

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Комп'ютеризована система моніторингу і керування електрокопильною

Виконав: студент 4 курсу, групи СІ-42  
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

Матушинець А. В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## Керівник

Жаровський Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## Нормоконтроль

Тиш Є.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## Рецензент

Мудрик І.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2025

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Осухівська Г.М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
«27» січня 2025 р..

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»  
(шифр і назва спеціальності)

студента Матушинця Андрія Васильовича  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система моніторингу і керування електрокопильнею

Керівник роботи кандидат технічних наук, доцент кафедри КС Жаровський Руслан Олегович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 27 » січня 2025 року № 4/7-53

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз технічного завдання

2. Проєктна частина

3. Практична частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Висновки

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

1. Структурна схема системи

2. Схема електрична принципова

3. Блок-схема алгоритму роботи системи

4. Результати роботи системи

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ                                               | Прізвище, ініціали та посада консультанта         | Підпис, дата   |                  |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------|------------------|
|                                                      |                                                   | завдання видав | завдання прийняв |
| <i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i> | <i>Пилипець М.І., д.т.н., професор кафедри МТ</i> |                |                  |
|                                                      |                                                   |                |                  |
|                                                      |                                                   |                |                  |
|                                                      |                                                   |                |                  |
|                                                      |                                                   |                |                  |
|                                                      |                                                   |                |                  |
|                                                      |                                                   |                |                  |
|                                                      |                                                   |                |                  |

7. Дата видачі завдання 27.01.2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи                                                             | Термін виконання етапів роботи | Примітка      |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------|
| 1     | <i>Розробка технічного завдання</i>                                             | <i>27.01 – 02.02</i>           | <i>Викон.</i> |
| 2     | <i>Аналіз технічного завдання</i>                                               | <i>03.02-01.03</i>             | <i>Викон.</i> |
| 3     | <i>Аналіз вимог до системи</i>                                                  | <i>01.03-27.03</i>             | <i>Викон.</i> |
| 4     | <i>Проектування структури системи</i>                                           | <i>27.03-01.05</i>             | <i>Викон.</i> |
| 5     | <i>Проектування, реалізація програмної і апаратної частини</i>                  | <i>01.05-15.05</i>             | <i>Викон.</i> |
| 6     | <i>Налаштування і тестування системи</i>                                        | <i>15.05-01.06</i>             | <i>Викон.</i> |
| 7     | <i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>                            | <i>01.06 – 05.06</i>           | <i>Викон.</i> |
| 8     | <i>Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу</i>                  | <i>06.06 – 08.06</i>           | <i>Викон.</i> |
| 9     | <i>Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами</i> | <i>9.06 – 15.06</i>            | <i>Викон</i>  |
| 10    | <i>Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>                       | <i>16.06 – 22.06</i>           | <i>Викон.</i> |
| 11    | <i>Захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>                                  | <i>25.06</i>                   | <i>Викон.</i> |
|       |                                                                                 |                                |               |
|       |                                                                                 |                                |               |
|       |                                                                                 |                                |               |
|       |                                                                                 |                                |               |
|       |                                                                                 |                                |               |
|       |                                                                                 |                                |               |

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

*Матушинець Андрій Васильович*

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

*Жаровський Руслан Олегович*

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Матушинець А. В. Комп'ютеризована система моніторингу і керування електрокоптильною: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра: спец. 123 – комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2025.

Ключові слова: комп'ютеризована система, електрокоптильня, STM32, сенсори температури і вологості, контролер диму, серводвигуни, інтерфейс користувача.

У кваліфікаційній роботі розроблено комп'ютеризовану систему моніторингу і керування електрокоптильною з метою автоматизації технологічного процесу термічної обробки харчових продуктів. Проведено аналіз сучасних систем керування коптильними камерами, що дозволило обґрунтувати вибір мікроконтролерної архітектури на базі STM32F401CCU6, високоточних сенсорів BME280, MQ-2 та MQ-7, а також виконавчих механізмів на основі сервоприводів і твердотільних реле.

Проектна частина містить розробку алгоритмів керування температурою, вологістю та насиченістю димом з урахуванням багаторежимної роботи системи. Забезпечено функції аварійного захисту, моніторингу параметрів у реальному часі, ведення журналу подій та архівування даних на SD-карті. Реалізовано зручний сенсорний інтерфейс користувача на базі TFT-дисплея HX8357D. Результати експериментального тестування підтвердили працездатність системи в усіх режимах роботи та її готовність до використання у виробничих умовах.

## ANNOTATION

Matushynets A. V. Computerized system for monitoring and controlling an electric smokehouse: Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 – computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025.

Keywords: computerized system, electric smokehouse, STM32, temperature and humidity sensors, smoke controller, servomotors, user interface.

The bachelor's qualification thesis presents the development of a computerized monitoring and control system for an electric smokehouse aimed at automating the thermal processing of food products. An analysis of modern smokehouse control systems was conducted, substantiating the selection of a microcontroller-based architecture built on STM32F401CCU6, high-precision sensors BME280, MQ-2, and MQ-7, as well as actuating mechanisms based on servomotors and solid-state relays.

The project section includes the development of control algorithms for temperature, humidity, and smoke density regulation, taking into account multi-mode operation. The system ensures emergency protection functions, real-time monitoring of parameters, event logging, and data archiving on an SD card. A convenient touch-screen user interface based on the TFT display HX8357D has been implemented. Experimental testing confirmed the correct functioning of the system in all operating modes and its readiness for deployment in industrial conditions.

## ЗМІСТ

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                                              | 9  |
| РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ .....                                                | 10 |
| 1.1 Огляд предметної області .....                                                       | 10 |
| 1.2 Аналіз можливих рішень поставленого завдання .....                                   | 12 |
| 1.3 Огляд існуючих рішень .....                                                          | 13 |
| 1.4 Вимоги до системи моніторингу і керування .....                                      | 16 |
| РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА.....                                                           | 18 |
| 2.1 Розробка узагальненої структури електрокопильні .....                                | 18 |
| 2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення .....                                   | 20 |
| 2.3 Обґрунтування вибору програмного забезпечення проектованої комп'ютерної системи..... | 30 |
| 2.3.1 Вибір середовища розробки.....                                                     | 30 |
| 2.3.2 Базові налаштування програмного середовища .....                                   | 31 |
| 2.4 Проектування комп'ютеризованої системи .....                                         | 33 |
| 2.4.1 Розробка схеми підключення сенсорів до мікроконтролера.....                        | 33 |
| 2.4.2 Опис електричної принципової схеми.....                                            | 34 |
| РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.....                                                          | 36 |
| 3.1 Реалізація і моделювання проєктних рішень .....                                      | 36 |
| 3.1.1 Налаштування середовища для розробки програмного забезпечення.....                 | 36 |
| 3.1.2 Зчитування та обробка показників датчиків .....                                    | 44 |
| 3.1.3 Керування нагрівачем, вентиляторами та заслінками .....                            | 46 |

