

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-виміральної техніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
магістра

на тему: **Комп'ютеризована система контролю якості на виробництві
косметичної продукції**

Виконав: студент 2 курсу, групи ІВТ-3м

Спеціальності: 175 «Інформаційно-
вимірвальні технології»

Жураківський Ярослав Ярославович

(прізвище та ініціали)

Керівник: доктор технічних наук, професор

Подчашинський Ю.О.

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

Рецензент: _____

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

Житомир – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

Спеціальність 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри метрології та
інформаційно-вимірювальної техніки
д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

« 4 » листопада 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу магістрв

Студент Жураківський Ярослав Ярославович

1. Тема роботи: Компютеризована система контролю якості на виробництві косметичної продукції.

Керівник роботи: д.т.н., професор Подчашинський Юрій Олександрович

затверджена наказом по університету від « 4 » листопада 2025 р. № 622/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру « 19 » грудня 2025р.

3. Вихідні дані до роботи об'єкт вимірювання – процеси контролю якості косметичної продукції на виробництві, параметри вимірювання: вміст спирту, вміст рН, вміст шкідливих речовин, визначення кольору

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) аналіз нормативної документації контролю якості косметичної продукції, огляд пристроїв для вимірювання якості косметичної продукції, розробка структурної схеми, розробка принципової схеми, розробка друкованої плати, розробка алгоритму та програми роботи системи, розрахунок метрологічних характеристик

5. Перелік графічного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових креслень) структурна схема, електрична принципова схема, друкована плата, блок-схема алгоритму роботи системи

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи бакалавра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	
1-4	Подчашинський Ю.О.		

7. Дата видачі завдання 4 листопада 2025 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз нормативної документації контролю якості косметичної продукції	5.11.25 – 6.11.25	
	Огляд існуючих пристроїв вимірювання показників якості косметики	7.11.25 – 9.11.25	
2	Розробка структурної схеми	10.11.25 – 11.11.25	
3	Розробка електричної принципової схеми	12.11.25 – 18.11.25	
4	Розробка алгоритму та програми системи	19.11.25 – 24.11.25	
5	Розробка веб-сторінки системи	25.11.25 – 27.11.25	
6	Розрахунок метрологічних характеристик	28.11.25 – 2.12.25	
7	Оформлення пояснювальної записки	3.12.25 – 8.12.25	
8.	Оформлення презентаційного матеріалу	9.12.25 – 12.12.25	

Студент

Жураківський Я.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Подчашинський Ю.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Комп'ютеризована система контролю якості на виробництві косметичної продукції» присвячена дослідженню та розробці автоматизованої системи для збору, обробки та візуалізації даних про фізико-хімічні параметри косметичних засобів. У роботі розглянуто нормативно-правові вимоги до косметичної продукції, сучасні методи контролю якості та апаратне та програмне забезпечення комп'ютеризованої системи. Розроблено структурну та принципову схему системи, проведено вибір елементної бази, а також реалізовано програмні рішення для мікроконтролера та веб-додатку, що забезпечують автоматизацію вимірювань, статистичний аналіз даних і візуалізацію результатів у реальному часі.

Ключові слова: система якості, косметична продукція, мікроконтролер ATmega328, датчики газу, датчик кольору, датчик вмісту спирту, датчик кислотності pH.

ABSTRACT

The Bachelor's qualification work on the topic "Computerized Quality Control System in the Production of Cosmetic Products" is devoted to the research and development of an automated system for collecting, processing, and visualizing data on the physicochemical parameters of cosmetic products. The study examines the regulatory and legal requirements for cosmetic products, modern quality control methods, and the hardware and software of the computerized system. The structural and schematic diagrams of the system were developed, the selection of the component base was carried out, and software solutions for the microcontroller and web application were implemented, ensuring the automation of measurements, statistical data analysis, and real-time visualization of results.

Keywords: quality system, cosmetic products, ATmega328 microcontroller, gas sensors, color sensor, alcohol content sensor, pH sensor.

РЕФЕРАТ

Магістерська робота присвячена розробці комп'ютеризованої системи контролю якості на виробництві косметичної продукції з можливістю автоматизованого збору, обробки та візуалізації фізико-хімічних показників продукції.

Актуальність теми зумовлена динамічним розвитком косметологічної індустрії, постійним розширенням асортименту продукції та зростанням вимог споживачів до її якості й безпечності. Косметичні засоби безпосередньо контактують зі шкірою, слизовими оболонками та волоссям, тому будь-які відхилення від нормативних значень можуть призводити до алергічних реакцій, дерматологічних захворювань та інших негативних наслідків. Зростання обсягів виробництва та ускладнення рецептур обумовлюють необхідність застосування сучасних комп'ютеризованих систем контролю якості, які забезпечують автоматизацію процесів вимірювання, збору, обробки та аналізу інформації.

Метою роботи є розробка та дослідження комп'ютеризованої системи контролю якості косметичної продукції з урахуванням вимог метрологічного забезпечення та атестації методик виконання вимірювань. Для досягнення цієї мети виконано такі основні задачі: проаналізовано нормативну документацію щодо контролю якості косметичних продуктів; розроблено структурну та принципову схеми системи; здійснено вибір та обґрунтування складових елементів системи; розроблено блок-схему алгоритму та програмне забезпечення для збору, обробки та візуалізації даних; проведено оцінку метрологічних похибок виміряних значень.

Об'єкт дослідження – процеси контролю якості косметичної продукції на виробництві.

Предмет дослідження – комп'ютеризована система контролю якості косметичної продукції та методики виконання вимірювань її показників.

Методи дослідження базуються на застосуванні метрологічних методів вимірювання фізико-хімічних показників косметичних засобів, методів статистичної обробки результатів вимірювань, аналізу похибок, а також методів комп'ютерного моделювання та автоматизованої обробки вимірювальної інформації.

У першому розділі роботи виконано огляд нормативно-правових вимог до косметичної продукції, сучасних методів контролю та лабораторного обладнання. *Другий розділ* присвячено розробці структурної схеми комп'ютеризованої системи, що включає датчики фізико-хімічних параметрів, мікроконтролер, дисплей, виконавчі елементи та модуль Wi-Fi для відображення даних на веб-сторінці. *У третьому розділі* здійснено вибір елементної бази, розроблено принципову схему системи та конструкцію друкованої плати, що забезпечує надійність та компактність. *Четвертий розділ* включає програмно-алгоритмічне забезпечення для мікроконтролера та веб-додатку, реалізацію алгоритмів збору, обробки, зберігання та передачі даних, а також статистичний аналіз результатів вимірювань та оцінку метрологічних похибок.

Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні структури комп'ютеризованої системи контролю якості шляхом впровадження бездротового каналу передавання вимірювальної інформації та веб-орієнтованого відображення результатів у реальному часі, а також у розробці алгоритмів статистичної обробки даних та оцінки метрологічних похибок.

Практичне значення роботи полягає у можливості застосування розробленої системи для автоматизованого контролю якості косметичної продукції на виробництві, підвищенні достовірності вимірювань та оперативності прийняття управлінських рішень.

Робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку літературних джерел та додатку, містить 100 сторінок основного тексту, 38 рисунків, 5 таблиць та 26 джерел.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ПОКАЗНИКІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ КОСМЕТИЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	12
1.1. Аналіз нормативної документації щодо контролю якості косметичної продукції.....	12
1.2. Існуючі технічні рішення контролю якості косметичної продукції.....	15
Висновки до 1 розділу.....	25
2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ	26
2.1. Обґрунтування складових системи	26
2.2. Обґрунтування мікроконтролерів.....	28
2.3. Обґрунтування датчиків.....	30
2.4 Обґрунтування дисплея.....	34
2.5. Обґрунтування кнопок.....	36
2.6. Обґрунтування джерела живлення.....	37
2.7. Обґрунтування динаміку.....	39
2.8.Обґрунтування wi-fi модуля.....	42
2.9. Структурна схема.....	44
Висновки до 2 розділу.....	45
3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ТА ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ.....	46
3.1. Опис складових системи	46
3.2. Вибір мікроконтролера Atmega328.....	47
3.3. Вибір датчика якості повітря.....	50
3.4. Вибір датчика вмісту спирту.....	53
3.5. Вибір датчика вмісту рН.....	55
3.6. Вибір датчику кольору.....	58
3.7. Вибір дисплея.....	59
3.8. Вибір динаміка.....	61
3.9. Вибір блоку живлення.....	63

	8
3.10. Вибір кнопки.....	64
3.11. Опис обраного блока живлення.....	67
3.12. Побудова принципової схеми.....	70
3.13. Розробка друкованої плати.....	71
Висновки до 3 розділу.....	76
4.РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНОГО ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	78
4.1. Розробка алгоритму	78
4.2. Розробка програми	81
4.3. Розробка програми для веб-сторінки.....	87
4.4.Методи програмно-алгоритмічної обробки вимірювальної інформації..	91
Висновки до 4 розділу.....	96
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК.....	97
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	99
ДОДАТКИ.....	101
Додаток А.....	102
Додаток Б.....	108
Додаток В.....	116

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасна косметологічна індустрія є однією з найбільш динамічних галузей легкої та хімічної промисловості, що характеризується постійним розширенням асортименту продукції та зростанням вимог споживачів до її якості й безпечності. Косметичні засоби безпосередньо контактують зі шкірою людини, слизовими оболонками та волоссям, тому будь-які відхилення від встановлених норм можуть призводити до алергічних реакцій, дерматологічних захворювань та інших негативних наслідків для здоров'я.

Зростання обсягів виробництва косметичної продукції та ускладнення її рецептур обумовлюють необхідність впровадження сучасних підходів до контролю якості. Традиційні методи контролю, що базуються переважно на ручних вимірюваннях та органолептичній оцінці, не завжди забезпечують необхідний рівень точності, відтворюваності та оперативності отримання результатів. У таких умовах особливої актуальності набуває використання комп'ютеризованих систем контролю, які дозволяють автоматизувати процеси вимірювання, збору, обробки та аналізу інформації про показники якості косметичної продукції.

Важливою складовою забезпечення якості є метрологічне забезпечення контролю, яке включає розробку, атестацію та застосування методик виконання вимірювань показників якості косметики. Дотримання вимог до точності, відтворюваності, лінійності та наочності методик вимірювань гарантує достовірність результатів контролю та відповідність продукції вимогам національних і міжнародних нормативних документів. Особливу роль у цьому процесі відіграє правильний вибір та метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки для контролю різних груп косметичних засобів: декоративної, доглядової та парфумерної продукції.

В умовах інтеграції України у світовий економічний простір зростає значення гармонізації систем контролю якості з вимогами міжнародних стандартів та регламентів.

Отже, розробка та дослідження комп'ютеризованої системи контролю якості на виробництві косметичної продукції є актуальним науково-практичним завданням, оскільки дозволяє підвищити ефективність контролю, забезпечити відповідність продукції нормативним вимогам, зменшити вплив людського фактора та покращити оперативність прийняття управлінських рішень.

Метою даної магістерської роботи є розробка та дослідження комп'ютеризованої системи контролю якості косметичної продукції з урахуванням вимог метрологічного забезпечення та атестації методик виконання вимірювань.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати нормативну документацію щодо контролю якості косметичної продукції в Україні та інших країнах;
- розробка структурної та принципової схеми комп'ютеризованої системи контролю якості косметичної продукції;
- вибір та обґрунтування складових елементів комп'ютеризованої системи контролю якості косметичної продукції;
- розробка блок-схеми алгоритму та програми для комп'ютеризованої системи контролю якості косметичної продукції;
- розробка програми для розрахунку метрологічних похибок вимірюваних значень системи контролю якості косметичної продукції.

Об'єкт дослідження – процеси контролю якості косметичної продукції на виробництві.

Предмет дослідження – комп'ютеризована система контролю якості косметичної продукції та методики виконання вимірювань її показників.

Методи дослідження базуються на застосуванні метрологічних методів вимірювання фізико-хімічних показників косметичних засобів, методів статистичної обробки результатів вимірювань, аналізу похибок, а також методів комп'ютерного моделювання та автоматизованої обробки вимірювальної інформації.

Наукова новизна даної роботи полягає в тому, що:

1. Удосконалено структуру комп'ютеризованої системи контролю якості косметичної продукції шляхом впровадження бездротового каналу передавання вимірювальної інформації на основі Wi-Fi модуля з можливістю відображення результатів контролю на веб-сторінці в режимі реального часу;
2. Удосконалено алгоритми обробки вимірювальних даних показників якості косметичної продукції із застосуванням статистичного аналізу, оцінювання метрологічних похибок та веб-орієнтованого представлення результатів.

Практична цінність роботи полягає в можливості використання розробленої комп'ютеризованої системи для автоматизованого контролю якості косметичної продукції на виробничих підприємствах, а також у підвищенні достовірності та оперативності контролю показників якості.

Структура та обсяг роботи. Дана робота складається з анотації, вступу, 4 основні розділи, висновків, переліку використаних літературних джерел та додатку. Робота викладена на 100 сторінках основного тексту і містить 38 рисунків, 5 таблиць та 26 джерел.

Публікації. Подчашинський Ю.О., Жураківський Я.Я. Комп'ютеризована система контролю якості на виробництві косметичної продукції. Тези XV Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології», м. Житомир, 28-29 березня 2025 р. Житомир : Житомирська політехніка, 2025. 352 с. С. 309-310. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2025/04/301.pdf>.

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ПОКАЗНИКІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ КОСМЕТИЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

1.1. Аналіз нормативної документації щодо контролю якості косметичної продукції

Розглянемо нормативної документації щодо контролю якості та регулювання косметичної продукції в Україні та інших країнах з урахуванням українського контексту та основних міжнародних підходів.

Нормативна база в Україні включає наступні складові:

1) Технічний регламент на косметичну продукцію. Це основний нормативно-правовий акт, що регулює вимоги до косметичних продуктів в Україні. Він:

- визначає поняття «косметична продукція» та сферу застосування;
- встановлює обов'язкові вимоги до безпеки, складу, маркування, упаковки та документального супроводу;
- передбачає оцінку безпечності косметичного продукту та звіт про неї;
- імплементований на основі Регламенту (ЄС) №1223/2009 щодо косметичних продуктів з урахуванням місцевих вимог;
- вступив у дію з 3 серпня 2024 року з перехідним періодом до 3 серпня 2026 року. [1]

2) Оцінка відповідності та дос'є на продукт

Вимоги щодо оцінки відповідності включають:

- підготовку файлу з інформацією про продукт (Product Information File – PIF), який містить дані про склад, безпечність, виробництво тощо;
- наявність звітів про безпечність косметичного продукту, підписаних кваліфікованим експертом;
- маркування продукту згідно вимог регламенту, включно з українською мовою. [2]

3) Належна виробнича практика (GMP). Для виробництва косметики в Україні застосовується система належної виробничої практики (GMP). Вона базується на міжнародному стандарті ISO 22716 «Косметика – Належна виробнича практика (GMP)», який включає управління та контроль процесів виробництва, зберігання та транспортування продукції. [3]

4) Супровідні технічні регламенти. Косметична продукція може також підпадати під інші технічні регламенти, наприклад щодо безпечності хімічної продукції (UA REACH) чи аерозольних розпилювачів, якщо такі вимоги застосовуються. [2]

5) Нотифікація та ринковий нагляд. Виробники/імпортери зобов'язані нотифікувати косметичні продукти в системі Міністерства охорони здоров'я, включаючи інформацію про склад, інгредієнти (з INCI та CAS/EC-номерами), наявність наноматеріалів тощо.[4]

Контроль якості та безпечності косметичної продукції регламентується Регламентом (ЄС) № 1223/2009 Європейського Парламенту та Ради щодо косметичних продуктів, який встановлює обов'язкові вимоги до складу, виробництва, оцінки безпечності, маркування та обігу косметичних засобів на ринку Європейського Союзу.

Регламент (ЄС) № 1223/2009 щодо косметичної продукції є основною нормативною базою для готової косметичної продукції для її надання на ринку ЄС.

Регламентом забезпечується надійна, міжнародно визнана процедура, який посилює безпечність косметичної продукції, беручи до уваги останні технологічні розробки, включаючи можливе використання наноматеріалів.

Найбільш значущі особливості застосування регламенту та процедури:

1. Виробництво косметичних засобів повинне відповідати Належній виробничій практиці GMP (Good Manufacturing Practices), тобто – відповідно сертифіковане.

2. Перш ніж надати косметику на ринок ЄС, виробникам (імпортерам) необхідно один раз централізовано повідомити про свою продукцію через портал повідомлень про косметичні продукти ЄС (CPNP).

3. Лише якщо відповідна юридична або фізична особа визначена в ЄС як «відповідальна особа», косметичні продукти можуть бути надані на ринку. Положення про косметику дозволяє чітко ідентифікувати цю відповідальну особу та окреслити її обов'язки.

4. З метою підвищення безпечності косметичної продукції виробникам необхідно розробити звіт про безпеку для кожного продукту як частину файлів інформації про продукт (PIFs).

5. Певні конкретні хімічні речовини, а також які становлять особливу небезпеку (канцерогени, руйнівники едокринної системи тощо) заборонені до використання у європейській косметиці. Також регулювання тісно пов'язане з Регламентом ЄС №1907/2006 REACH стосовно встановлених обмежень та паспортів безпечності, а також з Регламентом ЄС №1272/2008 CLP, так як класифікація небезпеки є ключем до визначення, забороняється інгредієнт у продукції,

6. Барвники, консерванти та УФ-фільтри, включаючи ті, що є наноматеріалами, повинні бути чітко дозволені регулюванням. Наноматеріали повинні бути позначені в списку інгредієнтів словом «нано» в дужках після назви речовини, напр. «діоксид титану (нано)».

7. Визначені чіткі норми маркування косметичної продукції.

8. Відповідальна особа зобов'язана повідомляти національні органи про серйозні небажані наслідки застосування косметики. Органи, в свою чергу, зобов'язані поділитися цією інформацією з іншими країнами ЄС.

Цим регламентом прямо не встановлюються вимоги щодо надання та використання паспортів безпечності SDS на компоненти (сировину) косметичних засобів, але на практиці вони є універсальними засобами для виконання багатьох вимог регламенту, а також це вимагається регламентом

REACH. Також необхідно так чи інакше провести GHS класифікацію небезпеки речовин, що входять до складу косметики, для виконання вимог щодо заборон та обмежень їх використання.[1]

1.2. Існуючі технічні рішення контролю якості косметичної продукції

Метрологічний контроль якості декоративної косметики (тіні, помади, туші для вій, тональні креми).



Рис. 1.1. Набір косметичних засобів

- Колір: Відповідність кольору зразкам, стійкість до вицвітання, міграція пігменту.
- Зовнішній вигляд: Однорідність, відсутність сторонніх включень, глянец (для блискучих продуктів), стійкість до розшарування, твердість (для твердих продуктів).
- В'язкість: Відповідність нормам, стійкість до розшарування.
- рН: Відповідність нормам, вплив на рН шкіри.
- Розмір частинок: Відповідність нормам, вплив на шкіру.
- Термін придатності: Відповідність маркуванню, стійкість до мікробіологічного обсіменіння.
- Мікробіологічні показники:
 - Вміст мікроорганізмів: Відповідність нормам, відсутність патогенних мікроорганізмів.

