

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет комп'ютерних систем і автоматики
(повне найменування інституту)
Кафедра метрології та промислової автоматики
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр

(освітній ступень)

на тему: «Розробка методів та засобів виявлення вмісту води у сирому молоці»

Виконала: студентка 2 курсу,
групи КІВТ-18м
спеціальності 152 – Метрологія та
інформаційно-вимірювальна техніка
(освітня програма: комп'ютеризовані
інформаційно-вимірювальні технології)
(шифр і назва спеціальності)

Симчук І.Г.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник Кулаков П.І.

_____ (прізвище та ініціали)

Рецензент Тужанський С.Є

_____ (прізвище та ініціали)

Вінниця - 2019 року

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет комп'ютерних систем і автоматики

Кафедра метрології та промислової автоматики

Освітній ступень магістр

Спеціальність 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(освітня програма: комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні технології)

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МПА

д.т.н., проф. Кучерук В.Ю.

“ ” 2019 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Симчук Інна Григорівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка методів та засобів виявлення вмісту води у сирому молоці»

керівник роботи Кулаков Павло Ігорович, д.т.н. проф

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від №254 від 02.10.2019 р

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи діапазон вимірювання фізичної 10-100%; тип об'єкта

повірки-біологічна рідина; зведена похибка вимірювання 1,5 %

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

Провести огляд існуючих методів виявлення води у сирому молоці. Реалізувати

електричну структурну схеми засобу. Обґрунтувати та розробити електричну

принципову схему засобу. Представити метрологічні характеристики засобу. Провести

розрахунок економічної частини.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Додаток А(обов'язковий) Технічне завдання.Додаток Б(обов'язковий)Структурна

схема.Додаток В(обов'язковий)зовнішній вигляд. Додаток Г(обов'язковий)

Функціональна схема. Додаток Д(обов'язковий)Схема електрична принципова.

Додаток Е(обов'язковий)Перелік елементів.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-3	Кулаков П.І. д.т.н. проф	02.09.19	06.12.19
4	Ратушняк О.Г. доц.каф ЕПВМ	05.11.19	06.12.19

7. Дата видачі завдання 02 вересня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд існуючих методів виявлення води у сирому молоці	02.09.19 13.09.19	
2	Реалізація електричної схеми засобу виявлення вмісту води у сирому молоці	13.09.19 27.09.19	
3	Метрологічні характеристики засобу	27.09.19 07.10.19	
4	Економічна частина	05.11.19 06.12.19	

Студент

_____ Симчук І.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Кулаков П.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

У магістерській кваліфікаційній роботі розробляється засіб виявлення вмісту води у сирому молоці. Розглянуто особливості технологічного процесу виробництва сирого молока. Детально описано методи виявлення води, проблему фальсифікації сирого молока водою.

В процесі виконання роботи розроблено електричну принципову та структурну схеми приладу. Оцінено економічний потенціал нової розробки, який виявився на вище середньому рівні. Проведено розрахунок похибки вимірювання.

REFERAT

The master's qualification work develops a means of detecting the water content of raw milk. Features of technological process of raw milk production are considered. The methods of water detection and the problem of falsification of raw milk with water are described in detail.

In the course of the work, electrical schematic and structural diagrams of the device were developed. The economic potential of the new development, which was above average, was estimated. The measurement error was calculated.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ ВОДИ У СИРОМУ МОЛОЦІ.....	10
1.1 Ультразвуковий метод.....	10
1.2 Метод по точці замерзання.....	11
1.3 Особливості технологічного процесу виробництва молока.....	13
1.4 Оптичний метод оперативного вимірювання відносної масової частки молока у водно-молочному розчині.....	15
1.5 Удосконалення математичної моделі фотоелектричного вимірювального перетворення інтенсивності випромінення.....	25
1.6 Кількість порцій молока та контроль вмісту води у молоці на стійлових доїльних установках.....	31
2 РЕАЛІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ЗАСОБУ ВИЯВЛЕННЯ ВМІСТУ ВОДИ У СИРОМУ МОЛОЦІ.....	33
2.1 Реалізація електричної структурної схеми приладу.....	33
2.2 Порівняльна характеристика приладів.....	36
2.3 Розробка електричної функціональної схеми засобу.....	37
2.4 Розробка електричної принципової схеми.....	42
3 МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАСОБУ.....	45
3.1 Оцінка похибок вимірювань.....	45
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	54
4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	54
4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи.....	61
4.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	68

4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	70
ВИСНОВКИ.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	74
ДОДАТКИ.....	77
Додаток А (обов'язковий). Технічне завдання.....	78
Додаток Б (обов'язковий). Засіб виявлення виявлення води у сирому молоці. Схема електрична структурна	81
Додаток В (обов'язковий). Зовнішній вигляд засобу виявлення води у сирому молоці.....	82
Додаток Г(обов'язковий).Схема Електрична функціональна. Засіб виявлення води у сирому молоці	83
Додаток Д(обов'язковий). Схема електрична принципова. Засіб виявлення води у сирому молоці	84
Додаток Е(обов'язковий). Засіб виявлення води у сирому молоці. Перелік елементів.....	85

ВСТУП

Молоко та молочні продукти відносяться до цінних харчових продуктів і є джерелом кальцію, безлічі корисних вітамінів та мікроелементів. На сьогоднішній день їх можна знайти на полицях магазинів в кожній точці світу. І не секрет, що близько 60% у продовольчій корзині українців займає місце молоко. Близько 95% молока засвоюється організмом, тому щоб воно приносило користь нашому організму воно повинно бути натуральним і без будь яких добавок. В умовах конкурентного середовища різні виробники намагаються отримати максимум прибутку від свого товару в будь-який спосіб – як шляхом поліпшення якості продукту, так і виготовленням та продажем, недоброякісних і досить часто фальсифікованих товарів[1].

Актуальність теми. В наш час досить часто трапляються випадки фальсифікації молока водою, також вода в молоці може бути присутня через поломку системи промивки доїльної установки. Це негативно впливає на якість молочної продукції. Тому, важливим та актуальним завданням, яке у наш час ще повністю не вирішене, є оперативне виявлення фактів фальсифікації сирого молока в процесі його виробництва.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробка засобу виявлення вмісту води у сирому молоці. Для досягнення поставленої мети при проведенні теоретичних досліджень необхідно розв'язати такі **задачі**:

1. Здійснити аналіз існуючих методів та засобів вимірювального контролю виявлення води у сирому молоці.
2. Розробити нові та покращити існуючі методи, засоби виявлення вмісту води у сирому молоці на різних типах доїльних установок.
3. Провести аналіз основних метрологічних характеристик розроблених засобів контролю вмісту води у сирому молоці.

Об'єктом дослідження є процес вимірювального контролю параметрів технологічного процесу виробництва сирого молока.

Предметом дослідження є методи та засоби вимірювального контролю параметрів технологічного процесу виробництва сирого молока.

Наукова новизна одержаних результатів. Розширено функціональні можливості засобу для вимірювання параметрів молоковіддачі, що призвело до підвищення надійності у порівнянні з існуючими засобами.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Результати досліджень в роботі обговорювались та були схвалені на такій науково-технічній конференції: 5-а Міжнародна наукова конференція «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах» (Вінниця 2019р.).

Публікації. Базовий зміст роботи було викладено в тезах доповіді конференції.

Джерела розробки:

1. Положення про магістерську кваліфікаційну роботу // Романюк О.Н., Лисенко Г.Л., Обертюх Р.Р., Видмиш А.А., Громова Л.П. – ВНТУ, Вінниця, – 2010. – 16с.
2. ДСТУ 3497:2015 «Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювання рівня рідини».
3. ДСТУ ISO 5538:2004 «Молоко та молочні продукти. Відбирання проб, контроль за якісними ознаками».
4. ДСТУ 3662 «Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови.
5. ДСТУ 2212:2003 «Молочна промисловість. Виробництво молока та кисломолочних продуктів. Терміни та визначення понять».

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ ВОДИ У СИРОМУ МОЛОЦІ

1.1 Ультразвуковий метод

Для того щоб дослідити молоко можна використати дуже багато методів та засобів. Найбільш дієвими, точними методами виявлення води у сирому молоці можна вважати два методи. Перший метод – ультразвуковий. Другий - метод по точці замерзання.

Більшість портативних аналізаторів працюють на основі ультразвукового методу. В ультразвуковому методі доцільно використовувати ультразвуковий аналізатор. Його принцип роботи заснований на тому, що ультразвук проходячи через молоко, дає змогу одразу визначати вміст води у сирому молоці. Це є досить зручно тому, що не потрібно відбирати пробу молока для хімічного аналізу на що витрачається зайвий час.

Екомilk standart – ультразвуковий аналізатор, який призначений щоб аналізувати склад молока. До основних його параметрів можна віднести високу точність, надійність, простоту в обслуговуванні, широку сферу застосування. Тому, аналізатор можна вважати лідером на ринку серед приладів аналогів. Коли у молоко додають чужорідні речовини, сіль, жир не тваринного походження, то електропровідність молока підвищується в декілька разів. А з додаванням води в молоко, електропровідність буде знижуватися. Тому, впевнено можна сказати, що параметр електропровідність визначає, фальсифікацію молока.

На сьогоднішній день аналізатор буде доречно використовувати на тих місцях, де є приймальні пункти, міні-заводи, молочні ферми, ветеринарні лабораторії. Завдяки даному аналізатору є реальна можливість забезпечити людей натуральним, нефальсифікованим молоком [2].

1.2 Метод по точці замерзання

Чистий розчини речовини матиме певну температуру замерзання. У розбавлених водних розчинах зниження точки замерзання пропорційне кількості речовини, розчиненого в даній кількості розчинника.

Середня температура замерзання молока, отриманого від здорових корів, дуже постійна і близька до $-0,550^{\circ}\text{C}$, з коливаннями від $-0,540^{\circ}\text{C}$ до $-0,570^{\circ}\text{C}$. Температура замерзання молока обумовлюється концентрацією розчинених речовин (молочного цукру і мінеральних солей), вміст яких характеризується в молоці незначним коливанням. Жир, який знаходиться в грубо дисперсному стані, зовсім не впливає на температуру замерзання молока, роль білків завдяки великому розміру молекул незначна. Внаслідок сталості температури замерзання нормального молока метод кріоскопії служить критерієм при встановленні додавання в молоко води і може служити для виявлення молока хворих тварин.

Точка замерзання молока – це різниця, яка виражена в Цельсія між точкою замерзання води і точкою замерзання молока. Всі ми знаємо, що на склад молока впливає його електропровідність.

Головною проблемою, яка полягає у визначенні натуральності молока при його фальсифікації водою є те, що сама фальсифікація в певній мірі залежить від точки замерзання натурального молока [3].

Для визначення температури замерзання молока застосовують прилад – кріоскоп. Головні частини його - це дві посудини. У внутрішній, в якій заморожують молоко, через пробку вставлений термометр Бекмана і змішувач. Ця посудина має припаяну збоку трубочку, через яку вносять кристалик льоду для початку кристалізації. Широка пробірка є повітряним ізолятором. Зовнішня посудина з термометром і змішувачем служить як охолоджувач. Термометр Бекмана, має спеціальний електронний пристрій: шкала його розділена на частки градуса без постійної нульової точки. У верхній частині термометра розташоване

пристосування у вигляді сифона з запасом ртуті, яку можна віднімати або вводити в капілярну трубку термометра, коли це потрібно.

Отже, температуру замерзання можна встановити в будь-якій точці в межах $3 - 4^{\circ}\text{C}$ шкали термометра Бекмана, від неї і ведуть відлік. Вся шкала термометра Бекмана розрахована на коливання температури в межах 6°C . Для введення в капілярну трубку термометра Бекмана певної кількості ртуті нагрівають термометр до такої температури, щоб ртуть з кульки заповнила всю трубку і з'єдналася з ртуттю в сифоні. Кульку термометра охолоджують до температури на $2 - 3^{\circ}\text{C}$ вище температури танення льоду і, перевернувши термометр різким поштовхом, обривають стовпчик ртуті біля основи сифона. Потім, нахиливши термометр, переливають ртуть в друге коліно сифона. При зануренні в лід, що тане рівень ртуті в термометрі не досягне потрібного значення шкали або перейде його, то кількість її в капілярній трубці збільшують або зменшують.

При нестачі ртуті нагрівають в руках ртутну кульку термометра до тих пір, поки ртуть не ввійде в сифон і не з'єднається з запасною ртуттю. Після цього, нахиливши термометр, ртуть переливають з другого коліна сифона в перший, занурюють термометр в розчин з температурою на $1 - 2^{\circ}\text{C}$ нижче тієї, при якій встановлювали нульову точку в перший раз, і поштовхом обривають ртуть. При надлишку ртуті в капілярній трубці нагрівають термометр на $2 - 3^{\circ}\text{C}$ вище, ніж в перший раз, і та ртуть, яка піднялася в сифон відокремлюють тим же способом. Після такої приблизної установки нульової точки приступають до точного її визначення.

Спочатку температура води падає поступово нижче нульової точки внаслідок переохолодження. У момент підняття температури помішування води припиняють і злегка постукують по термометру паличкою з одягненою на неї гумовою трубкою для усунення капілярного опору в термометрі і рівномірного підняття стовпчика ртуті. Крапку підвищення температури встановлюють за допомогою лупи з точністю до $0,001^{\circ}\text{C}$ - це і є нульова точка термометра. Замість

термометра Бекмана іноді використовують термістори (засновані на електричному опорі), виготовлені з напівпровідникових матеріалів, дія яких пов'язана з різко вираженою залежністю від температури. Їх перевага - швидкість визначення, потрібно лише 2 мл молока для аналізу і гарантовано точність результату [4].

Іншими словами, суть методу точки замерзання криється в наступному: беруть пробу молока і охолоджують її до заданої температури (залежно від приладу), потім створюють його кристалізацію, за допомогою механічної вібрації. Після цього потрібно досить швидко підвищити температуру приладу, яка відповідає точці замерзання приладу. Згодом прилад необхідно калібрувати за допомогою двох стандартних розчинів, при цьому використовуючи, ту саму методику, що і для проби молока. В цих умовах прилад показує точку замерзання молока, виражену в градусах Цельсія.

