності камери формування дози швидкість руху рідини та величина падіння вакуумметричного тиску зменшується в 1,8-2 рази, інакше кажучи, динамічні процеси під час формування потоку здійснюються спокійніше, з меншими пульсаціями швидкості та вакуумметричного тиску.

5. Зміна вакуумметричного тиску в камері формування потоку (35-60 кПа) та інтенсивності потоку рідини через вимірювач (1-8 кг/хв) не суттєво впливають на похибки вимірів, що становлять для всіх режимів у межах 3 %.

6. Базуючись на нормативній документації і згідно вимог охорони праці досліджено стан охорони праці та аналіз травматизму у лабораторії, де проводився експеримент. Встановлено, що освітлення приміщення лабораторії не в повній мірі відповідає зазначеним нормам. Проведено розрахунок штучної освітленості в приміщенні лабораторії. Розроблено проект інструкції «Безпека праці при машинному доїнні».

7. За рахунок зменшення витрат кормів і підвищення надоїв молока розрахункова річна економічна ефективність від впровадження одного удосконаленого індивідуального лічильника молока становить 1044,1 грн., для ферми на 200 корів (12 індивідуальних лічильників молока) – 12529,2 грн. Термін окупності вимірювача для виробника молока складає 0,6 року.

Список використаної літератури

1. Алієв Е.Б. Обґрунтування конструкційної схеми комплексу устаткування контролю вакуумметричних параметрів доїльного обладнання / Алієв Е.Б., Тісліченко О.С., Грицун А.В. // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки / Редколегія: Калетнік Г. М. (головний редактор) та інші. – Вінниця, 2011. – Випуск 9. – С. 30-38.
2. Аманиязов Х.А., Гонек Н.Ф. Преобразователь расхода повышенной точности // Приборы и системы управления. - 1979. - № 5.- С. 20-21.
3. Балдин А.А., Болиняк Л.Л., Соловский В.М. Ротаметры. - Л.: Машиностроение, 1983. - 198 с.
4. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. - М.: Колос, 1973. - 199 с.
5. Винников И.К., Дриго В.А. Основные направления комплексной автоматизации доения // Разработка и использование средств электромеханизации в животноводстве: Сб. научн. тр. ВНИПТИМЭСХ. - зерноград, 1987. - С. 3-14.
6. Гарькавий А.Д. Конкурентоспроможність технології машин: навчальний посібник / А.Д. Гарькавий, В.Ф. Петриненко, А.В. Спирін. - Вінниця: ВДАУ - „Тірас”. - 2003. - 68 с.
7. Грицун А.В. Аналіз досліджень доїння корів апаратами з керованим режимом роботи / А.В. Грицун, В.М. Яропуд, В.І. Балака // «Сучасні проблеми виробництва, переробки с.-г. продукції, машинобудування та енергетичних систем АПК»: матеріали IV магістерської науково-технічної конференції, 23-24.11.2016 року - Вінниця: Вид-во ВНАУ, 2016. – С. 59-60.
8. Грицун А. В. Виробничі випробування механізованої технології компостування безпідстилкового посліду / А.В. Грицун, І.А. Бабин, В.М. Яропуд // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – 2012. – 10(1).– С.27-32.
9. Грицун А.В. Дослідження впливу соскової гуми на дійки вимені корів

/ Грицун А.В., Бабин І.А., Севостьянов І.В. // Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» / Редколегія: Калетнік Г.М. (гол. редактор) та інші. – Вінниця, 2018. – 4 (103) – С. 4-8.

10. Дмитрів В.Т. Обґрунтування параметрів вимірювача потоку молока в процесі доїння: Дис... к.техн. наук: 05.20.01. - Львів, 1995. - 192 с.

11. Дубчак В.М. Вища математика в прикладах та задачах. Навчальний посібник / В.М. Дубчак, В.М. Пришляк, Л.І. Новицька. – Вінниця: ВНАУ, 2018. – 254 с.

12. Журенко Ю.І. Основні закономірності фізіології доїння корів на доїльних установах / Ю.І. Журенко, В.М. Яропуд, В.І. Ладанюк // Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми виробництва, переробки с.г. продукції, машинобудування та енергетичних систем АПК» 28-30.11.2017 р.: - Вінниця: Вид-во ВНАУ, 2017. – С. 287-290.

13. Журенко Ю.І. Класифікація технічних засобів для транспортування та роздавання кормів на тваринницьких фермах / Ю.І. Журенко, В.М. Яропуд, В.Ю. Луцько // Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми виробництва, переробки с.г. продукції, машинобудування та енергетичних систем АПК» 28-30 листопада 2017 року: - Вінниця: Вид-во ВНАУ, 2017. – С. 291-294.

14. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика. - М.: Машиностроение, 1987. - 439 с.

15. Иванов В.Г., Пипо Н.А., Капсамун А.Д., Эффективность скармливания концентратов коровам с учетом их физиологического состояния // Повышение эффективности животноводства Калининской области: Сб. науч. трудов Калининского СХИ. - М. 1986. - С. 41-47.

16. Калетнік Г.М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість. Ч.І, ІІ: Підручник / Г.М. Калетнік, М.Г. Чаусов, В.М. Швайко, В.М. Пришляк та ін.; за ред. Г.М. Калетніка, М.Г. Чаусова. – К.: Хай Тек-Прес, 2011. – 616 с.

17. Калетнік Г.М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і

жорсткість. Ч.ІІІ: Підручник / Г.М. Калетнік, М.Г. Чаусов, В.М. Швайко, В.М. Пришляк та ін.; за ред. Г.М. Калетніка, М.Г. Чаусова. – К.: Хай Тек-Прес, 2013. – 528 с.

18. Калетнік Г. М. Основи перспективних технологій виробництва продукції тваринництва / Г. М. Калетнік, М. Ф. Кулик, В.Ф. Петриченко. – Вінниця: «Енозіс», 2007. – 584 с.

19. Калетнік Г.М. Технічна механіка. Підручник. Калетнік Г.М., Булгаков В.М., Черниш О.М., Кравченко І.Є., Солоня О.В., Цуркан О.В. – К.: «Хай-Тек-Прес», 2011. – 340 с.

20. Кирсанов В.В. Методы и технические средства учета молока и контроля параметров работы на доильных: установках. Дис... канд. техн. наук: 05.20.01. - М., 1992. - 187 с.

21. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества.-Л.: Машиностроение, 1989. - 702 с.

22. Красовский Г.И., Филаретов Г.Ф. Планирование эксперимента. - Мн.: Изд-во БГУ, 1982. - 302 с.

23. Краусп В.Р. Развитие АСУ ТП в животноводстве на базе системы машин. //Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1987. - №7. - С.28-31.

24. Куценко А.Г. Прикладна механіка в прикладах та задачах: підручник / Куценко А.Г., Бондар М.М., Пришляк В.М., Шимко Л.С. – Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект – Поліграф», 2015. – 804 с.

25. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. VI. Гидродинамика. -М.: Наука, 1988. - 735 с.