- Мікробіологічна чистота: Вміст грибів, дріжджів, бактерій.
- Органолептичні показники:
- Запах: Приємний, не різкий, без сторонніх запахів.
- Смак: Приємний, без стороннього присмаку (для продуктів, що контактують з слизовою оболонкою).
- Гіпоалергенність: Відсутність подразнення шкіри, очей, слизових оболонок.
- Токсикологічні показники:
- Відсутність токсичних речовин: Свинцю, ртуті, миш'яку, арсену, формальдегіду, фенолу та інших шкідливих компонентів.
- Дерматологічні випробування: Відсутність подразнення шкіри, алергічних реакцій.

Для визначення кольору застосовуються колориметри. Для визначення зовнішнього вигляду застосовуються текстотоміри.

На рис.1.2 представлений колориметр NR100.



Рис. 1.2. Колориметр NR100

Основаючись на потребах ринку, компанія 3nh розробила модель колориметра NR100. Цей колориметр – бюджетний, але достатньо точний прилад для вимірювання кольору. Оснащений двома апертурами – 4 і 8 мм, він забезпечує контроль кольору більшості методів і зразків. Виробник

вимірювання в квітковому просторі CIE LAB, NR100 ефективно вимірює ΔE і широко використовується для контролю кольору пластику, електроніки, краски, текстилю, одягу, косметичних виробів.

Технічні характеристики колориметр NR100:

- Оптична геометрія: 8/d;
- Стандарт: CIE No.15, GB/T 3978;
- Джерело світла: LED;
- Детектор: Силиконовий фотодетектор;
- Апертура: 4 мм, 8 мм;
- Колірний простір CIE LAB;
- Формула: ΔE^*ab ;
- Освітлювач: D65;
- Повторюваність: Стандартне відхилення ΔE^*ab 0.03;
- Усереднене за 30 вимірами стандартної пластини;
- Інструментальна похибка: $\leq 0.80 \Delta E^*ab$;
- Позиціонування: Освітлювач та прицільні лінії;
- Батарея: Li-ion, 3.7V, 3200 мАг;
- Час повної зарядки: 8 годин;
- Розміри: 205×67×80 мм;
- Вага: 450 г;
- Термін служби освітлювача: 5 років, понад 1 600 000 вимірів;
- Пам'ять: 100 стандартів, 10 000 вимірів;
- Принтер, приставка для порошкових зразків [5].

Аналізатори текстури використовуються для комплексного оцінювання структурних і реологічних властивостей продукції. Оцінюють через вимірювання зусилля, що прикладається системою відповідних кінців або насадкою до досліджуваного об'єкта. Отримані результати дають змогу об'єктивно оцінити адгезію, реологію, твердість, ламкість та інші параметри.

TMS-Pilot – це портативний та доступний прилад для аналізу текстури продуктів харчування (і не тільки), розроблений компанією Mecmesin для швидкого та простого вимірювання твердості, крихкості та інших механічних властивостей зразків, з навантаженням до 500 N, ідеально для контролю якості та досліджень у лабораторії чи польових умовах. Він компактний, надійний, вимагає мінімум навчання оператора та дозволяє зберігати програми тестів для стандартизації.

Аналізатор текстур TMS-Pilot представлений на рис.1.3.



Рис. 1.3. Текстуrometer TMS-Pilot

Технічні характеристики:

- Максимальне навантаження під час розтягування або стиснення: 500 N;
- Точність навантаження: $\pm 0,1\%$ повної шкали для тензодатчиків від 2 до 500 N;
- Датчики навантаження: Інтелектуальні цифрові датчики для швидкої заміни;
- Номінальні навантаження датчиків: 2, 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500 N;

- Діапазон швидкості: 1–400 мм/хв;
- Точність швидкості: $\pm 2\%$ встановленої швидкості;
- Роздільна здатність швидкості: 1 мм/хв;
- Точність ходу: $\pm 0,13$ мм;
- Роздільна здатність ходу: 0,01 мм;
- Максимальний перебіг: 300 мм;
- Висота х ширина х глибина: 584 мм х 412 мм х 377 мм;
- Макс висота/вертикальний просвіт: 445 мм/456 мм;
- Глибина робочої зони: 79 мм (можливе збільшення на 16 мм або 38 мм);
- Маса: 19,2 кг;
- Швидкість збору даних: 1000, 500, 100, 50, 10 Гц;
- Частота дискретизації даних: 1 кГц [6].

Для визначення токсичних речовин використовують газові хроматографи.

Газовий хроматограф Nexis GC-2030 Shimadzu представлений на рис.1.4.



Рис. 1.4. Газовий хроматограф Nexis GC-2030 Shimadzu

Nexis GC-2030 – це високопродуктивний газовий хроматограф (GC), призначений для широкого спектру аналітичних задач:

- контроль якості в промислових лабораторіях (харчова, фармацевтична, екологічна тощо)
- аналіз комплексних зразків у нафтовій, хімічній галузях
- криміналістика та дослідження навколишнього середовища.

Технічні характеристики Nexis GC-2030 Shimadzu:

- Тип приладу: газовий хроматограф;
- Температура печі колонки: до 450 °C;
- Контроль газу-носія: постійний тиск, потік або лінійна швидкість;
- Максимальний тиск газу: до ≈ 970 kPa;
- Інжектори: Split/Splitless, on-column, програмований випарювач (PTV);
- Детектори: FID, TCD, ECD, FPD, BID, SCD (залежно від конфігурації);
- Кількість інжекторів/детекторів: до 3 інжекторів та 4 детекторів;
- Керування: сенсорний дисплей, програмне забезпечення LabSolutions™;
- Автоматизація: підтримка автоінжекторів (серія AOC-30);
- Особливості: висока чутливість, відтворюваність, система самодіагностики [7].

Для вимірювання рН рівня використовуються рН-метри.

рН-метр — це вимірювальний прилад, призначений для визначення водневого показника (рН), тобто ступеня кислотності або лужності розчинів.

Застосування:

- контроль якості косметичної, фармацевтичної та харчової продукції;
- лабораторний аналіз;
- екологічний моніторинг;

- технологічний контроль виробничих процесів.

Принцип роботи: заснований на вимірюванні електричного потенціалу скляного електрода, який залежить від концентрації іонів водню в розчині.

В якоті рН-метра розглянемо професійний ручний рН-метр BENETECH GM765, що представлений на рис.1.5.



Рис.1.5. рН-метр BENETECH GM765

Вимірник кислотності та температури рН-метр Benetech GM765 – надійний професійний цифровий прилад для точного вимірювання кислотності (рН) та температури різних рідин. Обладнаний температурним датчиком, він забезпечує точні результати, а автоматична температурна компенсація підвищує точність вимірювань.

Особливості та переваги:

1.Багатофункціональність: Вимірник дозволяє вимірювати як кислотність, так і температуру рідини, забезпечуючи всебічний контроль.

2.Зручний дисплей: Дворядковий рідкокристалічний екран з підсвічуванням виводить інформацію про кислотність, температуру, рівень заряду батареї та вибрані одиниці вимірювання.

3.Просте керування: Три кнопки на передній панелі забезпечують легкість використання. Увімкнення, відключення, підсвічування екрану, фіксація результатів та калібрування здійснюються простими натисканнями.

4.Калібрування за трьома точками: Функція автоматичного калібрування з трьома калібрувальними розчинами забезпечує високу точність вимірювань.

5. Міцний корпус: Корпус виготовлений із міцного пластику, ідеально збалансований, виключає попадання вологи. Захисний ковпачок для вимірювального електрода і пластиковий кейс забезпечують довгий термін служби. у різних виробничих процесах.

- Харчова промисловість: Визначення рівня кислотності молока, соку, винного сусла та інших продуктів.

- Акваріумістика: Моніторинг та контроль рН води в акваріумах для турботи про риби та рослини.

- Системи водоочищення: водоочищення та водопідготовки.

- Сільське господарство: Визначення рівня рН води для поливу рослин у теплицях та умовах кімнатного вирощування.

- Контроль кислотності води після використання побутових фільтрів.

Технічні характеристики рН-метр BENETECH GM765:

- Діапазон вимірювання кислотності: 0 - 14 рН;

- Чутливість вимірювання кислотності : 0.1 РН;

- Діапазон вимірювання температури: 0 - 60 °С;

- Чутливість вимірювання температури: 0.1 °C;
- Живлення: 2 шт. ААА;
- Розміри: 41x42x190 мм;
- Вага : 0.09 кг [8].

Віскозиметри застосовуються для визначення в'язкості. Віскозиметр WT – це лабораторний прилад, призначений для визначення динамічної в'язкості рідин і напіврідких продуктів шляхом вимірювання опору руху вимірювального елемента в зразку.

Застосування:

- контроль якості косметичної продукції (креми, гелі, шампуні);
- фармацевтична та харчова промисловість;
- хімічні та технологічні лабораторії.

Принцип роботи: базується на вимірюванні крутного моменту або часу протікання, що залежить від опору середовища руху вимірювального елемента (залежно від моделі віскозиметра WT).

Розглянемо PCE-RVI 2 цифровий віскозиметр рис.1.6.



Рис.1.6. PCE-RVI 2 цифровий віскозиметр

Ротаційний PCE-RVI 2 віскозиметр має діапазон виміру 1...100 000 сП (сантипуаз) з точністю $\leq \pm 2\%$ від виміряного значення. Ротаційний віскозиметр є точним вимірювальним приладом визначення в'язкості проб рідини. Ротаційний віскозиметр визначає в'язкість на основі прикладеного механічного опору, який протидіє обертальному руху шпинделя. Ротаційний віскозиметр може працювати з регульованою швидкістю в діапазоні від 6 до 60 об/хв.

Цей віскозиметр використовується, наприклад, контролю якості моторних масел. Моторні олії змінюють в'язкість залежно від температури. За допомогою датчика температури (див. супутні товари) можна вимірювати температуру випробуваної рідини у процесі вимірювань. Дані вимірювання можна передати з ротаційного віскозиметра на ПК через інтерфейс RS232. У той же час висоту випробувального пристрою ротаційного віскозиметра можна відрегулювати на 25 см, щоб правильно розташувати шпиндель в ємності з випробуваною рідиною

Технічні характеристики цифрового віскозиметра PCE-RVI 2:

- В'язкість: 1...100 000 сП;
- Швидкість: 6/12/30/60 об/хв;
- Температура об'єктів (контактний спосіб) опціонально з датчиком температури (див. супутні товари): 0...+100°C;
- В'язкість: $\pm 2\%$ від виміряного значення;
- Повторюваність: $\pm 0,5\%$;
- Температура об'єктів (контактний спосіб): $\pm 0,1^\circ\text{C}$;
- Температура об'єктів (контактний спосіб): $0,1^\circ\text{C}$;
- Дисплей: LCD 5" сенсорний;
- Функції / особливості: 5-дюймовий сенсорний екран із простим інтерфейсом; Комплект шпинделя, що складається з L1, L2, L3, L4; Регулювання по висоті приблизно 25 см.; Вбудований спиртовий рівень для

вирівнювання; Можливість підключення датчика температури (див. супутні товари); Обробка вимірних даних на ПК за допомогою додаткового ПЗ;

- Живлення 100 ... 240 V AC 50/60 Hz
- Країна виробник: Німеччина;
- Комплект постачання: 1 x віскозиметр PCE-RVI 2; 1 x шпindel L1... L4 модель V1L; 1 x датчик температури; 1 x ріжковий ключ; 1 x мережний кабель; 1 x валізу для транспортування; 1 x посібник.
- Розміри приладу (Д/Ш/В): 400x200x430 мм;
- Вага: 4,8 кг [9].

Висновки до 1 розділу

У першому розділі роботи було розглянуто нормативно-правову базу, що регламентує вимоги до якості та безпечності косметичної продукції, а також основні методи та прилади, які застосовуються для контролю відповідних показників. Проаналізовано положення Регламенту (ЄС) № 1223/2009 щодо косметичних продуктів, який встановлює єдині вимоги до складу, виробництва, маркування та оцінки безпечності косметичних засобів.

Окрему увагу приділено лабораторному обладнанню, що використовується для вимірювання фізико-хімічних показників якості косметичної продукції, зокрема спектрофотометрам, рН-метрам, віскозиметрам та газовим хроматографам. Використання сучасних аналітичних приладів забезпечує точність, відтворюваність та об'єктивність результатів досліджень, що є необхідною умовою для гарантування якості та безпечності косметичних засобів.

Таким чином, аналіз нормативних документів і методів контролю якості підтверджує важливість комплексного підходу до оцінювання косметичної продукції, який поєднує дотримання законодавчих вимог та застосування сучасних аналітичних методів дослідження.

2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

2.1 Обґрунтування складових системи

Комп'ютеризована система контролю якості на виробництві косметичної продукції призначена для моніторингу фізико-хімічних та газових параметрів, що впливають на якість та безпечність косметичних виробів у процесі їх виготовлення.

Система виконує наступні основні функції:

- вимірювання рівня рН косметичної сировини або готової продукції;
- контроль якості повітря у виробничому приміщенні за показниками концентрації аміаку (NH_3), оксидів азоту (NO_x), вуглекислого газу (CO_2) та парів бензину;
- виявлення наявності парів спирту у контрольованому середовищі;
- відображення вимірюваних значень параметрів на дисплеї у реальному часі;
- подача звукової сигналізації у разі перевищення допустимих норм контрольованих параметрів;
- керування режимами роботи системи за допомогою кнопки керування;
- централізований збір, обробка та аналіз даних за допомогою мікроконтролера;
- дистанційну передачу вимірюваних даних по Wi-Fi на віддалений комп'ютер, сервер або веб-інтерфейс для подальшого моніторингу та зберігання;
- забезпечення стабільного електроживлення всіх компонентів системи.

Для реалізації вищезазначених функцій комп'ютеризована система контролю якості на виробництві косметичної продукції містить такі основні складові:

1. Датчик рН, призначений для вимірювання кислотно-лужного балансу косметичної сировини або готової продукції з метою забезпечення відповідності технологічним та санітарним нормам.

2. Датчик якості повітря, який здійснює вимірювання концентрацій шкідливих газів (NH_3 , NO_x , CO_2 , пари бензину) у виробничому середовищі та дозволяє контролювати безпечні умови праці й виробництва.

3. Датчик спирту, призначений для виявлення та контролю наявності парів спирту, що є важливим параметром під час виробництва та зберігання косметичної продукції.

4. Дисплей, який забезпечує візуальне відображення поточних значень контрольованих параметрів та режимів роботи системи.

5. Динамік, який виконує функцію звукової сигналізації у разі перевищення допустимих значень вимірюваних параметрів або виникнення аварійних ситуацій.

6. Кнопка керування, призначена для ввімкнення, ініціалізації та керування режимами роботи системи.

7. Блок живлення, що забезпечує стабільне електроживлення мікроконтролера та всіх підключених до нього датчиків і виконавчих елементів.

8. Мікроконтролер, який є центральним елементом системи та здійснює керування процесами збору, обробки, аналізу та відображення вимірювальної інформації, а також формування сигналів керування виконавчими пристроями.

9. Wi-Fi модуль, який забезпечує бездротову передачу вимірянних даних від мікроконтролера до віддаленого користувача, сервера або веб-сторінки, що дозволяє здійснювати дистанційний моніторинг параметрів у режимі реального часу.

2.2 Обґрунтування мікроконтролеру

Мікроконтролери є базовими елементами більшості сучасних електронних систем, оскільки забезпечують керування пристроями та реалізацію різноманітних технологічних процесів. Вони характеризуються високим рівнем універсальності, продуктивності, економічної доцільності, адаптивності та функціональної інтеграції, що зумовлює їх широке застосування в різних галузях.

Універсальність мікроконтролерів полягає в можливості їх програмування для виконання широкого кола завдань, зокрема керування роботою периферійних пристроїв, обробки вимірювальних даних, взаємодії з датчиками та формування інформації для відображення на індикаторах або дисплеях.

Висока ефективність мікроконтролерів досягається завдяки їх компактним розмірам та здатності здійснювати обробку інформації в режимі реального часу, що забезпечує оперативне реагування системи на зміни параметрів навколишнього середовища та виконання необхідних обчислень.

Економічна доцільність використання мікроконтролерів обумовлена їх доступною вартістю та масовим виробництвом, що сприяє зниженню загальних витрат на розробку і виготовлення електронних пристроїв.

Гнучкість мікроконтролерів проявляється у можливості швидкої зміни функціонального призначення системи шляхом перепрограмування, що дозволяє адаптувати її до нових умов експлуатації або вимог користувача.

Функціональна інтеграція мікроконтролерів полягає у наявності вбудованих апаратних модулів, таких як аналогові та цифрові входи-виходи, таймери, лічильники, комунікаційні інтерфейси та інші периферійні засоби, що значно спрощує процес розробки та впровадження електронних систем.

Завдяки поєднанню зазначених характеристик мікроконтролери є незамінними компонентами для створення широкого спектра електронних пристроїв – від побутової електроніки до складних промислових та

інформаційно-вимірювальних систем. Сучасний ринок представлений великою кількістю мікроконтролерів, що виготовляються різними виробниками та відрізняються технічними характеристиками і функціональними можливостями.

Популярні види мікроконтролерів та відомі виробники:

AVR мікроконтролери:

- Виробник: Microchip Technology (раніше Atmel);
- Опис: AVR мікроконтролери відомі своєю простотою використання, широкою підтримкою та надійністю. Вони часто використовуються в промисловості та проектах DIY.

PIC мікроконтролери:

- Виробник: Microchip Technology;
- Опис: PIC мікроконтролери є одними з найпоширеніших у світі. Вони відомі своєю низькою вартістю, великим рядом моделей та широким спектром застосувань.

STM32 мікроконтролери:

- Виробник: STMicroelectronics;
- Опис: STM32 мікроконтролери є популярними серед розробників завдяки своїм високим технічним характеристикам, широкій функціональності та підтримці промислових стандартів.

Arduino-сумісні мікроконтролери:

- Виробники: Arduino, Adafruit, SparkFun, Seeed Studio тощо.
- Опис: Ці мікроконтролери зазвичай базуються на AVR або ARM архітектурі та мають простий для використання інтерфейс. Вони часто використовуються в проектах хобі та прототипування.

ESP8266 та ESP32 мікроконтролери:

- Виробник: Espressif Systems;

– Опис: Ці мікроконтролери мають вбудований Wi-Fi та Bluetooth, що робить їх ідеальними для Інтернету речей (IoT) та зв'язку з хмарними сервісами.

На основі проаналізованої інформації обрано AVR-мікроконтролер моделі ATmega328, так як він є надійним, сумісним з усією системою, простим у використанні а також підходить для мого проекту [10].

2.3 Обґрунтування датчиків

Датчики MQ (Metal Oxide Semiconductor Gas Sensors) – це клас напівпровідникових датчиків, які змінюють свій опір при контакті з певними газами. Ось огляд датчиків MQ за їхнім призначенням та застосуванням:

MQ-2:

- Призначення: Виявлення летючих органічних сполук, диму, легкозаймистих газів, таких як метан, пропан, бутан.
- Марки та моделі: MQ-2 від Winsen, Figaro тощо.
- Використання: Часто використовується у пристроях для виявлення газових викидів, пожежної безпеки, детектора газу тощо.

MQ-3:

- Призначення: Виявлення алкогольних парів, таких як спирт, етанол.
- Марки та моделі: MQ-3 від Winsen.
- Використання: Широко використовується у пристроях для аналізу алкогольного дихання, контролю рівня спирту в повітрі тощо.

MQ-4:

- Призначення: Виявлення газів, таких як метан, природний газ.
- Марки та моделі: MQ-4 від Winsen.
- Використання: Використовується у системах моніторингу газу для виявлення витоків газу та в пристроях безпеки.