|           |      |                 |        |      |                                                                   |  |  |                             |      |        |  |
|-----------|------|-----------------|--------|------|-------------------------------------------------------------------|--|--|-----------------------------|------|--------|--|
|           |      |                 |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ                                           |  |  |                             |      |        |  |
| Змн.      | Арк. | № докум.        | Підпис | Дата |                                                                   |  |  |                             |      |        |  |
| Розроб.   |      | Матушинець      |        |      | Комп'ютеризована система моніторингу і керування електрокопильнею |  |  | Літ.                        | Арк. | Аркуші |  |
| Перевір.  |      | Жаровський Р.   |        |      |                                                                   |  |  |                             |      | 6      |  |
| Реценз.   |      |                 |        |      |                                                                   |  |  | ТНТУ, каф. КС,<br>гр. CI-42 |      |        |  |
| Н. Контр. |      | Тиш Є.В.        |        |      |                                                                   |  |  |                             |      |        |  |
| Затверд.  |      | Осухівська Г.М. |        |      |                                                                   |  |  |                             |      |        |  |

|                                                          |                                                                                               |    |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.4                                                    | Інтерфейс користувача .....                                                                   | 52 |
| 3.2                                                      | Тестування .....                                                                              | 54 |
| 3.2.1                                                    | Інтерфейс .....                                                                               | 56 |
| 3.2.2                                                    | Коригування датчиків.....                                                                     | 58 |
| 3.2.3                                                    | Тестування режимів роботи.....                                                                | 59 |
| РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.. |                                                                                               | 62 |
| 4.1                                                      | Надзвичайні ситуації, викликані пожежами, вибухами, техногенними та природніми причинами..... | 62 |
| 4.2                                                      | Організація безпечної роботи електроустановок .....                                           | 65 |
| ВИСНОВКИ.....                                            |                                                                                               | 67 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....                         |                                                                                               | 68 |
| Додаток А. Технічне завдання                             |                                                                                               |    |

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 7    |

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

SSR — твердотільне реле (Solid State Relay)

PWM — широтно-імпульсна модуляція (Pulse Width Modulation)

GPIO — універсальні порти введення/виведення (General Purpose Input/Output)

I2C — інтерфейс міжінтегрального зв'язку (Inter-Integrated Circuit)

SPI — послідовний периферійний інтерфейс (Serial Peripheral Interface)

RTC — годинник реального часу (Real Time Clock)

SD — карта пам'яті стандарту Secure Digital

TFT — тонкоплівковий транзисторний дисплей (Thin Film Transistor)

USB — універсальна послідовна шина (Universal Serial Bus)

CO — чадний газ (Carbon Monoxide)

SDR — симісторне реле з оптопарною розв'язкою

BME280 — комбінований цифровий сенсор температури, вологості та атмосферного тиску

MQ-2, MQ-7 — газові сенсори для виявлення диму та оксиду вуглецю

STM32 — серія 32-бітних мікроконтролерів фірми STMicroelectronics

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 8    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

## ВСТУП

На сучасному етапі розвитку харчової промисловості особливе значення має впровадження автоматизованих систем керування технологічними процесами, що дозволяє суттєво підвищити якість продукції, знизити витрати ресурсів та підвищити безпеку праці. Одним із важливих напрямків є автоматизація процесів термічного оброблення продуктів, зокрема процесів копчення, яке широко використовується у виробництві м'ясних, рибних та інших харчових виробів.

Процес копчення вимагає точного контролю низки параметрів: температури, вологості, концентрації диму, тривалості циклів тощо. Відхилення від заданих технологічних режимів можуть призвести до погіршення смакових якостей продукції, зниження її безпеки та значних економічних втрат. Зважаючи на це, актуальним є створення комп'ютеризованих систем моніторингу та керування, які забезпечують точне автоматичне регулювання параметрів копчення, оперативний контроль процесу та накопичення статистичних даних для подальшого аналізу.

Розробка подібних систем передбачає інтеграцію апаратної частини (датчики, виконавчі механізми, контролери) та програмного забезпечення, яке забезпечує обробку даних, прийняття рішень та взаємодію з оператором. Такі системи дозволяють мінімізувати вплив людського фактора, забезпечити стабільність якості продукції, економію енергетичних ресурсів, підвищити продуктивність виробництва та безпеку персоналу.

У рамках даної кваліфікаційної роботи передбачено розробку комп'ютеризованої системи моніторингу і керування електрокопильнею, яка базується на сучасних засобах комп'ютерної інженерії. У роботі виконано аналіз технічного завдання, обґрунтовано вибір апаратного і програмного забезпечення, розроблено архітектуру системи, проведено моделювання її роботи та оцінено ефективність прийнятих рішень.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

### 1.1 Огляд предметної області

Процес копчення харчових продуктів є складним технологічним процесом, що потребує точного керування температурними режимами, вологістю, інтенсивністю димовиділення та тривалістю обробки. Відхилення будь-якого з параметрів може негативно вплинути на якість готової продукції, її безпеку для споживача та економічну ефективність виробництва. Тому створення комп'ютеризованої системи моніторингу і керування електрокопильнею є актуальним завданням.

Сучасні системи управління технологічними процесами копчення базуються на використанні мікропроцесорних контролерів, які забезпечують конфігуроване керування відповідно до заданих технологічних режимів. Програмне забезпечення здійснює збір даних з датчиків, аналіз інформації, прийняття рішень щодо корекції параметрів і формування звітності. Інтеграція апаратних та програмних засобів дозволяє досягти високої точності, стабільності та безпеки процесу.

До основних вимог до комп'ютерної системи керування електрокопильнею відносяться:

- Точний контроль параметрів технологічного процесу. Система повинна забезпечувати стабільний вимір та підтримання температури, вологості, тривалості копчення, інтенсивності подачі диму у заданих межах протягом усього циклу.
- Надійність та стійкість до зовнішніх і внутрішніх збоїв. Система має функціонувати стабільно навіть при короткочасних перебоях

|             |             |                 |               |             |                                |      |        |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------------|------|--------|
|             |             |                 |               |             | <b>КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ</b> |      |        |
|             |             |                 |               |             |                                |      |        |
| <b>Змн.</b> | <b>Арк.</b> | <b>№ докум.</b> | <b>Підпис</b> | <b>Дата</b> |                                |      |        |
| Розроб.     |             | Матушинець      |               |             | Аналіз технічного завдання     |      |        |
| Перевір.    |             | Жаровський      |               |             |                                |      |        |
| Реценз.     |             | Мудрик І.Я.     |               |             |                                |      |        |
| Н. Контр.   |             | Тиш Є.В.        |               |             |                                |      |        |
| Затверд.    |             | Осухівська Г.М. |               |             |                                |      |        |
|             |             |                 |               |             | Лім.                           | Арк. | Аркуші |
|             |             |                 |               |             |                                | 10   |        |
|             |             |                 |               |             | ТНТУ, каф. КС,<br>гр. CI-42    |      |        |

електроживлення, коливаннях напруги, помилках датчиків, зовнішніх електромагнітних перешкодах. У разі виникнення аварійної ситуації повинні передбачатися сигнали попередження та автоматичне переведення обладнання у безпечний стан.

- Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс оператора. Забезпечення простого внесення змін до параметрів технологічного процесу, оперативного відображення поточного стану обладнання, ведення журналу подій та формування аналітичних звітів.