26. Локшин В.З. Исследование счетчиков молока для АСУ ТП молочных комплексов: Дис... канд. техн. наук: 05.20.01. - Елгава, 1983. - 171 с.

27. Максutow А.А. Основные тенденции усовершенствования технических средств учета индивидуального надоя молока //Техника в сельском хозяйстве. - 1998. - №5. - 45 с.

28. Математическая статистика / Л.А. Иванова, В.Н. Калинина,

Л.А. Нешумова и др.- М.: Высшая школа, 1975. - 398 с.

29. Павленко В.С. З'єднання в машинобудуванні: Навч. Посібник / В.С. Павленко, І.П. Паламарчук, О.В. Цуркан, Ю.А. Полевода / За ред.. В.С. Павленка. – Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2015. – 110 с.

30. Пащенко В.Ф. Автоматический контроль и управление процессом доения по интенсивности молокоотдачи и продуктивности животного: Дисс. канд. техн. наук. - Кировоград, 1985. - 242 с.

31. Повх И.Л. Техническая гидродинамика. - Л.: Машиностроение, 1976. - 504 с.

32. Попов И., Банев Б. Исследование на точността на парциални и порционни млекоизмериватели // Солкостонанска техника - София, 1993. - № 8. - С.10-15.

33. Сивак Р.І. Короткий курс теоретичної механіки / Р.І. Сивак, І.А. Деревенько. – Вінниця: ТОВ «Вінницька міська друкарня», 2016. – 200 с.

34. Сиротюк В.М., Сиротюк С.В., Воробкевич В.Ю., Якимець В.Т. Оптимізація параметрів ємнісного первинного перетворювача заповнення трубопроводу молоком //Механізовані процеси сільськогосподарського виробництва: Зб. наук. пр. Львівського ДСГІ. - Львів, 1996. - С.85-93.

35. Солоня О.В. Прикладна механіка. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт / О.В. Солоня, І.М. Купчук – Вінниця: ВНАУ, 2017. – 116 с.

36. Солоня О.В. Прикладна механіка. Методичні рекомендації для виконання курсового проекту / О.В. Солоня, І.М. Купчук, В.І. Паламарчук. – Вінниця: ВНАУ, 2017. – 84 с.

37. Солоня О.В. Технічна механіка. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт / О.В. Солоня, І.М. Купчук – Вінниця: ВНАУ, 2017. – 84 с.

38. Солоня О.В., Купчук І.М. Теорія механізмів і машин. Курсове проектування. Навчальний посібник. – Вінниця, 2019. – 254 с.

39. Солоня О.В. Теорія механізмів і машин. Лабораторний практикум.

Навчальний посібник / О.В. Солона, В.С. Любин – Вінниця: ПП Балюк І.Б., 2014. – 138 с.

40. Стандарт СЭВ СТ СЭВ 5607-86. Измерители количества молока для доильных установок. Типы, основные параметры и технические требования. - М.: Издательство стандартов, 1986. - 3 с.

41. Фіалковська Л.В. Дослідження і розробка технології збагаченого молока / Фіалковська Л.В. // Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» / Редколегія: Калетнік Г.М. (головний редактор) та інші. – Вінниця, 2018. – 4 (103) – С. 42-47.

42. Яропуд В.М. Обґрунтування конструктивно-режимних параметрів пульсатора доїльного апарату / В.М. Яропуд // Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» / Редколегія: Калетнік Г.М. (голов. редактор) та інші. – Вінниця, 2018. – 1 (100) – С. 55-61.

43. E. Aliev. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural / E. Aliev, V. Bandura, V. Pryshliak, V. Yaropud, O. Trukhanska // INMATEH - Agricultural Engineering. vol. 54, no.1 / 2018. P. 95-104.

44. Koch E., Virorechnergestutzt Milchtistungs und Lebendmassekontrollebei Milchkuhen //Tierzucht, 1987. - Bd 41 / №3. - P. 115-117.

45. Закон України «Про охорону праці» Документ 2694-ХІІ, чинний, поточна редакція. Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-ІХ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>

46. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Київ: Держстандарт України, 1999. 22 с.

47. ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів

48. Про затвердження Порядку проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки. Документ 687-2004-п, чинний, поточна редакція — Редакція від 04.03.2016, підстава - 76-2016-п. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/687-2004-п#Text>

49. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. 01.07.2016.

50. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.

51. Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ДНАОП 0.00-1.21-98). Документ z0093-98, поточна редакція — Прийняття від 09.01.1998. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98#Text>

52. НПАОП 40.1-1.07-01 (ДНАОП 1.1.10-1.07-01) Правила експлуатації електрозахисних засобів. Приказ от 05.06.2001 № 253.

53. Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів. Документ z1143-06, чинний, поточна редакція — Редакція від 21.02.2017, підстава - z0132-17. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06#Text>

54. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. МОЗ України. Наказ 08.04.2014 № 248. Документ z0472-14, чинний, поточна редакція. Прийняття від 08.04.2014. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text>

55. ГОСТ 12.0.003-74 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація. 01.01.1976. Чинність документа відновлена з 26.04.2019 до 01.01.2022 згідно з наказом від 24.04.2019 № 111.

56. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26.01.2005 № 15 і зареєстрованого у Міністерстві юстиції України 15.02.2005 за № 231/10511 зі змінами. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text>

57. ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. 02.02.2011.

58. Закон України «Про пожежну безпеку». Документ 3745-XII від 01.07.2013, підстава - 5403-VI. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3745-12#Text>

Додатки

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів індивідуального лічильника молока

Виконав: студент групи МГМЗ-1-19
Чорний Вячеслав Олександрович

Керівник: д-р техн. наук, старш. дослід., проф.
Алієв Ельчин Бахтияр огли

Дніпро, 2021

Метою досліджень є підвищення ефективності індивідуального лічильника молока для забезпечення достовірності зоотехнічної інформації по надоям корови в структурі автоматизованого керування технологічним процесом доїння.