1.3 Особливості технологічного процесу виробництва молока

У технологічному процесі виробництва молока технічні ланки вступають у пряму взаємодію з біологічними об'єктами та утворюють біотехнічну систему «людина-тварина-машина» [5]. Основним завданням, яке повинно вирішуватися при виробництві молока, є забезпечення якісного видоювання тварин та їх високої продуктивності. До складових елементів технологічного процесу виробництва молока входять умови і технологія утримання тварин, їх індивідуальні особливості, конструкція і режими роботи доїльного обладнання, кваліфікація та індивідуальні характеристики операторів машинного доїння, а також умови їх роботи. Ефективність технологічного процесу виробництва молока залежить від відповідності його окремих складових елементів фізіологічним потребам тварин і якості взаємозв'язків між елементами. Внаслідок взаємодії складових елементів, вихідні параметри технологічного процесу виробництва молока в певній мірі характеризують стан кожного з них.

Також вихідні параметри кожного окремого складового елемента характеризують стан інших елементів, що входять до складу технологічного процесу виробництва молока. Практика виробництва молока показує, що в однотипних виробничих умовах, при використанні одних і тих самих доїльних установок, апаратів і тварин, різні оператори машинного доїння одержують різні показники продуктивності, якості молока і захворюваності корів маститом. Виходячи з цього, ефективність систем доїння, у значній мірі залежить від відношення оператора до своїх обов'язків.

Дуже важливо, щоб людина мала певні знання про систему доїння, технологічний процес операцій, підготовку тварин до доїння, підключення доїльного апарату і його знімання, а також про проведення додоювання тварини. На роботу оператора машинного доїння впливає комплексний показник ергономічності доїльної установки. Важливо знати тип доїльної установки, режим роботи, спосіб утримання тварин, технологію та стереотип доїння, тому що від цього всього залежить реалізація молоковіддачі і захворюваність тварини маститом.

Так, наприклад, відсутність у складі доїльної установки систем підготовки тварин до доїння та засобів контролю параметрів молоковіддачі, призводить до порушення технологічного процесу, зниження секреторної функції молочної залози, високого рівня захворюваності маститом, зниження якості молока і погіршення санітарного стану, суттєвого збільшення бактеріальної заплідненості молока. Сам технологічний процес має властивість залежати не тільки від технологічної ланки, людського фактору, а й від індивідуальної характеристики тварини.

Процес доїння може бути порушеним, якщо у стаді знаходиться тварина, яка не привчена до доїння апаратом. Для того, щоб процес виробництва молока функціонував нормально потрібно створити однорідні стада з тваринами, які мають високі адаптаційні можливості та тваринами, які придатні до доїння

апаратом. Сучасним тваринницьким фермам потрібно впроваджувати нові технічні рішення, які дозволять відслідкувати, як розвивається кожна тварина, як можна керувати процесом її утримання. Якість забезпечення зв'язку складових елементів технологічного процесу виробництва молока залежить від метрологічних характеристик інформаційно-вимірювальних систем параметрів технологічного процесу виробництва молока, які, як правило, є складовою частиною системи автоматизованого управління тваринницької ферми. Виходячи з цього, подальший розвиток теорії засобів контролю параметрів технологічного процесу виробництва молока, інформаційно-вимірювальних систем та їх складових елементів, покращення їх метрологічних та інших технічних характеристик, є важливим та актуальним завданням [6].

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

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

Розглянемо теоретичні засади запропонованого оптичного методу. Ослаблення монохроматичного випромінювання речовиною описується за допомогою закону Бугера-Ламберта-Бера, який зв'язує вихідну та вхідну інтенсивність оптичного випромінювання, при його проходженні [7] через речовину:

$$I = I_0 e^{-acd}, \quad (1.1)$$

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

Пропускання речовиною випромінювання характеризується коефіцієнтом пропускання, який визначається як:

$$K_{PR}(\lambda) = \frac{I}{I_0} = 10^{-k(\lambda)cd} . \quad (1.2)$$

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

$$D(\lambda) = \lg \frac{I_0}{I} = k(\lambda)cd . \quad (1.3)$$

Проходячи через розчин з n компонентів, випромінювання кожним з них поглинається по-різному. Завдяки адитивному накладенню деяких окремих компонентів можна отримати результуюче поглинання. Тому, оптичну щільність n знаходимо за виразом:

$$D(\lambda) = \sum_{i=1}^n k_i(\lambda)c_i d , \quad (1.4)$$

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

Оптична щільність визначається за допомогою виразу:

$$D_{VM}(\lambda) = d(k_M(\lambda)c_M + k_V(\lambda)c_V) , \quad (1.5)$$

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

Об'єм водно-молочного розчину, що поглинає випромінювання, визначається виразом:

$$V_K = V_M + V_V = \frac{m_M}{\rho_M} + \frac{m_V}{\rho_V}, \quad (1.6)$$

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

Концентрація води у водно-молочному розчині визначається як:

$$c_V = \frac{m_V}{V_K} = \frac{m_V}{\frac{m_M}{\rho_M} + \frac{m_V}{\rho_V}} = m_V \frac{\rho_M \rho_V}{m_M \rho_V + m_V \rho_M}. \quad (1.7)$$

Концентрація молока у водно-молочному розчині:

$$c_M = \frac{m_M}{V_K} = \frac{m_M}{\frac{m_M}{\rho_M} + \frac{m_V}{\rho_V}} = m_M \frac{\rho_M \rho_V}{m_M \rho_V + m_V \rho_M}. \quad (1.8)$$

Відносна масова частка молока у водно-молочному розчині визначається як:

$$\eta = \frac{m_M}{m_M + m_V}. \quad (1.9)$$

З виразу (1.9) після нескладних перетворень отримуємо:

$$m_V = m_M \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right). \quad (1.10)$$

Підставимо (1.10) в (1.7) та (1.8), після перетворень отримуємо вирази, які зв'язують концентрацію молока та води у водно-молочному розчині з відносною масовою часткою молока.

$$c_v = \frac{\rho_M \rho_V \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)}{\rho_V + \rho_M \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)}, \quad (1.11)$$

$$c_M = \frac{\rho_M \rho_V}{\rho_V + \rho_M \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)}. \quad (1.12)$$

Підставимо (1.11) та (1.12) до (1.5), та після перетворень отримаємо залежність оптичної щільності водно-молочного розчину від відносної масової частки молока:

$$D_{VM}(\lambda) = \frac{d \rho_M \rho_V \left(k_M(\lambda) + k_V(\lambda) \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) \right)}{\rho_V + \rho_M \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)}. \quad (1.13)$$

Після перетворень отримуємо:

$$I = I_0 \cdot 10^{-\frac{d \rho_M \rho_V \left(k_M(\lambda) + k_V(\lambda) \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) \right)}{\rho_V + \rho_M \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)}}. \quad (1.14)$$

Вираз (1.14) являє собою математичну модель поглинання оптичного випромінювання водно-молочним розчином. Цей вираз зв'язує інтенсивність оптичного випромінювання, що проходить крізь розчин, з відносною масовою часткою молока у розчині.

Використовуючи фотоприймач, на базі пари фотодіод – операційний підсилювач, у відповідності з , його вихідна напруга, у першому наближенні, зв’язана з інтенсивністю випромінювання співвідношенням:

$$U_F = I S_{I_0}(\lambda) R_{ZZ} S_{VD}, \quad (1.15)$$

Підставимо (1.14) до (1.15) та отримаємо залежність вихідної напруги фотоприймача на основі пари фотодіод – операційний підсилювач від відносної масової частки молока у водно-молочному розчині.

$$U_F(\eta) = I_0 S_{I_0}(\lambda) R_{ZZ} S_{VD} \cdot 10^{\frac{d\rho_M \rho_V \left(k_M(\lambda) + k_V(\lambda) \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) \right)}{\rho_V + \rho_M \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)}}. \quad (1.16)$$

На рисунку 1.1 наведено сімейство визначених за виразом (1.16) теоретичних залежностей вихідної напруги фотоприймача на основі пари фотодіод - операційний підсилювач, від відносної масової частки молока у водно-молочному розчині.

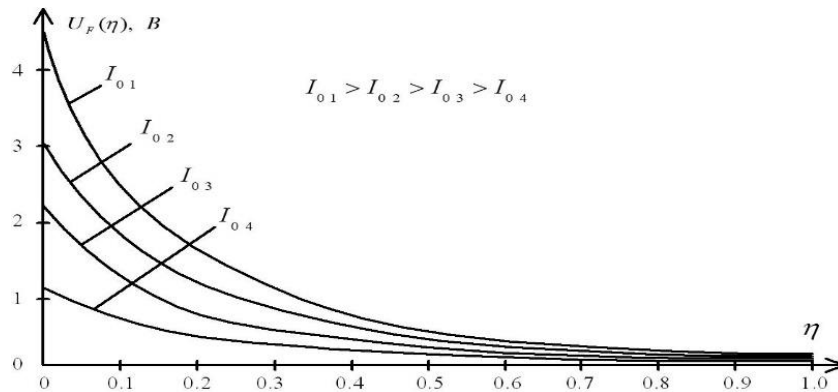


Рисунок 1.2 – Залежність вихідної напруги фотоприймача на основі пари фотодіод від відносної масової частки молока

Розв'язавши рівняння (1.16) відносно η , отримуємо вираз, який зв'язує відносну масову частку молока у водно-молочному розчині з вихідною напругою фотоприймача на основі пари фотодіод - операційний підсилювач:

$$\eta = \frac{\rho_M \lg \frac{U_F(\eta)}{I_0 S_{I0}(\lambda) R_{ZZ} S_{VD}} + d \rho_M \rho_V k_V(\lambda)}{(\rho_M - \rho_V) \lg \frac{U_F(\eta)}{I_0 S_{I0}(\lambda) R_{ZZ} S_{VD}} + d \rho_M \rho_V (k_V(\lambda) - k_M(\lambda))}. \quad (1.17)$$

Молоко та водно-молочний розчин відносяться до речовин з значним ступенем поглинання інфрачервоного випромінювання в недалекій ділянці спектру, яка характеризується довжиною хвилі від 0,75 до 2,5 мкм [8]. Це означає, що запропонований метод характеризується високою чутливістю.

На рисунку 1.2 зображено спектральну характеристику пропускання інфрачервоного випромінювання ближньої ділянки спектру для молока та води з товщиною шару $d = 10$ мм.

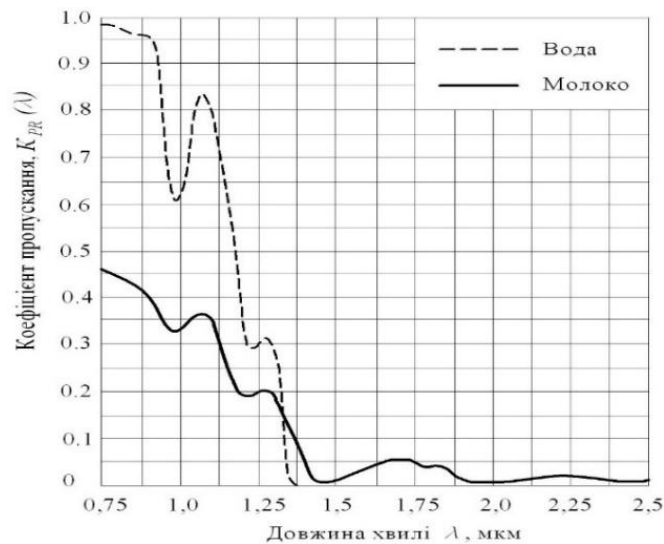


Рисунок 1.2 – Спектральна характеристика пропускання інфрачервоного випромінювання прилеглої ділянки спектру для молока та води

Спектральна характеристика пропускання речовини являє собою залежність коефіцієнту пропускання, від довжини хвилі оптичного випромінювання. Коефіцієнт екстинкції з коефіцієнтом пропускання зв'язані співвідношенням:

$$k(\lambda) = -\frac{1}{cd} \lg K_{PR}(\lambda). \quad (1.18)$$

Безумовним є те, що чутливість буде максимальною на тій довжині хвилі, на якій відношення коефіцієнту пропускання води до коефіцієнту пропускання молока буде максимальним. У цьому випадку забезпечується максимальне зменшення поглинання інфрачервоного випромінювання молоком за рахунок наявності води [9]. Кубічні сплайни являють собою кубічні параболи, які в кожному випадку точно проходять через дві опорні точки, які визначаються за експериментальними спектральними характеристиками, які зображені на рисунку 1.3.

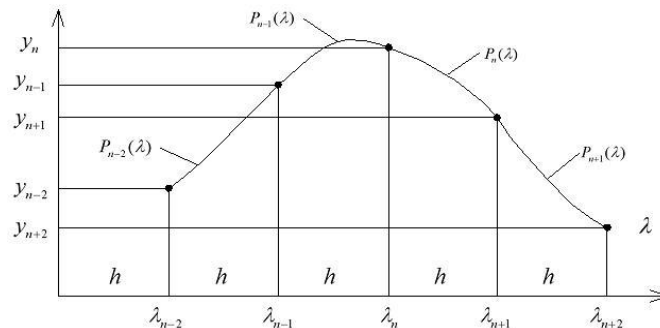


Рисунок 1.3 – Інтерполяція за допомогою кубічних сплайнів

При наявності N опорних точок сплайнова функція складається з $N-1$ окремих поліномів. У місцях стиків значення кусків кубічних поліномів збігаються між собою та із значеннями функції, що інтерполюється, також

збігаються значення їх першої та другої похідної. Кубічний поліном $P_n(\lambda)$ між опорними точками λ_n та λ_{n+1} визначається за виразом:

$$P_n(\lambda) = a_n + b_n(\lambda - \lambda_n) + c_n(\lambda - \lambda_n)^2 + d_n(\lambda - \lambda_n)^3, \quad \lambda \in [\lambda_n, \lambda_{n+1}], \quad n = 1, 2, \dots, N-1. \quad (1.19)$$

Розбивши вісь абсцис на однакові відрізки, їх довжина буде визначатися виразом:

$$h = \lambda_{n+1} - \lambda_n. \quad (1.20)$$

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

$$P_n(\lambda_n) = a_n = y_n, \quad (1.21)$$

$$P_n(\lambda_{n+1}) = a_n + b_n h + c_n h^2 + d_n h^3 = y_{n+1}, \quad (1.22)$$

$$P'_n(\lambda_n) = b_n = y'_n, \quad (1.23)$$

$$P'_n(\lambda_{n+1}) = b_n + 2c_n h + 3d_n h^2 = y'_{n+1}, \quad (1.24)$$

$$P''_n(\lambda_n) = 2c_n = y''_n, \quad (1.25)$$

$$P''_n(\lambda_{n+1}) = 2c_n + 6d_n h = y''_{n+1}. \quad (1.26)$$

З рівнянь (1.21) – (1.26) знаходимо невідомі коефіцієнти через задані опорні величини та невідомі похідні другого порядку на кінцях часткових інтервалів:

$$a_n = y_n, \quad (1.27)$$

$$b_n = \frac{1}{h}(y_{n+1} - y_n) - \frac{1}{6}h(y_{n+1}'' - 2y_n''), \quad (1.28)$$

$$c_n = \frac{y_n''}{2}, \quad (1.29)$$

$$d_n = \frac{1}{6h}(y_{n+1}'' - y_n''). \quad (1.30)$$

Коефіцієнти b_n , c_n та d_n знаходяться, коли відомі другі похідні у точках λ_n та λ_{n+1} . Для їх знаходження необхідно скористатися неперервністю першої та другої похідної на внутрішніх опорних точках.