- Зберігання історії даних та аналітична обробка. Система повинна фіксувати всю історію зміни параметрів, аварійних подій, відхилень, що дозволяє проводити аналіз якості продукції, ефективності процесу, розрахунок економії енергоресурсів та вивчення тенденцій роботи обладнання.

Процес копчення харчових продуктів умовно складається з кількох етапів, кожен з яких має свої температурні, часові та якісні характеристики:

- Попередній нагрів. Здійснюється нагрівання коптильної камери до робочої температури, що залежить від типу копчення. Для гарячого копчення температура становить 60–80°C, для напівгарячого – 40–60°C, для холодного – 20–30°C. Тривалість етапу зазвичай складає 30–60 хвилин.

- Основне копчення. Проводиться подача диму від димогенератора з одночасним контролем температури та вологості. Вологість у камері підтримується в межах 60–80% для забезпечення якісного проникнення диму в продукт. Тривалість цього етапу може змінюватися від 1 до 8 годин в залежності від виду продукту і бажаних характеристик готової продукції.

- Сушка та охолодження. Після завершення копчення проводиться сушка шляхом поступового зниження вологості до 30–50% та охолодження продукції до температури зберігання (близько 10–15°C). Тривалість цього етапу зазвичай складає 1–2 години.

На кожному етапі важливо підтримувати стабільні технологічні параметри, що забезпечують необхідні смакові якості, консистенцію та безпеку готової продукції.

## 1.2 Аналіз можливих рішень поставленого завдання

Сучасний ринок пропонує широкий спектр технічних рішень для автоматизації процесів керування термічною обробкою, зокрема копченням. Всі ці рішення можна умовно поділити на три основні групи: повністю ручні системи, напівавтоматизовані системи та повністю автоматизовані комп'ютеризовані комплекси.

У ручних системах оператор постійно контролює температуру, вологість та інші параметри процесу, регулюючи їх вручну шляхом налаштування нагрівачів, вентиляторів, заслінок подачі диму тощо. Такі системи вимагають постійної присутності кваліфікованого персоналу та не забезпечують стабільної якості продукції.

Напівавтоматизовані системи зазвичай оснащені терморегуляторами, таймерами, релейними модулями керування нагрівом і вентиляцією, але при цьому контроль димогенерації, вологості чи охолодження часто залишається ручним. Такі системи частково знижують вплив людського фактора, однак мають обмежену гнучкість і можливості оптимізації процесу.

Повністю автоматизовані комп'ютеризовані системи керування, як правило, побудовані на базі мікропроцесорних контролерів або вбудованих комп'ютерних платформ. Вони дозволяють реалізувати повний замкнутий цикл контролю: датчики в реальному часі зчитують значення параметрів середовища копильні (температура, вологість, концентрація диму), оброблюють інформацію в центральному контролері, який формує керуючі сигнали до нагрівачів, димогенераторів, вентиляторів та інших виконавчих механізмів.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 12   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

При виборі оптимального технічного рішення для проекрованої системи моніторингу і керування електрокопильнею доцільно враховувати:

- вартість обладнання та його обслуговування;
- точність і стабільність підтримки технологічних параметрів;
- гнучкість налаштування під різні режими копчення;
- енергоефективність системи;
- простоту інтеграції з іншими системами підприємства (обліку, статистики, планування);
- надійність та безпеку експлуатації.

На сьогодні одним із найбільш доступних та гнучких рішень є використання мікроконтролерів сімейства STM32, Arduino, Raspberry Pi тощо у комбінації з цифровими датчиками температури, вологості, сенсорами диму, а також програмованими електронними виконавчими елементами. Такий підхід забезпечує баланс між високим рівнем автоматизації, гнучкістю налаштувань та відносно невисокою собівартістю системи.

### 1.3 Огляд існуючих рішень

У світі існує ряд прикладів реалізації автоматизованих систем керування електрокопильними, які демонструють різні підходи до вирішення задачі.

Одним із прикладів є комерційні промислові копильні, наприклад системи фірми "Maurer–Atmos" (Німеччина). Їх обладнання оснащене високоточними системами вимірювання температури (точність  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ), вологості (до 1% похибки), системами автоматичного керування димогенератором, потужними вентиляційними блоками (продуктивність до 8000 м<sup>3</sup>/год), системою очищення камери та комплексною системою безпеки. Контролери промислового рівня забезпечують багаторівневу логіку роботи, програмування складних циклів, дистанційне керування і зберігання архівів параметрів.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 13   |

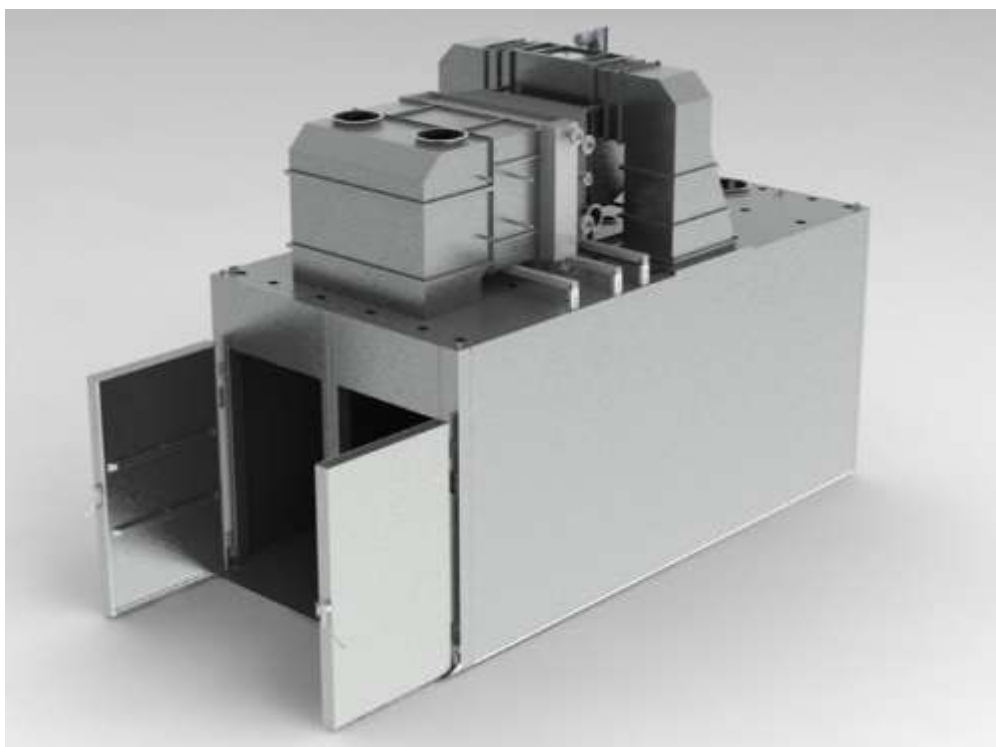


Рисунок 1.1 – Промислова автоматизована коптільня Maurer–Atmos.