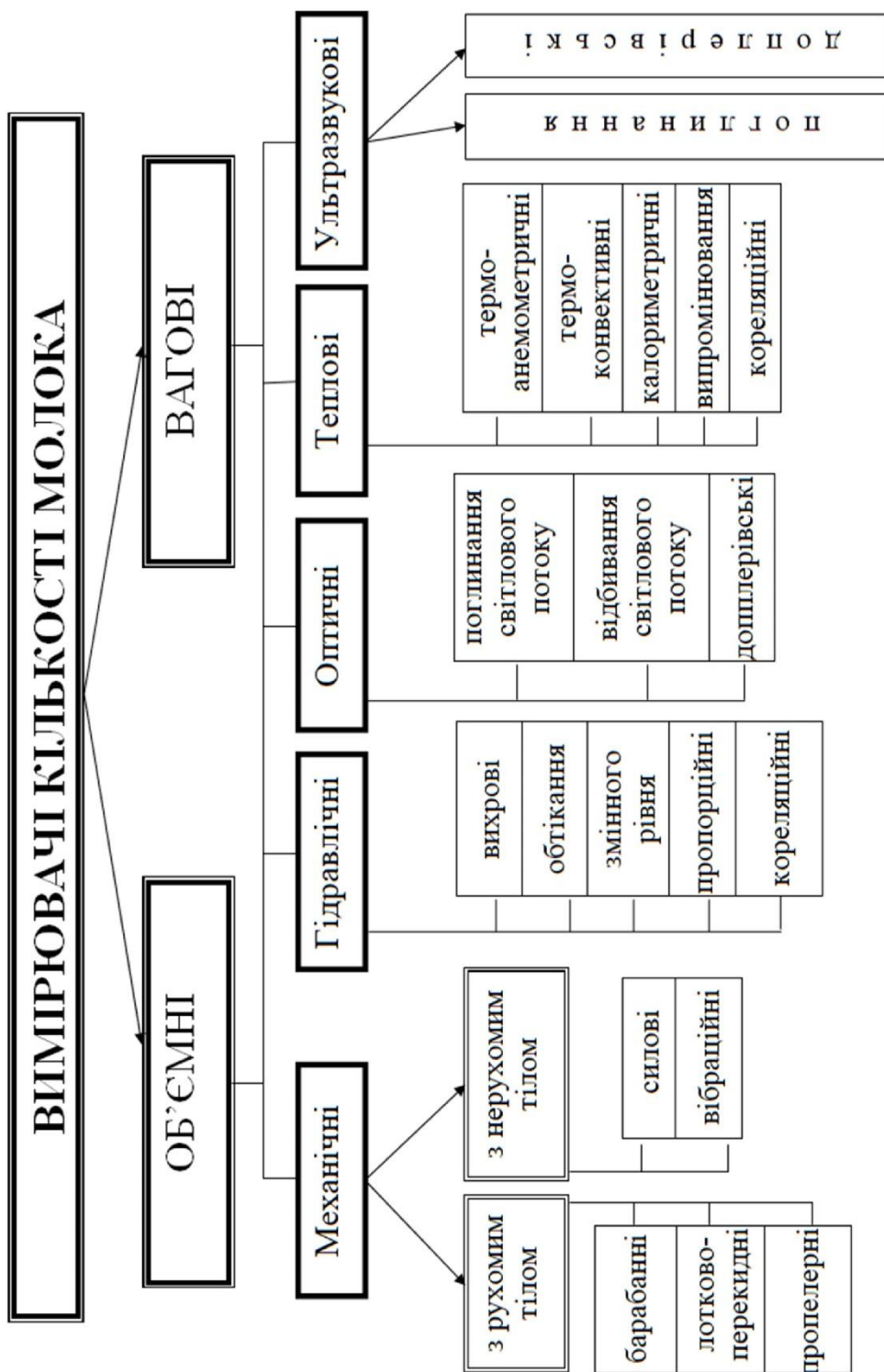
Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **задачі**:

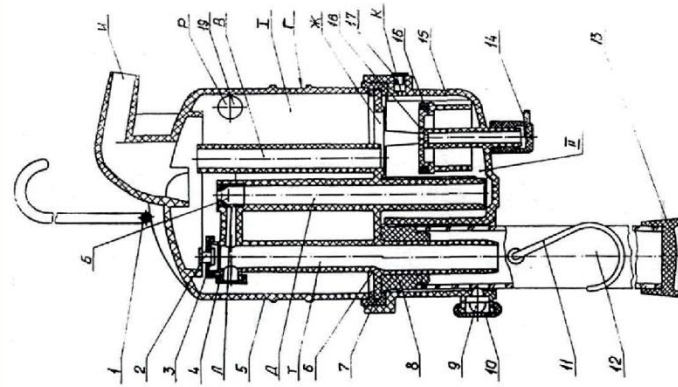
- провести аналіз методів і технічних засобів визначення величини надоїв під час доїння;
- створити фізико-математичну модель процесу визначення величини надоїв під час доїння;
- обґрунтувати конструктивно-технологічну схему індивідуального лічильника молока з урахуванням виявлених недоліків;
- провести експериментальні дослідження процесу вимірювання молока індивідуальним лічильником;
- дослідити шкідливі і небезпечних фактори при роботі доїльної установки;
- провести техніко-економічний аналіз виконаних досліджень.

Об’єкти досліджень – технологічний процес індивідуального вимірювання кількості молока під час доїння корів.

Предмет досліджень – гідродинамічні процеси вимірювання молока під час доїння, залежності точності вимірювання від конструктивно-технологічних параметрів індивідуального лічильника молока.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження здійснювались на основі аналітичних методів гідродинаміки із застосуванням моделювання. Експериментальні дослідження проводилися на основі методів планування багатофакторного експерименту і методів математичної статистики.





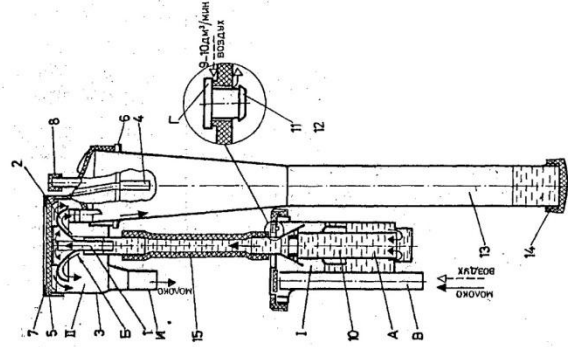
Вимірювач кількості молока УЗМ-1А:

- І – приймальна камера, П – мірна камера, Б – звужений отвір;
- В – трубка відсмоктування повітря, Г – канавка; Д – трубка відводу молока; Ж – отвір і сідло поплавка; И – патрубок виходу молока; Т – трубка вводу молока в мензурку; 1 – дуга або скоба; 2 – клапан; 3 – вкладиш; 4, 5, 10 – ковпачки;
- 6 – розподільничач; 7 – прокладка; 8 – пробка; 9 – фіксатор;
- 11 – скоба; 12 – мензурка; 13 – ковпак; 14 – клапан; 15 – камера; 16 – прокладка; 17 – фільтр; 18 – корпус; 19 – кутник.



Вимірювач кількості молока фірми “True-Test”:

- 1 – корпус; 2 – мензурка; 3 – пристрій відбору молока;
- 4 – скоба; 5 – кран; 6 – клапан.



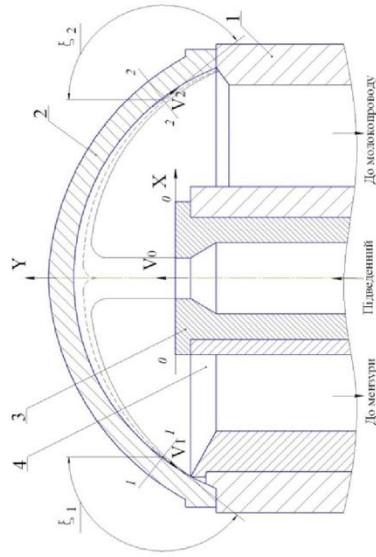
Технологічна схема вимірювача ІУ-1

- 1 – насадка;
- 2 – наконечник;
- 3 – корпус;
- 4 – амортизатор;
- 5 – кришка;
- 6, 7 – прокладки;
- 8, 11 – клапани;
- 9 – корпус;
- 10 – поплавок;
- 12 – кільце;
- 13 – мензурка;
- 14 – пробка.