Провівши деякі перетворення отримаємо:

$$P_n'(\lambda_{n+1}) = \frac{1}{h}(y_{n+1} - y_n) + \frac{1}{6}h(2y_{n+1}'' - y_n''), \quad (1.31)$$

$$P_{n-1}'(\lambda_n) = \frac{1}{h}(y_n - y_{n-1}) + \frac{1}{6}h(2y_n'' - y_{n-1}''). \quad (1.32)$$

$$P_{n-1}'(\lambda_n) = P_n'(\lambda_n). \quad (1.33)$$

Отримаємо рівняння:

$$y_{n-1}'' + 4y_n'' + y_{n+1}'' = \frac{6}{h^2}(y_{n+1} - 2y_n - y_{n-1}). \quad (1.34)$$

З використанням простих сплайнів відхилення на краях інтервалу інтерполяції прирівнюються до нуля, тобто:

$$y_1'' = y_N'' = 0. \quad (1.35)$$

При використанні інтерполяції кубічними сплайнами, можна використовувати точні або асимптотично точні оцінки похибок сплайн-інтерполяції на класах функцій.

Похибка інтерполяції функції $f(\lambda)$ матиме вигляд:

$$\max_{a < \lambda < b} |f^{(p)}(\lambda) - P_n^{(p)}(\lambda)| \leq c_f \cdot h^{k-p}, k \geq p, \quad (1.36)$$

Спектральна характеристика пропускання інфрачервоного випромінювання прилеглої ділянки спектру для молока визначається наступним виразом:

$$K_{PRM}(\lambda) = \begin{cases} a_{1M} + b_{1M}(\lambda - \lambda_1) + c_{1M}(\lambda - \lambda_1)^2 + d_{1M}(\lambda - \lambda_1)^3, & \lambda \in [\lambda_1, \lambda_2]; \\ a_{2M} + b_{2M}(\lambda - \lambda_2) + c_{2M}(\lambda - \lambda_2)^2 + d_{2M}(\lambda - \lambda_2)^3, & \lambda \in [\lambda_2, \lambda_3]; \\ \dots \\ a_{N-1M} + b_{N-1M}(\lambda - \lambda_{N-1}) + c_{N-1M}(\lambda - \lambda_{N-1})^2 + d_{N-1M}(\lambda - \lambda_{N-1})^3, & \lambda \in [\lambda_{N-1}, \lambda_N], \end{cases} \quad (1.37)$$

Спектральна характеристика пропускання інфрачервоного випромінювання прилеглої ділянки спектру для води знаходиться за допомогою виразу:

$$K_{PRV}(\lambda) = \begin{cases} a_{1V} + b_{1V}(\lambda - \lambda_1) + c_{1V}(\lambda - \lambda_1)^2 + d_{1V}(\lambda - \lambda_1)^3, & \lambda \in [\lambda_1, \lambda_2]; \\ a_{2V} + b_{2V}(\lambda - \lambda_2) + c_{2V}(\lambda - \lambda_2)^2 + d_{2V}(\lambda - \lambda_2)^3, & \lambda \in [\lambda_2, \lambda_3]; \\ \dots \\ a_{N-1V} + b_{N-1V}(\lambda - \lambda_{N-1}) + c_{N-1V}(\lambda - \lambda_{N-1})^2 + d_{N-1V}(\lambda - \lambda_{N-1})^3, & \lambda \in [\lambda_{N-1}, \lambda_N]. \end{cases} \quad (1.38)$$

Для визначення оптимальної довжини хвилі, на якій відношення коефіцієнту пропускання води до коефіцієнту пропускання молока буде максимальним, використаємо вираз:

$$K_{PRMV}(\lambda) = \frac{K_{PRV}(\lambda)}{K_{PRM}(\lambda)} = \begin{cases} \frac{a_{1V} + b_{1V}(\lambda - \lambda_1) + c_{1V}(\lambda - \lambda_1)^2 + d_{1V}(\lambda - \lambda_1)^3}{a_{1M} + b_{1M}(\lambda - \lambda_1) + c_{1M}(\lambda - \lambda_1)^2 + d_{1M}(\lambda - \lambda_1)^3}, & \lambda \in [\lambda_1, \lambda_2]; \\ \frac{a_{2V} + b_{2V}(\lambda - \lambda_2) + c_{2V}(\lambda - \lambda_2)^2 + d_{2V}(\lambda - \lambda_2)^3}{a_{2M} + b_{2M}(\lambda - \lambda_2) + c_{2M}(\lambda - \lambda_2)^2 + d_{2M}(\lambda - \lambda_2)^3}, & \lambda \in [\lambda_2, \lambda_3]; \\ \dots \\ \frac{a_{N-1V} + b_{N-1V}(\lambda - \lambda_{N-1}) + c_{N-1V}(\lambda - \lambda_{N-1})^2 + d_{N-1V}(\lambda - \lambda_{N-1})^3}{a_{N-1M} + b_{N-1M}(\lambda - \lambda_{N-1}) + c_{N-1M}(\lambda - \lambda_{N-1})^2 + d_{N-1M}(\lambda - \lambda_{N-1})^3}, & \lambda \in [\lambda_{N-1}, \lambda_N]. \end{cases} \quad (1.39)$$

На оптимальній довжині хвилі інфрачервоного випромінювання виконується співвідношення:

$$K_{PRMV}(\lambda_{OPT}) = \max_{[\lambda_1, \lambda_N]} K_{PRMV}(\lambda). \quad (1.40)$$

Тому, знаходження оптимальної довжини хвилі зводиться до вирішення стандартного завдання визначення максимуму функції.

1.5 Удосконалення математичної моделі фотоелектричного вимірювального перетворення інтенсивності випромінювання

Оптичні і фотоелектричні ВП у теперішній час широко використовуються у різних галузях промисловості при вимірювальному контролі різноманітних фізичних величин [10]. В основу принципу дії оптичних ВП покладено залежність параметрів оптичного випромінювання від перетворюваної фізичної величини. Фотоелектричні ВП здійснюють перетворення параметрів світлового потоку в електричний сигнал. Перспективними є фотоелектричні ВП на основі перетворення площа – напруга. У таких ВП площа освітлюваного фоточутливого шару фотоприймача змінюється під дією вимірюваної фізичної величини. В результаті, вихідна напруга такого ВП є функцією вимірюваної фізичної величини.

Залежність струму, що протікає через фотодіод, від потоку випромінювання, описується виразом:

$$I_{VD} = \frac{\Phi S_{I_0}(\lambda)}{\sqrt{1 + (\Omega \tau_{VD})^2}} - I_s \left(\exp\left(\frac{e U_{VD}}{kT}\right) - 1 \right), \quad (1.41)$$

На основі аналізу матеріалів виробників оптоелектронних компонентів, можна зробити висновок, що спектральна характеристика фотодіода має дзвіноподібну форму, дорівнює нулю при певних значеннях довжини хвилі, може бути симетричною та асиметричною, при чому коефіцієнт асиметрії може бути меншим і більшим нуля [11].

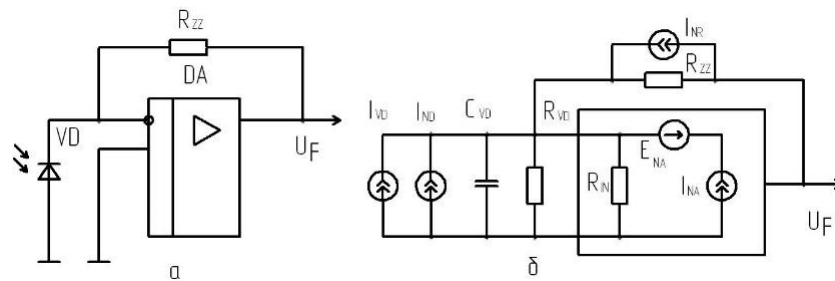


Рисунок 1.4 – Фотоприймач на основі пари фотодіод-операційний підсилювач

Знаходимо функцію , яка інтерполює спектральну характеристику фотодіода, у вигляді :

$$g(x) = x^{a-1}(1-x)^{b-1}, \quad (1.42)$$

де a, b – деякий чисельний параметр функції, від співвідношення яких залежить асиметрія її графіка.

Якщо $a > b$, коефіцієнт асиметрії менший нуля і максимум функції (1.42) зміщений вліво, якщо $a < b$, коефіцієнт асиметрії більший нуля і максимум функції (1.42) зміщений вправо. У випадку, якщо $a = b \neq 1$, то функція (1.42) симетрична, якщо $a = 1$ та $b = 1$, то графіком функції (1.44) є пряма лінія. Значення

цієї функції дорівнює нулю, якщо $x=0$, або $x=1$. Виходячи з цього, функцію (1.42) можна взяти за основу інтерполюючої функції спектральної характеристики фотодіода.

Тому:

$$x = \frac{\lambda}{\lambda_{MAX}}, \quad (1.43)$$

де λ_{MAX} – гранична довжина хвилі оптичного випромінювання, при якій значення спектральної характеристики дорівнює нулю.

Інтерполююча функція спектральної характеристики фотодіода матиме вигляд:

$$S_{I0}(\lambda) = K_A \left(\frac{\lambda}{\lambda_{MAX}} \right)^{a-1} \left(1 - \frac{\lambda}{\lambda_{MAX}} \right)^{b-1}, \quad (1.43)$$

де K_A – коефіцієнт пропорційності між базовою функцією та значенням спектральної чутливості фотодіода.

Щоб знайти аналітичний вираз інтерполюючої функції спектральної характеристики потрібно порахувати коефіцієнт K_A та параметри a і b . Знайдемо значення λ_0 , при якому функція (1.43) досягає максимуму. Тому, прирівнюємо функцію (1.43) до нуля.

$$S'_{I0}(\lambda) = (a-1) \left(1 - \frac{\lambda}{\lambda_{MAX}} \right)^{b-1} \left(\frac{\lambda}{\lambda_{MAX}} \right)^{a-2} - (b-1) \left(1 - \frac{\lambda}{\lambda_{MAX}} \right)^{b-2} \left(\frac{\lambda}{\lambda_{MAX}} \right)^{a-1} = 0. \quad (1.44)$$

Спектральна характеристика фотодіоду сягне максимуму:

$$\lambda_0 = \lambda_{MAX} \left(1 + \frac{b-1}{a-1} \right)^{-1}. \quad (1.45)$$

Провівши у виразі (1.45) деякі прості перетворення, матимемо:

$$b = \left(\frac{\lambda_{MAX}}{\lambda_0} - 1 \right) (a-1) + 1. \quad (1.46)$$

Якщо підставити вираз (1.43) в (1.42), то отримаємо максимальне значення спектральної характеристики фотодіоду:

$$S_{I0}(\lambda_0) = K_A \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_{MAX}} \right)^{(a-1)} \left(1 - \frac{\lambda_0}{\lambda_{MAX}} \right)^{\left(\frac{\lambda_{MAX}}{\lambda_0} - 1 \right) (a-1)}. \quad (1.47)$$

Завдяки виразу (1.47) є можливість визначити коефіцієнт K_A :

$$K_A = S_{I0}(\lambda_0) \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_{MAX}} \right)^{(1-a)} \left(1 - \frac{\lambda_0}{\lambda_{MAX}} \right)^{\left(\frac{\lambda_{MAX}}{\lambda_0} - 1 \right) (1-a)}. \quad (1.48)$$

Значення інтерполюючої функції при довжині хвилі λ_{MIN} визначається виразом:

$$S_{I0}(\lambda_{MIN}) = K_A \left(\frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX}} \right)^{(a-1)} \left(1 - \frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX}} \right)^{\left(\frac{\lambda_{MAX}}{\lambda_0} - 1 \right) (a-1)}. \quad (1.49)$$

Вираз (1.49) дає змогу визначити коефіцієнт K_A :

$$K_A = S_{I0}(\lambda_{MIN}) \left(\frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX}} \right)^{(1-a)} \left(1 - \frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX}} \right)^{\left(\frac{\lambda_{MAX}}{\lambda_0} - 1 \right) (1-a)}. \quad (1.50)$$

Зіставимо праві частини виразу (1.49) та виразу (1.50)

$$S_{I0}(\lambda_0) \left(\left(\frac{\lambda_0}{\lambda_{MAX}} \right) \left(1 - \frac{\lambda_0}{\lambda_{MAX}} \right)^{\frac{\lambda_{MAX}-1}{\lambda_0}} \right)^{1-a} = S_{I0}(\lambda_{MIN}) \left(\left(\frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX}} \right) \left(1 - \frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX}} \right)^{\frac{\lambda_{MAX}-1}{\lambda_0}} \right)^{1-a}. \quad (1.51)$$

Розв'язавши рівняння (1.51), отримаємо вираз за допомогою якого знаходиться параметр a :

$$a = 1 - \left(\log \frac{S_{I0}(\lambda_0)}{S_{I0}(\lambda_{MIN})} \frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_0} \left(\frac{\lambda_{MAX} - \lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX} - \lambda_0} \right)^{\frac{\lambda_{MAX}-1}{\lambda_0}} \right)^{-1}. \quad (1.52)$$

Параметри λ_{MAX} , λ_{MIN} , λ_0 , $S_{I0}(\lambda_{MIN})$ та $S_{I0}(\lambda_0)$ можливо визначити за експериментальною спектральною характеристикою фотодіода. Отримаємо вираз:

$$S_{I0}(\lambda) = S_{I0}(\lambda_0) \times \left(\left(\frac{\lambda_0}{\lambda_{MAX}} \right) \left(1 - \frac{\lambda_0}{\lambda_{MAX}} \right)^{\frac{\lambda_{MAX}-1}{\lambda_0}} \right)^{\left(\log \frac{S_{I0}(\lambda_0)}{S_{I0}(\lambda_{MIN})} \frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_0} \left(\frac{\lambda_{MAX} - \lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX} - \lambda_0} \right)^{\frac{\lambda_{MAX}-1}{\lambda_0}} \right)^{-1}} \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_{MAX}} \right)^{\left(\log \frac{S_{I0}(\lambda_0)}{S_{I0}(\lambda_{MIN})} \frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_0} \left(\frac{\lambda_{MAX} - \lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX} - \lambda_0} \right)^{\frac{\lambda_{MAX}-1}{\lambda_0}} \right)^{-1}} \times \left(1 - \frac{\lambda}{\lambda_{MAX}} \right)^{\left(\frac{\lambda_{MAX}-1}{\lambda_0} \right) \left(\log \frac{S_{I0}(\lambda_0)}{S_{I0}(\lambda_{MIN})} \frac{\lambda_{MIN}}{\lambda_0} \left(\frac{\lambda_{MAX} - \lambda_{MIN}}{\lambda_{MAX} - \lambda_0} \right)^{\frac{\lambda_{MAX}-1}{\lambda_0}} \right)^{-1}}. \quad (1.53)$$

При використанні джерела світла з конденсорною лінзою, можна отримати плоско-паралельний потік опромінення, рівний на всій площині [12]. У цьому випадку потік опромінення та площа фоточутливого шару фотодіода, що опромінюється, зв'язані співвідношенням:

$$\Phi = I \cdot S(F), \quad (1.54)$$

де I – освітленість; $S(F)$ – освітлювана площа.