MQ-7:

- Призначення: Виявлення вуглекислого газу (CO₂).
- Марки та моделі: MQ-7 від Winsen.
- Використання: Використовується в системах контролю якості повітря, в пристроях безпеки для виявлення небезпечних рівнів CO₂.

MQ-135:

- Призначення: Виявлення різних газів, включаючи аміак, бензол, сірководень тощо.
- Марки та моделі: MQ-135 від Winsen.
- Використання: Використовується в пристроях для контролю якості повітря, в промислових процесах та для виявлення шкідливих газів у приміщеннях.

Відомі виробники датчиків MQ:

- Winsen: Цей виробник пропонує широкий асортимент датчиків газу, включаючи MQ-2, MQ-3, MQ-4, MQ-7, MQ-135 та інші.
- Figaro Engineering Inc.: Виробник Figaro відомий своєю лінійкою датчиків газу, також можна знайти моделі MQ в їхньому асортименті.
- MiCS (MicroChemical Systems SA): Ця компанія виробляє датчики газу, включаючи деякі альтернативні моделі до MQ.
- Sensirion: Цей виробник спеціалізується на сенсорних рішеннях, включаючи датчики газів.
- SGX Sensortech: Вони також виробляють широкий асортимент газових датчиків, які можуть включати датчики, схожі на MQ-серію.

На основі проаналізованої інформації обрано 3 датчика:

- MQ-3 (Виявлення спирту, етанолу) – має високу чутливість та швидку реакцію, дешевий, довговічний та надійний. Зазвичай використовується для вимірювання алкоголю в повітрі, проте його можна адаптувати для рідин за допомогою відповідної камери або дифузійного бар'єру.

– MQ-135 (Виявлення газів, включаючи аміак, бензол, сірководень) – універсальний, може виявляти декілька видів газів, висока чутливість, надійний і довговічний, дешевий [11].

Аналоговий датчик рН (Для виявлення допустимого рівню рН) – простий у використанні, надійний, має широкий діапазон вимірювань, гнучкий у використанні, дешевий.

Датчик для визначення кольору призначений для вимірювання та аналізу кольорових характеристик косметичної продукції, що є важливим показником якості, стабільності складу та відповідності встановленим стандартам. Контроль кольору дозволяє виявляти відхилення у технологічному процесі, нерівномірність змішування компонентів або зміни властивостей продукту під час зберігання.

Принцип роботи датчика полягає у реєстрації відбитого або пропущеного світла від поверхні досліджуваного зразка. Вбудовані світлочутливі елементи аналізують інтенсивність складових основних кольорів (червоного, зеленого та синього – RGB), після чого отримані дані передаються до мікроконтролера для подальшої обробки.

Датчик якості повітря призначений для контролю газового складу повітря у виробничих приміщеннях, де здійснюється виготовлення косметичної продукції. Вимірювання концентрацій таких газів, як аміак (NH_3), оксиди азоту (NO_x), вуглекислий газ (CO_2) та пари бензину, є необхідним для забезпечення безпечних умов праці, дотримання санітарно-гігієнічних норм і стабільності технологічного процесу.

Принцип роботи датчика базується на зміні електричних характеристик чутливого елемента під впливом певних газів. Залежно від типу сенсора (напівпровідниковий, електрохімічний або інфрачервоний), відбувається реєстрація концентрації відповідних газових домішок у повітрі. Отримані сигнали перетворюються у цифрові дані та передаються до мікроконтролера для подальшої обробки.

Датчик якості повітря забезпечує безперервний моніторинг газового середовища та дозволяє виявляти перевищення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин. У разі фіксації критичних значень система може формувати попереджувальні сигнали, які виводяться на дисплей або супроводжуються звуковою сигналізацією, а також передаватися дистанційно через Wi-Fi модуль.

Застосування датчика якості повітря в комп'ютеризованій системі контролю якості косметичної продукції сприяє підвищенню рівня безпеки виробництва, зменшенню ризиків для персоналу та забезпеченню відповідності виробничих умов нормативним вимогам.

Для реалізації комп'ютеризованої системи контролю якості на виробництві косметичної продукції було обрано набір датчиків, які забезпечують комплексний контроль фізико-хімічних параметрів продукції та стану виробничого середовища, відповідають технічним вимогам системи та легко інтегруються з мікроконтролером.

Датчик газу MQ138 (DD2) обрано для контролю якості повітря, оскільки він здатний виявляти та вимірювати концентрації шкідливих газів і летких органічних сполук, зокрема аміаку, оксидів азоту та парів органічних речовин. Використання даного датчика дозволяє забезпечити контроль безпечних умов праці та своєчасно виявляти перевищення допустимих рівнів забруднення повітря у виробничому приміщенні.

Датчик кольору TCS3200 було обрано для автоматизованого контролю кольорових характеристик косметичної продукції. Даний сенсор забезпечує вимірювання інтенсивності складових основних кольорів (RGB) та дозволяє порівнювати отримані значення з еталонними. Це дає можливість об'єктивно оцінювати однорідність і стабільність кольору продукції, а також зменшити вплив людського фактора під час візуального контролю.

Датчик кислотності pH використовується для контролю кислотно-лужного балансу косметичної сировини та готових виробів, що є одним із

ключових показників якості та безпеки косметичної продукції. Вибір рН-датчика зумовлений необхідністю забезпечення відповідності продукції встановленим технологічним і санітарним нормам, а також стабільності її властивостей.

Датчик алкоголю MQ3 обрано для виявлення та контролю концентрації парів спирту у виробничому середовищі. Даний датчик є доцільним для застосування на підприємствах косметичної промисловості, оскільки спиртовмісні компоненти широко використовуються у виробництві косметичних засобів. Його використання дозволяє підвищити рівень безпеки та контролю технологічного процесу.

Загалом обрані датчики характеризуються доступністю, надійністю, простотою підключення та сумісністю з мікроконтролерними системами, що робить їх доцільними для використання у складі комп'ютеризованої системи контролю якості на виробництві косметичної продукції.

2.4 Обґрунтування дисплея

LCD дисплей – це пристрій для відображення інформації, який використовує рідинні кристали для створення зображення. Вони складаються з рядків і стовпців пікселів, кожен з яких може відображати окремий колір або значення.

Типи LCD-дисплеїв:

- Жидкокристалічні матричні дисплеї (LCD Matrix Displays): Це найбільш поширений тип LCD дисплеїв, які використовуються в багатьох пристроях, від мобільних телефонів до моніторів комп'ютерів.

- Жидкокристалічні символні дисплеї (LCD Character Displays): Ці дисплеї відображають лише текст та символи, зазвичай в алфавітно-цифровому форматі. Вони часто використовуються в промислових пристроях та електронних приладах.

– OLED (Organic Light Emitting Diode) - це тип дисплея, який використовує органічні сполуки для випромінювання світла при подачі електричного струму. OLED дисплеї мають низку переваг над традиційними ЖК-дисплеями (LCD), такими як вищий контраст, кращі кути огляду, швидший час відгуку і нижче споживання енергії.

На основі проаналізованої інформації обрано OLED-дисплей, так як він має швидкий час відгуку, споживає небагато енергії, а також має широкий кут огляду близько 180-градусів.

Характеристика:

- Роздільна здатність (Resolution): Кількість пікселів, які можуть бути відображені на дисплеї.
- Кольорова гама (Color Depth): Кількість кольорів, які можуть бути відображені на дисплеї.
- Розмір (Size): Фізичні розміри дисплею в дюймах або сантиметрах.
- Контрастність (Contrast Ratio): Відношення яскравості між найтемнішими та найсвітлішими областями дисплею.
- Частота оновлення (Refresh Rate): Кількість разів за секунду, які дисплей може оновити свій зображення.

Виробники LCD-дисплеїв:

- Samsung: Відомий виробник електронних компонентів, який пропонує широкий асортимент LCD дисплеїв для різних застосувань.
- LG Display: Ще один провідний виробник LCD панелей, який відомий своїми технологіями дисплеїв високої якості.
- Innolux: Тайванська компанія, яка спеціалізується на виробництві LCD дисплеїв для різних пристроїв.
- Sharp: Японський виробник електроніки, який також виробляє LCD дисплеї для різних застосувань [12].

На основі проаналізованої інформації обрано дисплей Adafruit SSD1306 128x64 OLED тому що він має низьке споживання енергії, широкий кут

огляду, має велику швидкість оновлення, а також простий дизайн і легкий використання, підключенні та програмуванні.

2.5 Обґрунтування кнопок

Кнопка, також відома як перемикач або кнопка натискання, є простим електромеханічним пристроєм, призначеним для створення електричного контакту під час натискання. Кнопки використовуються в безлічі пристроїв та систем, від електроніки споживчого призначення до промислових установок. Вони є одними з найпоширеніших елементів в будь-якому електронному пристрої і використовуються для різних функцій, від ввімкнення та вимкнення до навігації меню та режимів роботи.

Які бувають типи кнопок:

- Моментальні (Momentary): Ці кнопки залишаються у натиснутому стані лише під час фізичного натискання. Після відпускання кнопки вони повертаються до свого початкового положення.
- Тримальні (Latching): Ці кнопки залишаються у натиснутому або випущеному стані, поки їх знову не натиснуть або не відпустять відповідно.

На основі проаналізованої інформації обрано тримальний тип кнопки, адже вона легка при використанні, не має залипань, довговічна та стабільна. Також вона підтримує певний стан (ввімкнений/вимкнений) лише після одного натискання, що дуже зручно.

Характеристика:

- Конструкція (Construction): Кнопки можуть мати різні конструкції, включаючи кнопки з одним або кількома контактами, кнопки з LED-підсвічуванням тощо.
- Тип підключення (Connection Type): Кнопки можуть бути паяні безпосередньо до плати або мати проводи для підключення.

- Тип контакту (Contact Type): Кнопки можуть мати замкнені (NC - Normally Closed), відкриті (NO - Normally Open) або комбіновані контакти.

Виробники:

- Omron Corporation: Цей виробник є одним з провідних у галузі виробництва електронних компонентів, включаючи кнопки різних типів.
- TE Connectivity: TE Connectivity виробляє широкий асортимент кнопок для різних застосувань, включаючи промислові та споживчі пристрої.
- C&K Components: Ця компанія виробляє різноманітні електромеханічні компоненти, включаючи кнопки для різних галузей.

На основі проаналізованої інформації обрано кнопку TL1105BF160Q тому що вона довговічна, виготовлена з високоякісних матеріалів, ергономічна, проста у використанні, забезпечує надійний контакт при натисканні, має високу електричну ізоляцію.

2.6 Обґрунтування джерела живлення

Джерело живлення виконує важливу функцію забезпечення електроенергією всіх компонентів системи. Воно повинно забезпечувати стабільну напругу і струм, необхідні для правильного функціонування мікроконтролера, датчиків, дисплея та інших компонентів системи.

Стабільність та надійність:

- Стабільність напруги: Джерело живлення повинно забезпечувати постійну напругу без значних коливань. Коливання напруги можуть спричинити неправильну роботу або навіть пошкодження електронних компонентів.
- Надійність: Вибір надійного джерела живлення з довгим терміном служби та низьким рівнем відмови забезпечить стабільну роботу системи протягом тривалого часу.

- Потужність джерела живлення: Джерело живлення повинно мати достатню потужність для забезпечення електроенергією всіх компонентів системи одночасно. Недостатня потужність може призвести до нестабільної роботи системи або навіть до її вимкнення.

- Розрахунок споживаної потужності: Важливо правильно розрахувати загальне споживання потужності всіма компонентами системи (мікроконтролер, датчики, дисплей, інші периферійні пристрої) і вибрати джерело живлення з відповідним запасом потужності.

Типи джерела живлення:

- AC-DC перетворювачі: Для систем, які підключені до мережі змінного струму, використовуються AC-DC перетворювачі, які перетворюють змінний струм (AC) на постійний струм (DC), необхідний для живлення електронних компонентів.

- DC-DC перетворювачі: У разі використання батарей або інших джерел постійного струму (DC), можуть використовуватися DC-DC перетворювачі для забезпечення потрібної напруги.

На основі проаналізованої інформації обрано DC-DC перетворювач, так як він високо-ефективний, зменшує втрати енергії та покращує продуктивність усієї системи. Також він досить компактний, має стабільну вихідну напругу незважаючи на коливання вхідної напруги або навантаження.

Енергоефективність:

- Коефіцієнт корисної дії (ККД): Вибір енергоефективного джерела живлення з високим ККД зменшує втрати енергії та тепловиділення, що важливо для зменшення енергоспоживання системи.

- Теплові характеристики: Джерело живлення повинно мати добрі теплові характеристики для уникнення перегріву, що може призвести до зниження його ефективності та надійності.

- Захист від перенапруги: Джерело живлення повинно мати вбудований захист від перенапруги, що захистить компоненти системи від можливих стрибків напруги.

- Захист від короткого замикання: Наявність захисту від короткого замикання запобігає пошкодженню джерела живлення та інших компонентів у випадку виникнення короткого замикання в системі.

У системі контролю якості на виробництві косметичної продукції може використовуватися універсальний блок живлення з вихідною напругою 5 В або 12 В, в залежності від вимог компонентів системи.

Такий блок живлення повинен мати достатню потужність для забезпечення одночасного живлення мікроконтролера, датчиків, дисплея та інших периферійних пристроїв. Наприклад, для живлення мікроконтролера та датчиків може знадобитися потужність 10 Вт, а для дисплея ще додатково 5 Вт, отже загальна потужність джерела живлення повинна бути не менше 15 Вт з деяким запасом для стабільної роботи [13].

На основі проаналізованої інформації обрано блок живлення Adafruit 328 Li-Pro адже він має високу ємність, надійний та безпечний, має захист від перенапруги і заряджається за допомогою USB.

2.7. Обґрунтування динаміка

Динамік – це електронний пристрій, який перетворює електричний сигнал на звукові хвилі. Він використовується для відтворення аудіо сигналів у великому діапазоні застосувань, включаючи пристрої звукового сповіщення, аудіо програвачі, телефони, комп'ютери, медичне обладнання та інші пристрої. Зазвичай динаміки мають магнітний драйвер, котрий створює звукові хвилі, коли електричний сигнал проходить через намагнічену котушку. Рух котушки викликає коливання діафрагми, що створює звук.

Існує кілька типів динаміків, кожен з яких має свої особливості та переваги щодо якості звуку та використання. Ось деякі з найпоширеніших типів динаміків:

1. Динаміки на основі динамічного принципу (Dynamic Drivers):

Це найпоширеніший тип динаміків, який використовується в багатьох аудіо пристроях, таких як навушники, колонки, смартфони тощо. Вони працюють на основі електромагнітного принципу, де електричний сигнал викликає коливання котушки в магнітному полі, що породжує звук. Ці динаміки відомі своєю широкою частотною відповіддю та високою ефективністю.

2. Балансовані арматури (Balanced Armature Drivers):

Цей тип динаміків зазвичай використовується в іншому типі навушників, відомих як внутрішньоканальні навушники або IEM (In-Ear Monitors). Вони пропонують високу чіткість звуку та деталізацію в маленькому форм-факторі. Кожен динамік балансованої арматури відповідає за відтворення певного діапазону частот.

3. Електростатичні динаміки (Electrostatic Drivers):

Цей тип динаміків використовує принцип електростатики для створення звуку. Вони відомі своєю високою деталізацією та чистотою звуку, але зазвичай вимагають спеціального підсилення для роботи. Вони часто зустрічаються у високоякісних аудіо системах та навушниках.

4. П'єзоелектричні динаміки (Piezoelectric Drivers):

Цей тип динаміків використовує п'єзокерамічний матеріал, який реагує на електричний сигнал, щоб створити звукові хвилі. Вони мають високу частотну відповідь, але можуть бути менш ефективними у порівнянні з іншими типами динаміків.

5. Планарні магнітні динаміки (Planar Magnetic Drivers):

Цей тип динаміків використовує планарну технологію для створення звуку. Вони відомі своєю високою деталізацією та широким звуковим

сценарієм, але можуть бути важкими та вимагати потужного підсилення для роботи.

На основі проаналізованої інформації обрано динамік на основі принципу Dynamic Drivers, адже він здатен відтворювати широкий діапазон частот, досягає значної гучності з меншою потужністю, має чистий звук, проста конструкція що робить його менш схильним до поломок, довговічний.

Звукова індустрія налічує безліч виробників, які відомі своєю якістю та інноваціями у виробництві динаміків та аудіо обладнання. Ось декілька відомих виробників:

1. Sennheiser: Німецька компанія, відома своїми високоякісними аудіо пристроями, включаючи навушники, мікрофони та аудіо системи.
2. Bose: Американська компанія, відома своїми інноваційними аудіо системами та активним шумозаглушенням.
3. Sony: Японська компанія, що виробляє широкий спектр аудіо техніки, включаючи навушники, аудіо системи, та динаміки.
4. Beyerdynamic: Німецька компанія, що спеціалізується на виробництві високоякісних аудіо пристроїв, таких як навушники та мікрофони.
5. JBL (a division of Harman International): Американська компанія, відома своїми аудіо системами та динаміками, які часто використовуються у великих заходах та концертах.
6. Audio-Technica: Японська компанія, яка виробляє широкий асортимент аудіо техніки, включаючи навушники, мікрофони та звукознімачі.
7. Focal: Французька компанія, відома своїми високоякісними аудіо системами та навушниками, які виготовляються з великою увагою до деталей.

8. Klipsch: Американська компанія, відома своїми динаміками та аудіо системами високої якості, які відрізняються потужним звуком та елегантним дизайном.[14]

На основі проаналізованої інформації обрано динамік Adafruit SPKR-8 Mini 8 Ohm Speaker адже він має низьку споживану потужність, легкий для установки, компактних розмірів, має якісний з чіткою передачею аудіосигналу, підходить для сповіщень.

2.8. Обґрунтування wi-fi модуля

Сучасні комп'ютеризовані системи контролю якості потребують не лише локального збору та відображення вимірювальних даних, але й можливості їх дистанційного передавання та збереження. Для системи контролю якості на виробництві косметичної продукції це є особливо важливим, оскільки дозволяє здійснювати постійний моніторинг технологічних параметрів без безпосередньої присутності оператора.

Використання Wi-Fi модуля забезпечує передачу результатів вимірювань (рН, показників якості повітря, наявності парів спирту, параметрів кольору) на віддалений комп'ютер, сервер або веб-інтерфейс. Це дає змогу:

- оперативно контролювати стан виробничого процесу;
 - зберігати історію вимірювань для подальшого аналізу;
 - підвищити рівень автоматизації та надійності системи;
- зменшити вплив людського фактора на процес контролю якості.

Таким чином, впровадження бездротового каналу зв'язку є доцільним та необхідним для реалізації функції дистанційного моніторингу параметрів системи.

Для реалізації дистанційної передачі даних у мікроконтролерних системах можуть використовуватися різні бездротові технології, зокрема Bluetooth, GSM/GPRS та Wi-Fi.

Використання Bluetooth обмежене невеликою дальністю зв'язку та не забезпечує зручного доступу до даних через мережу Інтернет. GSM-модулі потребують використання SIM-карт, додаткових фінансових витрат та мають складнішу апаратну й програмну реалізацію.

Найбільш доцільним варіантом для стаціонарної системи контролю є Wi-Fi зв'язок, оскільки він забезпечує високу швидкість передачі даних, стабільність роботи, можливість інтеграції з локальною мережею підприємства та доступ до веб-інтерфейсів без додаткових експлуатаційних витрат.