Теоретичні дослідження процесу протікання молока в індивідуальних вимірювачах

5

**Розрахункова схема розподілу струменя молока
в вимірювачі ІУ-1**



1 - корпус; 2 - кришка; 3 - наконечник; 4 - приймальна шпилька.

Рівняння Бернуллі для моделювання руху рідини в перетинах 1-1 і 2-2:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_0$$

де $h_0 = \frac{1}{\rho g Q} \int \rho g V dS$ - усереднені витрати механічної енергії потоку між перетинами 1-1 і 2-2;

$\alpha = V^3 dS \sqrt{S}$ - коефіцієнт Коріоліса;

Z_1, Z_2 - геометричний напір рідини в перетинах 1-1 і 2-2, Па;

p_1, p_2 - гидростатичний тиск в перетинах 1-1 і 2-2, Па;

V_1, V_2 - швидкість руху рідини в перетинах 1-1 і 2-2, м/с;

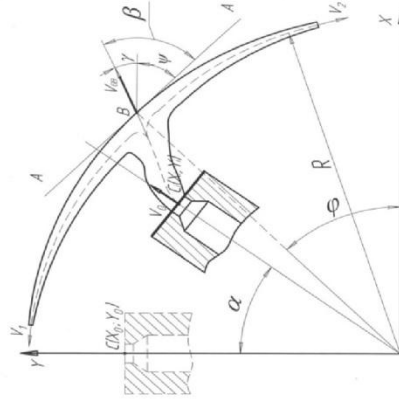
ρ - густина рідини, кг/м³;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

Q - витрата рідини, м³/с;

S - площа перерізу сукупного потоку, м².

**Розподіл струменя молока в вимірювачі ІУ-1
при умові нахилу осі**



Розподіл витрат молока:

$$Q_1 = Q_0(1 - \cos\beta)/2; \quad Q_2 = Q_0(1 + \cos\beta)/2;$$

Помібка вимірювання:

$$\varepsilon = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_0} = 100\% \cos\beta = 100\% \cos\beta$$

$$\beta = \varphi + \gamma; \quad \text{tg}\gamma = \frac{V_x}{V_y}; \quad \varphi = 90^\circ - \varphi; \quad \text{tg}\varphi = \frac{V_B}{X_B}$$

$$V_x = V_0 \sin\alpha; \quad V_y = V_0 \sin\alpha \cos\gamma;$$

$$X_B = X_1 + X_2 t; \quad Y_B = Y_1 + V_1 t + \frac{gt^2}{2}; \quad X_B^2 + Y_B^2 = R^2$$

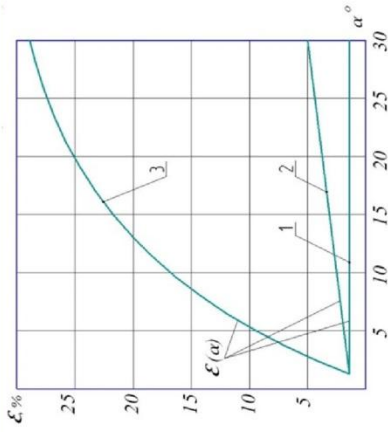
де V_x і V_y - складові швидкості потоку руху, м/с;

X_B і Y_B - координати пройденого шляху струменем за момент часу t , м;

X_1, Y_1 - координати т.С. при повороті корпусу на кут α , м;

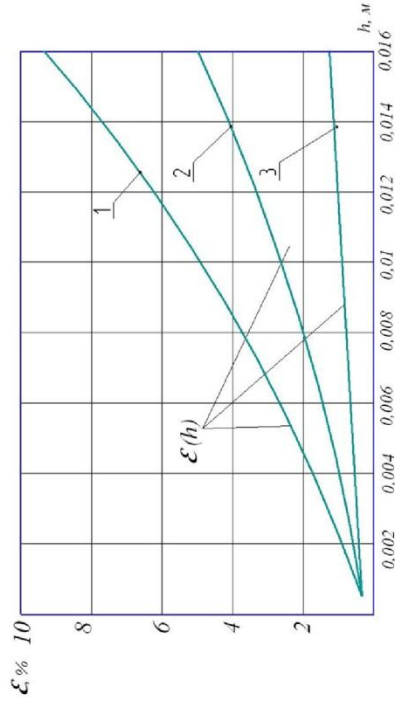
R - радіус кривизни поверхні кришки, м.

Дослідження характеристик вимірювача ІУ-1 програмним моделювання 6



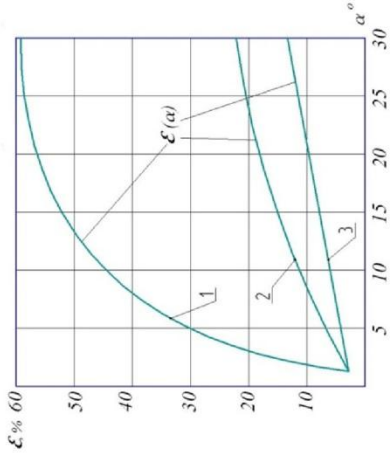
Залежність похибки ε вимірювання кількості молока від кута α нахилу корпусу вимірювача при швидкостях потоку молока V_0 :

1 - $V_0 = 5$ м/с; 2 - $V_0 = 1$ м/с; 3 - $V_0 = 2$ м/с.



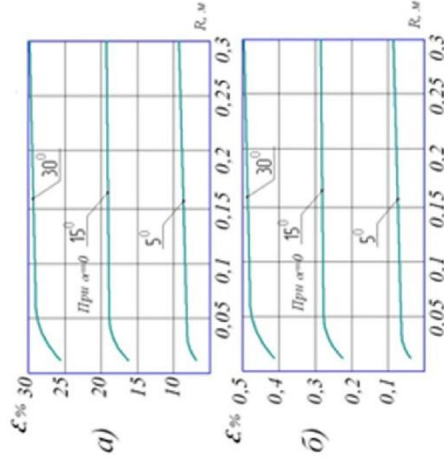
Залежність похибки вимірювання кількості молока від величини відстані h від торця наконечника до напрямної поверхні кришки, розрахованої за кута нахилу корпусу молокоміра $\alpha = 15^\circ$, й наступних значеннях швидкості V_0 потоку молока:

1 - $V_0 = 1$ м/с; 2 - $V_0 = 2$ м/с; 3 - $V_0 = 5$ м/с.



Залежність похибки вимірювання кількості молока, розрахованої за швидкості $V_0 = 0,5$ м/с і наступних значень відстані h від торця наконечника до напрямної поверхні кришки:

1 - $h = 0,006$ м; 2 - $h = 0,009$ м; 3 - $h = 0,012$ м.



Залежність похибки ε вимірювання від величини радіуса R напрямної поверхні кришки при:

а) - $V_0 = 0,5$ м/с; б) - $V_0 = 3$ м/с.