Вихідна напруга фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач, з урахуванням зміщення нулю, різниці вхідних струмів, напруги шуму, описується виразом:

$$U_F = \frac{I_{VD}R_{ZZ}}{1 + \frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0}} + \Delta I R_{ZZ} + U_{SM} + U_N, \quad (1.55)$$

де K_0 – коефіцієнт передачі операційного підсилювача; R_{IN} – вхідний опір операційного підсилювача; U_{SM} – напруга зміщення нуля операційного підсилювача; ΔI – різниця вхідних струмів операційного підсилювача; R_{ZZ} – опір в колі зворотного зв'язку операційного підсилювача; U_N – напруга шуму на виході фотоприймача [13].

Щільність шумового струму опору зворотного зв'язку:

$$I_{NR} = \sqrt{\frac{4k\Delta f}{R_{ZZ}}}, \quad (1.56)$$

де Δf – ефективна смуга пропускання електронного тракту [17].

Модуль вихідної напруги шуму визначається виразом:

$$U_N = \sqrt{E_{NA}^2 + (I_{NA}^2 + I_{ND}^2 + I_{NR}^2)R_{ZZ}}, \quad (1.57)$$

де I_{NA} – шумовий струм операційного підсилювача; E_{NA} – шумова напруга операційного підсилювача.

Провівши нескладні перетворення, отримаємо:

$$U_F = \frac{R_{ZZ} I S_{I_0}(\lambda)}{\left(1 + \frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0}\right) \sqrt{1 + (\Omega \tau_{VD})^2}} S(F) - \frac{I_S R_{ZZ} \left(\exp\left(\frac{e_e U_{VD}}{kT}\right) - 1 \right)}{1 + \frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0}} + \Delta I R_{ZZ} + U_{SM} + U_N. \quad (1.58)$$

Як впливає з виразу (1.58), вихідна напруга фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач лінійно залежить від освітлюваної площі фоточутливого шару і є функцією перетворюваної фізичної величини F .

1.6 Контроль вмісту води у молоці на стійлових доїльних установках

Молоко від тварин, яке отримують на стійлових доїльних установках накопичується в дозаторі.

Потім у дозаторах накопичуються порції молока, які мають певний об'єм. Наступна операція належить автоматичному зливному клапану, і порція транспортується в автоматичну мішалку або холодильну установку [14]. Пропускна здатність такого дозатора складає $P_{DM} = 10$ л/хв. При наявності високопродуктивних тварин, на стійлових доїльних установках використовують дозатор молока з електромагнітним зливним клапаном, пропускна здатність такого дозатора складає $P_{DM} = 14$ л/хв. Зарплата доярів залежить від кількості сформованих порцій молока дозатором, їх можна підрахувати спеціальним засобом. На сьогоднішній день майже всі ферми користуються засобом виявлення вмісту води у сирому молоці. Принцип роботи полягає в наступному: коли порція молока пододала свій шлях від дозатора через зливний клапан, вона потрапляє до гнучкого шлангу. У перетині шлангу розташована трубка в якій знаходяться вмонтовані електроди.

Тому, під час проходження порцій молока через трубку буде змінюватися електропровідність між електродами, а це означає, що працює дозатор. Якщо

відбувається зміна електропровідності, то давачем формується сигнал напруги, який прямо пропорційний електропровідності. З використанням цього давача, при виявленні води у молоці, зміни температури, спінювання молока, значно збільшується похибка первинного перетворення електропровідності. Також для підрахунку порцій молока використовується оптичний давач, принцип дії якого такий. Порції молока проходять через трубку, в якій розташований інфрачервоний світлодіод та фототранзистор. Вони працюють у ключовому режимі. При проходженні порції молока відбувається переривання світлового потоку світлового потоку [15].

Висновки

У першому розділі магістерської кваліфікаційної роботи проведено детальний огляд існуючих методів виявлення вмісту води в молоці. А саме ультразвукового методу та методу по точці замерзання. Описано особливості технологічного процесу виробництва молока, визначено кількість порцій молока на стійлових доїльних установках. Зображено графік спектральної чутливості фотодіода та інтерполюючої функції.

2 РЕАЛІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ЗАСОБУ ВИЯВЛЕННЯ ВМІСТУ ВОДИ У СИРОМУ МОЛОЦІ

2.1 Електрична структурна схема засобу

У другому розділі магістерської кваліфікаційної роботи представлено два варіанти електричної структурної схеми засобу виявлення вмісту води у сирому молоці. Порівнявши та охарактеризувавши їх за певними критеріями, можна буде зробити висновок про доцільність розробки власного оптичного засобу.

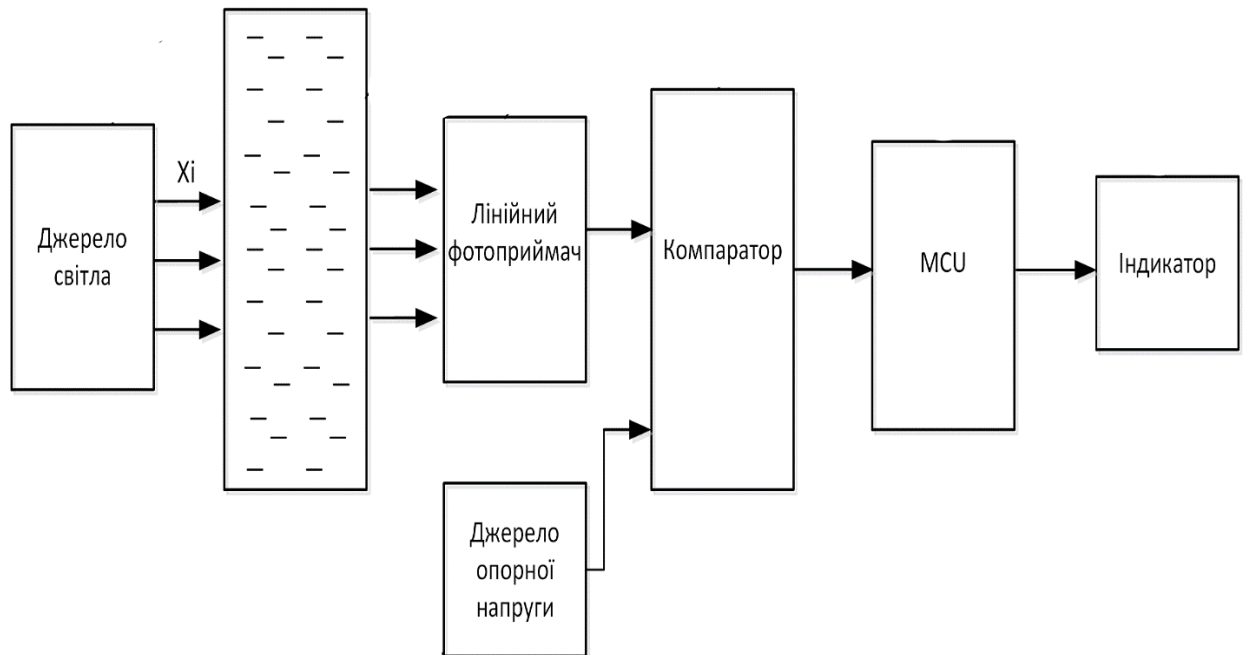


Рисунок 2.1– Перший варіант схеми електричної структурної засобу виявлення вмісту води у сирому молоці

Пристрій для вимірювання кількості порцій молока та виявлення води у молоці містить джерело світла, яке оптично зв'язане з трубкою, котра оптично зв'язана з лінійним фотоприймачем. Вихід лінійного фотоприймача з'єднаний з

першим входом компаратора, а другий його вхід зв'язаний з виходом джерела опорної напруги. Вихід компаратора з'єднаний з входом мікроконтролера, вихід якого з'єднаний з індикатором.

Принцип роботи полягає в наступному: джерело світла містить світловий потік, який проходить через трубку з молоком, і потім потрапляє на лінійний фотоприймач. Напруга, яка знаходиться на лінійному фотоприймачу подається на перший вхід компаратору. А на другий його вхід надходить вихідна напруга джерела опорної напруги, рівень якої відповідає нерозбавленому молоку. За допомогою компаратору відбувається порівняння цих двох сигналів, і якщо вихідна напруга лінійного фотоприймача не перевищує норми, то порція молока приймається. Тоді мікроконтролер приймає вихідний сигнал і керує індикатором.

При факту виявлення вмісту води в молоці вихідний сигнал лінійного фотоприймача буде більшим, ніж вихідна напруга джерела опорної напруги, яка відповідає нерозбавленому молоку. І тільки потім відповідний сигнал компаратора надходить на мікроконтролер, який показує на індикаторі інформацію про розбавлення молока.

Засіб виявлення вмісту води у сирому молоці, використовується на стійлових доїльних установках, які обладнані механічними дозаторами, для ведення рахунку порцій молока сформованих дозатором та виявлення фактів фальсифікації молока водою [16]. Схема електрична структурна наведена на рисунку 2.2 додаток Б. Зовнішній вигляд засобу наведений у додатку В.

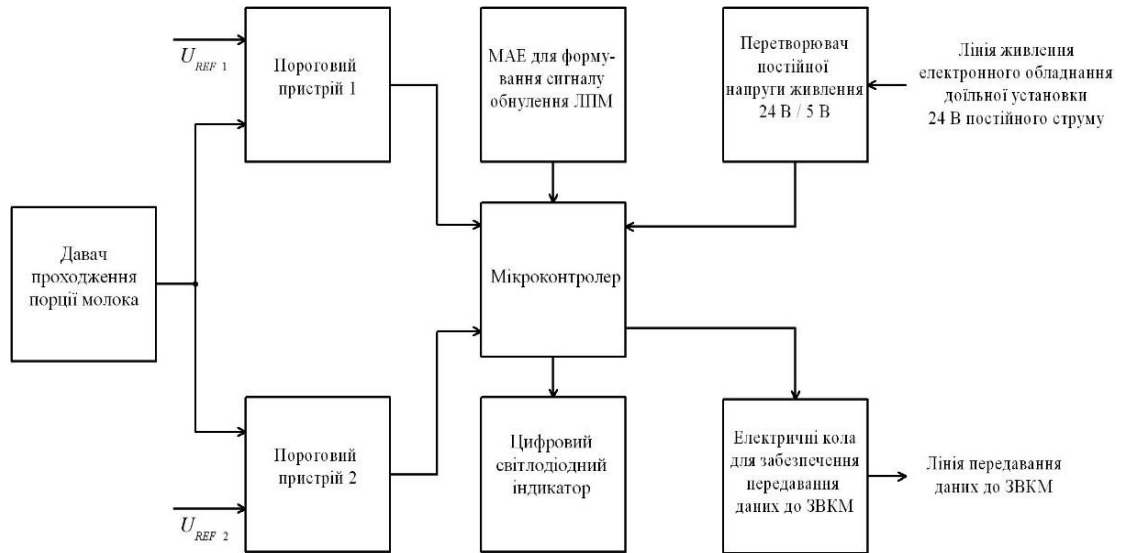


Рисунок 2.2– Другий варіант схеми електричної структурної засобу виявлення вмісту води у сирому молоці

Постійна напруга живлення 24 В надходить до засобу виявлення вмісту води у сирому молоці від загальної лінії живлення електронного обладнання доїльної установки, для живлення активних компонентів, використовується постійна напруга 5 В, яка отримується за допомогою відповідного перетворювача. Дачач проходження порції молока, який реалізований на основі пари фотодіод - операційний підсилювач, розташований у шлангу, через який молоко транспортується в мішалъну або холодильъну установку. Вихідна напруга операційного підсилювача, рівень якої залежить від вмісту води у молоці, за допомогою порогових пристроїв порівнюється з опорними напругами $U_{REF 1}$ та $U_{REF 2}$. Значення напруги $U_{REF 1}$ наближене до максимального значення вихідної напруги фотоприймача на основі пари фотодіод - операційний підсилювач.

При проходженні порції молока, незалежно від наявності у ній води, відбувається переривання потоку інфрачервоного випромінювання. В результаті,

на виході першого порогового пристрою змінюється логічний рівень, який поступає на вхід мікроконтролера.

У випадку виявлення факту фальсифікації, засіб візуалізує відповідний сигнал на цифровому світлодіодному індикаторі. Пропускна здатність засобу складає 600 л/год, при його використанні забезпечується підрахунок та відображення на цифровому світлодіодному індикаторі кількості порцій молока в діапазоні від 0 до 999, зведена похибка підрахунку не перевищує 0,1 %. Коли зникає напруга живлення, то засіб забезпечує зберігання результатів підрахунку порцій у енергонезалежній пам'яті мікроконтролера [17].