Серед існуючих Wi-Fi модулів для мікроконтролерних систем (ESP-01, ESP-07, ESP-12, ESP-32) для даної системи обрано Wi-Fi модуль типу ESP-12S, побудований на базі мікросхеми ESP8266.

Вибір модуля ESP-12S зумовлений такими перевагами:
– малі габаритні розміри, що дозволяють легко інтегрувати модуль у структуру системи;

– підтримка стандарту IEEE 802.11 b/g/n, що забезпечує стабільний бездротовий зв'язок;

– наявність достатньої кількості виводів введення-виведення для гнучкого підключення;

– простота взаємодії з основним мікроконтролером через інтерфейс UART;

– низька вартість та висока доступність на ринку;

– широка програмна підтримка та велика кількість готових бібліотек.

У порівнянні з більш потужними модулями, такими як ESP32, модуль ESP-12S є оптимальним за співвідношенням функціональних можливостей, вартості та складності реалізації, оскільки для даної системи не потребується надлишкова обчислювальна потужність [15].

Отже, вибір Wi-Fi модуля ESP-12S є технічно обґрунтованим та доцільним рішенням для реалізації функції дистанційної передачі даних у

комп'ютеризованій системі контролю якості на виробництві косметичної продукції.

2.9. Структурна схема

Нижченаведена схема ілюструє загальну структуру системи, де різні датчики збирають інформацію і передають її на мікроконтролер, який обробляє дані і керує іншими пристроями, такими як дисплей, динамік, wi-fi модуль і кнопка.

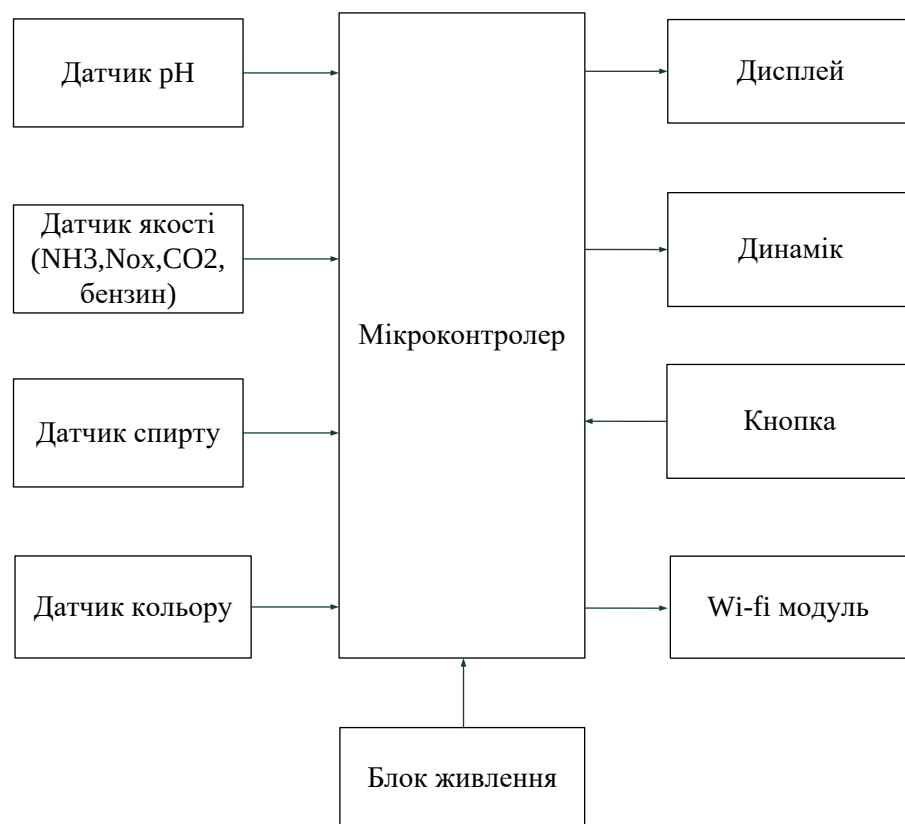


Рис.2.1 Структурна схема системи

На схемі зображені наступні складові:

1. Датчик рН – цей сенсор підключений до мікроконтролера.
2. Датчик якості повітря (NH₃, NO_x, CO₂, бензин) – цей сенсор також підключений до мікроконтролера.
3. Датчик спирту – підключений до мікроконтролера.
4. Блок живлення – підключений до мікроконтролера.

5. Мікроконтролер – центральний елемент, до якого підключені всі інші компоненти.
6. Кнопка – підключена до мікроконтролера.
7. Динамік – підключений до мікроконтролера.
8. Wi-fi модуль – підключений до мікроконтролера/
9. Дисплей – підключений до мікроконтролера.

Висновок до 2 розділу

У другому розділі було розглянуто склад та принцип побудови комп'ютеризованої системи контролю якості на виробництві косметичної продукції. Проведено аналіз функціональних вимог до системи та здійснено обґрунтований вибір основних апаратних компонентів, зокрема датчиків контролю фізико-хімічних параметрів, мікроконтролера та модуля бездротового зв'язку.

На основі обраних елементів розроблено структурну схему системи, яка відображає взаємозв'язок між складовими та забезпечує модульний принцип побудови. Запропонована структура дозволяє здійснювати локальний та дистанційний моніторинг параметрів, підвищує рівень автоматизації процесу контролю якості та створює передумови для подальшого розширення функціональних можливостей системи.

Таким чином, побудована структурна схема та обраний склад апаратних засобів забезпечують реалізацію поставлених завдань і відповідають вимогам до сучасних комп'ютеризованих систем контролю якості.

3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ТА ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

3.1. Опис складових елементів системи

У даному розділі наведено детальний опис основних складових комп'ютеризованої системи контролю якості на виробництві косметичної продукції. Кожен із компонентів виконує визначену функцію та є важливим для забезпечення коректної роботи системи, а також досягнення необхідної точності, надійності та оперативності вимірювань.

Ключовим елементом системи є мікроконтролер ATmega328, який виконує функції центрального керуючого пристрою. Він забезпечує обробку вимірювальної інформації, керування роботою підключених датчиків, виконавчих елементів та організацію обміну даними з іншими модулями системи.

У розділі також розглянуто комплекс датчиків, що використовуються для контролю основних параметрів якості. До них належать датчик якості повітря MQ-135, призначений для вимірювання концентрацій газів (NH_3 , NO_x , CO_2 , пари бензину), датчик рН для контролю кислотності косметичної продукції, датчик спирту MQ-3 для визначення концентрації парів етанолу, а також датчик кольору TCS3200, який забезпечує контроль кольорових характеристик косметичних виробів.

Окрему увагу приділено Wi-Fi модулю ESP-12S, який забезпечує бездротову передачу вимірювальних даних до віддаленого користувача або інформаційної системи. Використання даного модуля дозволяє реалізувати функцію дистанційного моніторингу параметрів у режимі реального часу та підвищує рівень автоматизації системи.

Для відображення інформації користувачеві використовується LCD-дисплей, який забезпечує зручний інтерфейс і відображає поточні значення вимірюваних параметрів та стан системи. Динамік застосовується для подачі звукових сигналів у разі виникнення аварійних або попереджувальних ситуацій. Кнопка керування забезпечує взаємодію користувача із системою,

зокрема запуск, зупинку або ініціалізацію процесу вимірювань. Електроживлення всіх компонентів здійснюється за допомогою блоку живлення, що гарантує стабільну та автономну роботу системи.

Таким чином, у даному розділі детально описано склад комп'ютеризованої системи, призначення кожного з її елементів та їхню роль у забезпеченні ефективної роботи системи контролю якості, що дозволяє досягти поставленої мети проєкту та відповідати сучасним вимогам до виробництва косметичної продукції.

3.2.Вибір мікроконтролера

Мікропроцесор ATmega328 є центральним компонентом багатьох вбудованих систем завдяки своїй надійності, ефективності та універсальності. Він широко використовується в різних проєктах, включаючи системи контролю якості на виробництві косметичної продукції. ATmega328 (рис.4.1) використовується у багатьох проєктах завдяки своїй гнучкості та широким можливостям. Його широкі можливості роблять його ідеальним вибором для систем контролю якості на виробництві косметичної продукції.

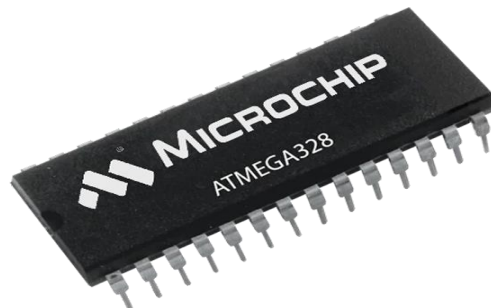


Рисунок 3.1 Мікроконтролер ATmega328

ATmega328 побудований на основі архітектури AVR RISC (Reduced Instruction Set Computer), що забезпечує високу продуктивність і ефективність за рахунок використання меншої кількості команд процесора для виконання завдань.

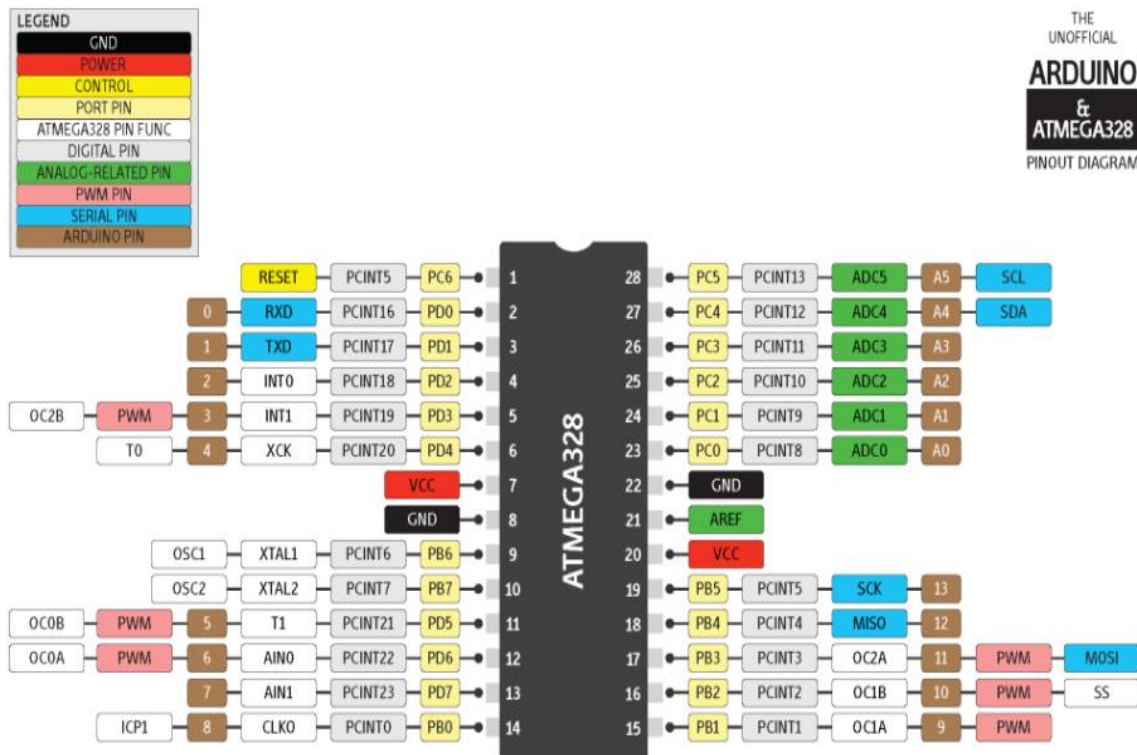


Рисунок 3.2 Розташування виводів АТmega328

- Флеш-пам'ять: 32 КБ (Кілобайт) пам'яті програм, що дозволяє зберігати велику кількість коду.
- SRAM: 2 КБ оперативної пам'яті для виконання поточних обчислень.
- EEPROM: 1 КБ для зберігання довгострокових даних, таких як конфігураційні параметри.
- Максимальна частота тактування становить 20 МГц, що забезпечує швидку обробку даних і виконання команд.
- Цифрові і аналогові входи/виходи: 23 лінії введення/виведення, з яких 6 каналів можуть використовуватися як аналогові входи (ADCs).
- ШІМ-виходи: 6 каналів ШІМ (широтно-імпульсна модуляція) для точного керування аналоговими сигналами.

- Універсальні асинхронні прийомо-передатчики (USART): 1 канал для серійного зв'язку.
- Інтерфейси SPI та I2C: Підтримка протоколів для спілкування з іншими мікроконтролерами і периферійними пристроями.
- Відрізняється низьким енергоспоживанням, що дозволяє використовувати його в автономних системах з обмеженим джерелом живлення.
- Вбудовані таймери і лічильники: 3 таймери, два 8-бітові і один 16-бітовий.
- Переривання: Підтримка апаратних і програмних переривань для ефективного керування завданнями в режимі реального часу.
- Вбудовані системи контролю: Використовується в системах контролю якості на виробництві, включаючи контроль параметрів косметичної продукції.
- Автоматизація: Застосовується в системах автоматизації для керування різними процесами, такими як керування двигунами, світлом та іншими пристроями.
- Розумні пристрої: Використовується в розумних будинках та IoT (Internet of Things) для підключення та керування різними сенсорами та пристроями.

Відомі виробники

- Microchip Technology: Нинішній виробник мікроконтролерів ATmega328 після придбання компанії Atmel.
- Arduino: Популярні платформи, такі як Arduino Uno, використовують ATmega328 в якості основного мікроконтролера, що робить його доступним для широкого кола користувачів [16].

3.3. Вибір датчика якості повітря

Датчик MQ-135 є одним з найпоширеніших сенсорів, що використовується для визначення якості повітря шляхом вимірювання концентрації різних газів. Він відомий своєю чутливістю до багатьох забруднюючих речовин, таких як аміак (NH_3), оксиди азоту (NO_x), діоксид вуглецю (CO_2) і бензин, що робить його корисним для широкого спектра застосувань.

MQ-135 працює на основі зміни електричного опору чутливого елемента, виготовленого з діоксиду олова (SnO_2), при контакті з газами. При зміні концентрації газів змінюється провідність чутливого елемента, що дозволяє виміряти їх рівень.

Висока чутливість до аміаку (NH_3), діоксиду азоту (NO_x), діоксиду вуглецю (CO_2) та бензину. Це дозволяє використовувати його для моніторингу якості повітря в приміщеннях та на виробництвах.

Аналоговий вихідний сигнал, що залежить від концентрації газів. Більшість мікроконтролерів можуть легко обробляти цей сигнал для подальшого аналізу.

Датчик може виявляти гази в діапазоні від 10 до 1000 частин на мільйон (ppm), що є достатнім для багатьох практичних застосувань.

Низьке енергоспоживання, що робить його придатним для використання в автономних системах з обмеженим живленням.

Датчик може працювати в температурному діапазоні від -20°C до $+50^\circ\text{C}$, що дозволяє його використовувати в різних кліматичних умовах.

Зовнішній вигляд датчика MQ-135 представлений на рис.3.3. Схема підключення датчика MQ-135 до мікроконтролеру представлена на ис.3.4.



Рисунок 3.3 Датчик MQ-135

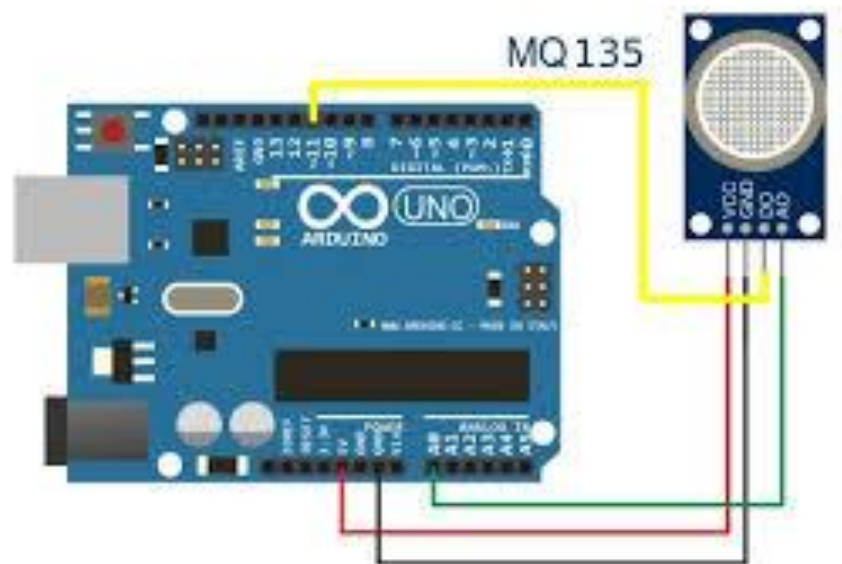


Рис. 3.4 Схема підключення датчику MQ-135

MQ-135 широко використовується в різних галузях завдяки своїй універсальності та надійності:

- Моніторинг якості повітря: Використовується для вимірювання концентрації забруднювачів у повітрі в житлових та робочих приміщеннях, на виробництвах та в лабораторіях.

- Системи вентиляції та кондиціонування: Допомогає контролювати якість повітря, автоматично вмикаючи або вимикаючи системи вентиляції та кондиціонування.

- Екологічний моніторинг: Застосовується для виявлення забруднення повітря на відкритих територіях та в містах.

- Системи безпеки: Використовується в системах виявлення витоку газів для забезпечення безпеки в будівлях та на промислових об'єктах.

Відомі виробники:

- Winsen Electronics: Один з провідних виробників датчиків MQ-135, відомий своєю якістю та надійністю продукції.

- Hanwei Electronics: Китайський виробник, що спеціалізується на сенсорах для виявлення газів, включаючи модель MQ-135.

- SainSmart: Постачає модулі на базі датчика MQ-135, готові до використання з популярними платформами, такими як Arduino.

Переваги використання MQ-135:

1. Датчик може виявляти різноманітні гази, що робить його універсальним інструментом для моніторингу якості повітря.

2. Завдяки високій чутливості до різних газів, MQ-135 дозволяє точно визначати рівень забруднення.

3. Легко інтегрується з мікроконтролерами, такими як Arduino, що спрощує розробку систем контролю та моніторингу.

4. Відносно низька вартість робить цей датчик доступним для широкого кола користувачів, від аматорів до професіоналів.

Недоліки та обмеження:

1. Датчик потребує періодичного калібрування для забезпечення точних вимірювань.

2. Вплив температури та вологості:

3. Зміни температури та вологості можуть впливати на точність вимірювань, тому необхідно враховувати ці фактори при використанні датчика [17].

3.4. Вибір датчика вмісту спирту

Датчик MQ-3 є популярним сенсором для виявлення концентрації спирту в повітрі. Завдяки своїй високій чутливості та швидкій реакції, він широко використовується в різних галузях, від портативних алкогольних тестерів до систем контролю безпеки.

Основні характеристики:

1. MQ-3 працює на основі зміни електричного опору чутливого елемента, виготовленого з діоксиду олова (SnO_2), який реагує на присутність парів алкоголю. При збільшенні концентрації алкоголю в повітрі, опір чутливого елемента зменшується.

2. Висока чутливість до парів етилового спирту ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Датчик може визначати навіть невеликі концентрації алкоголю.