Програма і методика експериментальних досліджень

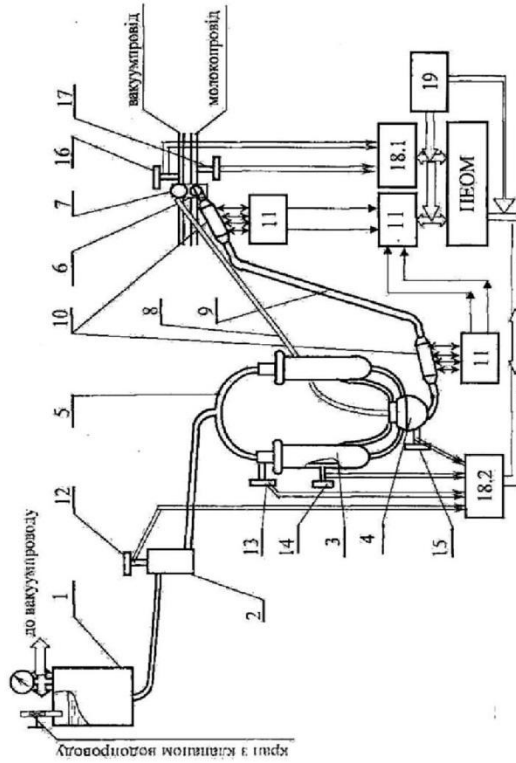
7

Метою експериментальних досліджень є перевірка адекватності теоретичних положень, запропонованих для розробки вимірювача молока пропорційного типу, дослідження метрологічних характеристик вимірювача залежно від його конструктивного виконання, порівняльна оцінка вимірювача з існуючими аналогами.

Об'єктом експериментальних досліджень є вимірювач ІУ-1 серійного виробництва.

Завдання експериментальних досліджень:

- розробити методику експериментальних досліджень;
- провести порівняльні дослідження різних варіантів конструктивного виконання вимірювачів (сферична та конусоподібна форма напрямних поверхонь) і метрологічних характеристик вимірювачів залежно від дестабілізуючих чинників.



Структурно-функціональна схема стенду для діагностики й дослідження доїльного обладнання і його елементів:

- 1 - місткість; 2 - імітатор; 3 - доїльні стакани; 4 - колектор;
- 5 - штучне вим'я; 6 - молочний кран; 7 - пульсатор; 8 - шланг;
- 9 - шланг молочний; 10 - вимірювач інтенсивності;
- 11 - електронний блок; 12, 13, 14, 15, 16, 17 - тензометричні датчики; 18 - тензоімпедиметри з АЦП; 19 - блок живлення.



Загальний вигляд стенда для лабораторних досліджень

Фактори, що впливають на процес вимірювання кількості молока

Назва фактора та його розмірність	Рівні факторів		
	-1	0	+1
X_1 – інтенсивність молоковіддачі, кг/хв	0,2	4,1	8,0
X_2 – кут нахилу вимірювача, град.	-15	0	+15
X_3 – величина вакуумметричного тиску у системі, кПа	40	50	60
X_4 – витрата повітря через колектор доільного апарата, м ³ /с	2×10^{-4}	$3,5 \times 10^{-4}$	5×10^{-4}

Результати планованого експерименту

№ досліду	Y_1	Y_2	Y_3	Y_c
1	4,5	4,6	4,2	4,43333
2	3,1	3,5	3,6	3,4
3	5,7	5,1	5,6	5,46667
4	8,6	7,8	8,9	8,43333
5	3,8	4,8	4,3	4,3
6	4,2	3	3,2	3,46667
7	6	6,2	6,1	6,1
8	5,2	4,3	4,7	4,73333
9	4,2	4,3	3,8	4,1
10	3,1	4,2	3,2	3,5
11	3,7	4,6	4,5	4,26667
12	8,1	7,8	9,4	8,43333
13	5,1	4,4	4,6	4,7
14	2,7	2,4	3	2,7
15	5,5	6,4	7,7	6,53333
16	4,9	6,4	5,8	5,7
17	4,8	5	5,1	4,96667

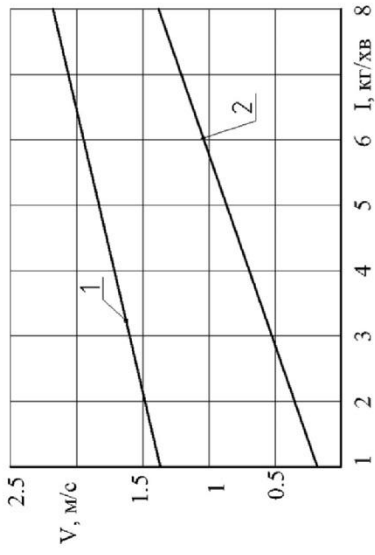
Рівняння для відносної похибки вимірювання δ у кодованих значеннях факторів має вигляд:

$$\delta = 0,333 - 0,583X_1 - 23,83X_2 + 4,75X_4 + 11,75X_1X_2 - 13,167X_1X_8 - 4,083X_2X_4 + 3,08X_4X_8.$$

Для підтвердження адекватності рівняння регресії процесу вимірювання кількості молока знаходиться табличне (зі ступенями вільності $f_1 = 16 - 7 = 9$ і $f_2 = 16$) і визначається розрахункове значення критерію Фішера:

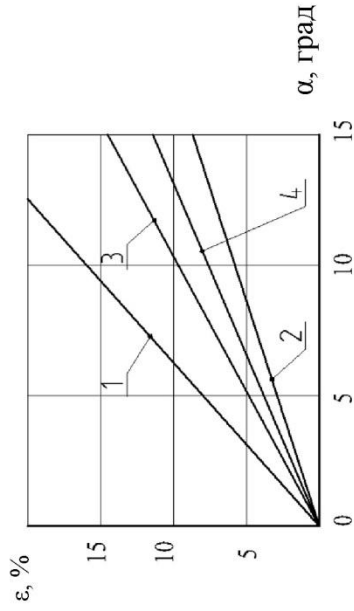
$$F_T = 2,25,$$

$$F_p = \frac{271,04}{120,9} = 2,24.$$



Експериментальна залежність швидкості V витікання молока через сопло від інтенсивності потоку I :

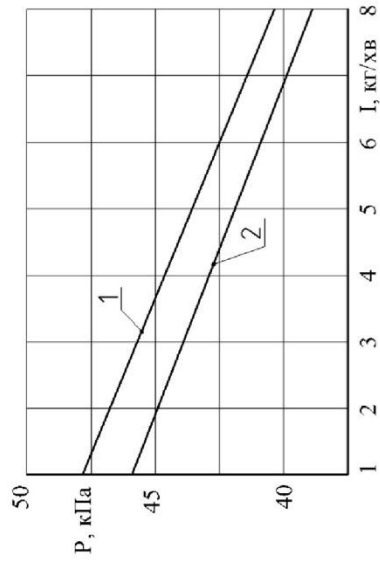
1 - вимірювач потоку ІУ-1; 2 - вимірювач УЗМ-1А.