Інший приклад – невеликі коптільні установки для малих підприємств чи приватних виробників, що використовують мікроконтролери Arduino (UNO, MEGA) з цифровими датчиками DS18B20 (точність  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ), DHT22 (вологості  $\pm 2\%$ ), а також керування нагрівачем, вентилятором (до 100Вт), ТЕНами (до 1 кВт) та димогенератором через силові або твердотільні реле. Такі системи дозволяють зібрати бюджетний варіант автоматизації з простим інтерфейсом через LCD–дисплеї або кнопочі меню.

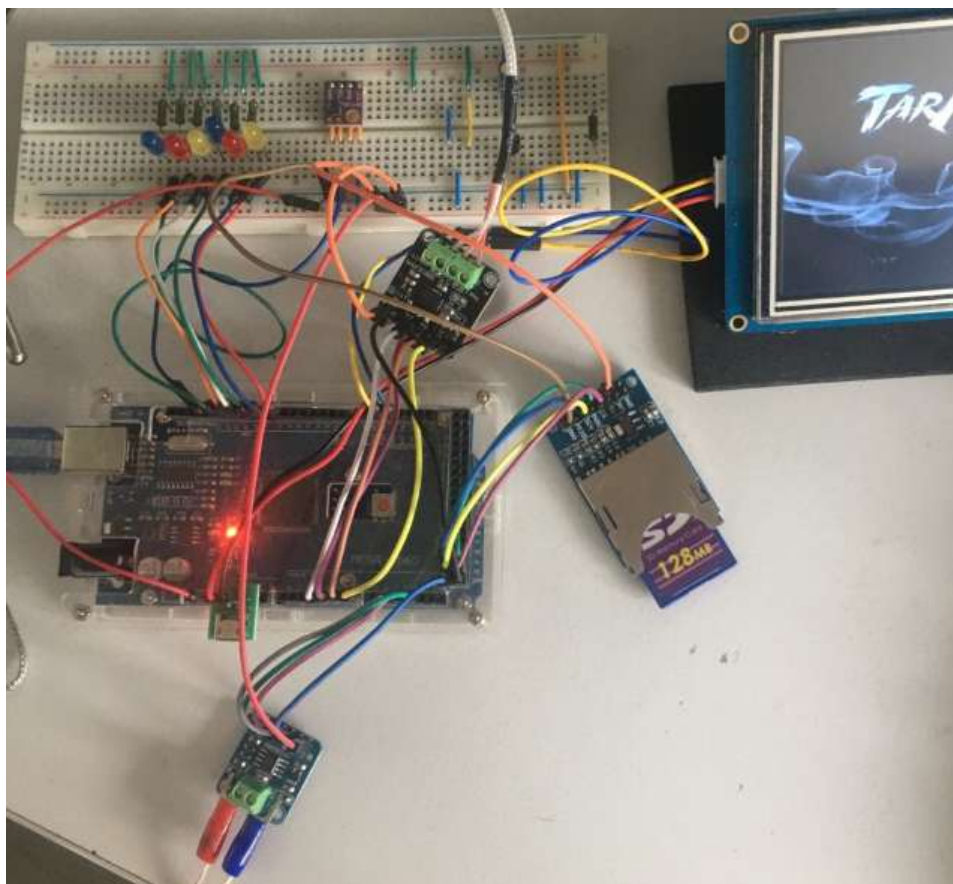


Рисунок 1.2 – Arduino-прототип керування копильнею

Існують також проекти аматорських розробок на базі платформ Raspberry Pi (3B+, 4B), що інтегрують Wi-Fi/Ethernet для віддаленого моніторингу через веб-інтерфейс. Завдяки використанню цифрових шин I2C, 1-Wire, SPI реалізується гнучке підключення декількох сенсорів, зокрема сенсорів диму MQ-2 або MQ-7, камер спостереження, модулів SD-карт для збереження логів та статистики. Веб-сервер на базі Flask, Node-RED чи Home Assistant дозволяє вести повноцінний моніторинг із візуалізацією графіків та аналітикою.



Рисунок 1.3 – Модуль автоматизації домашньої копальні з можливістю візуального контролю даних

Аналізуючи існуючі рішення, можна зробити висновок, що для індивідуальної системи моніторингу та керування електрокопальнею доцільним є використання мікроконтролерної платформи середнього рівня складності з достатнім набором сенсорних модулів та можливістю розширення функціоналу при збереженні доступної собівартості.

#### 1.4 Вимоги до системи моніторингу і керування

Проведений аналіз предметної області та існуючих рішень дозволяє сформулювати основні вимоги до розроблюваної системи:

- автоматичний контроль і регулювання температури в діапазоні 20-100°C з точністю не гірше  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ;
- автоматичний контроль вологості в межах 30–90% з точністю

±2%;

- контроль рівня диму через сенсори концентрації газів (MQ-2, MQ-7);
- підтримка декількох програмованих режимів копчення з можливістю зміни тривалості та параметрів етапів;
- ведення журналу параметрів процесу, збереження історії даних на SD-карт і або у базі даних;
- реалізація зручного інтерфейсу керування (LCD-дисплей, кнопочний або веб-інтерфейс);
- захист від аварійних ситуацій: перегріву, обриву датчиків, втрати живлення;
- можливість дистанційного моніторингу через мережевий інтерфейс;
- висока енергоефективність системи за рахунок оптимізації роботи нагрівальних та вентиляційних елементів;
- розширюваність апаратної платформи для можливого додавання нових функцій у майбутньому.

Технічна реалізація системи передбачає застосування недорогих та доступних мікроконтролерних платформ (Arduino, STM32, Raspberry Pi) у комбінації з цифровими сенсорами температури, вологості, диму та силовими модулями керування виконавчими пристроями (ТЕНи, вентилятори, димогенератори).

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 17   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

### 2.1 Розробка узагальненої структури електрокоптильні

Проведений аналіз предметної області дозволив сформувати загальну концепцію комп'ютеризованої системи керування електрокоптильною. Основною метою її створення є забезпечення стабільного, безпечного та енергоефективного керування технологічними параметрами процесу копчення. Система має забезпечувати контроль температури, вологості, інтенсивності димовиділення, фіксацію усіх змін та своєчасне реагування на відхилення.

Загальна структура системи побудована за модульним принципом (рис.2.1).

Основою її роботи є центральний контролер, який обробляє дані від різних датчиків та формує керуючі сигнали для виконавчих пристроїв. Контролер, що пропонується до використання (Arduino Mega 2560 або STM32), завдяки великій кількості каналів вводу–виводу, може ефективно обробляти інформацію та управляти численними виконавчими пристроями.

Наступне це підсистема збору даних здійснює безперервне зчитування та оцифрування значень основних параметрів:

- температура в камері (точність  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ );
- вологість повітря (точність  $\pm 2\%$ );
- концентрація диму (сенсори MQ-2, MQ-7);
- контроль напруги живлення;
- стан виконавчих механізмів (зворотний зв'язок реле).