3. Аналоговий вихідний сигнал, пропорційний концентрації алкоголю в повітрі. Це дозволяє мікроконтролерам легко обробляти цей сигнал для подальшого аналізу.

4. Датчик може виявляти алкоголь у діапазоні від 0.05 до 10 мг/л, що робить його придатним для широкого спектра застосувань.

5. Низьке енергоспоживання, що робить його придатним для використання в автономних пристроях.

6. Датчик може працювати в температурному діапазоні від -10°C до $+50^\circ\text{C}$, що дозволяє його використовувати в різних кліматичних умовах.

Зовнішній вигляд датчику MQ-3 представлений на рис.4.5. підключення до мікроконтролеру представлено на рис.4.6.



Рисунок 4.5. Датчик MQ-3

- Системи безпеки: Застосовується в системах контролю безпеки для виявлення алкоголю в повітрі в різних середовищах, наприклад, на робочих місцях.
- Автомобільні системи: Використовується в автомобільних системах для контролю рівня алкоголю у водія перед початком руху, запобігаючи п'яному водінню.
- Лабораторії: Застосовується в лабораторних умовах для дослідження та моніторингу концентрації алкоголю в повітрі.
- Відомі виробники
- Winsen Electronics: Один з провідних виробників датчиків MQ-3, відомий своєю якістю та надійністю продукції.
- Hanwei Electronics: Китайський виробник, що спеціалізується на сенсорах для виявлення газів, включаючи модель MQ-3.
- SainSmart: Постачає модулі на базі датчика MQ-3, готові до використання з популярними платформами, такими як Arduino.

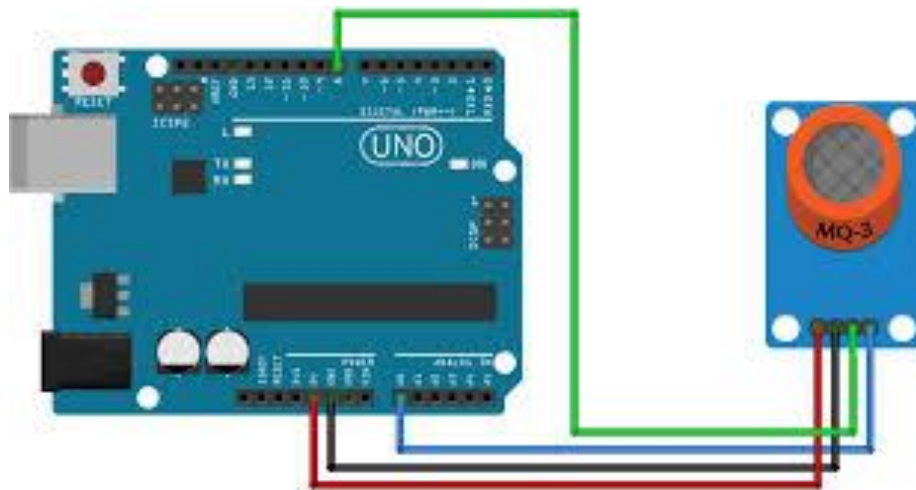


Рисунок 4.6 Схема підключення датчика MQ-3 до Ардуіно Уно

Переваги використання MQ-3:

1. Датчик має високу чутливість до парів етилового спирту, що дозволяє точно визначати рівень алкоголю в повітрі.
2. Швидкий час відгуку забезпечує оперативне виявлення змін у концентрації алкоголю.

3. Легко інтегрується з мікроконтролерами, такими як Arduino, що спрощує розробку систем контролю та моніторингу.

4. Відносно низька вартість робить цей датчик доступним для широкого кола користувачів, від аматорів до професіоналів.

Недоліки та обмеження:

1. Датчик потребує періодичного калібрування для забезпечення точних вимірювань.

2. Хоча MQ-3 спеціалізується на виявленні алкоголю, присутність інших газів може впливати на точність вимірювань [18].

3.5. Вибір датчика вмісту рН

Аналоговий рН-датчик є важливим інструментом для вимірювання рівня кислотності чи лужності розчинів. Цей датчик широко використовується в різних галузях, таких як косметологія, хімічна промисловість, сільське господарство, водоочисні станції та виробництво харчових продуктів.

Зовнішній вигляд датчика рН представлений на рис.3.7. Схема підключення представлена на рис.3.8.



Рисунок 3.7. Аналоговий датчик рН для Arduino

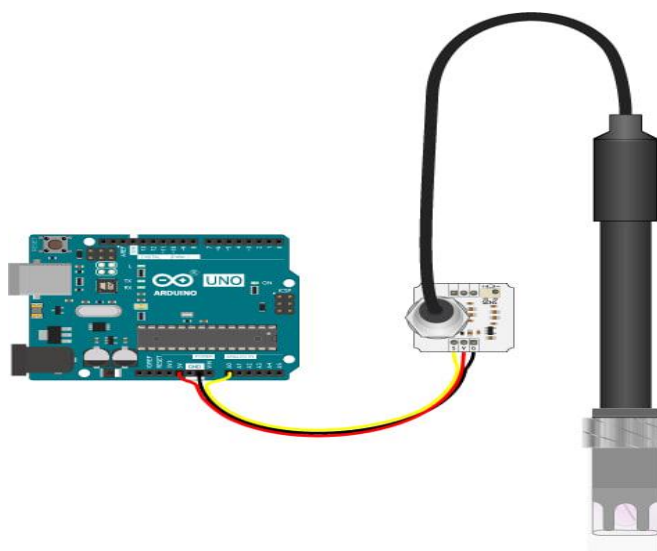


Рисунок 3.8 Схема підключення аналогового датчика рН

Основні характеристики:

3. рН-датчик працює на основі електрохімічної реакції між чутливим електродом та іонами водню в розчині. Ця реакція створює електричний потенціал, який змінюється в залежності від концентрації іонів водню (H^+) і вимірюється датчиком.

4. Чутливий елемент датчика, зазвичай виготовлений з скла, покритого спеціальним гелем. Він реагує на концентрацію іонів водню в розчині.

5. Аналоговий вихідний сигнал, який може бути легко зчитаний мікроконтролером, таким як Arduino. Вихідна напруга варіюється в межах 0-5 В і відповідає значенню рН від 0 до 14.

6. Датчик може вимірювати рН в діапазоні від 0 до 14, що охоплює всі можливі значення кислотності та лужності розчинів.

7. Датчик може працювати в температурному діапазоні від $0^{\circ}C$ до $60^{\circ}C$, що дозволяє його використовувати в різних умовах.

8. Датчик потребує періодичного калібрування за допомогою стандартних буферних розчинів для забезпечення точних вимірювань.

Аналоговий рН-датчик широко використовується в різних галузях завдяки своїй здатності точно визначати рівень рН:

- Хімічна промисловість: Використовується для контролю процесів, що вимагають точного регулювання рівня рН.
- Сільське господарство: Допомагає визначати кислотність ґрунту, що важливо для оптимального росту рослин.
- Водочисні станції: Використовується для контролю рівня рН води, що забезпечує її безпеку для споживання.
- Харчова промисловість: Контролює рівень рН в продуктах харчування та напоях, що важливо для якості та безпеки продукції.
- Лабораторії: Використовується в наукових дослідженнях для точного вимірювання кислотності чи лужності різних розчинів.
- Відомі виробники.
- DFRobot: Відомий виробник, що пропонує високоякісні рН-датчики, сумісні з платформою Arduino.
- Atlas Scientific: Спеціалізується на виробництві високоточних сенсорів, включаючи рН-датчики.
- Gravity: Бренд, відомий своїми надійними та доступними аналоговими рН-датчиками для аматорів і професіоналів.

Переваги використання рН-датчика:

Датчик забезпечує точні вимірювання рН, що важливо для багатьох наукових і промислових застосувань.

Легко інтегрується з мікроконтролерами, такими як Arduino, що спрощує розробку систем контролю та моніторингу.

Датчик може вимірювати рН в широкому діапазоні від 0 до 14, що охоплює всі можливі значення кислотності та лужності розчинів.

Висока надійність та довговічність, що робить датчик придатним для тривалого використання в різних умовах.

Калібрування. Датчик потребує регулярного калібрування для забезпечення точних вимірювань, що може бути трудомістким процесом.

Вплив температури. Вимірювання можуть залежати від температури розчину, тому іноді необхідно використовувати додаткові температурні компенсації [19].

3.6. Вибір датчику кольору

TCS3200 – це програмований колірний датчик, який перетворює світло на частоту. Він має масив фотодіодів, покритих кольоровими фільтрами (червоний, зелений, синій і прозорий), і вбудований генератор частот.

Користувач може програмувати вихідну частоту датчика для кожного кольору, що дозволяє точно вимірювати інтенсивність кольору.

Зовнішній вигляд датчику кольору представлений на рис.3.9. підключення датчику кольору до мікроконтролеру представлений на рис.3.10.



Рис. 3.9 Датчик кольору

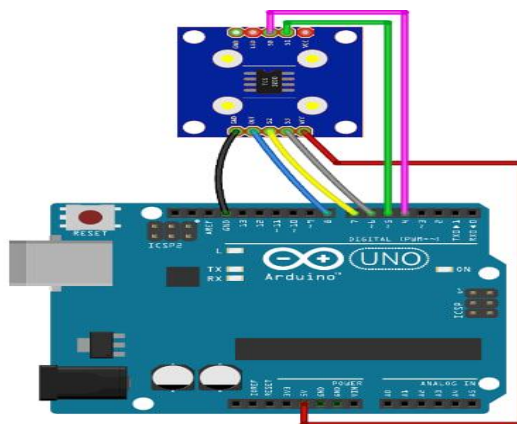


Рис. 3.10 Схема підключення датчика кольору

Основні характеристики

- Виробник: AMS (раніше Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc.);
- Модель: TCS3200;
- Тип датчика: Колірний датчик (RGB);
- Живлення: 2.7В – 5В;
- Інтерфейс: Цифровий;
- Вихідний сигнал: Частота;
- Споживаний струм: Типово 2 мА (під час роботи), до 200 нА (в режимі очікування);
- Робочий діапазон температур: -40°C до +85°C;
- Чутливість: Програмована, три режими (100%, 20%, 2%).

Принцип роботи

TCS3200 має масив з 8х8 фотодіодів, покритих різнокольоровими фільтрами:

- 16 діодів з червоним фільтром
- 16 діодів з зеленим фільтром
- 16 діодів з синім фільтром
- 16 прозорих діодів

Вихідна частота генерується пропорційно до інтенсивності світла, яке сприймається відповідними фотодіодами [20].

3.7. Вибір дисплея

Adafruit SSD1306 128x64 OLED Display – це компактний, енергоефективний дисплей, який використовує технологію OLED (Organic Light Emitting Diode) для створення чіткого та контрастного зображення. Для виводу показників якості освітлення достатньо символів в даному дисплеї.

Зовнішній вигляд дисплею SSD1306 OLED представлено на рис.3.11 та схема підключення на рис.3.12.



Рисунок 3.11 Дисплей OLED Adafruit SSD1306

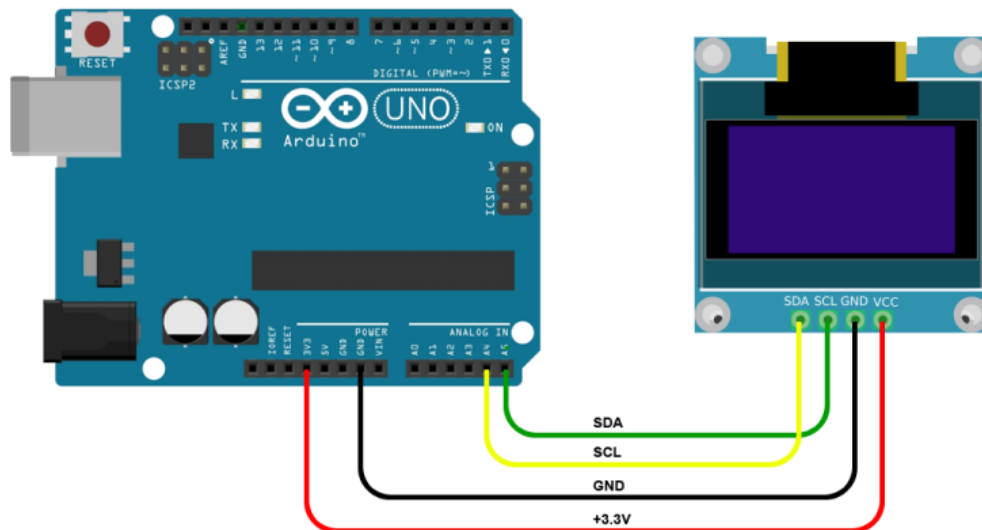


Рисунок 3.12 Схема підключення дисплея

Технічні характеристики SSD1306 OLED:

- Розмір: 128 x 64 пікселі;
- Тип дисплея: OLED;
- Роздільна здатність: 128 x 64 пікселі;
- Крок пікселя: 0.125 мм;
- Область огляду: 160°;
- Контрастність: 1000:1;
- Частота оновлення: 80 Гц;

- Інтерфейс: I2C або SPI;
- Напруга живлення: 3.3В – 5В;
- Споживання струму: 20 мА (типове);
- Робоча температура: -40°C до 80°C;
- Розміри: 30 x 25 x 3 мм;
- Вага: 3 г.

Переваги:

– Компактний: Ідеально підходить для проектів з обмеженим простором.

– Енергоефективний: Споживає мало струму, що робить його ідеальним для портативних пристроїв.

– Чітке зображення: Висока контрастність та чіткість зображення.

– Широкий кут огляду: Зображення чітко видно з різних кутів.

– Простий у використанні: Програмування за допомогою бібліотек Arduino.

Недоліки:

– Не підходить для відображення складних зображень або відео: обмежена роздільна здатність 128 x 64 пікселі.

– Чорно-білий: Не може відображати кольори [21].

3.8.Вибір динаміка

Adafruit SPKR-8 Mini 8 Ohm Speaker – це компактний, простий у використанні динамік, який ідеально підійде для проектів Arduino та буде сумісним з мікроконтролером ATmega328. Він має потужність 0.5 Вт та 8-омний опір, що робить його придатним для різних застосувань.

Характеристики динаміка Adafruit SPKR:

- Тип: Динамік;
- Розмір: 25 x 25 x 10 мм;

- Вага: 3 г;
- Потужність: 0.5 Вт;
- Опір: 8 Ом;
- Чутливість: 88 дБ;
- Діапазон частот: 200 Гц - 10 кГц;
- Інтерфейс: Аналоговий;
- Напруга живлення: 3В – 5В;
- Споживання струму: 50 мА (максимальне);
- Розміри: 25 x 25 x 10 мм.



Рисунок 3.13.Динамік для Arduino

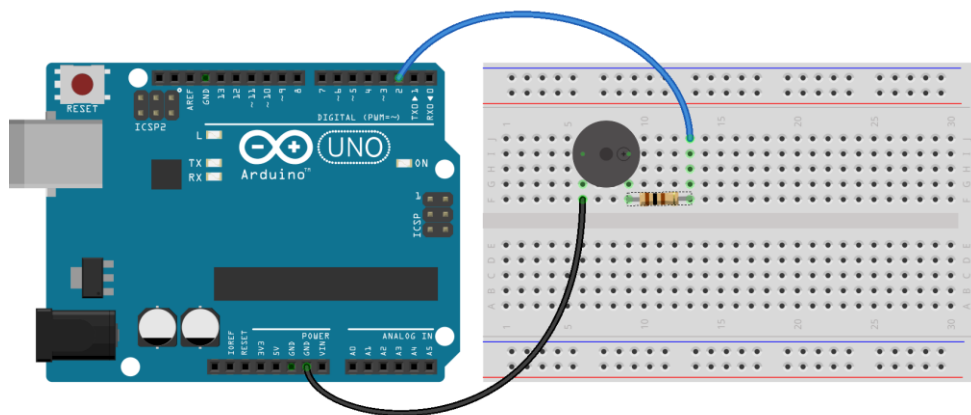


Рисунок 3.14. Схема підключення динаміка

Переваги:

- Компактний: Ідеально підходить для проектів з обмеженим простором.

- Простий у використанні: Підключається до Arduino за допомогою аналогового виходу.

- Низька вартість: Доступний за ціною динамік.

- Якісний звук: Чіткий, чистий звук.

Недоліки:

- Низька потужність: Не підходить для гучного звуку.

- Невеликий діапазон частот: Не може відтворювати дуже низькі або високі частоти[22].

3.9. Опис обраної кнопки

Кнопка TL1105BF160Q – це так звана "тактильна" кнопка, яка зазвичай використовується в електроніці та інших пристроях для здійснення контактів, перемикання функцій або виклику певних подій.



Рисунок 3.15. Кнопка TL1105BF160Q

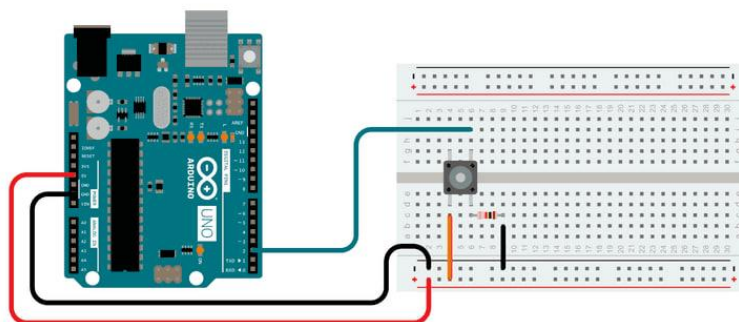


Рисунок 3.16. Схема підключення кнопки

Технічні характеристики:

- Тип кнопки: Тактильна кнопка (Tactile Switch);
- Серія: TL1105;
- Модель: TL1105BF160Q;
- Виробник: E-Switch.
- Напруга комутації: До 12 В постійного струму (DC);
- Максимальний струм комутації: Зазвичай 50 мА;
- Опір контактів: Менше або рівне 100 міліомам (мОм).
- Тип активації: Моментальний;
- Сила натискання: Зазвичай 160 г (грам);
- Термін служби: До 100 000 циклів натискання.
- Висота: Зазвичай 6.5 мм;
- Ширина: Зазвичай 6.2 мм;
- Глибина: Зазвичай 6.2 мм;
- Матеріал корпусу: Зазвичай поліамід (Nylon)
- Матеріал контактів: Срібло (Ag).
- Температурний діапазон: Зазвичай від -20°C до +70°C.
- Тип монтажу: Поверхневий монтаж (SMT);
- Спосіб активації: Відбувається при натисканні кнопки, має відчутний "клік" [23].

3.10. Вибір wi-fi модуля

Для передачі даних показників пропонується використати wi-fi модуль ESP-12S. Зовнішній вигляд представлений на рис.3.17. Призначення виводів представлено на рис.3.18.

Модуль виконаний у форматі ESP-12S і є просунутою версією модуля ESP8266-12 з узгодженим вихідним каскадом та антеною, що значно збільшило чутливість та радіус дії.

Так само особливістю цього модуля є більш економічна робота в активному режимі та ультранизьке споживання в режимі сну та очікування. На модулі виведені користувацькі виходи GPIO, що ще більше розширює можливості побудови на даному модулі систем "розумний дім" та "розумних речей".