Залежність похибок ε вимірювачів від кута α , нахилу корпусу:

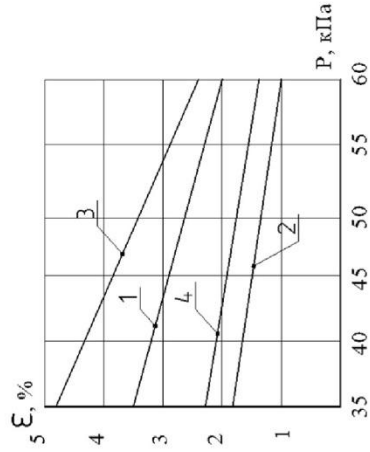
$P = 50 \pm 1$ кПа, $V = 1,5$ м/с: 1 - УЗМ-1А; 2 - ІУ-1;

$P = 50 \pm 1$ кПа, $V = 2,0$ м/с: 3 - УЗМ-1А; 4 - ІУ-1.



Залежність вакуумметричного тиску P в камері вимірювача від інтенсивності потоку I :

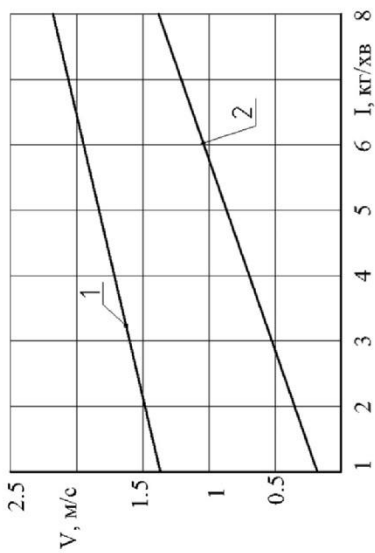
1 - вимірювач потоку ІУ-1А; 2 - вимірювач УЗМ-1А.



Залежність похибок ε вимірювачів від вакуумметричного тиску P :

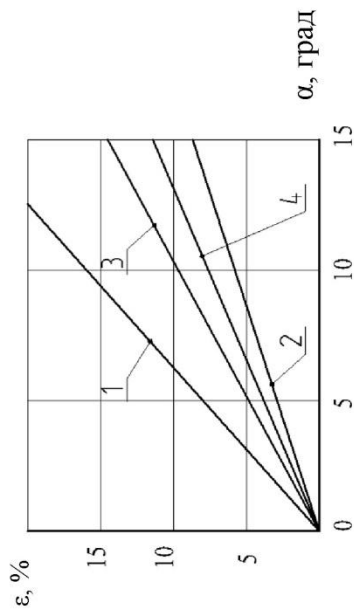
$\alpha = 0$, $V = 1,5$ м/с: 1 - ІУ-1; 3 - УЗМ-1А;

$\alpha = 0$, $V = 2,5$ м/с: 2 - ІУ-1; 4 - УЗМ-1А.



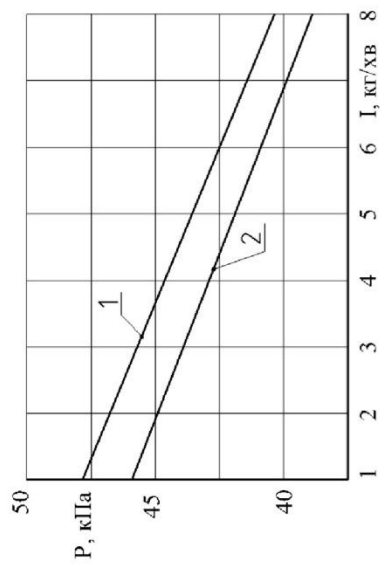
Експериментальна залежність швидкості V витікання молока через сопло від інтенсивності потоку I :

1 - вимірювач потоку ІУ-1; 2 - вимірювач УЗМ-1А.



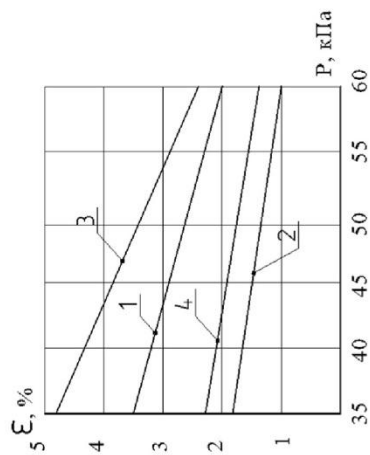
Залежність похибок ε вимірювачів від кута α , нахилу корпусу:

$P = 50 \pm 1$ кПа, $V = 1,5$ м/с: 1 - УЗМ-1А; 2 - ІУ-1;
 $P = 50 \pm 1$ кПа, $V = 2,0$ м/с: 3 - УЗМ-1А; 4 - ІУ-1.



Залежність вакуумметричного тиску P в камері вимірювача від інтенсивності потоку I :

1 - вимірювач потоку ІУ-1А; 2 - вимірювач УЗМ-1А.



Залежність похибок ε вимірювачів від вакуумметричного тиску P :

$\alpha = 0$, $V = 1,5$ м/с: 1 - ІУ-1; 3 - УЗМ-1А;
 $\alpha = 0$, $V = 2,5$ м/с: 2 - ІУ-1; 4 - УЗМ-1А.

Ефективність використання вимірювача для індивідуального обліку молока в процесі доїння може виникнути тільки у виробника молока за рахунок:

- зменшення витрат кормів;
- підвищення надоїв молока.

Для базової установки УДМ-100 оператор доїння обслуговує 50 корів трьома доїльними апаратами, кожен з яких забезпечений одним вимірювачем.

Якщо прийняти, що похибки дозування кормів відповідагимуть похибкам вимірів надоїв корів, то за даними досліджень: $\delta_1 = 5\%$, $\delta_2 = 2\%$.

У чисельному значенні річна ефективність від економії кормів становитиме

$$E_k = A \cdot H \cdot n \cdot \frac{\delta_1 - \delta_2}{100} U_k, \quad E_k = 150 \cdot 4 \cdot \frac{50}{3} \cdot \frac{5-2}{100} \cdot 2,5 = 750 \text{ грн.}$$

У чисельному значенні річна ефективність від збільшення надоїв молока складатиме

$$E_m = A \cdot H \cdot n \cdot \frac{\delta_1 - \delta_2}{100} \cdot (a - b) \cdot U_m, \quad E_m = 150 \cdot 4 \cdot \frac{50}{3} \cdot \frac{5-2}{100} \cdot (1,0 - 0,1) \cdot 2,43 = 656,1 \text{ грн.}$$

Таким чином річна економічна ефективність від впровадження на фермі вдосконаленого вимірювача кількості молока складає:

$$E = 750 + 656,1 - 362 = 1044,1 \text{ грн.}$$

Для ферми на 200 корів, де використовуються 12 вимірювачів, річна ефективність складає:

$$E = 1044,1 \cdot 12 = 12529,2 \text{ грн.}$$

Термін окупності вимірювача для виробника молока складає 0,6 року.