До складу виконавчої частини входять

|           |      |                 |        |      |                                |      |         |
|-----------|------|-----------------|--------|------|--------------------------------|------|---------|
|           |      |                 |        |      | <b>КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ</b> |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.        | Підпис | Дата | <b>Проектна частина</b>        |      |         |
| Розроб.   |      | Матушинець      |        |      |                                |      |         |
| Перевір.  |      | Жаровський      |        |      |                                |      |         |
| Реценз.   |      | Мудрик І.Я.     |        |      |                                |      |         |
| Н. Контр. |      | Тиш Є.В.        |        |      |                                |      |         |
| Затверд.  |      | Осухівська Г.М. |        |      |                                |      |         |
|           |      |                 |        |      | Літ.                           | Арк. | Аркушів |
|           |      |                 |        |      |                                | 18   |         |
|           |      |                 |        |      | ТНТУ, каф. КС,<br>гр. CI-42    |      |         |

- нагрівальні елементи для підтримки оптимальної температури всередині коптільні;
- вентилятори примусової вентиляції та циркуляції диму;
- вентилятор подачі диму з димогенератора;
- освітлення та система аварійної сигналізації.

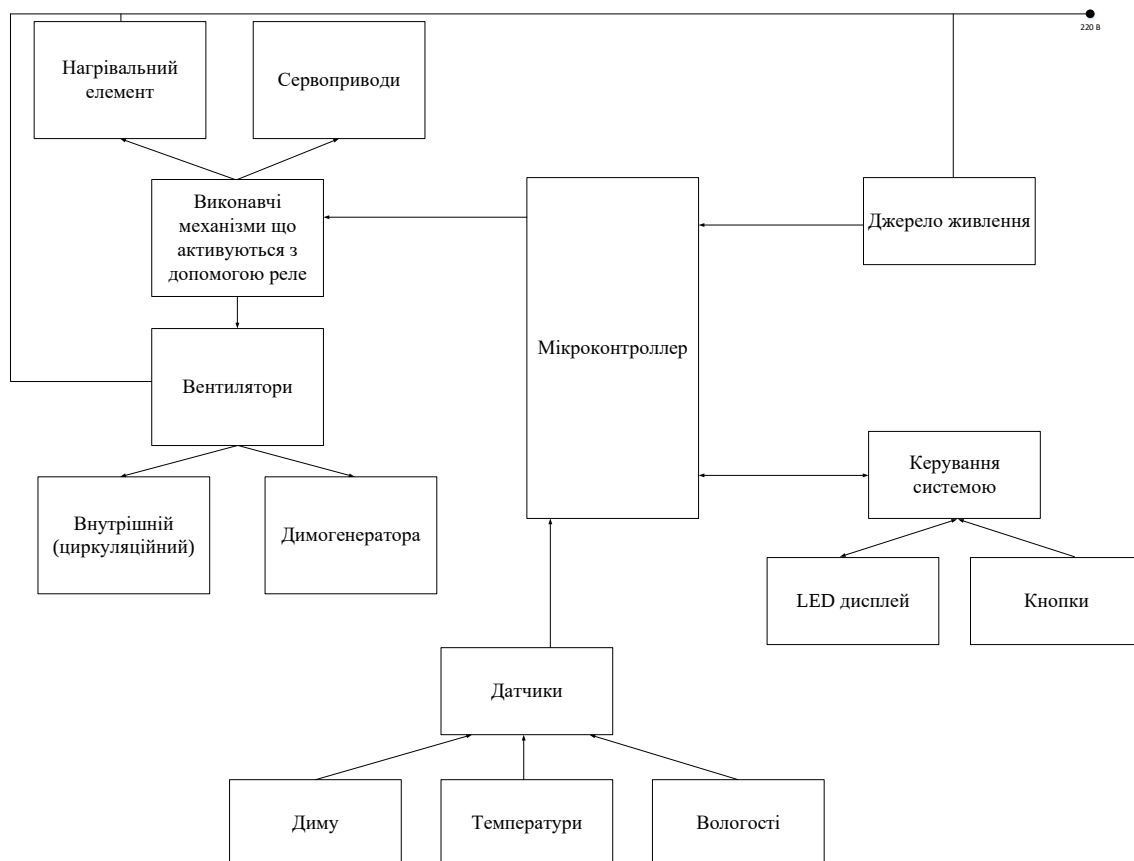


Рисунок 2.1 – Структурна схема комп'ютеризованої системи керування електрокопильнею

Перемикання потужних споживачів необхідно реалізовувати за допомогою твердотільних реле SSR або транзисторних ключів, що гарантує надійність та довговічність системи.

Для зручності експлуатації передбачено систему інтерфейсу оператора, що дозволяє здійснювати моніторинг і налаштування параметрів. Це може бути простий локальний LCD-дисплей з меню та кнопковим керуванням або ж розширений веб-інтерфейс на базі Raspberry Pi для дистанційного контролю

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ

через мережу.

Дані про всі технологічні параметри зберігаються на SD-карт і або у мережевому сховищі для подальшого аналізу, що дає можливість оцінювати ефективність роботи обладнання, проводити оптимізацію режимів та прогнозувати потребу в обслуговуванні.

Особливу увагу в структурі системи приділено підсистемі аварійного захисту. При виявленні небезпечних відхилень, таких як перегрів, обриви ліній живлення датчиків або збої вентиляторів, система переходить у безпечний режим, вимикаючи нагрівальні елементи та інформуючи оператора про аварійну ситуацію.

Розроблена система підтримує кілька режимів роботи:

- основний автоматичний режим для стабільного копчення відповідно до заданих параметрів;
- ручний режим для тестування або корекції окремих механізмів;
- аварійний режим із автоматичним блокуванням роботи у разі порушень.

Інформаційні зв'язки між підсистемами забезпечують ефективний обмін даними. Від сенсорних модулів дані надходять до центрального контролера, звідти формуються сигнали до виконавчих механізмів, одночасно оператор отримує інформацію через інтерфейс, а історія роботи накопичується у сховищах для подальшого аналізу.

## 2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення

Для реалізації проекрованої системи моніторингу і керування електрокопильнею здійснено детальний підбір апаратних компонентів із врахуванням їхнього функціонального призначення в системі, технічних параметрів і забезпечення надійної роботи у промислових умовах.

Побудову апаратної частини проекту розпочнемо з вибору її основного

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 20   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

компонету мікроконтролера. STM32F401CCU6 – сучасний 32–бітний контролер із ядром ARM Cortex–M4 (рис. 2.2).