2.2 Порівняльна характеристика приладів

Таблиця 2.1 – Порівняльний аналіз електричних структурних схем

Параметри	Схема №1	Схема №2	Ідеальна схем
Швидкодія	1	1	1
Надійність	0	1	1
Простота реалізації	0	1	1
Точність	0	1	1
Ціна	0	0	1
Σ	1	4	5

Обчислимо узагальнений коефіцієнт якості, який знаходиться за наступною формулою:

$$K = \frac{E_i}{E_n}. \quad (2.1)$$

Узагальнений критерій якості першої схеми:

$$K_1 = \frac{1}{5} = 0.2.$$

Узагальнений критерій якості другої схеми:

$$K_2 = \frac{4}{5} = 0.8.$$

Критерій якості другої схеми більший, ніж для іншої структурної схеми. Виходячи з цих розрахунків можна зробити висновок, що для поставленої нами задачі більше підходить схема електрична структурна, представлена на рисунку 2.2.

2.3 Розробка електричної функціональної схеми засобу

Розглянемо принцип роботи засобу виявлення вмісту води у сирому молоці [18]. А також його функціонування на основі електричної функціональної схеми, яка наведена на рисунку 2.3 додаток Г та часових діаграм, які наведені на рисунку 2.4.

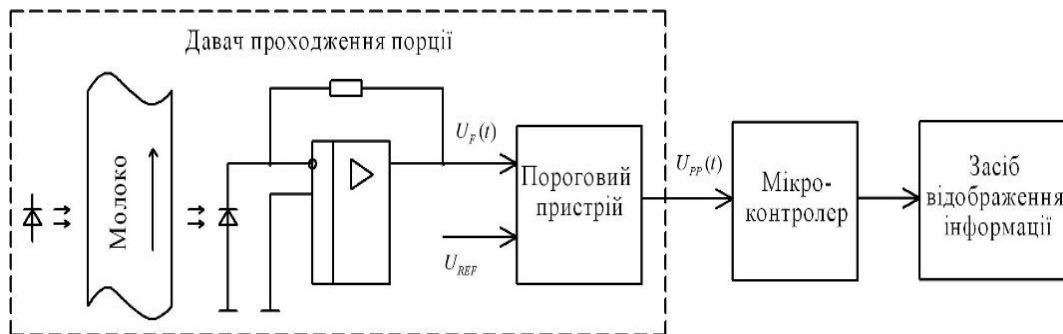


Рисунок 2.3 – Схема електрична функціональна засобу виявлення вмісту води у сирому молоці

До складу давача проходження порції входить трубка, через яку здійснюється зливання порції молока, що сформована дозатором. У трубці знаходиться джерело інфрачервоного випромінювання, навпроти нього знаходиться фотодіод, який входить до складу фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач. Вихідний сигнал фотоприймача поступає на вхід порогового пристрою, за допомогою якого він порівнюється з певною опорною напругою U_{REF} . Вихідний сигнал порогового пристрою $U_{PP}(t)$ надходить на дискретний вхід мікроконтролера, за допомогою якого вимірюється тривалість цього сигналу.

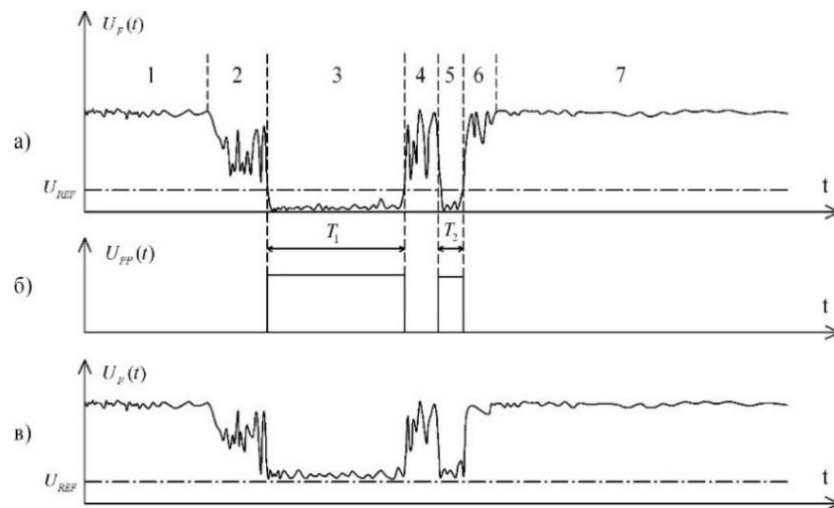


Рисунок 2.4 – Часові діаграми роботи засобу виявлення вмісту води у сирому молоці

На основі результатів вимірювання тривалості встановлюється факт проходження порції молока, інформація про кількість підрахованих порцій візуалізується за допомогою засобу відображення інформації. Розглянемо рисунок 3.2 а, на якому наведено часову діаграму вихідної напруги фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач при проходженні порції молока, у який відсутня вода. На цьому графіку виділено сім

ділянок. Перша ділянка відповідає відсутності молока в трубці, флуктуації вихідної напруги фотоприймача зумовлені стіканням крапель молока від попередньої порції. Друга ділянка відповідає проходженню через трубку давача піни, яка завжди виникає перед проходженням порції молока. Третя ділянка відповідає проходженню порції молока, сформованої дозатором, через трубку давача. У цьому випадку вихідна напруга фотоприймача значно зменшується внаслідок переривання потоку інфрачервоного випромінювання, флуктуації вихідної напруги фотоприймача зумовлені наявністю незначної кількості піни та бульбашок повітря. Четверта ділянка відповідає проходженню через давач піни, яка утворюється наприкінці проходження порції. Виникнення п'ятої ділянки зумовлено тим, що невелика частина порції молока не всмоктується в молокопровід і зливається в зворотному напрямку. Шоста ділянка зумовлена наявністю невеликої кількості піни, яка слідує за частиною порції, що зливається у зворотному напрямку [19]. Сьома ділянка графіка, як і перша, відповідає відсутності молока у трубці давача. Розглянемо рисунок 3.2, б, на якому наведена часова діаграма вихідної напруги порогового пристрою при проходженні порції молока, у якій відсутня вода. Цей сигнал складається з двох прямокутних імпульсів тривалістю T_1 та T_2 , які формуються тоді, коли вихідна напруга фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач $U_F(t)$ менша ніж опорна напруга U_{REF} . Імпульс тривалістю T_1 відповідає проходженню порції молока від дозатора через давач, другий імпульс тривалістю T_2 відповідає зворотному зливу молока. Значення T_1 та T_2 залежать від забруднення дозатора та його елементів, висоти розташування та конфігурації молокопроводу, вакуумного режиму молокопроводу, об'єму порції молока. Інформативним з точки зору ідентифікації проходження порції є тільки перший імпульс вихідного сигналу порогового пристрою. Тривалість цього імпульсу T_1 , при об'ємі порції 1 л, знаходиться в межах від $T_{1\ MIN} = 3,2$ с до $T_{1\ MAX} = 4,6$ с. Виходячи з цього,

критерієм ідентифікації проходження порції є досягнення тривалості першого імпульсу вихідного сигналу порогового пристрою значення $T_{1\ MIN}$, тобто:

$$T_1 = T_{1\ MIN} \cdot \quad (2.2)$$

Після ідентифікації проходження порції молока та її зарахування, програмно формується часовий інтервал T_z , під час якого вихідний сигнал порогового пристрою не аналізується. Це необхідно для того, щоб зворотний злив не спровокував зарахування додаткової порції. Є очевидним, що сума тривалості мінімального часового інтервалу проходження порції $T_{1\ MIN}$ та часового інтервалу T_z не повинна перевищувати тривалість мінімального часового інтервалу між сформованими дозатором порціями $T_{DMP\ MIN}$, яка визначається виразом:

$$T_{DMP\ MIN} = 1/P_{DM} \cdot \quad (2.3)$$

Виходячи з цього:

$$T_z = T_{DMP\ MIN} - T_{1\ MIN} = 1/P_{DM} - T_{1\ MIN} \cdot \quad (2.4)$$

При наявності вмісту води у молоці, оптична щільність при проходженні інфрачервоного випромінювання зменшується, відповідно, збільшується напруга на виході фотоприймача на основі пари фотодіод - операційний підсилювач. Невелику кількість води у молоці, на основі вимірювання вихідної напруги фотоприймача, виявити неможливо внаслідок можливості проходження певної кількості інфрачервоного випромінювання через шар молока без домішок, відбиття випромінювання, дифракції випромінювання та його розсіювання шариками жиру, немонохроматичності джерела випромінювання.

Значення опорної напруги U_{REF} , яке відповідає певному значенню масової частки молока у водно-молочному розчині, залежить від великої кількості випадкових факторів та встановлюється експериментально. Розглянемо рисунок 3.2, в, на якому наведена часова діаграма вихідної напруги фотоприймача при проходженні порції, у якій присутня вода. У разі наявності певного вмісту води в молоці, вихідний сигнал лінійного фотоприймача буде більшим, ніж опорна напруга U_{REF} . В результаті, на виході порогового пристрою не буде формуватись імпульс, який відповідає проходженню порції молока, яка сформована дозатором. Внаслідок цього, відповідна порція молока із значним вмістом води зарахована не буде.

У випадку, якщо середній рівень вихідної напруги фотоприймача, близький до опорної напруги U_{REF} , а також внаслідок можливої наявності значної кількості піни у порції без вмісту води, на виході порогового пристрою може виникати послідовність прямокутних імпульсів випадкової тривалості, як показано на рисунок 2.5

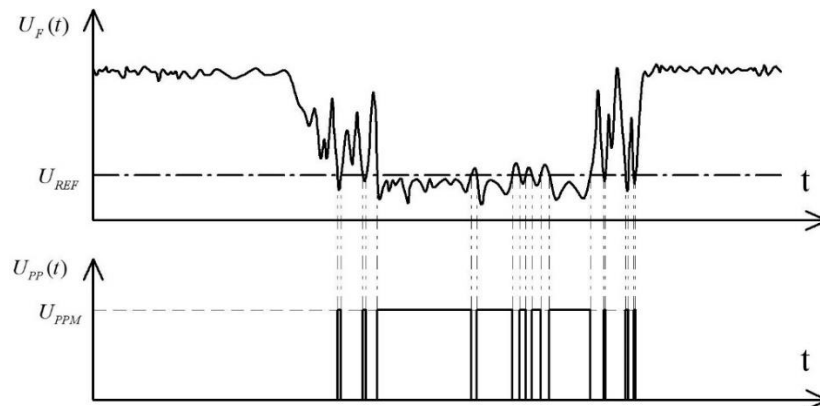


Рисунок 2.5 – Часові діаграми роботи засобу виявлення води у сирому молоці при середньому рівні вихідної напруги фотоприймача, близькому до значення опорної напруги

Виходячи з наявності випадкової складової вихідного сигналу фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач, вихідний сигнал порогового

пристрою $U_{pp}(t)$ можна розглядати як суміш двох сигналів – корисного прямокутного імпульсу та випадкового некорельованого імпульсного сигналу. Проходження порції молока ідентифікується шляхом виявлення корисного прямокутного імпульсу на фоні шумового сигналу [20].

2.4 Розробка електричної принципової схеми

На основі електричної структурної та функціональної схем, які були розглянуті вище, представимо електричну принципову схему засобу виявлення вмісту води у сирому молоці, додаток Д, перелік елементів наведений у додатку Е. Перший контролер був розроблений у 1971 році інженером Gary W. Boone, співробітником «Texas Instruments». У 1980 році фірма Intel випускає мікроконтролер «i8048». Вдалий набір периферійних пристроїв, можливість гнучкого вибору зовнішньої або внутрішньої програмної пам'яті і прийнятна ціна забезпечили цьому мікроконтролеру успіх на ринку. Мікроконтролер i8051 являвся одним з самих складних виробів. Він налічував у своєму використанні близько 128 тисяч транзисторів [21].

У теперішній час існує більше 200 модифікацій мікроконтролерів, сумісних з i8051, що випускаються двома десятками компаній. А також велика кількість мікроконтролерів інших типів. До найпопулярніших мікроконтролерів можна віднести 8-бітові мікроконтролери PIC від фірми «Microchip Technology» і «AVR» від фірми «Atmel».

Електрична принципова схема містить такі елементи:

- Мікроконтролер ATTINY2313V;
- семисегментний індикатор;
- фототранзистор;
- джерело живлення;
- діоди.

АТТІNY2313V – 8 бітний мікроконтролер з AVR RISC архітектурою. Завдяки AVR RISC архітектурі можна забезпечити в десятки разів більшу продуктивність.

За допомогою AVR ядра об'єднується система команд та 32 робочих регістра. Усі 32 регістра просто взаємодіють з арифметико-логічним пристроєм (АЛП), що дає можливість отримати доступ до двох незалежних регістрів при виконанні однієї команди [22].

Мікроконтролер АТТІNY2313V має такі характеристики:

- 2КБ програмованої в системі Flash пам'ять програми;
- 128 байтну EEPROM пам'ять даних;
- USI універсальний послідовний інтерфейс;
- Програмований сторожовий таймер з вбудованим генератором;
- 18 портів введення/виведення;
- 32 робочих регістра;
- робоча частота 0-16 МГц;
- діапазон напруги живлення від 1,8 В до 5,5 В.

У режимі Power-down регістри зберігають своє значення, але генератор зупиняється, блокуючи всі функції приладу до наступного переривання або апаратного скидання. В Standby режимі задає генератор працює, в той час як інша частина приладу не працює.

Atmel побудований на базі енергонезалежної пам'яті. Вбудована ISP Flash дозволяє перепрограмувати пам'ять програми в системі через послідовний SPI інтерфейс або за допомогою звичайного програматора. Об'єднавши в одному кристалі 8- бітове RISC ядро з самопрограмованою в системі Flash пам'яттю, АТТІNY2313V є одним із самих потужних мікроконтролерів, який дає велику гнучкість розробника мікропроцесорних систем [23].

Висновки

У другому розділі магістерської кваліфікаційної роботи було розглянуто два варіанти реалізації електричних структурних схем, описано принцип їх роботи. Проведено порівняльний аналіз двох схем, з яких було обрано одну ідеальну. Реалізовано електричну функціональну схему. І вже на основі електричної структурної та функціональної схем, які були розглянуті вище, зображено електричну принципову схему засобу виявлення вмісту води у сирому молоці. Описано було вибір мікроконтролер АТТІNY2313V, наведено його характеристики. АТТІNY2313V є одним із самих потужних мікроконтролерів, який дає велику гнучкість розробника мікропроцесорних систем.