Рис.3.17. wi-fi модуль ESP-12S

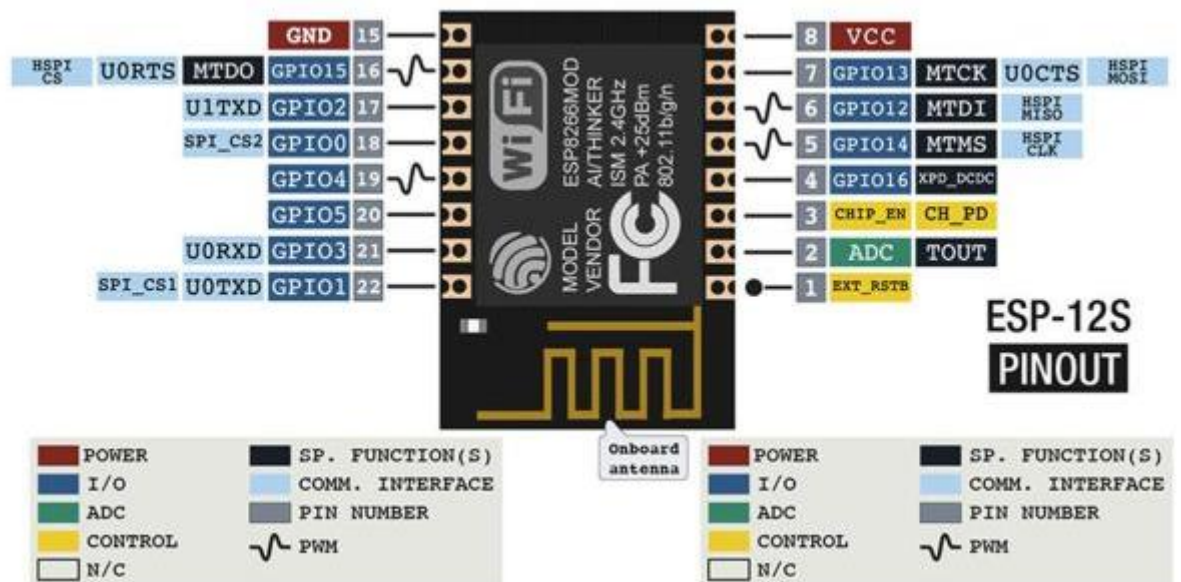


Рис.3.18. Призначення виводів wi-fi модуля ESP-12S

Цей модуль має антену виконану на друкованій платі та підписані висновки, що полегшує його використання. На відміну від молодших моделей, доступна більша кількість портів GPIO, а також режим сну з низьким споживанням живлення. Для використання модуля з безпайковими макетними платами потрібен перехідник, оскільки у модуля крок виводів 2 мм, а не 2.54 мм.

Wi-Fi модуль ESP-12S є компактним бездротовим модулем, побудованим на базі мікросхеми ESP8266EX, та призначений для організації бездротового зв'язку у мікроконтролерних системах. Модуль підтримує стандарт IEEE 802.11 b/g/n і працює в діапазоні частот 2,4 ГГц, що забезпечує стабільну передачу даних у локальних мережах та через мережу Інтернет.

Живлення модуля здійснюється від джерела напруги 3,3 В. ESP-12S характеризується відносно низьким енергоспоживанням, однак у режимі передавання даних можливі короточасні пікові струми, що необхідно враховувати під час проектування системи живлення. Обчислювальну основу модуля становить 32-бітний процесор з тактовою частотою до 80 МГц, що забезпечує виконання мережевих операцій та обробку даних у режимі реального часу.

Модуль має вбудовану флеш-пам'ять та оперативну пам'ять, обсяг яких є достатнім для реалізації мережевих протоколів, обміну даними та виконання користувацьких програм. Для взаємодії з основним мікроконтролером ESP-12S підтримує стандартні інтерфейси обміну даними, зокрема UART, а також може працювати з інтерфейсами SPI та I²C у програмній реалізації.

ESP-12S підтримує основні мережеві протоколи TCP/IP і може працювати в режимах клієнта, точки доступу або комбінованому режимі. Наявність вбудованої антени забезпечує достатню дальність зв'язку як у приміщенні, так і на відкритому просторі. Модуль розрахований на роботу в широкому діапазоні температур, що дозволяє використовувати його в умовах промислової експлуатації.

Завдяки компактним розмірам, доступній вартості та широкій програмній підтримці Wi-Fi модуль ESP-12S є доцільним рішенням для реалізації дистанційної передачі даних у комп'ютеризованій системі контролю якості на виробництві косметичної продукції [24].

3.11. Опис обраного блоку живлення

Аналіз складових елементів системи за напругою живлення приведений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Аналіз складових елементів системи за напругою живлення

№	Компонент	Напруга живлення	Типовий струм споживання	Примітки
1	ATmega328	1,8 – 5V	1-5 мА (активний режим)	Буде працювати на 5V
2	MQ-135	5V	150-180 мА	Нагрівальний елемент
3	MQ-3	5V	150-180 мА	Нагрівальний елемент
4	Аналоговий рН	3,3 – 5V	5-10 мА	Працюватиме на 5V
5	TCS3200	2,7 - 5,5V	2-10 мА	Працюватиме на 5V
6	SSD1306 OLED	5V	10-20 мА	Залежить від яскравості
7	Динамік SPKR-8	4,8V	50-100 мА	Залежить від гучності
8	Кнопка TL1105BF160Q	3,3 – 5V	<1 мА	Мінімальне споживання
9	ESP-12S	3,0 - 3,6V (3,3V)	80-170 мА (піки до 300 мА)	Критичний компонент
10	AMS1117-3.3	Вхід: 4,5-15V / Вихід: 3,3V	Споживання: ~5 мА	Для ESP8266

Враховуючи табл.3.1 для забезпечення стабільної роботи комп'ютеризованої системи контролю якості було обрано живлення від мережевого джерела постійної напруги 5 В. Вибір зумовлений значним струмом споживання газових датчиків із нагрівальними елементами та піковими навантаженнями Wi-Fi модуля ESP-12S.

Блок живлення з вихідним струмом до 2 А забезпечує необхідний запас потужності, стабільність напруги та надійну роботу системи в цілому. Для живлення Wi-Fi модуля використовується стабілізатор напруги AMS1117-3.3, який формує напругу 3,3 В із загальної шини 5 В.

Стабілізатор напруги AMS1117-3.3 (рис.3.19) є лінійним малопадінневим (LDO) регулятором, призначеним для перетворення вхідної постійної напруги у стабілізовану вихідну напругу 3,3 В. Даний стабілізатор широко застосовується у мікроконтролерних та вбудованих системах для живлення чутливих електронних компонентів, зокрема бездротових модулів.

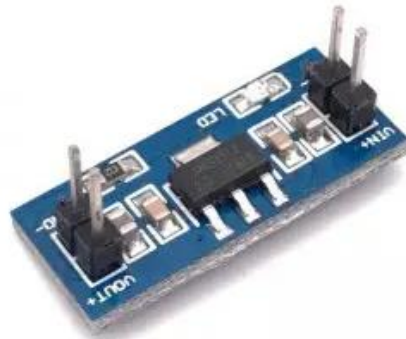


Рис.3.19. Стабілізатор напруги AMS1117-3.3

AMS1117-3.3 працює у діапазоні вхідних напруг приблизно від 4,5 В до 15 В, що дозволяє використовувати його разом із стандартними джерелами живлення 5 В. Максимальний вихідний струм стабілізатора може досягати 800 мА, за умови належного тепловідведення, що є достатнім для живлення Wi-Fi модуля ESP-12S з урахуванням його пікових струмів споживання.

Особливістю AMS1117-3.3 є малий перепад напруги (dropout) між входом і виходом, який становить близько 1,1 В, що забезпечує стабільну роботу навіть при незначних коливаннях вхідної напруги. Для коректного функціонування стабілізатора необхідне використання вхідного та вихідного фільтрувальних конденсаторів, які зменшують пульсації та підвищують стабільність вихідної напруги.

Стабілізатор має вбудований захист від перегріву та обмеження струму, що підвищує надійність роботи системи в цілому. Завдяки простоті підключення, доступності та низькій вартості AMS1117-3.3 є доцільним

рішенням для формування напруги 3,3 В у складі комп'ютеризованої системи контролю якості на виробництві косметичної продукції [25].

Для живлення комп'ютеризованої системи контролю якості обрано мережний адаптер з вихідною напругою 5 В та максимальною силою струму до 2 А, що забезпечує необхідний запас по струму для всіх компонентів системи – мікроконтролера, датчиків, дисплея та Wi-Fi модуля через стабілізатор. Такий адаптер гарантує стабільність напруги та надійну роботу протягом тривалої експлуатації.

Hilda 5В 2А мережний адаптер – мережевий адаптер 5 В/2 А, компактний і з надійною стабілізацією. Підходить для живлення мікроконтролера та нагрівачів газових датчиків.

Зарядний пристрій Hilda 5В 2А мережний адаптер представлений на рис.3.20.



Рис.3.20. Мережний адаптер Hilda 5В 2А

Технічні характеристики мережного адаптеру Hilda 5В 2А:

- Вхід: 110-240 В;
- Вихід: DC 5 В 2 А;
- Полярність потужності: всередині позитивна + і зовні негативна;
- Діаметр штекера (зовнішній та внутрішній) 5,5 x 2,1 мм [26].

Перелік елементів наступний:

- DD1 – мікроконтролер Atmega328;
- DD2 – датчик газу MQ138;
- DD3 – датчик кольору TCS3200;
- DD4 – датчик кислотності pH;
- DD5 – датчик вмісту спирту MQ3;
- DD6 – стабілізатор напруги AMS1117;
- DD7 – wi-fi модуль ESP-12S;
- HA1 – динамік SPKR-8;
- HG1 – OLED-дисплей Adafruit SSD1306;
- SB1 – тактова кнопка TL1105BF160Q;
- R1 – 1 кОм;
- C1 – 100нФ;
- C2 – 4,7мкФ;
- C3 – 10 мкФ;
- C4 – 100 пФ;
- ZQ1 – кварцевий резонатор 16МГц;
- X1 – роз'єм для акумулятора 5В.

3.13. Розробка друкованої плати

Для розробки принципової схеми та топології друкованої плати комп'ютеризованої системи контролю якості на виробництві косметичної продукції було використано середовище EasyEDA. EasyEDA є безкоштовною та багатофункціональною онлайн-системою автоматизованого проєктування, призначеною для створення електронних схем і друкованих плат. Завдяки інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу та широкому набору інструментів дана САПР дозволяє швидко виконувати проєктування як простих, так і складних

плат з високою щільністю розміщення компонентів. Наявність вбудованих бібліотек, засобів перевірки проєкту та покрокових інструкцій значно спрощує процес розробки і робить EasyEDA придатною як для навчальних, так і для професійних проєктів.

Друкована плата системи спроектована як **двошарова**, що дозволило оптимально розмістити всі компоненти, забезпечити надійні електричні з'єднання та зменшити рівень перешкод. Загальні габаритні розміри плати становлять 60×83 мм, що відповідає вимогам компактності та зручності монтажу в корпусі. При проєктуванні плати було враховано технічну зону, необхідну для зручності монтажу, підключення зовнішніх пристроїв та забезпечення тепловідведення.

Центральним елементом друкованої плати є мікроконтролер Atmega328 (DD1) у корпусі розміром 10×10 мм, який забезпечує керування всіма складовими системи. Для стабільної роботи мікроконтролера використовується кварцевий резонатор ZQ1 з частотою 16 МГц, а також обв'язка з резисторів і конденсаторів.

На платі передбачено підключення датчиків контролю якості, зокрема датчика газу MQ138 (DD2), датчика спирту MQ3 (DD5), датчика кислотності pH (DD4) та датчика кольору TCS3200 (DD3). Для кожного з датчиків передбачені відповідні роз'єми та контактні майданчики, що спрощує монтаж і обслуговування системи.

Живлення Wi-Fi модуля ESP-12S (DD7) реалізовано через стабілізатор напруги AMS1117 (DD6), який забезпечує формування стабільної напруги 3,3 В із загальної шини 5 В. Для згладжування пульсацій та стабілізації напруги на платі використано конденсатори C1–C4 різної ємності.

Для взаємодії з користувачем на платі розміщено OLED-дисплей Adafruit SSD1306 (HG1), який підключається через відповідний роз'єм, тактова кнопка SB1, що використовується для керування режимами роботи системи, та динамік HA1 (SPKR-8) для звукової сигналізації.

Живлення всієї системи здійснюється через роз'єм X1, призначений для підключення джерела напруги 5 В або акумулятора. Таке рішення забезпечує гнучкість у виборі джерела живлення та можливість автономної роботи системи.

Таким чином, розроблена друкована плата забезпечує компактне, надійне та функціонально завершене апаратне рішення, що повністю відповідає вимогам комп'ютеризованої системи контролю якості на виробництві косметичної продукції та створює основу для її подальшої практичної реалізації.

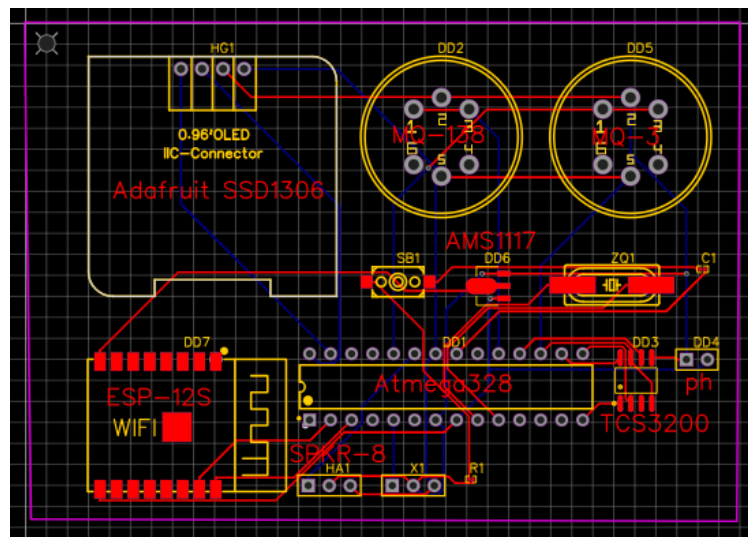


Рис. 3.22. Друкована плата

На рисунку 3.22 видно верхній шар плати, де червоні доріжки відповідають за сигнальні шляхи, а жовті позначають межі компонентів.

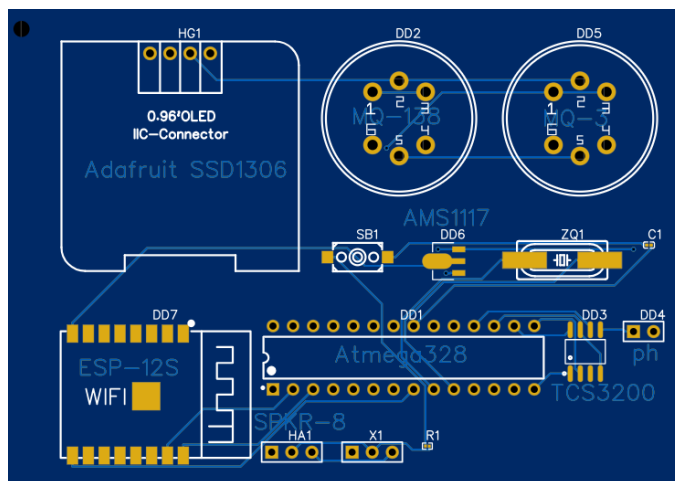


Рис. 3.23. Фінальна версія першого шару плати

На рисунку 3.23 видно фінальну версію плати з розміщеними компонентами та доріжками, виконану в синьому кольорі.

На рисунку 3.24 показаний нижній шар плати, де сині доріжки відповідають за з'єднання між компонентами.

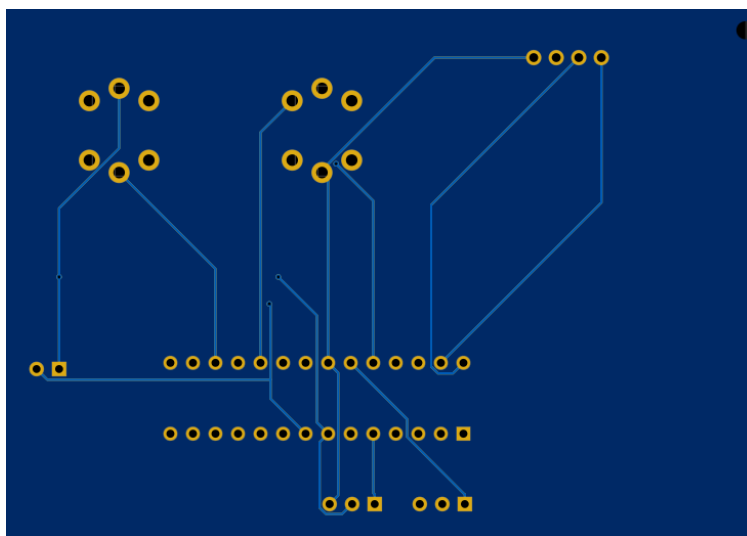


Рис. 3.24. Другий шар плати

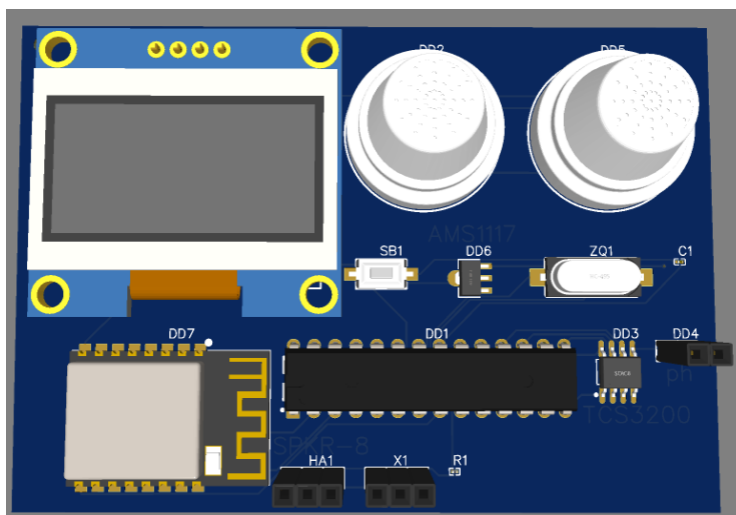


Рис. 3.25. 3 Д модель друкованої плати

Комп'ютеризована система контролю якості на виробництві косметичної продукції виконана в одноплатному конструктиві, що забезпечує компактність, зручність монтажу та зниження собівартості пристрою. Під час вибору конструкції основними критеріями були простота виготовлення, мінімальні габаритні розміри та економічна доцільність.

Корпус пристрою виготовлений із пластику. На лицьовій панелі корпусу передбачено прямокутний виріз розміром 37×50 мм для встановлення OLED-дисплея, а також два круглі отвори діаметром 4 мм для штовхачів тактових кнопок керування. На бічній поверхні корпусу виконано проріз для USB-роз'єму, який використовується для подачі живлення або програмування мікроконтролера, а також невеликий отвір діаметром 1 мм для індикаційного світлодіода.

На верхній кришці корпусу виконано виріз розміром 18×20 мм, розташований навпроти сенсорної зони, що забезпечує коректну роботу датчиків та доступ повітря до газових сенсорів. OLED-дисплей закріплений на друкованій платі за допомогою пористого двостороннього скотчу товщиною 1 мм, що забезпечує надійну фіксацію та зменшує механічні вібрації.

Друкована плата розміщується всередині корпусу таким чином, щоб USB-роз'єм співпадав із відповідним прорізом у корпусі. З боку кнопок плата фіксується за допомогою гайки, встановленої на гвинті М3×20, який закріплений на передній панелі корпусу. Таке рішення забезпечує механічну стабільність плати під час експлуатації пристрою.