1. В результаті аналізу методів і технічних засобів вимірювання величини надобів під час доїння показав чітку тенденцію їх вдосконалення на базі підвищення достовірності з розширенням діапазонів використання, зниження габаритних розмірів, маси та вартості. Найбільше зазначеним вимогам відповідають лічильники об'ємного типу, що працюють на принципі пропорційного відбору деякої частини молока в мірну мензурку.
2. Результати моделювання показали, що похибка вимірювання кількості молока вимірювачем ІУ-1 зростає зі збільшенням кута нахилу корпусу, тобто відхилення його осі від вертикалі. Ця залежність має практично лінійний характер, причому похибка вимірювання у разі нахилу корпусу зростає інтенсивніше зі зменшенням швидкості струменя молока, з якою він витікає з отвору наконечника. Максимально допустимий кут $\alpha = 5^\circ$ при швидкості потоку молока $V = 0,5$ м/с, а при швидкості потоку молока $V = 5$ м/с максимально допустимий кут може становити $\alpha = 30^\circ$.
3. Точність вимірювання кількості молока, яка зазначалась вище, знижується у разі зменшення швидкості струменя молока V . Залежно від значення відстані h між торцем наконечника і напрямною поверхнею кришки існує відповідне мінімальне значення швидкості струменя молока V , при якому забезпечується дотик струменя молока поверхні кришки та відповідно його розташування по ній. Для мінімальної швидкості $V = 0,5$ м/с значення відстані h повинно становити 0,012 м. У міру зниження швидкості струменя та наближення до вказаної критичної відстані h , значення похибки вимірювання зростає із значною інтенсивністю. У разі зменшення швидкості струменя молока до величини, меншої за критичне значення, не відбувається контакт потоку молока з кришкою і порушується принцип роботи вимірювача. Точність вимірювання кількості молока зростає, якщо зменшується відстань між торцем наконечника та напрямною поверхнею кришки.

4. В результаті досліджень встановлені залежності швидкості руху рідини та вакуумметричного тиску у камері формування потоку від інтенсивності рідини, що проходить через доїльний апарат. Із збільшенням інтенсивності потоку рідини через доїльний апарат в камері формування потоку швидкість руху рідини підвищується в 2,5-3 рази та здійснюється падіння вакуумметричного тиску під час викиду на 20-22 кПа. У разі відсутності камери формування дози швидкість руху рідини та величина падіння вакуумметричного тиску зменшується в 1,8-2 рази, інакше кажучи, динамічні процеси під час формування потоку здійснюються спокійніше, з меншими пульсаціями швидкості та вакуумметричного тиску.
5. Зміна вакуумметричного тиску в камері формування потоку (35-60 кПа) та інтенсивності потоку рідини через вимірювач (1-8 кг/хв) не суттєво впливають на похибки вимірів, що становлять для всіх режимів у межах 3 %.
6. Базуючись на нормативній документації і згідно вимог охорони праці досліджено стан охорони праці та аналіз травматизму у лабораторії, де проводився експеримент. Встановлено, що освітлення приміщення лабораторії не в повній мірі відповідає зазначеним нормам. Проведено розрахунок штучної освітленості в приміщенні лабораторії. Розроблено проект інструкції «Безпека праці при машинному доїнні».
7. За рахунок зменшення витрат кормів і підвищення надойв молока розрахункова річна економічна ефективність від впровадження одного удосконаленого індивідуального лічильника молока становить 1044,1 грн., для ферми на 200 корів (12 індивідуальних лічильників молока) – 12529,2 грн. Термін окупності вимірювача для виробника молока складає 0,6 року.

**MATERIÁLY
XVIII MEZINÁRODNÍ VĚDECKO - PRAKTICKÁ
KONFERENCE**

**MODERNÍVY MOŽENOSTI VĚDY -
2021**

22 - 30 ledna 2021 r.

Volume 3

Praha
Publishing House «Education and Science»
2021

Vydáno Publishing House «Education and Science»,
Frýdlanská 15/1314, Praha 8
Spolu s DSP SHID, Berdianskaja 61 B, Dnepropetrovsk

Materiály XVIII Mezinárodní vědecko - praktická konference «Moderní vymoženosti vědy -2021», Volume 3 : Praha. Publishing House «Education and Science» -56 s.

Šéfredaktor: Prof. JUDr Zdenák Černák

Náměstek hlavního redaktora: Mgr. Alena Pelicánová

Zodpovědný za vydání: Mgr. Jana Štefko

Manažer: Mgr. Helena Žáková

Technický pracovník: Bc. Kateřina Zahradníková

**Materiály XVIII Mezinárodní vědecko - praktická konference ,
Moderní vymoženosti vědy -2021 po**

For students, research workers.

Pro studentů, aspirantů a vědeckých pracovníků

Cena 50 Kč

ISSN 1561-6940

© Authors , 2021

© Publishing House «Education and Science» , 2021

Д.т.н. Алієв Е.Б., магістрант Мельник А.О., магістрант Чорний В.О.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ

Технологічна задача підвищення ефективності технологічного процесу машинного доїння на сьогодні досить актуальна. Вирішенням цієї проблеми займалися такі відомі вчені, як Ю.Н. Белявський (1964), В.А. Стремнін (1968), Л.П. Карташов і В.Ф. Корольов (1972), В.В. Бережной (1982). В подальшому цю проблему досліджували й розвинули В.А. Борознін, (1999), В.В. Кирсанов (2001), В.П. Плотников (2003), З.В. Макаровська (2004), М.М. Луценко, І.М. Кудлай і В.І. Смоляр (2006), О.М. Кабанов (2007), В.М. Победінський і А.І. Фененко (2008), С.С. Соляник (2009), С.В. Сурков і Ю.В. Бобильов (2010) та інші дослідники. За їх теоретичними та експериментальними дослідженнями було встановлено, що наслідками використання молочно-доїльного обладнання, що не відповідає зоотехнічним, санітарно-гігієнічним та міжнародним техніко-технологічним вимогам є значний технологічний вплив на мікроструктуру молока та фізіологічний стан тварин.

В результаті аналізу впливу відмов молочно-доїльного обладнання на ефективність машинного доїння було встановлено, що основними параметрами, від яких залежить ефективність взаємодії тварини і машин, є величина вакууму (18 %), частота пульсацій доїльного апарата (14 %), співвідношення тактів доїльного апарата (14 %), сила натягу дійкової гуми в доїльному стакані (16 %).

З аналізу впливу відмов молочно-доїльного обладнання на ефективність машинного доїння було встановлено, що доїння повинне проходити при сталому вакуумному режимі 48,0-52,0 кПа, частота пульсацій повинна знаходитись у межах 50-65 хв⁻¹, співвідношення тактів пульсацій – 0,5-0,7, сила натягу дійкової гуми – 50-70 Н.

В результаті проведеного причинно-наслідкового аналізу чинників, що викликають ті або інші наслідки ефективного машинного доїння, було виділено чотири основні групи чинників:

1. Чинники, що характеризують відбір і підготовку тварин до машинного доїння (відбір за придатністю тварин до машинного доїння, привчання до машинного доїння, виклик повноцінного рефлексу молоковіддачі).