3 МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАСОБУ

3.1 Оцінка похибок вимірювань

Невід'ємною складовою комплексу параметрів технологічного процесу виробництва молока є параметри молоковіддачі [24]. Доїльна установка змінює свій режим пульсації в залежності від інтенсивності молоковіддачі, при цьому налаштувавшись на індивідуальні особливості тварин.

Тривалість доїння характеризує стан тварини, якщо цей параметр збільшився, це може свідчити про погану підготовку тварини до доїння [25]. Середня інтенсивність молоковіддачі також характеризує стан тварини, якщо вона значно зменшується у порівнянні з середнім значенням, це є ознакою наявності маститу [26]. Миттєве значення інтенсивності молоковіддачі контролюється протягом доїння з метою визначення моментів переходу до режиму додоювання та закінчення доїння. До важливих зоотехнічних параметрів відноситься інтенсивність молоковіддачі в перші секунди доїння тварини. Відхилення цих параметрів від норми свідчить про неякісну підготовку, можливу наявність маститу.

Важливим показником якості роботи дояра є час припуску, який визначається як час після початку доїння, за який удій тварини склав 100 г. Якщо стан тварини нормальний, то протягом 20 с після початку доїння її мінімальний удій повинен складати 100 г [27]. Час, за який було отримано 100 г молока, більший норми, це свідчить про неякісну підготовку. Не варто забувати також про удій тварин, тому що коли він знижується, то це свідчить про стресовий стан чи неправильну підготовку тварин. Кожен наступний удій обов'язково має порівнюватися з попереднім [28].

Використовуючи ротаційні витратоміри для вимірювання інтенсивності молочного потоку не слід забувати про те, що вони забруднюються і це

призводить до збільшення похибки вимірювання, а за допомогою існуючих засобів неможливо забезпечити їх якісне промивання. Використання ультразвукових витратомірів [29] для вимірювання інтенсивності молочного потоку виявилось малоефективним внаслідок недопустимого збільшення похибки внаслідок наявності малих значень інтенсивності потоку та малого діаметра молокопроводу. Розповсюджені ковшові перетворювачі [30] відрізняються надійністю та високою точністю, але їх неможливо використати на стійловій доїльній установці [30].

На рисунку 3.1, *а*, наведена схема фотоелектричного перетворювача інтенсивності молочного потоку, а часові діаграми роботи – на рисунку 3.1,*б*. Молоко на шляху до молокопроводу проходить через шланг, у якому закріплений перетворювач інтенсивності молочного потоку. Він складається з двох джерел інфрачервоного випромінювання, які знаходяться з однієї сторони трубки, двох фотоприймачів F1 та F2, які знаходяться на протилежній стороні трубки, двох порогових пристроїв C1 та C2, мікроконтролера. Молоко, яке протікає через трубку, завжди має бульбашки повітря. В результаті його вихідна напруга $U_{F1}(t)$ збільшується, за допомогою порогового пристрою C1 вона порівнюється з напругою U_{REF} .

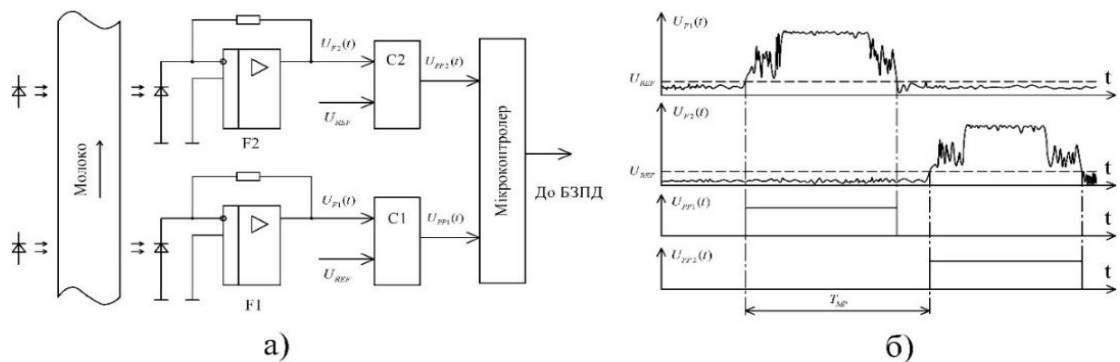


Рисунок 3.1 – Фотоелектричний перетворювача інтенсивності молочного потоку;

а) структурна схема; *б*) часові діаграми роботи.

На виході порогового пристрою С1, протягом інтервалу, коли $U_{F1}(t) > U_{REF}$, формується прямокутний імпульс $U_{PP1}(t)$, який надходить на вхід мікроконтролера. Після цього, вказана вище бульбашка, рухаючись з молочним потоком, проходить навпроти фотоприймача F2. Внаслідок цього вихідна напруга $U_{F2}(t)$ збільшується. Пороговий пристрій С2 порівнює напругу $U_{F2}(t)$ з U_{REF} , в результаті на його виході, коли $U_{F2}(t) > U_{REF}$, формується прямокутний імпульс $U_{PP2}(t)$, який надходить на інший вхід мікроконтролера. За допомогою мікроконтролера здійснюється вимірювання інтервалу T_{MP} між передніми фронтами імпульсів $U_{PP1}(t)$ та $U_{PP2}(t)$. Цей інтервал відповідає проходженню бульбашкою повітря відстані l_{MP} між фотоприймачами.

Миттєва інтенсивність молоковіддачі під час проходження i -ї бульбашки повітря, визначається виразом:

$$I_{MV\ i} = \frac{V_{MP}}{T_{MP\ i}} = \frac{\pi D_{MP}^2}{4T_{MP\ i}} l_{MP} . \quad (3.1)$$

Визначене миттєве значення інтенсивності молоковіддачі передається до блоку забезпечення процесу доїння. У багатьох доїльних апаратів існує певна кількість режимів роботи, зміна яких відбувається за досягненням миттєвої інтенсивності молоковіддачі певних значень, тобто здійснюється дискретне управління процесом доїння.

Розглянемо вимірювання разового удою при використанні фотоелектричного перетворювача інтенсивності молочного потоку. Протягом процесу доїння вимірюється поточний час та проводиться N_{MP} вимірювань миттєвої інтенсивності молоковіддачі $I_{MV\ i}, I_{MV\ i+1} \dots I_{MV\ N_{MP}}$ в певні моменти часу $t_i, t_{i+1} \dots t_{N_{MP}}$. Проведемо кусочно-лінійну інтерполяцію результатів вимірювання залежності миттєвої інтенсивності молоковіддачі від часу.

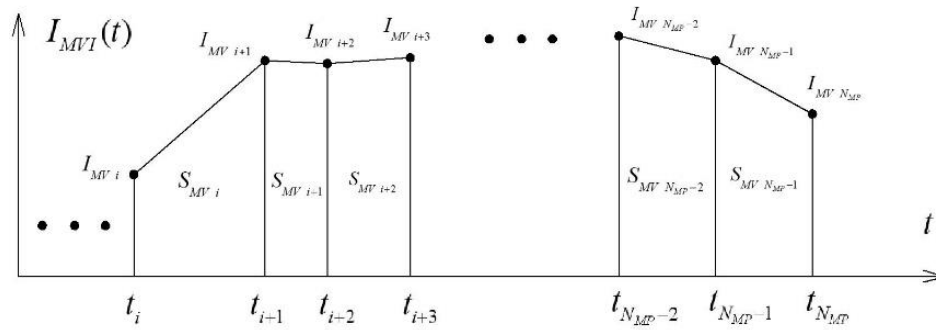


Рисунок 3.2 – Інтерполяція результатів вимірювання інтенсивності
молочного потоку від часу

Кусочно–лінійна інтерполююча функція, яка наведена на рисунку 3.2, визначається виразом:

$$I_{MVI}(t) = \begin{cases} \frac{I_{MV_2} - I_{MV_1}}{t_2 - t_1} t + I_{MV_1} - \frac{I_{MV_2} - I_{MV_1}}{t_2 - t_1} t_1, & t \in [t_1, t_2]; \\ \dots \\ \frac{I_{MV_{N_{MP}}} - I_{MV_{N_{MP}-1}}}{t_{N_{MP}} - t_{N_{MP}-1}} t + I_{MV_{N_{MP}-1}} - \frac{I_{MV_{N_{MP}}} - I_{MV_{N_{MP}-1}}}{t_{N_{MP}} - t_{N_{MP}-1}} t_{N_{MP}-1}, & t \in [t_{N_{MP}-1}, t_{N_{MP}}]. \end{cases} \quad (3.2)$$

Інтенсивність молочного потоку є першою похідною залежності удою від часу. Виходячи з цього, разовий удій тварини протягом одного доїння визначається виразом:

$$V_R = \int_0^{t_{N_{MP}}} I_{MVI}(t) dt = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N_{MP}-1} (I_{MV_{i+1}} + I_{MV_i})(t_{i+1} - t_i). \quad (3.3)$$

де $t_{N_{MP}}$ - тривалість доїння.

Як слідує з (3.2) та рисунку 3.2, поточний удій тварини у довільний момент часу $t_{RP} \in (t_j, t_{j+1})$:

$$\begin{aligned}
V_{RP}(t_{RP}) &= \int_0^{t_{RP}} I_{MVI}(t) dt = \sum_{i=1}^{j-1} \frac{I_{MV\ i+1} + I_{MV\ i}}{2} (t_{i+1} - t_i) + \int_{t_j}^{t_{RP}} \left(\frac{I_{MV\ j+1} - I_{MV\ j}}{t_{j+1} - t_j} t + I_{MV\ j} - \frac{I_{MV\ j+1} - I_{MV\ j}}{t_{j+1} - t_j} \right) dt = \\
&= (I_{MV\ j} + I_{RP})(t_{RP} - t_j)/2 + \sum_{i=1}^{j-1} (I_{MV\ i+1} + I_{MV\ i})(t_{i+1} - t_i)/2,
\end{aligned} \tag{3.4}$$

де I_{RP} – значення функції $I_{MVI}(t)$, яка визначається виразом (3.2), в момент часу t_{RP} :

$$I_{RP} = \frac{I_{MV\ j+1} - I_{MV\ j}}{t_{j+1} - t_j} t_{RP} + I_{MV\ j} - \frac{I_{MV\ j+1} - I_{MV\ j}}{t_{j+1} - t_j} t_j. \tag{3.5}$$

Якщо підставити (3.5) в (3.4), то отримаємо вираз для визначення поточного удою тварини у довільний момент часу $t_{RP} \in (t_j, t_{j+1})$:

$$V_{RP}(t_{RP}) = \frac{1}{2} \left(2I_{MV\ j}(t_{RP} - t_j) + \frac{I_{MV\ j+1} - I_{MV\ j}}{t_{j+1} - t_j} (t_{RP} - t_j)^2 \right) + \sum_{i=1}^{j-1} \frac{I_{MV\ i+1} + I_{MV\ i}}{2} (t_{i+1} - t_i). \tag{3.6}$$

На основі результатів вимірювання поточного удою в довільний момент часу визначаються інші параметри молоковіддачі. Середня інтенсивність молоковіддачі I_{MS} визначається за виразом:

$$I_{MS} = V_R / t_{NMP}. \tag{3.7}$$

Інтенсивність молоковіддачі протягом перших тридцяти секунд після початку доїння:

$$I_{30} = V_{M30} / T_{30}. \tag{3.8}$$

де V_{M30} – удій на тридцятій секунді після початку доїння; T_{30} – інтервал тривалістю 30 секунд.

Інтенсивність молоковіддачі протягом часового інтервалу від тридцяти до шістдесяти секунд після початку доїння визначається виразом:

$$I_{60} = (V_{M60} - V_{M30}) / T_{30} \cdot \quad (3.9)$$

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

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

$$I_{90} = (V_{M90} - V_{M60}) / T_{30} \cdot \quad (3.10)$$

де V_{M90} – удій тварини на дев'яностах секундах після початку доїння.

При здійсненні контролю часу припуску, за виразом (3.6) визначається поточний удій через двадцять секунд після початку доїння.

Миттєва інтенсивність молоковіддачі, можна представити у вигляді:

$$I_{MV i} = \frac{\pi D_{MP}^2}{4T_{MP i}} I_{MP} \pm \Delta_{MV} \cdot \quad (3.11)$$

Представимо вираз (3.3), за яким визначається разовий удій тварини протягом доїння при використанні фотоелектричного перетворювача інтенсивності молочного потоку, у вигляді:

$$V_R = \sum_{i=1}^{N_{MP}-1} (I_{MV i+1} + I_{MV i} \pm 2\Delta_{MV}) (t_{i+1} - t_i) / 2 \pm \Delta_{KLI} = \sum_{i=1}^{N_{MP}-1} (I_{MV i+1} + I_{MV i}) (t_{i+1} - t_i) / 2 \pm \sum_{i=1}^{N_{MP}-1} \Delta_{MV} (t_{i+1} - t_i) \pm \Delta_{KLI}, \quad (3.12)$$

де Δ_{KLI} – складова абсолютної похибки вимірювання удою, виникнення якої зумовлене інтегруванням інтерполюючої функції залежності миттєвої інтенсивності молоковіддачі від часу.

Як випливає з виразу (3.12), максимальне значення похибки вимірювання разового удою:

$$\Delta_{V_R} = \sum_{i=1}^{N_{MP}-1} \Delta_{MV} (t_{i+1} - t_i) + \Delta_{KLI}. \quad (3.13)$$

СКВ похибки вимірювання разового удою, з урахуванням незалежності її складових:

$$\sigma_{V_R} = \sqrt{\sigma_{KLI}^2 + \sigma_{MV}^2 \sum_{i=1}^{N_{MP}-1} (t_{i+1} - t_i)^2}, \quad (3.14)$$

де σ_{KLI} – СКВ складової похибки вимірювання удою, яка зумовлена інтегруванням інтерполюючої функції залежності миттєвої інтенсивності молочного потоку від часу.