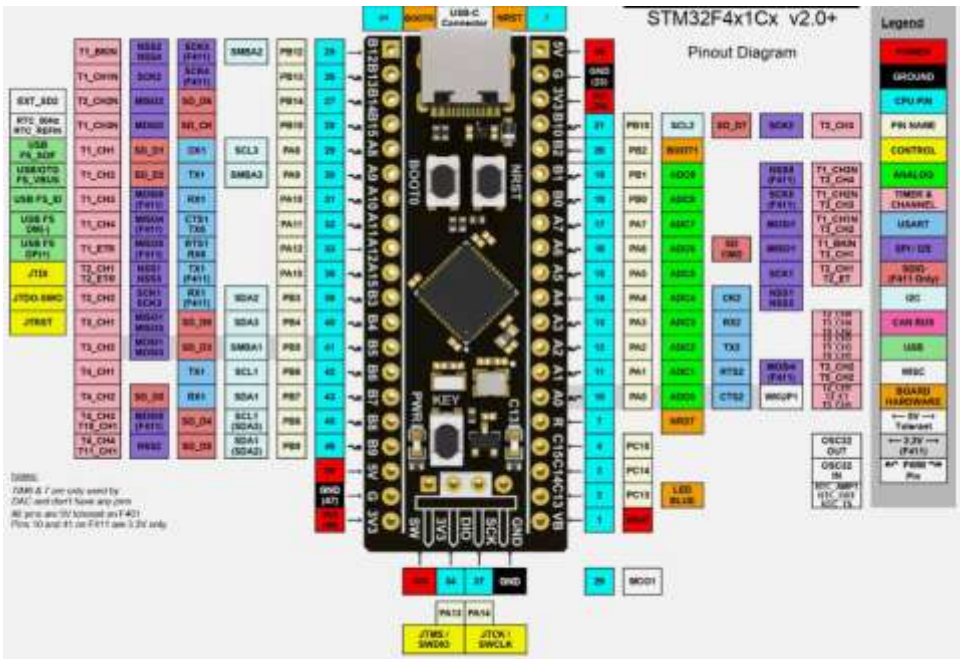


Рисунок 2.2 – Розпіновка STM32F401CCU6

Вибір обґрунтований необхідністю обробки великої кількості аналогових і цифрових сигналів від сенсорів, стабільною роботою ПД–регуляторів температури та вологості, керуванням силовими реле та роботою з графічним інтерфейсом. Технічні характеристики наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики STM32F401CCU6

| Параметр                   | Значення                                                                   |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Ядро                       | ARM Cortex–M4                                                              |
| Частота                    | 84 МГц                                                                     |
| Flash / Оперативна пам'ять | 256 КБ/64 КБ                                                               |
| GPIO                       | 36 портів                                                                  |
| Інтерфейси                 | до 3–х I2C, до 3–х USART, до 4–х SPI<br>до 2× I <sup>2</sup> S, 1× USB OTG |
| Напруга живлення           | 2,7...5 В                                                                  |

Датчики температури і вологості. BME280 – датчик від Bosch Sensortec, який одночасно вимірює температуру (з точністю до  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ), вологість (похибка  $\pm 3\%$ ) і тиск (що може бути додатковим фактором безпеки при контролі вентиляції) (рис.2.3.).



Рисунок 2.3 – Датчик температури і вологості BME280

Підключення через шину I2C забезпечує простоту з'єднання та швидкий обмін даними (рис. 2.4).

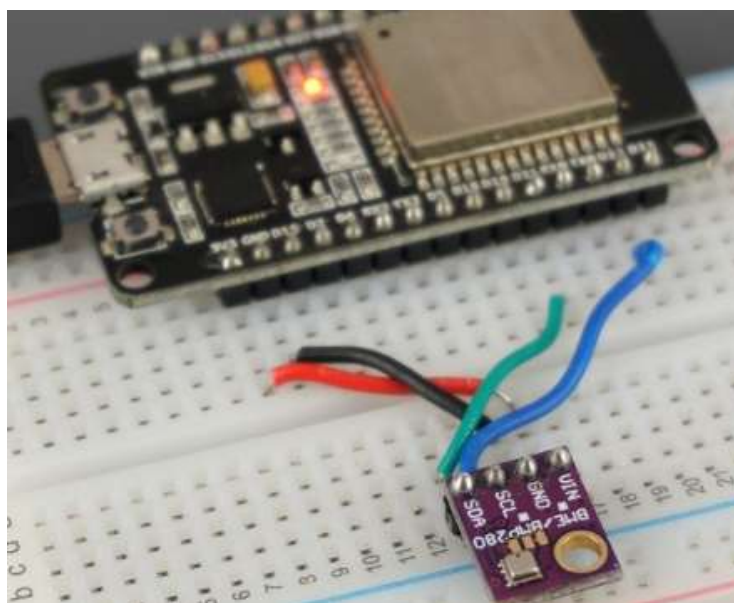


Рисунок 2.3 – Підключення датчика температури і вологості BME280

Зручно використовувати як для внутрішнього середовища копильні, так і для зовнішнього контролю атмосферних умов.

Таблиця 2.2 – Характеристики датчика BME280

| Параметр               | Значення    |
|------------------------|-------------|
| Температурний діапазон | −40...+85°C |
| Точність температури   | ±1°C        |
| Діапазон вологості     | 0...100% RH |
| Точність вологості     | ±3% RH      |
| Інтерфейс              | I2C         |
| Споживання             | 340–714 мкА |

Датчики контролю диму. Датчики диму MQ-2 та MQ-7 (рис. 2.4) дозволяють контролювати насиченість диму та концентрацію оксиду вуглецю. Сенсор MQ-2 має широкий діапазон чутливості до багатьох газів, таких як пропан, бутан, метан та димові аерозолі, що утворюються в процесі копчення. Він дозволяє виявити загальну концентрацію диму в камері та контролювати оптимальний режим насичення димом залежно від стадії копчення.



Рисунок 2.4 – Датчики диму MQ-2 та MQ-7

Сенсор MQ-7 спеціалізується на виявленні окису вуглецю (CO), що є побічним продуктом процесу горіння. Підвищення рівня CO сигналізує про можливі порушення режиму згорання в димогенераторі, а також є критичним показником з точки зору безпеки експлуатації. Обидва датчики забезпечують

раннє виявлення небезпечних концентрацій та дають можливість системі своєчасно відкоригувати режим роботи або перейти в аварійний стан.

Таблиця 2.3 – Характеристики датчиків диму MQ-2 та MQ-7

| Параметр             | MQ-2                      | MQ-7                  |
|----------------------|---------------------------|-----------------------|
| Газочутливість       | Дим, пропан, бутан, метан | Оксид вуглецю         |
| Діапазон вимірювання | 200–10000 ppm             | 20–2000 ppm           |
| Живлення             | 5 В                       | 5 В                   |
| Інтерфейс            | Аналоговий / Цифровий     | Аналоговий / Цифровий |

Дисплей оператора. Сенсорний TFT дисплей HX8357D (рис. 2.5) діагоналлю 3.5” використовується для візуалізації процесів та управління налаштуваннями, а також для зберігання даних за допомогою вбудованого роз'єму MicroSD.