2. Чинники, що характеризують стан і надійність функціонування молочно-доїльного обладнання (правильність виконання монтажних робіт, автоматизація відключення доїльних апаратів, стабілізація вакуумного режиму, стабільна подача вакуумного насоса, герметичність і засміченість молочно-

вакуумної лінії, навантаження на доярку і кількість обслуговуваних доїльних апаратів).

3. Чинники, що характеризують стан і надійність функціонування доїльних апаратів (комплектність, стабільність частоти пульсацій і співвідношення тактів, нормативна маса підвісної частини, цілісність і герметичність дійкової гуми).

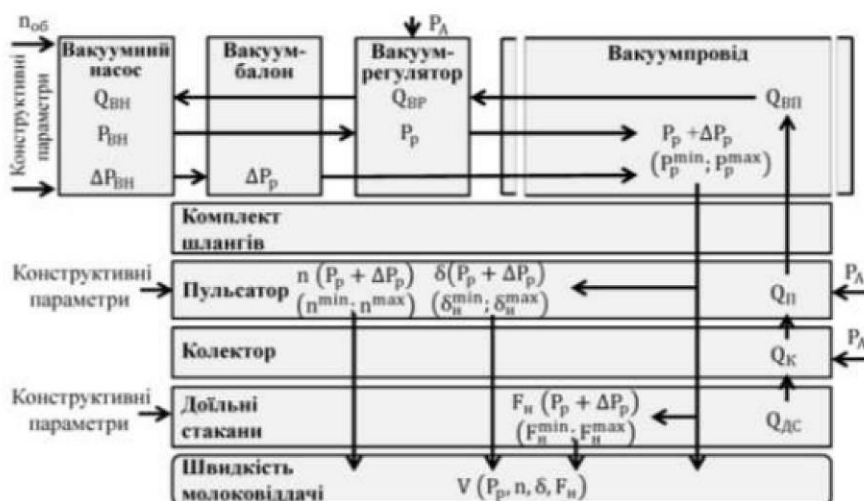
4. Організаційно-технологічні чинники процесу машинного доїння (дотримання правил машинного доїння, порядок доїння корів).

В результаті аналізу відмов молочно-доїльного обладнання була розроблена стратегія його технічного обслуговування (рис. 1).



Рисунок 1 – Стратегія технічного обслуговування молочно-доїльного обладнання

Вакуумна система молочно-доїльного обладнання являє собою сукупність окремих відновлюваних вузлів, кожен з яких характеризується техніко-технологічними параметрами (рис. 2). Основною характеристикою ефективності технологічного процесу машинного доїння є швидкість молоковіддачі, яка залежить від техніко-технологічних параметрів вакуумної системи.



Q – витрати повітря, P – робочий тиск вакуумної системи, ΔP – флуктуації вакууму, n – частота пульсацій, δ – співвідношення тривалості тактів пульсацій, F_n – сила натягу діючої гуми, V – швидкість молоковіддачі

Рисунок 2 – Взаємозв'язок техніко-технологічних параметрів вакуумної системи

Література:

1. Алієв Е.Б. Етапи налагодження якісного технічного сервісу молочно-доїльного обладнання. Інженерія природокористування, 2015, №2(4), с. 46-50.
2. Алієв Е.Б. Техніко-економічне обґрунтування застосування методики прогнозування ресурсу молочно-доїльного обладнання, Зб. наук. праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки, Вінниця, 2012, вип. 10, т. 2, с. 36-39.

CONTENTS

EKONOMICKÉ VĚDY

Podniková ekonomika

Захарченко Л.А., Пащук М.М. ОБГРУНТУВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ СТРАТЕГІЇ ПІДПРИЄМСТВА ЗВ	3
---	---

Zahraníční ekonomické aktivity

Залесский Б.Л. ОТ ПОВЫШЕНИЯ ИННОВАЦИОННОСТИ - К ПРОЕКТАМ БУДУЩЕГО	6
Залесский Б. Л. КЛЮЧ К УСПЕХУ - ИННОВАЦИОННОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	9

FILOLOGIE

Teoretické a metodologické problémy studia jazyka

Іщенко Т.В. ПРИЧИНИ ПОЯВИ ТА РОЛЬ ЛЕКСИЧНИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ У МОВІ ..	12
--	----

Jazyk, řeč, komunikace

Соляник В. І. СТРУКТУРА КОНЦЕПТУ «ПРИРОДА» В МОВНІЙ КАРТИНІ СВІТУ ДЖЕКА ЛОНДОНА.....	15
--	----

LÉKAŘSKÉ VĚDY

Morfologie

Shevchenko O. M., Sych V. O. CRITERIONAL COMPLEX OF BLOOD SYSTEM REACTIONS SYSTEM FORECASTING IN THE CONDITIONS OF INFLAMMATION AND EFFECTS OF SUBSTANCE P BLOCKING.....	18
--	----

PEDAGOGICKÉ VĚDY

Problémy tréninku

Залесский Б.Л. НА ПУТИ К ОБЩЕМУ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМУ ПРОСТРАНСТВУ ..	21
--	----

Strategické směry reformy vzdělávacího systému

Товканець Г.В. ІННОВАЦІЇ В СУЧАСНІЙ ОСВІТІ: ОСОБЛИВОСТІ ТА ВЛАСТИВОСТІ.....	24
---	----

Moderní metody výuky

Кохан Л. В. ВИЯВЛЕННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ДИДАКТИЧНИХ УМОВ РЕАЛІЗАЦІЇ ТВОРЧОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ГУМАНІТАРНИХ ДИСЦИПЛІН	28
Назарова В.В., Вольская А.Г. СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ОСВІТНЬОГО ПРОСТОРУ ДЛЯ КУРСАНТІВ (СТУДЕНТІВ) ПЕРШОГО КУРСУ ПРИ ВИВЧЕННІ ХІМІЇ	32

MODERNÍ INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE

Computer engineering

Веселовська Г.В., Анан`св Д.О., Ястребова О.І., Яценко Д.В., Кучміїчук

**М.М. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОМП'ЮТЕРНО- ОРІЄНТОВАНИХ
ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ НА ЗАСАДАХ ТЕХНОЛОГІЇ
E-LEARNING 38**

TECHNICKÉ VĚDY

Větev inženýrství

Алієв Е.Б., Буйницький О.І., Гусар І.М. ТЕСТЕР ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК 42

Гаврильченко О.С., Зайвий Д.В., Зайва А.С. КЛАСИФІКАЦІЯ І ПРИНЦИПІАЛЬНІ
СХЕМИ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ КОРМІВ 46

Алієв Е.Б., Мельник А.О., Чорний В.О. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ТЕХНІКО-
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ 49

Transport

Степано О.В., Венгер А.С. INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS:

INTERNATIONAL ASPECT..... 52

CONTENTS.....55

- *286423*
- *286324*
- *286325*
- *286425*
- *286352*
- *286179*
- *286332*
- *286272*
- *286326*
- *286406*
- *286223*
- *286363*
- *286364*
- *286365*
- *286382*