Для живлення системи використовується акумулятор або зовнішнє джерело напруги 5 В. Акумулятор закріплений на друкованій платі за допомогою пористого двостороннього скотчу. Роз'єм акумулятора припаяний до плати під невеликим кутом, що дозволяє уникнути механічних перешкод під час закриття задньої кришки корпусу.

У складі пристрою передбачено стабілізатор напруги AMS1117-3.3, який забезпечує формування стабільної напруги 3,3 В для живлення Wi-Fi модуля ESP-12S. Розміщення стабілізатора та модуля на платі виконано з урахуванням вимог тепловідведення та мінімізації перешкод, що забезпечує надійну роботу бездротового зв'язку.

Таким чином, запропоноване конструктивне виконання забезпечує компактність, зручність експлуатації та надійну роботу комп'ютеризованої системи контролю якості на виробництві косметичної продукції, а також створює умови для подальшого вдосконалення та масштабування системи.

Висновки до 3 розділу

У третьому розділі було виконано проектування апаратної частини комп'ютеризованої системи контролю якості на виробництві косметичної продукції. На основі поставлених функціональних вимог розроблено принципову електричну схему системи, яка забезпечує коректну взаємодію мікроконтролера, датчиків, виконавчих елементів, засобів індикації та модуля бездротового зв'язку.

Проведено обґрунтований вибір елементної бази та детально описано призначення і характеристики основних компонентів системи, зокрема мікроконтролера, сенсорів контролю фізико-хімічних параметрів, Wi-Fi модуля та стабілізатора напруги. Особливу увагу приділено питанням електроживлення та узгодження рівнів напруги між окремими вузлами системи.

Також у розділі розглянуто процес розробки друкованої плати у середовищі автоматизованого проєктування, визначено її конструктивні особливості, габаритні розміри та принципи розміщення елементів. Запропоноване схемотехнічне та конструктивне рішення забезпечує компактність, надійність і можливість подальшого розширення функціональних можливостей системи.

Таким чином, результати третього розділу створюють апаратну основу для подальшої реалізації, програмування та практичного впровадження комп'ютеризованої системи контролю якості.

4. РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНОГО ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

4.1 Розробка алгоритму

Алгоритм роботи вимірювальної системи, що представлений на рис. 4.1, складається з декількох етапів. Ввімкнення системи є початком алгоритму. Після цього йде ініціалізація – об'явлення змінних, а саме регістрові змінні та описи бітів змінних. Наступним йде головна програма, в якій відбувається: 1. Вимірювання рН за допомогою підключеного до мікроконтролера ATmega328 датчика; 2. Вимірювання якості повітря (NH₃, NO_x, CO₂, бензин) за допомогою відповідного датчика; 3. Вимірювання рівня спирту; 4. Вимірювання кольору. Також слід пам'ятати про блок живлення, який підключений до мікроконтролера ATmega328 для забезпечення стабільного електроживлення системи.

Далі отримані результати вимірювань датчиків виводяться на дисплей, що підключений до мікроконтролера, відображаються одиниці виміру та значення. Наступним кроком буде подача звукового сигналу через динамік, який також підключений до мікроконтролера, для індикації вимірювань або інших подій. Після, виконується обробка переривань, пов'язаних з різними вимірюваннями та станом системи.

Кульмінацією всього процесу буде запис даних вимірювань в оперативну пам'ять ОЗУ. Далі програма виконає обчислення похідних вимірювань за допомогою множення та ділення.

Потім програма передає по wi-fi модулю оброблені дані на веб-сторінку для відображення.

Завершальним етапом є завершення всієї роботи, результати якої можливо зберегти.

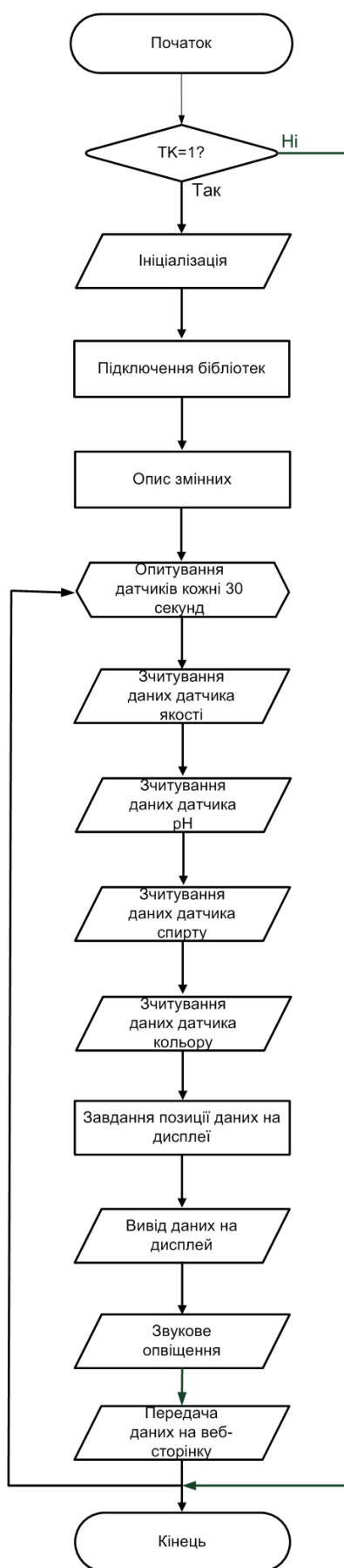


Рис. 4.1 – Блок схема алгоритму системи

Опис алгоритму:

1. Початок роботи: означає початок роботи програми.
2. Перевірка умови натиснення кнопки включення системи. Коли кнопка натиснута, то подається живлення та програма починає своє виконання. В іншому випадку настає кінець програми.
3. Ініціалізація: об'являються змінні, а саме регістрові змінні та описи бітів змінних.
4. Головна програма:
 - Вимірювання рН за допомогою підключеного до мікроконтролера ATmega328 датчика.
 - Вимірювання якості повітря (NH_3 , NO_x , CO_2 , бензин) за допомогою відповідного датчика.
 - Вимірювання рівня спирту.
 - Вимірювання кольору.
5. Виведення інформації на дисплей: виводяться результати вимірювань датчиків на дисплей, підключений до мікроконтролера ATmega328, а також відображаються одиниці виміру та значення.
6. Звукова індикація: звуковий сигнал подається через динамік, підключений до мікроконтролера ATmega328, для індикації різних подій або результатів вимірювань.
7. Передача даних на веб-сторінку: результати вимірювань з датчиків передаються дистанційно по wi-fi модулю на веб-сторінку.

Потім програма замикається на головний цикл та повторюється кожні 30 секунд.
8. Завершення роботи: відбувається в випадку виключення подачі живлення до пристрою.

4.2 Розробка програми

Для розробки програмного забезпечення мікроконтролера ATmega328 та Wi-Fi модуля ESP-12S (ESP8266), що реалізують описану систему, було обрано мову програмування Arduino (C/C++).

Мова програмування Arduino базується на мовах C та C++ і була створена спеціально для спрощення програмування мікроконтролерів. Вона надає зручний синтаксис, велику кількість готових бібліотек та прикладів, що значно спрощує роботу з апаратними компонентами, такими як датчики, модулі зв'язку та виконавчі пристрої.

Вибір мови програмування Arduino обґрунтований такими причинами:

1. Простота використання. Мова Arduino є зрозумілою та легкою для освоєння, що дозволяє швидко розробляти та налагоджувати програми для мікроконтролерів.

2. Підтримка ATmega328. Arduino повністю сумісна з мікроконтролером ATmega328, який використовується у популярних платах Arduino Uno.

3. Підтримка ESP-12S (ESP8266). Для роботи з Wi-Fi модулем ESP-12S існує велика кількість бібліотек, що дозволяють реалізувати бездротове передавання даних.

4. Велика кількість бібліотек. Arduino має широкий набір бібліотек для роботи з датчиками, модулями зв'язку та протоколами обміну даними.

5. Модульність коду. Програма може бути поділена на окремі функції та файли, що спрощує структурування коду.

6. Ефективність. Незважаючи на простоту, програми на Arduino забезпечують достатню швидкодію та компактність, що є важливим для мікроконтролерів з обмеженими ресурсами.

7. Широка спільнота. Велика кількість прикладів і документації спрощує вирішення технічних питань під час розробки.

Для розробки програмного забезпечення було обрано середовище програмування Arduino IDE, яке забезпечує написання, компіляцію та завантаження програм у мікроконтролер ATmega328 та модуль ESP-12S. Arduino IDE має простий інтерфейс, інтегрований компілятор та підтримку великої кількості плат і модулів.

Програмний код системи, що включає декілька датчиків та Wi-Fi модуль ESP-12S, буде структуровано у вигляді окремих функцій. Кожен датчик матиме власну функцію для зчитування та обробки даних, а модуль ESP-12S використовуватиметься для передавання зібраної інформації по бездротовій мережі Wi-Fi.

Програмний код для апаратної частини проекту представлений в Додатку А.

Налаштування датчика pH

Датчик pH зазвичай використовує аналоговий вихід для передачі даних до мікроконтролера. Я буду використовувати аналогово-цифровий перетворювач (ADC) для зчитування значень.

```
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
#define PH_SENSOR_CHANNEL 0 // Канал ADC для датчика pH
void init_adc() {
    ADMUX = (1 << REFS0); // Вибір AREF, внутрішнього 5V напруги живлення
    ADCSRA = (1 << ADEN) | (1 << ADPS2) | (1 << ADPS1) | (1 << ADPS0); //
Включення ADC, прескейлер 128
}
uint16_t read_adc(uint8_t channel) {
    ADMUX = (ADMUX & 0xF8) | (channel & 0x07); // Вибір каналу ADC
    ADCSRA |= (1 << ADSC); // Початок конвертації
    while (ADCSRA & (1 << ADSC)); // Очікування завершення конвертації
    return ADC;
}
uint16_t read_ph() {
    return read_adc(PH_SENSOR_CHANNEL);}
```

Налаштування датчика якості повітря (NH₃, NO_x, CO₂, Бензин)

Цей датчик також використовує аналоговий вихід для передачі даних до мікроконтролера.

```
#define AIR_QUALITY_SENSOR_CHANNEL 1 // Канал ADC для датчика якості
повітря
```

```
uint16_t read_air_quality() {
    return read_adc(AIR_QUALITY_SENSOR_CHANNEL);
}
```

Налаштування датчика спирту

Для датчика спирту використовується аналоговий вихід.

```
#define ALCOHOL_SENSOR_CHANNEL 2 // Канал ADC для датчика спирту
```

```
uint16_t read_alcohol_level() {
    return read_adc(ALCOHOL_SENSOR_CHANNEL);
}
```

Налаштування датчика кольору

Датчик кольору може мати складніший інтерфейс, але якщо він використовує аналоговий вихід для кожного каналу кольору (червоний, зелений, синій), я можу зчитувати їх аналогічно.

```
#define COLOR_SENSOR_RED_CHANNEL 3
#define COLOR_SENSOR_GREEN_CHANNEL 4
#define COLOR_SENSOR_BLUE_CHANNEL 5
uint16_t read_color_red() {
    return read_adc(COLOR_SENSOR_RED_CHANNEL);
}
uint16_t read_color_green() {
    return read_adc(COLOR_SENSOR_GREEN_CHANNEL);
}
uint16_t read_color_blue() {
    return read_adc(COLOR_SENSOR_BLUE_CHANNEL);
}
```

Налаштування OLED-дисплею (Adafruit SSD1306)

Для налаштування OLED-дисплею використовуватимемо бібліотеки Wire.h та Adafruit_SSD1306.h.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
// Налаштування розмірів дисплея
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
// Оголошення об'єкта дисплея
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);
void setup_display() {
    // Ініціалізація дисплея з перевіркою
    if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
        Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
        for (;;) // Безкінечний цикл у разі помилки
    }
    display.display(); // Відображення буферу дисплея
    delay(2000); // Затримка для візуалізації екрану
    display.clearDisplay(); // Очищення дисплея
    // Виведення початкового повідомлення
    display.setTextSize(1);
    display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
    display.setCursor(0, 0);
    display.print("OLED Display Ready");
    display.display();
}
```

Налаштування кнопки (Tactile Switch TL1105BF160Q)

Для налаштування кнопки використовуватимемо один з цифрових входів Arduino з використанням внутрішнього підтягуючого резистора.

```
// Налаштування піну для кнопки
#define BUTTON_PIN 2
void setup_button() {
    pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP); // Встановлення режиму піну з
    підтягуючим резистором
```

```

}

bool is_button_pressed() {
    return digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW; // Повертає true, якщо кнопка
натиснута

```

```

}

```

Налаштування динаміка (Adafruit SPKR-8 Mini 8 Ohm Speaker)

Для налаштування динаміка будемо використовувати один з цифрових виходів Arduino та функцію `tone()`.

```

// Налаштування піну для динаміка
#define SPEAKER_PIN 9

void setup_speaker() {
    pinMode(SPEAKER_PIN, OUTPUT); // Встановлення режиму піну як вихід
}

void play_sound(int frequency, int duration) {
    tone(SPEAKER_PIN, frequency, duration); // Відтворення звуку з заданою
частотою та тривалістю
}

```

Пояснення:

Ініціалізація ADC:

- `init_adc()` виконує налаштування ADC для роботи з внутрішнім опорним напруженням 5V і включає ADC з прескейлером 128.

Читання даних з датчиків:

- `read_adc(uint8_t channel)` читає аналогові дані з обраного каналу.
- Функції `read_ph()`, `read_air_quality()`, `read_alcohol_level()`, `read_color_red()`, `read_color_green()`, `read_color_blue()` читають дані з відповідних датчиків.

Відображення даних на дисплеї:

- `display_value(uint16_t value)` перетворює значення в рядок і виводить його на дисплей.

Звукова індикація:

- `sound_alert()` подає короткий звуковий сигнал через динамік.

Обробка переривань:

- `handle_interrupts()` перевіряє стан кнопки і подає звуковий сигнал при її натисканні.

Налаштування дисплея:

- Ініціалізація дисплея та виведення початкового повідомлення.

Налаштування кнопки:

- Встановлення режиму піну з підтягуючим резистором та функція для перевірки стану кнопки.

Налаштування динаміка:

- Встановлення режиму піну як вихід та функція для відтворення звуку.

WiFi налаштування: Підключення до WiFi мережі відбувається за назвою мережі та паролем до мережі.

```
const char* ssid = "YOUR_WIFI_SSID";      // Назва твоєї WiFi мережі
const char* password = "YOUR_WIFI_PASSWORD"; // Пароль від WiFi
```

Функція підключення до wifi ESP-12S: відбувається під'єднання до існуючої мережі з виводом повідомлень на дисплей системи.

```
void setup_wifi() {
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  display.clearDisplay();
  display.setCursor(0, 0);
  display.print("WiFi connecting...");
  display.display();

  // Підключаємося до WiFi
  WiFi.begin(ssid, password);

  // Чекаємо підключення (максимум 20 спроб по 500мс = 10 секунд)
  int attempts = 0;
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && attempts < 20) {
    delay(500);
```

```

    Serial.print(".");
    attempts++;
}

// Перевіряємо чи підключилися
if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    Serial.println("");
    Serial.println("WiFi connected");
    Serial.println("IP address: ");
    Serial.println(WiFi.localIP()); // Виводимо IP адресу ESP