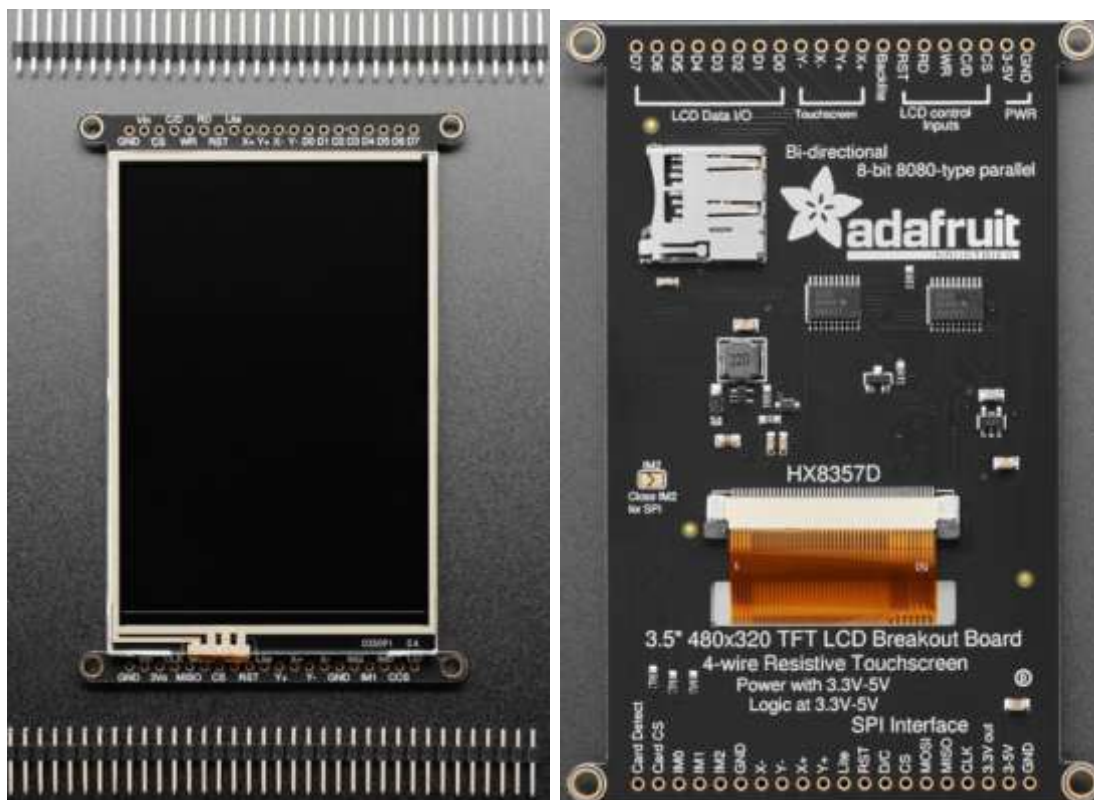


Рисунок 2.4 – TFT дисплей HX8357D

Така інтеграція дозволяє уникнути додаткових модулів для зберігання інформації, спрощує архітектуру системи та забезпечує зручний доступ до статистичних даних.

Таблиця 2.4 – Характеристики TFT дисплея НХ8357D діагоналлю 3.5”

| Параметр            | Значення                                                |
|---------------------|---------------------------------------------------------|
| Розмір              | 3.5 дюйма                                               |
| Роздільна здатність | 320x480                                                 |
| Тип матриці         | TFT                                                     |
| Інтерфейс           | SPI                                                     |
| Особливості         | Сенсорний, вбудований слот MicroSD для зберігання даних |

Нагрівальний елемент (ТЕН) Забезпечує підтримку необхідної температури всередині коптильні. Вибрано трубчастий ТЕН з нержавіючої сталі AISI 304, П-подібної форми, який забезпечує рівномірний нагрів камери, високу корозійну стійкість в умовах вологи і диму та довгий термін служби.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики нагрівального елемента

| Параметр             | Значення                               |
|----------------------|----------------------------------------|
| Тип                  | Трубчастий (нержавіюча сталь AISI 304) |
| Форма                | П-подібна                              |
| Потужність           | 2 кВт                                  |
| Напруга живлення     | 220 В                                  |
| Стійкість до корозії | Висока                                 |

Сервоприводи заслінок. Заслінки вентиляційної системи виконують важливу функцію підтримання стабільних параметрів температури та

вологості всередині камери копчення. У процесі роботи система аналізує показники сенсорів і при досягненні граничних значень температури або вологості формує команду на відкриття або закриття заслінок для відведення надлишкового тепла чи зменшення вологості. Сервоприводи EMAX ES08A II (рис.2.5) точно позиціонують заслінки у необхідне положення відповідно до розрахованої величини.



Рисунок 2.5 – Сервоприводи EMAX ES08A II

При охолодженні заслінка відкривається, забезпечуючи приплив прохолоднішого повітря, а після нормалізації температури поступово закривається, утримуючи стабільний мікроклімат в камері.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики сервоприводу EMAX ES08A II

| Параметр  | Значення       |
|-----------|----------------|
| Напруга   | 4.8–6 В        |
| Зусилля   | 1.5–1.8 кг/см  |
| Швидкість | 0.12 сек / 60° |
| Вага      | 8.5 г          |

Вентилятори. У системі передбачено використання двох типів вентиляторів. Внутрішній вентилятор циркуляції забезпечує рівномірний розподіл диму і тепла всередині камери, створюючи однорідні умови копчення

по всьому об'єму. Це сприяє однаковій якості обробки продукту незалежно від його розташування в камері. Для подачі диму від димогенератора використовується окремий вентилятор, який повинен бути термостійким, оскільки працює з гарячими газами на виході димогенератора. Такий вентилятор забезпечує стабільний потік диму в камеру, не допускаючи його конденсації у каналі подачі.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики вентиляторів

| Параметр    | Значення                          |
|-------------|-----------------------------------|
| Тип         | Осьовий                           |
| Живлення    | 220 В                             |
| Потужність  | до 100 Вт                         |
| Особливість | Термостійкий (для димогенератора) |

Комунікаційні реле. Твердотільні реле SSR-25DA (рис. 2. ) забезпечують безпечну комутацію виконавчих механізмів. Реле SSR-25DA побудовані на основі силових симісторів з оптопарною гальванічною розв'язкою, що забезпечує електричну ізоляцію низьковольтної логіки керування від силової частини змінного струму. Така конструкція дозволяє безшумно і швидко комутувати навантаження без зносу контактів, що є критичним для частих вмикань нагрівачів, вентиляторів та сервоприводів у процесі копчення.



Рисунок 2.6 – Реле SSR-25DA

Реле використовуються для керування нагрівальними елементами, вентиляторами циркуляції та подачі диму, а також для відключення окремих вузлів системи при аваріях.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики реле SSR-25DA

| Параметр           | Значення    |
|--------------------|-------------|
| Управління         | 3–32 В DC   |
| Комутація          | 24–380 В AC |
| Струм навантаження | до 25 А     |

Блок живлення. Імпульсний блок живлення стабілізує живлення всієї системи. Для забезпечення живлення різних функціональних вузлів системи передбачено декілька стабілізованих напруг. Основна силова частина працює від 220 В змінного струму (нагрівачі, вентилятори), тоді як вся логічна частина системи отримує живлення від стабілізованих джерел 12 В (для сервоприводів та реле), 5 В (для датчиків MQ, дисплея та допоміжної периферії) і 3.3 В (для живлення самого мікроконтролера STM32 та датчиків BME280). Блок живлення має вбудовані захисти від коротких замикань, перенавантаження та перенапруги, що гарантує безпеку експлуатації системи.

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики блоку живлення

| Параметр        | Значення                                               |
|-----------------|--------------------------------------------------------|
| Вхідна напруга  | 230 В                                                  |
| Вихідні напруги | 12 В, 5 В, 3.3 В                                       |
| Стабільність    | Висока                                                 |
| Захист          | Від короткого замикання, перенавантаження, перенапруги |

Система зберігання даних реалізована на базі SD-карти через вбудований слот дисплея. Використовується для запису історії параметрів та

аварійних подій.