СКВ похибки вимірювання середньої інтенсивності молоковіддачі, як випливає з (3.7):

$$\sigma_{MS} = \frac{1}{t_D} \sqrt{\sigma_{KLI}^2 + \sigma_{MV}^2 \sum_{i=1}^{N_{MP}-1} (t_{i+1} - t_i)^2}. \quad (3.15)$$

Визначимо похибку вимірювання поточного удою на двадцятій секунді після початку доїння. Представимо вираз (3.6) у вигляді:

$$V_{RP}(t_{RP}) = \frac{1}{2} \left(2(I_{MVj} \pm \Delta_{MV})(t_{RP} - t_j) + \frac{I_{MVj+1} - I_{MVj} \pm 2\Delta_{MV}}{t_{j+1} - t_j} (t_{RP} - t_j)^2 \right) + \sum_{i=1}^{j-1} \frac{I_{MV i+1} + I_{MV i} \pm 2\Delta_{MV}}{2} (t_{i+1} - t_i) \pm \Delta_{KLI}. \quad (3.16)$$

З (3.16), після перетворень, отримуємо вираз для максимального значення абсолютної похибки вимірювання поточного удою у довільний момент часу t_{RP} :

$$\Delta_{V_{RP}} = \pm \Delta_{MV} (t_{RP} - t_j) \pm \Delta_{MV} (t_{RP} - t_j)^2 / (t_{j+1} - t_j) \pm \sum_{i=1}^{j-1} \Delta_{MV} (t_{i+1} - t_i) + \Delta_{KLI}. \quad (3.17)$$

СКВ похибки вимірювання поточного удою у момент часу t_{RP} , як слідує з (3.17):

$$\sigma_{V_{RP}} = \sqrt{2\sigma_{MV}^2 \left((t_{RP} - t_j)^4 / (t_{j+1} - t_j)^2 + (t_{RP} - t_j)^2 + \frac{1}{4} \sum_{i=1}^{j-1} (t_{i+1} - t_i)^2 \right) + \sigma_{KLI}^2}. \quad (3.18)$$

Як впливає з (3.8), (3.17) та (3.18), СКВ похибки вимірювання I_{30} , при $t_{RP} = t_{RP\ 30} = 30$ с:

$$\sigma_{\Delta_{I_{30}}} = \frac{1}{T_{30}} \sqrt{2\sigma_{MV}^2 \left((t_{RP\ 30} - t_j)^4 / (t_{j+1} - t_j)^2 + (t_{RP\ 30} - t_j)^2 + \frac{1}{4} \sum_{i=1}^{j-1} (t_{i+1} - t_i)^2 \right) + \sigma_{KLI}^2}. \quad (3.19)$$

Як впливає з виразів (3.9), (3.17) та (3.18), СКВ похибки вимірювання параметра I_{60} визначається співвідношенням:

$$\sigma_{\Delta_{I_{60}}} = \frac{1}{T_{30}} \sqrt{2\sigma_{MV}^2 \left(\frac{(t_{RP\ 30} - t_j)^4}{(t_{j+1} - t_j)^2} + (t_{RP\ 30} - t_j)^2 + \frac{(t_{RP\ 60} - t_r)^4}{(t_{r+1} - t_r)^2} + (t_{RP\ 60} - t_r)^2 + \frac{1}{4} \sum_{i=1}^{j-1} (t_{i+1} - t_i)^2 + \frac{1}{4} \sum_{i=1}^{r-1} (t_{i+1} - t_i)^2 \right) + 2\sigma_{KLI}^2}, \quad (3.20)$$

де r – порядковий номер вимірювання інтенсивності молоковіддачі, яке було проведено перед моментом часу $t_{RP\ 60} = 60$ с.

Похибка вимірювання параметра I_{60} складається з похибок вимірювання поточного удою в моменти часу $t_{RP\ 30}$ та $t_{RP\ 60}$. Як випливає з виразів (3.10), (3.17) та (3.18), СКВ похибки вимірювання параметра I_{90} :

$$\sigma_{\Delta I_{60}} = \frac{1}{T_{30}} \sqrt{2\sigma_{MV}^2 \left(\frac{(t_{RP\ 90} - t_v)^4}{(t_{v+1} - t_v)^2} + (t_{RP\ 90} - t_v)^2 + \frac{(t_{RP\ 60} - t_r)^4}{(t_{r+1} - t_r)^2} + (t_{RP\ 60} - t_r)^2 + \frac{1}{4} \sum_{i=1}^{v-1} (t_{i+1} - t_i)^2 + \frac{1}{4} \sum_{i=1}^{r-1} (t_{i+1} - t_i)^2 \right) + 2\sigma_{KLI}^2}, \quad (3.21)$$

де v – порядковий номер вимірювання інтенсивності молоковіддачі, яке було проведено перед моментом часу $t_{RP\ 90} = 90$ с.

Висновки

У третьому розділі магістерської кваліфікаційної роботи представлено метрологічні характеристики засобу та оцінено похибку вимірювання.

Похибка вимірювання миттєвої інтенсивності молоковіддачі Δ_{MV} зумовлена нерівномірністю потоку, невідповідністю характеристик фотоприймачів, зміною форми бульбашок, зміною форми фронтів, іншими факторами, серед яких неможливо виявити домінуючий. Тому, ця похибка розподілена за нормальним законом з середньоквадратичним відхиленням (СКВ) σ_{MV} , та нульовим математичним очікуванням.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробка засобу для виявлення вмісту води у сирому молоці.

Для проведення технологічного аудиту було залучено 3-х незалежних експертів Вінницького національного технічного університету: Маньковська Вікторія Сергіївна, Дудатьєв Ігор Андрійович, Овчинников Констянтин Вячеславович. За допомогою таблиці 4.1 за п'ятибальною шкалою використовуючи 12 критеріїв оцінки комерційного потенціалу розробки експерти надали свої оцінки.

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів

5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років

1 2	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту
--------	---	--	---	--	---

Таблиця 4.2 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0-10	Низький
11-20	Нижче середнього
21-30	Середній
31-40	Вище середнього
41-48	Високий

В таблиці 4.3 наведено результати оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки.

Таблиця 4.3 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Маньковська В. С.	Дудатьєв І. А.	Овчинников К. В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	3
2	3	2	2
3	2	4	3
4	4	3	2
5	2	2	4
6	3	2	3
7	4	1	2
8	1	3	2
9	3	2	4

10	2	4	2
11	1	3	2
12	4	3	4
Сума балів	СБ ₁ =31	СБ ₂ =31	СБ ₃ =33
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_1^3 СБ_i}{3} = \frac{31 + 31 + 33}{3} = 32$		

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів склала 32, що згідно таблиці 4.2 вважається, що рівень комерційного потенціалу розробки є вище середнього.

Нова розробка, може використовуватися на фермах, молочних заводах, пунктах прийому молока для виявлення води у сирому молоці.

Проведемо порівняння нової розробки з аналогами, які існують на ринку. В якості аналога для розробки було обрано РУМ-5.

Основними недоліками аналога є те, що він не реагує на незначне розбавлення молока, а при значному вмісті води в молоці він втрачає свою працездатність. Таким чином, за допомогою цього засобу не можливо виявити наявність кількості води в молоці.

У розробці дана проблема вирішується створенням пристрою вимірювання кількості порцій молока та виявлення води в молоці, в якому за рахунок введення нових елементів та 25 зв'язків досягається можливість виявляти факт розбавлення молока водою і сигналізувати про це.

Також система випереджає аналог за такими параметрами як висока точність, надійність, простота, широка сфера застосування.

Таблиця 4.4 – Основні технічні показники аналога і нової розробки

Показники	Аналог	Нова розробка	Відношення параметрів нової розробки до параметрів аналога
1. Напруга живлення	10-12 В	5-7 В	2
2. Пропускна здатність	до 600л/год	до 700л/год	1,2
3. Число знаків індикатора	3	4	1,3
4. Вбудована пам'ять	1мб	8мб	8

Аналізуючи дані таблиці 4.4, можна зробити висновок, що аналог на сьогоднішній день вже не є актуальним у порівнянні з новою розробкою.

Проведемо оцінку якості продукції, яка є найефективнішим засобом забезпечення вимог споживачів та порівняємо її з аналогом.

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру за формулами (4.1) та (4.2) і занесемо їх у відповідну колонку табл. 4.5.

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}} \quad (4.1)$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}} \quad (4.2)$$

де P_{Hi} , P_{Bi} – числові значення i -го параметру відповідно нового і базового виробів.

Таблиця 4.5 – Основні параметри нової розробки та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
1	2	3	4	5
1. Напруга живлення, В	12	7	1,7	20%
2. Пропускна здатність, л/год	600	700	1,2	35%
3. Число знаків індикатора	3	4	1,3	25%
4. Вбудована пам'ять, мб	1	8	8	20%

$$q_1 = \frac{12}{7} = 1,7;$$

$$q_2 = \frac{700}{600} = 1,2;$$

$$q_3 = \frac{4}{3} = 1,3;$$

$$q_4 = \frac{8}{1} = 8.$$

Відносний рівень якості нової розробки визначаємо за формулою:

$$K_{\text{я.в.}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (4.3)$$

$$K_{\text{я.в.}} = 1,7 \cdot 0,2 + 1,2 \cdot 0,35 + 1,3 \cdot 0,25 + 8 \cdot 0,2 = 2,69$$

Відносний коефіцієнт показника якості нової розробки більший одиниці, отже нова розробка якісніший базового товару-конкурента.

Наступним кроком є визначення конкурентоспроможності товару. Конкурентоспроможність товару є головною умовою конкурентоспроможності підприємства на ринку і важливою основою прибутковості його діяльності.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками найчастіше вважають нормативні та технічні параметри, а також ціну придбання та вартість споживання товару.

Приблизна ціна нового товару складе 1170 грн. Занесемо ці та інші показники (взяті з попередніх розрахунків) до табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Нормативні, технічні та економічні параметри інноваційного рішення і товару-виробника

Показники	Варіанти	
	Базовий (товар- конкурент)	Новий (інноваційне рішення)
1	2	3
1. Нормативно-технічні показники		
1. Напруга живлення, В	12	7
2. Пропускна здатність, л/год	600	700
3. Число знаків індикатора	3	4
4. Вбудована пам'ять, мб	1	8
2. Економічні показники		
Ціна придбання, грн	2450	1170

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (K) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{m.n.}}{I_{e.n.}}, \quad (4.4)$$

де $I_{m.n.}$ – індекс технічних параметрів; $I_{e.n.}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс технічних параметрів є відносним рівнем якості інноваційного рішення. Індекс економічних параметрів визначається за формулою (4.5)

$$I_{e.n.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Hei}}{\sum_{i=1}^n P_{Bei}}, \quad (4.5)$$

де P_{Hei} , P_{Bei} – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

$$I_{e.n.} = \frac{1170}{2450} = 0,48;$$

$$K = \frac{2,69}{0,48} = 5,6.$$

Зважаючи на розрахунки, можна зробити висновок, що нова розробка буде конкурентоспроможніше, ніж конкурентний товар.

4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

1. Основна заробітна плата – винагорода за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці. Вона встановлюється у вигляді тарифних ставок (окладів) і відрядних розцінок для робітників та посадових окладів для службовців. Стаття «Основна заробітна плата робітників» містить витрати на виплату основної заробітної плати робітникам, зайнятим виробництвом продукції.

Основна заробітна плата кожного із розробників (дослідників) Z розраховується за формулою:

$$Z = \frac{M}{T_p} \cdot t, [\text{грн.}] \quad (4.6)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника.

T_p – число робочих днів, $T_p = 22$;

t – число днів роботи розробника.

Розрахунки основної заробітної плати зведемо в таблицю 4.7:

Таблиця 4.7 – Розрахунок основної заробітної плати розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник	10000	454.5	5	2273
Інженер	6000	272,7	50	13636
Всього				15909

2. Основна заробітна плата робітників Z_p розраховується за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n t_i \cdot C_i, \quad (4.7)$$

де n – число робіт по видах та розрядах;

t_i – норма часу на виконання конкретної операції, годин;

C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує певну роботу, грн./год.:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{зм}}, \quad (4.8)$$

де M_m – мінімальна місячна оплата праці, грн.;

K_i – тарифний коефіцієнт робітника даного розряду;

T_p – число робочих днів в місяці ($T_p = 21 \dots 23$ дні);

$T_{зм}$ – тривалість зміни, годин ($T_{зм} = 8$ годин).

Мінімальна місячна оплата праці робітника з 01.01.2019 року складає 4173,00 грн.

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду. Величина чинних тарифних коефіцієнтів робітників відповідних розрядів для бюджетної сфери наведена в таблиці 4.8:

Таблиця 4.8 – Тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду

Розряд	K_i
1	1,00
2	1,09
3	1,18
4	1,27
5	1,36
6	1,45
7	1,54
8	1,64

Інформацію про основну заробітну плату заносимо до таблиці 4.9

Таблиця 4.9 – Основна заробітна плата робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, нормо-годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
1	2	3	4	5
1.Підготовчі	100	1	23,7	2371,0
2.Монтажні	90	2	25,8	2326,0
3.Складальні	45	4	30,1	1355,0
4.Налагоджувальні	35	3	28,0	979,2
5.Випробувальні	20	5	32,2	644,9
Всього				7676,2

3. До статті «Додаткова заробітна плата» відносяться витрати на виплату виробничому персоналу підприємства додаткової заробітної плати за працю понад установлені норми, заохочувальні виплати за поточну виробничу діяльність, компенсаційні виплати тощо. Звичайно, ці витрати встановлюються у відсотках до основної заробітної плати на підставі відповідних розрахунків на підприємстві:

$$Z_d = 11\% \cdot Z_\Sigma, \quad (4.9)$$

$$Z_d = 11\% \cdot (15909 + 7676,2) = 2594,4 (\text{грн.}).$$

4. Витрати на соціальні заходи виникають внаслідок здійснення обов'язкової сплати єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування. Відрахування на соціальні заходи здійснюється від суми всіх витрат на оплату праці робітників, зайнятих безпосередньо виробництвом продукції:

$$B_{cz} = (Z_{\Sigma} + Z_{\partial}) \cdot \frac{\beta}{100\%}, \quad (4.10)$$

де β – ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, %.

З 1.01.2016 року ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування встановлена залежно від класу професійного ризику виробництва і для бюджетної сфери $\beta=22,0\%$.

$$B_{cz} = (15909 + 7676,2 + 2594,4) \cdot \frac{22,0\%}{100\%} = 5759,5 (\text{грн.}).$$

5. У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування у загальному можуть бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц \cdot T}{T_{кор} \cdot 12} \quad [\text{грн}], \quad (4.11)$$

де $Ц$ – балансова вартість даного виду обладнання (приміщень), грн.;

$T_{кор}$ – час користування;

T – термін використання обладнання (приміщень), цілі місяці.