    // Показуємо IP на дисплеї
    display.clearDisplay();
    display.setCursor(0, 0);
    display.print("WiFi OK!");
    display.setCursor(0, 10);
    display.print("IP: ");
    display.println(WiFi.localIP());
    display.display();
    delay(2000);
} else {
    display.clearDisplay();
    display.setCursor(0, 0);
    display.print("WiFi Failed!");
    display.display();
}
}

```

4.3. Розробка програми для веб-сторінки

Розроблена веб-сторінка для моніторингу контролю якості косметичної продукції представлена на рис.4.2. Код програми веб-сторінки представлений в Додатку Б.

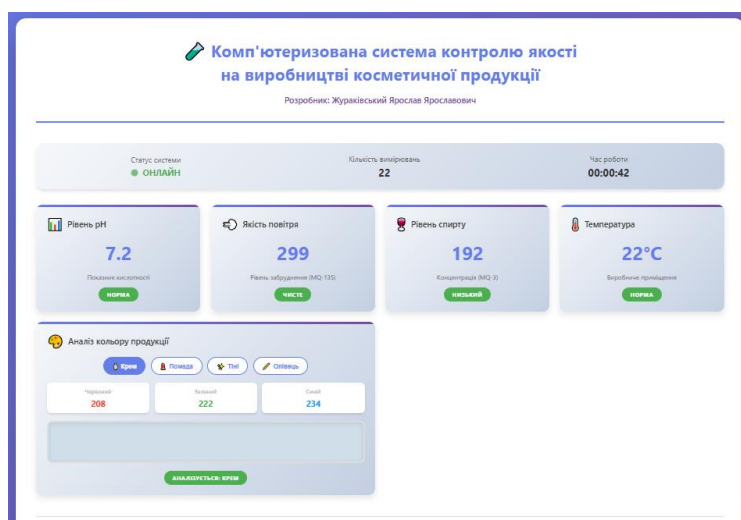


Рис.4.2. Скріншот 1 веб-сторінки

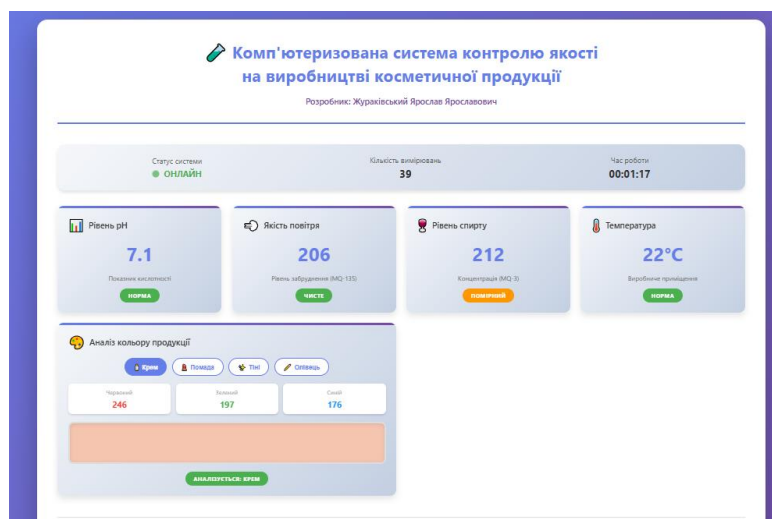


Рис.4.3. Скріншот 2 веб-сторінки

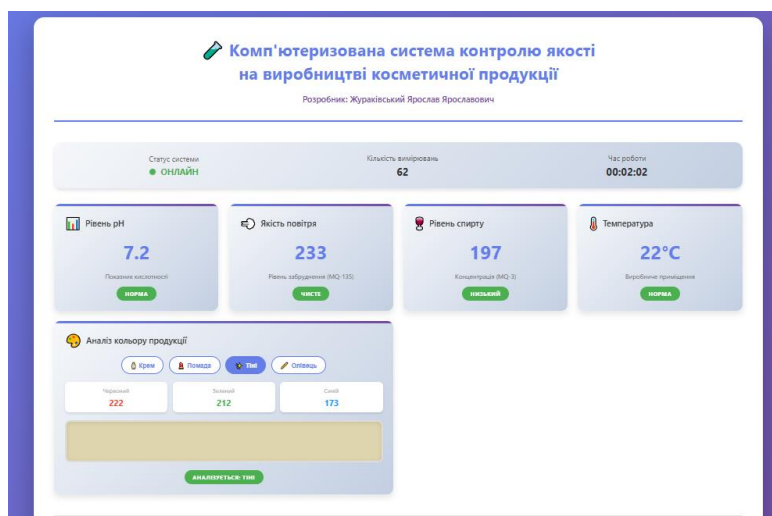


Рис.4.4. Скріншот 3 веб-сторінки

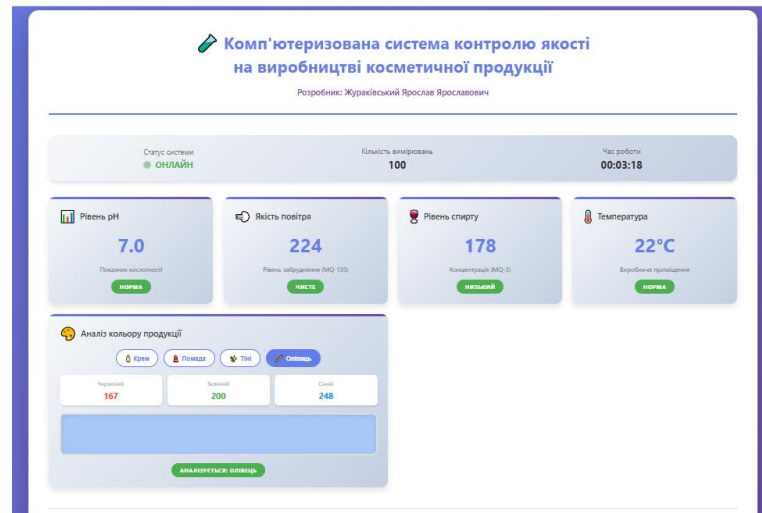


Рис.4.5. Скріншот 4 веб-сторінки

Веб-інтерфейс комп'ютеризованої системи контролю якості на виробництві косметичної продукції розроблено з використанням сучасних веб-технологій, що забезпечує високу продуктивність, адаптивність та зручність використання.

Для створення структури веб-сторінки використано мову розмітки HTML5 (HyperText Markup Language версії 5), яка є стандартом для побудови веб-додатків. HTML5 забезпечує семантичну розмітку елементів інтерфейсу, що покращує доступність та оптимізацію для пошукових систем.

Стилізація інтерфейсу реалізована засобами CSS3 (Cascading Style Sheets версії 3). Використано сучасні можливості CSS3, включаючи градієнти, тіні, закруглені кути, трансформації та анімації. Для забезпечення коректного відображення на різних пристроях застосовано технологію адаптивного дизайну з використанням медіа-запитів (media queries), що дозволяє інтерфейсу автоматично підлаштовуватися під розміри екрану настільних комп'ютерів, планшетів та мобільних телефонів.

Програмна логіка та інтерактивність реалізовані мовою програмування JavaScript стандарту ECMAScript 6 та новіших версій. JavaScript забезпечує динамічне оновлення даних, обробку подій користувача, асинхронну

комунікацію з мікроконтролером ESP12S та керування елементами інтерфейсу в режимі реального часу.

Для візуалізації статистичних даних використано бібліотеку Chart.js версії 4.x, яка надає потужні інструменти для побудови інтерактивних графіків та діаграм. Бібліотека підтримує різні типи візуалізацій, забезпечує плавну анімацію та адаптивність графіків.

Веб-інтерфейс побудовано за модульним принципом, що забезпечує зручність підтримки та можливість масштабування системи. Сторінка складається з декількох функціональних блоків, кожен з яких відповідає за відображення певної групи параметрів або функціоналу.

У верхній частині інтерфейсу розміщено заголовний блок, який містить повну назву системи "Комп'ютеризована система контролю якості на виробництві косметичної продукції" та інформацію про розробника - Жураківського Ярослава Ярославовича. Заголовок виконано в єдиному стилі з використанням фірмового фіолетового кольору, що забезпечує візуальну цілісність інтерфейсу.

Безпосередньо під заголовком розташовано панель статусу системи, яка відображає три ключові параметри роботи: статус підключення до мікроконтролера, загальну кількість проведених вимірювань та час безперервної роботи системи. Статус підключення візуалізовано за допомогою пульсуючого індикатора зеленого кольору та текстової позначки "ОНЛАЙН", що змінюється на "OFFLINE" червоного кольору при втраті зв'язку з обладнанням. Лічильник вимірювань та таймер роботи оновлюються автоматично, надаючи оператору актуальну інформацію про функціонування системи.

Основну частину інтерфейсу займає сітка з чотирьох інформаційних карток, кожна з яких відповідає за відображення даних конкретного датчика. Картки організовано в один горизонтальний ряд на великих екранах, що

забезпечує зручність сприйняття інформації та можливість одночасного моніторингу всіх параметрів.

Окремий блок інтерфейсу, який займає подвійну ширину порівняно зі стандартними картками, призначено для аналізу кольору косметичної продукції. У верхній частині блоку розміщено чотири інтерактивні кнопки для вибору типу продукції: "Крем", "Помада", "Тіні" та "Олівець". Центральну частину блоку займає тривимірна колірна модель RGB з числовими показниками інтенсивності червоного, зеленого та синього компонентів у діапазоні від 0 до 255.

4.4.Методи програмно-алгоритмічної обробки вимірювальної інформації

Проаналізуємо 20 вимірювань вмісту спирту в косметичній продукції. Графік розподілу представлений в таблиці 4.1. та на рис.4.6.

Вибірка X1:

$X1 = [152\ 168\ 145\ 198\ 235\ 176\ 189\ 235\ 163\ 154\ 142\ 278\ 195\ 278\ 167\ 181\ 158\ 345\ 172\ 148];$

Програма для розрахунку наявності грубих помилок та побудови графіків розподілу представлена в Додатку В.

Таблиця 4.1. Розподіл вимірювань вмісту спирту

№	Час вимірювання	Вміст спирту (ppm)	Статус
1	19:38	152	✓ Норма
2	19:43	168	✓ Норма
3	19:48	145	✓ Норма
4	19:53	198	✓ Норма
5	19:58	235	□ Підвищений
6	20:03	176	✓ Норма
7	20:08	189	✓ Норма

8	20:13	235	□ Підвищений
9	20:18	163	✓ Норма
10	20:23	154	✓ Норма
11	20:28	142	✓ Норма
12	20:33	278	□ Підвищений
13	20:38	195	✓ Норма
14	20:43	278	□ Підвищений
15	20:48	167	✓ Норма
16	20:53	181	✓ Норма
17	20:58	158	✓ Норма
18	21:03	345	□ Підвищений
19	21:08	172	✓ Норма
20	21:13	148	✓ Норма



Рис.4.6. Графік розподілу вимірювань вмісту спирту

Середньоарифметичного значення результатів багатократних вимірювань опору для вибірки X1:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i x_i = 193.950.$$

Середньо геометричного значення результатів багатократних вимірювань опору для вибірки X1:

$$G(x) = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_j} = 187.977.$$

Значення медіани результатів багатократних вимірювань фізичної величини опору для вибірки X1:

$$M = \frac{x_{(n/2)} + x_{(n/2)+1}}{2} = 174.000.$$

Оцінки випадкової величини наступні:

Оцінка дисперсії: 52.698.

Середньоквадратичного відхилення середнього значення: 11.784.

Висновок: значення не перевищують допустимий діапазон.

Визначаємо закон розподілу результатів вимірювань на основі побудови гістограми для вибірки X1 рис.4.2.

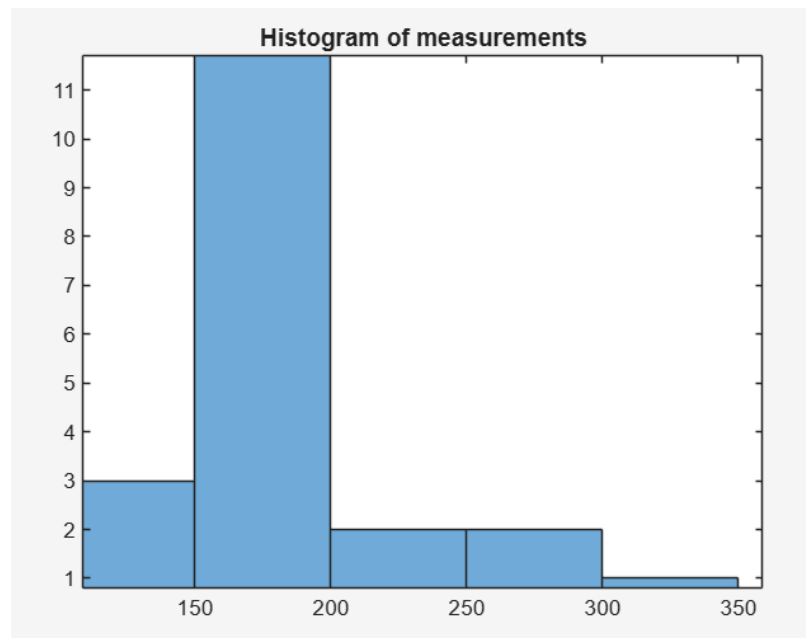


Рис.4.2. Закон розподілу результатів вимірювань на основі побудови гістограми для вибірки X1

Виконуємо перевірку на наявність грубих помилок за критерієм Ірвіна, для цього визначаємо коефіцієнти по формулі (4.2).

Таблиця 4.2. Обрахунок наявності похибки у вибірці за критерієм Ірвіна

<i>N</i>	<i>X1</i>	Похибка
1	152	Відсутня
2	168	Відсутня
3	145	Відсутня
4	198	Відсутня
5	235	Відсутня
6	176	Відсутня
7	189	Відсутня
8	235	Відсутня
9	163	Присутня
10	154	Відсутня
11	142	Присутня
12	278	Присутня
13	195	Присутня
14	278	Відсутня
15	167	Присутня
16	181	Відсутня я
17	158	Відсутня
18	345	Відсутня
19	172	Присутня
20	148	Відсутня

Як бачимо з результатів обчислення, декілько результатів вимірювання вважається помилковим, тому значення 163, 278, 195, 278, 167, 345, 172 потрібно виключити при подальшій обробці результатів спостережень.

За критерієм Романовського обрахуємо помилки табл.4.3.

Таблиця 4.3. Обрахунок наявності похибки у вибірці за критерієм

<i>N</i>	<i>X₁</i>	Похибка
1	152	Відсутня
2	168	Відсутня
3	145	Відсутня
4	198	
5	235	Відсутня
6	176	Відсутня
7	189	Відсутня
8	235	Відсутня
9	163	Відсутня
10	154	Відсутня
11	142	Відсутня
12	278	<i>Присутня</i>
13	195	Відсутня
14	278	<i>Присутня</i>
15	167	Відсутня
16	181	Відсутня
17	158	Відсутня
18	345	<i>Присутня</i>
19	172	Відсутня
20	148	Відсутня

За обрахунками значення з грубою помилкою виявились: 278,278 та 345, при подальшій роботі з вибіркою потрібно виключити ці значення.

Оцінки елімінованого масиву за критерієм Діксона.

Середнє значення: 193.950.

Допустимий діапазон: 193.950 ± 20.503 .

Висновок до 4 розділу

У четвертому розділі були реалізовані та протестовані програмні рішення для різних платформ, що дозволило комплексно підходити до збору, обробки та візуалізації даних:

Програма для мікроконтролера забезпечила автоматизований збір значень вмісту спирту та інших параметрів, що зменшило людський фактор і підвищило точність вимірювань.

Програма для веб-сторінки дозволяє у реальному часі відображати стан системи (онлайн/офлайн), кількість опрацьованих вимірювань, час роботи, а також основні параметри продукції: рівень рН, якість повітря, вміст спирту та температуру. Крім того, на веб-сторінці реалізовано аналіз кольору продукції, що дозволяє швидко виявляти відхилення та контролювати якість косметичної продукції.

Програма в MATLAB виконала статистичний аналіз експериментальних даних, розрахунок середніх значень, медіани, геометричного середнього, а також оцінку випадкових похибок за критеріями Ірвіна, Романовського та Діксона. Це дозволило виявити аномальні значення та оцінити надійність вимірювань.

На основі 20 вимірювань було побудовано графік залежності вмісту спирту від номера вимірювання та таблицю результатів, що наочно відображає нормальні та підвищені значення.

Таким чином, виконані програмні рішення дозволяють повністю автоматизувати збір, обробку та візуалізацію даних контролю якості, забезпечуючи наочність та надійність результатів експериментів і виробничого процесу.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Виконана робота присвячена дослідженню та розробці комп'ютеризованої системи контролю якості на виробництві косметичної продукції. Метою дослідження було створення ефективного інструменту для автоматизованого контролю фізико-хімічних параметрів продукції, що забезпечує високу точність, надійність та об'єктивність оцінювання якості косметичних засобів.

У першому розділі проведено аналіз нормативно-правової бази, що регламентує вимоги до складу, безпечності та якості косметичних виробів. Розглянуто положення Регламенту (ЄС) № 1223/2009, який встановлює єдині вимоги до виробництва, маркування та оцінки безпечності косметичних продуктів. Досліджено сучасні методи контролю фізико-хімічних показників продукції та відповідне лабораторне обладнання, включно зі спектрофотометрами, рН-метрами, віскозиметрами та газовими хроматографами. Використання сучасних аналітичних приладів забезпечує високу точність і відтворюваність результатів, що є необхідною умовою гарантування якості та безпечності продукції.

У другому розділі розглянуто склад і принцип побудови комп'ютеризованої системи контролю якості. Проаналізовано функціональні вимоги та обґрунтовано вибір апаратних компонентів, таких як датчики фізико-хімічних параметрів, мікроконтролер і модуль бездротового зв'язку. Розроблена структурна схема системи забезпечує модульність, локальний і дистанційний моніторинг параметрів продукції, підвищує рівень автоматизації контролю та створює умови для подальшого розширення функціональних можливостей системи.

Третій розділ присвячено проєктуванню апаратної частини системи. Розроблено принципову електричну схему, що забезпечує коректну взаємодію між мікроконтролером, датчиками, виконавчими елементами та модулем бездротового зв'язку. Проведено обґрунтований вибір елементної бази та описано характеристики основних компонентів системи. Особлива увага приділена узгодженню рівнів напруги та електроживленню, що забезпечує стабільність функціонування. Розробка друкованої плати визначає її конструктивні особливості та принципи розміщення компонентів, забезпечуючи компактність і надійність системи.

У четвертому розділі реалізовано та протестовано програмні рішення для різних платформ. Програмне забезпечення для мікроконтролера автоматизує збір фізико-хімічних параметрів продукції, зменшуючи вплив людського фактора та підвищуючи точність вимірювань. Веб-додаток забезпечує візуалізацію стану системи в реальному часі та основних параметрів продукції, включно з аналізом кольору для своєчасного виявлення відхилень. Програма в MATLAB реалізує статистичний аналіз експериментальних даних, розрахунок середніх значень та оцінку випадкових похибок за відомими критеріями, що дозволяє оцінити надійність вимірювань та ідентифікувати аномальні значення.

Отже, розроблена комп'ютеризована система контролю якості є ефективним інструментом для автоматизації збору, обробки та візуалізації даних на виробництві косметичної продукції. Впровадження системи дозволяє підвищити точність і об'єктивність контролю, зменшити вплив людського фактору та забезпечити надійність виробничого процесу. Запропоновані апаратні та програмні рішення створюють основу для подальшого масштабування, модернізації та інтеграції системи у виробничий процес, що сприяє підвищенню якості та безпечності косметичних засобів.

Таким чином, проведене дослідження підтверджує важливість інтегрованого підходу до контролю якості продукції, який поєднує

дотримання нормативних вимог, сучасні аналітичні методи та автоматизовані системи збору, обробки та аналізу даних. Комп'ютеризована система забезпечує своєчасне виявлення відхилень, оперативне прийняття управлінських рішень та підвищення конкурентоспроможності виробництва.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технічний регламент на косметичну продукцію (далі – регламент), затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 20 січня 2021 р. № 65 (далі – постанова КМУ № 65). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.dls.gov.ua/for_subject/технічний-регламент-на-косметичну-пр-3.
2. Оцінка відповідності косметичної продукції. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cratia.ua/ua/service/conformity-assessment-of-cosmetic-products>.
3. ISO 22716 «Косметика — Належна виробнича практика (GMP)». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.belge.com/uk/belgelendirme/sistem/iso-22716>.
4. Наказ № 2147 від 18.12.2023. Про затвердження Порядку нотифікації (надання) інформації про косметичну продукцію.
5. Колориметр NR100. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.eltest.com.ua/ru/product/colorimeter-nr100-2>.
6. Текстурометр TMS-Pilot. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://spectronic-camspec.co.uk/tms-pilot>.
7. Газовий хроматограф Nexis GC-2030 Shimadzu. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://chemtest.com.ua/gazovy_hromatograf_nexis_gc-2030_shimadzu.
8. Професійний ручний рН-метр BENETECH. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [GM765https://protester.com.ua/gm765](https://protester.com.ua/gm765).
9. Цифровий вискозиметр PCE-RVI 2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://pragmatic.com.ua/ru/pce_rvi2.
10. Програмування мікроконтролерів AVR : [навчальний посібник] / С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький, Т. І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с.

11. Датчики серії MQ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://electronov.net/mq-sensors-news>.
12. Що таке Олед дисплей. Переваги та недоліки. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rbc.ua/ukr/stylar/shcho-take-oled-display-perevagi-ta-nedoliki-1717682948.html>.
13. Основи електроніки : навч. посіб. / А. С. Васюра, Г. Д. Дорощенко, В. П. Кожем'яко, Г. Л. Лисенко. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 197 с.
14. Динаміки. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://vseplus.com/ua/product/radiodetali-mikroshemy/519-dinamiki/f-eg_32876.
15. Wi-fi модуль ESP-12S. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/ru/prod2514-wi-fi-modyl-esp8266-versiya-esp-12s>.
16. Datasheet ATmega328. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/392243/ATMEL/ATMEGA328.html.
17. Датчик газу MQ-135. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mini-tech.com.ua/datchik-gaza-mq-135-modul>.
18. Датчик MQ-3. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mini-tech.com.ua/datchik-gaza-mq-3>.
19. Датчик вимірювач pH аналоговий arduino. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://darstar.com.ua/ru/product/16622191257>.
20. Датчик кольору TCS3200. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mini-tech.com.ua/datchik-cveta-tcs3200>.
21. Модуль OLED SSD1306. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://electronica.in.ua/ua/p1630184350-modul-oled-128x64.html>.
22. Динамік Adafruit SPKR-8 Mini 8 Ohm Speaker [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.adafruit.com/product/1890>.
23. Кнопка TL1105BF160Q [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://imrad.com.ua/ua/tl1105bf160q>.
24. Wi-Fi модуль ESP8266 версія ESP-12S. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://vroda.co.ua/product/modul-wi-fi-esp-12s-dlya-arduino-na-procesori-esp8266_15159599175.
25. Стабілізатор напруги AMS1117-3.3. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://electronica.in.ua/ua/p1625376691-modul-ams1117-linejnyj.html>.

26. Мережний адаптер Hilda 5В 2А. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rozetka.com.ua/ua/381359706/p381359706>.