Згідно пункту 137.3.3 Податкового кодекса амортизація нараховується на основні засоби вартістю понад 2500 грн.

Всі проведені розрахунки амортизаційних відрахувань заносимо в табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання, приміщень	Балансова вартість, грн.	$t_{кор}$ (р)	Термін використання міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
1.Приміщення	130000	20	1	541,67
2.Комп'ютер	12000	3	2	666,67
3. Осцилограф	2500	4	1	52,08
Всього				1260,42

6. Норма витрат матеріалу – це плановий показник, який визначає максимально допустимі затрати відповідних ресурсів на виробництво одиниці продукції в умовах певного рівня техніки і організації виробництва.

Витрати на матеріали M , що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n N_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_v \quad \text{грн.}, \quad (4.12)$$

де N_i – витрати матеріалу i -го найменування, кг;

C_i – вартість матеріалу i -го найменування, грн./кг.;

K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = (1,1 \dots 1,15)$;

B_i – маса відходів матеріалу i -го найменування, кг;

C_v – ціна відходів матеріалу i -го найменування, грн/кг;

n – кількість видів матеріалів.

Інформацію про використані матеріали подамо у вигляді табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Матеріали, що використані на розробку

Найменування матеріалу	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн
Лак ЕП-730	90	0,07	6,3
Припой ПОС-61	390	0,09	35,1
Флюс БС-2	80	0,023	1,84
Спиртобензин			2

СВС-50	50	0,04	
Дріт монтажний	13	0,04	0,52
Всього			45,76
З врахуванням коефіцієнта транспортування			50,336

4. Витрати на комплектуючі вироби, які використовують при виготовленні одиниці продукції, розраховуються, згідно їх номенклатури, за формулою:

$$K = \sum_{i=1}^n N_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (4.13)$$

де N_i – кількість комплектуючих i -го виду, шт.;

C_i – покупна ціна комплектуючих i -го найменування, грн.;

K_i – коефіцієнт транспортних витрат (1,1...1,15).

Таблиця 4.12 – Комплектуючі, що використані на розробку

Найменування	Ціна, грн.	Витрачено, шт.	Вартість, грн.
Трансформатор	1	280	280
Діоди	16	1,50	24
Перемикач	2	4,80	9,6
Конденсатори	21	1,80	37,8
Резистори	38	1,65	62,7
Транзистори	12	5,50	66
Мікросхеми	3	30	90
Корпус	1	15	15
Витратні матеріали	1	70	70
Мікроконтролер	1	500	500
Світлодіоди	10	1	10
Динамік	1	5	5
Всього (з врахуванням транспортних витрат)			1287,11

8. До статті «Паливо та енергія на технологічні цілі» відносяться витрати на всі види палива й енергії, що безпосередньо використовуються у процесі

виробництва продукції. У даному випадку будемо враховувати лише витрати на електроенергію. Витрати на енергію визначаються на основі витрат на одиницю продукції та тарифів на енергію за допомогою залежності:

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n, \quad (4.14)$$

де V – вартість 1 кВт енергії, грн. $V = 2,1$ грн/кВт*год;

P – установлена потужність обладнання, кВт. При паяні використовується паяльник потужність $P = 60$ Вт або $P = 0,06$ кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, год. $\Phi = 200$ год;

K_n – коефіцієнт використання потужності, $K_n = 0,65$.

$$V_e = 2,18 \cdot 0,06 \cdot 200 \cdot 0,65 = 16,38 (\text{грн}).$$

9. Інші витрати B_{in} охоплюють: витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо.

Інші витрати B_{in} можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану МКНР, тобто:

$$B_{in} = (1..3) \cdot (Z + Z_p). \quad (4.15)$$

$$B_{in} = 1 \cdot (15909 + 7676,2) = 23585 (\text{грн.})$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає витрати, які безпосередньо стосуються даного розділу МКНР

$$V = 15909 + 7676,2 + 2594,4 + 5759,5 + 1260,42 + 50,34 + 1287,11 + 16,38 + 23585 = 58138,7 \text{ грн.}$$

Загальна вартість всієї МКНР визначається за формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha} \quad (4.16)$$

$$B_{\text{заг}} = \frac{58238,7}{0,9} = 64598,56 (\text{грн.})$$

Прогнозування загальних втрат ЗВ на виконання та впровадження результатів виконаної МКНР здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{B}{\beta}, \quad (4.17)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує стадію виконання даної НДР.

Оскільки, робота знаходиться на стадії розробки дослідного зразка, то коефіцієнт $\beta = 0,9$.

Звідси:

$$ЗВ = \frac{64598,56}{0,9} = 71776 (\text{грн.}).$$

4.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

У даному підрозділі кількісно спрогнозуємо, яку вигоду, зиск можна отримати у майбутньому від впровадження результатів виконаної наукової роботи. Розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства ДП_i, для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, за формулою:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right) \quad (4.18)$$

де $\Delta\Pi_0$ – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році.

N – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки:

Π_0 – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки:

l – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. Ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт $l = 0,8333$.

p – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. $p = 0,25$;

x – ставка податку на прибуток. У 2019 році – 18%.

Припустимо, що при впровадженні результатів наукової розробки покращується якість, що дозволяє підвищити ціну його реалізації на 1000 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року на 130 шт., протягом другого року – на 190 шт., протягом третього року на 250 шт. Реалізація продукції до впровадження розробки складала 50 шт, а її ціна 1170 грн. Розрахуємо прибуток, яке отримає підприємство протягом трьох років.

$$\Delta\Pi_1 = [1000 \cdot 50 + (1170) \cdot 130] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 34524 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_2 = [1000 \cdot 50 + (1170) \cdot (130 + 190)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 113957 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_3 = [1000 \cdot 50 + (1170) \cdot (130 + 190 + 250)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 163924 \text{ (грн.)}$$

4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Розрахуємо основні показники, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності. Теперішню вартість інвестицій PV , що вкладаються в наукову розробку приймемо рівну загальним витратам $PV = ЗВ = 71776$ грн.

Розрахуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{абс}$ згідно наступної формули:

$$E_{абс} = (ПП - PV) \quad (4.19)$$

де $ПП$ – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство від реалізації результатів наукової розробки, грн;

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (4.20)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДЦКР, грн;

T – період часу, протягом якою виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,2;

t – період часу (в роках).

$$ПП = \frac{34524}{(1+0,2)^1} + \frac{113957}{(1+0,2)^2} + \frac{163924}{(1+0,2)^3} = 203211,91(\text{грн.}).$$

$$E_{abc} = (203211,91 - 71776) = 131435,73(\text{грн}).$$

Оскільки $E_{abc} > 0$ то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР може бути доцільним.

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_e . Для цього користуються формулою:

$$E_e = \sqrt[T_{жс}]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (4.20)$$

$T_{жс}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_e = \sqrt[3]{1 + \frac{131435,73}{71776}} - 1 = 0,41 = 41\%$$

Визначимо мінімальну ставку дисконтування, яка у загальному вигляді визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (4.21)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2018 році в Україні $d = (0,14 \dots 0,2)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05 \dots 0,1)$.

$$\tau_{\min} = 0,18 + 0,05 = 0,23$$

Так як $E_e > \tau_{\min}$ то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_6} \quad (4.22)$$

$$T_{ок} = \frac{1}{0,41} = 2,4 \text{ (роки)}$$

Так як $T_{ок} \leq 3...5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним.

Висновки

В даному розділі було оцінено економічний потенціал нової розробки, який виявився на вище середньому рівні. Порівняння нової розробки з аналогом показало, що новий виріб буде набагато краще за аналог по технічним та економічним показникам. А саме в нього менше напруга живлення, більше пропускна здатність, більше число знаків індикатора та більша вбудована пам'ять, крім того новий виріб буде дешевше за своєю вартістю.

Оцінка якості і конкурентоспроможності показали, що нова розробка є більш якісною і конкурентноспроможнішою ніж аналоги, які існують на ринку.

Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи по кожній з статей витрат складе 58138,7 грн. Загальна ж величина витрат на виконання та впровадження результатів даної НДР буде складати 71776 грн.

Вкладені інвестиції в даний проект окупляться через 2,4 роки при прогнозованому прибутку 203211,91 грн. за роки.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі проведено аналіз існуючих методів та засобів вимірювального контролю виявлення вмісту води у сирому молоці, покращено існуючі методи, засоби виявлення вмісту води у сирому молоці на різних типах доїльних установок. Проаналізовано основні метрологічні характеристики розроблених засобів контролю вмісту води у сирому молоці. Детально досліджено оптичний метод оперативного вимірювання відносної масової частки молока у водно-молочному розчині та удосконалення математичної моделі фотоелектричного вимірювального перетворення інтенсивності випромінення.

Наведено два варіанти реалізації електричної структурної схем, з яких була вибрана краща на основі порівняння, яке показало, що друга схема має кращі характеристики. Графічно представлено електричну принципову схему засобу виявлення вмісту води у сирому молоці. Проведено розрахунок похибок вимірювань.

Оцінка якості і конкурентоспроможності показали, що нова розробка є більш якісною і конкурентноспроможнішою ніж аналоги, які існують на ринку.

Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи по кожній з статей витрат складе 58138,7 грн. Загальна ж величина витрат на виконання та впровадження результатів даної НДР буде складати 71776 грн.

Вкладені інвестиції в даний проект окупляться через 2,4 роки при прогнозованому прибутку 203211,91 грн. за роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Луценко, М. М. Розробка зоотехнологічних основ функціонування біотехнічних систем доїння і напрямків їх удосконалення : дис. ... докт. с.-г. наук / М. М. Луценко. – Український Державний центр по випробуванню та прогнозуванню техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва. – Дослідницьке, 1993. – 299 с.
2. Тёпел, А. Химия и физика молока / А. Тёпел. – М. : Пищевая промышленность, 1979. – 623 с.
3. Малик, О. В. Система виявлення зайвої води у молоці / О. В. Малик, П. Г. Столярчук // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2012. – № 6. – С. 194–197.
4. Кучерук, В. Ю. Вимірювання відносної масової частки молока у водно-молочному розчині / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – №3. – С. 38 – 43.
5. Авраменко, В. Н. Инфракрасные спектры пищевых продуктов / В. Н. Авраменко, М. П. Есельсон, А. А. Заика. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 173 с.
6. Васильківський, І. В. Автоматизований контроль оптичних параметрів водно-дисперсних середовищ. / І. В. Васильківський, В. Г. Петрук. – Вінниця : ВНТУ, 2007. – 171 с.
7. Кулаков, П. І. Математична модель оптичного датчика наявності води у молоці / П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Міжнародний науково-технічний журнал "Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології". – 2012. – № 1(23). – С. 121–126

8. Боровиков, А. С. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. В двух книгах. Книга 1. / А. С. Боровиков, Э. И. Вайнберг, В. И. Горбунов и др. ; под общ. ред. В. В. Клюева. – 2 - е изд., перераб и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 488 с.

9. Тёпел, А. Химия и физика молока / А. Тёпел. – М. : Пищевая промышленность, 1979. – 623 с.

10. Шрюфер, Е. Обробка сигналів: цифрова обробка дискретизованих сигналів / Е. Шрюфер. ; за ред. В. П. Бабака. – К.: Либідь, 1992. – 296 с.

11. Завьялов, Ю. С. Методы сплайн-функций / Ю. С. Завьялов, Б. И. Квасов, В. Л. Мирошниченко. – М.: Наука, 1980. – 352 с.

12. Порєв, В. А. Контроль температурного режиму електронно-променевої безтигельної зонної плавки кремнію / В. А. Порєв // Методи та прилади контролю якості. – 2013. – №1 (30). – С. 108–113.

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

14. Волков, В. А. Справочник по приемникам оптического излучения / В. А. Волков, В. К. Вялов, Л. Г. Гассанов [и др.]. – К. : Техніка, 1985. – 216 с.

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

16. Ишанин, Г. Г. Источники и приемники излучения : учебное пособие для студентов оптических специальностей вузов / Г. Г. Ишанин, Э. Д. Панков, А. Л. Андреев, Г. В. Польщиков. – СПб. : Политехника, 1991. – 240 с.

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

18. ПАТ «Брацлав» / ПАТ «Брацлав». – Режим доступу : <http://bratslav.com>.

19. Pallar LTD Co. & Musson Co. / Корпоративний сайт компаній «Паллар ЛТД» та «Муссон». - Режим доступу : www.pallar.com.ua

20. Патент на корисну модель 88826, Україна, А01J 7/00. Пристрій для вимірювання кількості порцій молока та виявлення води в молоці / Кучерук В. Ю., Кулаков П. І., Гнесь Т. В. ; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет ; заявл. 15.04.2013 ; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7. – 4 с.

21. Фененко, А. І. Механізація доїння корів. Теорія і практика. / А. І. Фененко – К. : ННЦ «ІАЕ», 2008. – 198 с.

22. Тверской, Г. Б. Регуляция секреции молока / Г. Б. Тверской. – Л. : Наука, 1972. – 356 с.

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

24. Админ, Е. И. Технология производства молока на промышленной основе / Е. И. Админ, Е. Н. Зюнкина, Б. А. Корсун – К. : Урожай, 1983. – 160 с.

25. Цой, Ю. А. Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм / Ю. А. Цой. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 424 с.

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

27. А. с. 1158118 СССР, МПК А01J 7/00. Устройство для управления процессом доения / Винников И. К., Дриго В. А., Талинский Р. В., Забродина О. Б. (СССР). – 3644471/30–15 ; заявл. 21.09.1983; опубл. 30.05.1985, Бюл. № 20.– 5 с.

28. Машкін М. І., Париш Н. М. Технологія молока і молочних продуктів: Навчальне видання. — К.: Вища освіта, 2006. — 351 с.

29. Трончук І. С., Бердник І. Ю. Вплив концентрації обмінної енергії та поживних речовин у сухій речовині раціонів на продуктивність дійних корів

30. Підпала Т. В. Скотарство та технологія виробництва молока і яловичини: Навч. посібник, — Миколаїв: Видавничий відділ МДАУ, 2007.

ДОДАТКИ