Таблиця 2.10 – Перелік обладнання для реалізації системи

| №  | Найменування обладнання                   | К-ть | Основні характеристики                  | Призначення                                  |
|----|-------------------------------------------|------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1  | Мікроконтролер STM32F401CCU6 (плата)      | 1    | ARM Cortex-M4, 84 МГц, 3.3 В            | Центральний контролер системи                |
| 2  | Дисплей TFT HX8357D з сенсором та microSD | 1    | 3.5", 320x480, SPI, touch, слот microSD | Інтерфейс оператора, відображення параметрів |
| 3  | Датчик температури та вологості BME280    | 1    | -40...+85°C, 0...100% RH, I2C           | Контроль мікроклімату в камері               |
| 4  | Датчик диму MQ-2                          | 1    | 200-10000 ppm, 5 В                      | Контроль концентрації диму                   |
| 5  | Датчик оксиду вуглецю MQ-7                | 1    | 20-2000 ppm, 5 В                        | Контроль концентрації СО                     |
| 6  | Нагрівальний елемент (ТЕН)                | 1    | 2 кВт, 220 В, трубчастий                | Підтримання температури копчення             |
| 7  | Вентилятор циркуляції                     | 1    | Осьовий, 220 В                          | Рівномірна циркуляція повітря                |
| 8  | Вентилятор подачі диму                    | 1    | Термостійкий, 220 В                     | Подача диму від димогенератора               |
| 9  | Сервопривід EMAX ES08A II                 | 2    | 5 В, PWM 50 Гц                          | Керування заслінками вентиляції              |
| 10 | Твердотільне реле SSR-25DA                | 3    | 3–32 В DC / 24–380 В AC                 | Комутація ТЕНу, вентиляторів, сервоприводів  |
| 11 | Оптрони PC817 з розв'язкою PWM            | 2    | 3.3 В → 5 В                             | Гальванічна розв'язка для сигналів PWM       |
| 12 | Мікрокнопки управління                    | 4    | Кнопки Menu, OK, Up, Down               | Ручне управління режимами                    |
| 13 | Індикатор SD_LED                          | 1    | Світлодіод                              | Індикація роботи SD-карти                    |
| 14 | Блок живлення імпульсний                  | 1    | Вихід 5 В, 3.3 В                        | Живлення системи                             |
| 15 | Карта пам'яті microSD                     | 1    | min 2 ГБ                                | Зберігання історії параметрів                |

Запропонований склад апаратної частини забезпечує точне автоматизоване керування технологічним процесом копчення, стабільну

роботу системи в умовах змінних навантажень, енергоефективність та можливість накопичення технологічних даних для подальшої аналітики.

## 2.3 Обґрунтування вибору програмного забезпечення проектованої комп'ютерної системи

Розглянемо і дамо коротку характеристику програмному забезпеченню яке необхідне для реалізації нашого проекту, а також базові налаштування які виконані для подальшої роботи.

Розробка програмного забезпечення для комп'ютеризованої системи моніторингу і керування електрокоптильністю здійснювалась з урахуванням обраної апаратної платформи, функціональних вимог системи та технологічних особливостей процесу копчення. Забезпечення надійної роботи досягалось за рахунок використання сучасного середовища розробки, бібліотек та гнучкої модульної структури програмного коду.

### 2.3.1 Вибір середовища розробки

Програмування системи виконувалось у середовищі STM32CubeIDE, що є комплексним пакетом для розробки, компіляції, конфігурування периферії та налагодження мікроконтролерів STM32. Це середовище забезпечує:

- генерацію коду для конфігурації периферії;
- інтегровані засоби дебагу;
- підтримку мов C/C++;
- зручну інтеграцію бібліотек STM32 HAL.

Для розробки схем підключення використовувалось середовище Fritzing, що дозволяє наочно моделювати макетні підключення та спрощує етап прототипування.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 30   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

### 2.3.2 Базові налаштування програмного середовища

Перед початком програмування було виконано налаштування всіх необхідних апаратних інтерфейсів у STM32CubeIDE.

Налаштування тактування мікроконтролера (RCC). Тактування є основою роботи всієї комп'ютерної системи керування, оскільки визначає швидкість обробки даних, реакцію системи на зміни параметрів, точність роботи таймерів, стабільність передачі даних по комунікаційних шинах. Саме від коректного налаштування тактування залежить:

- швидкість опитування сенсорів температури, вологості, диму;
- правильна робота ШІМ-сигналів для керування сервоприводами вентиляційних заслінок;
- коректна генерація тактів для SPI та I2C інтерфейсів (для дисплея, SD-карти, сенсорів);
- точність роботи сторожового таймера та годинника реального часу (RTC) для ведення історії параметрів.

Для забезпечення стабільної роботи обрано зовнішні кварцові резонатори:

- High-speed external (HSE) – 25 МГц для основного тактування ядра, після поділу та множення утворює частоту роботи ядра 84 МГц;
- Low-speed external (LSE) – 32,768 кГц для точного формування імпульсів годинника реального часу RTC та енергонезалежного збереження історичних даних.

Налаштування комунікаційних інтерфейсів. Комунікаційні інтерфейси забезпечують обмін даними між контролером та підключеними периферійними модулями. У системі використовуються:

- I2C1 – забезпечує підключення цифрового датчика BME280, який передає дані температури, вологості та тиску. Вибір інтерфейсу I2C обумовлений простотою з'єднання по двох проводах (SCL, SDA), можливістю підключення декількох сенсорів на одну шину та високою помехостійкістю на

коротких відстанях всередині корпусу копильні. Передбачено стандартну швидкість обміну 100 кГц.

– SPI – використовується для підключення сенсорного TFT дисплея HX8357D. Інтерфейс SPI забезпечує високу швидкість передавання графічних даних для оновлення дисплея з мінімальними затримками. Шина SPI дозволяє швидко формувати візуальні екрани управління процесом та відображати графіки температурних змін.

– SPI2 – застосовується для роботи з картою пам'яті microSD, яка інтегрована у модуль дисплея. Через SPI реалізовано запис історії температурних режимів, збереження логів аварійних подій та подальшу можливість зчитування даних для аналітики.

Коректне налаштування швидкостей обміну, пріоритетів шини, полярності та фаз синхронізації SPI забезпечує безпомилкову роботу при тривалій експлуатації системи.

Налаштування портів GPIO. Порти GPIO (General Purpose Input Output) виконують критично важливу функцію зв'язку мікроконтролера з виконавчими елементами системи.

Налаштування портів як вихідних для формування керуючих сигналів:

- включення та вимкнення SSR-реле для нагрівальних елементів;
- керування вентиляторами циркуляції та димогенератора;
- керування живленням сервоприводів заслінок.

Налаштування портів як входів для зчитування стану кнопок управління оператором: кнопки запуску, зупинки, аварійної зупинки, переходу в меню налаштувань.

Налаштування окремих портів у режимі альтернативних функцій (AF) для генерації сигналів широтно-імпульсної модуляції (ШІМ):

- керування положенням сервоприводів заслінок для регулювання повітряних потоків;
- керування яскравістю підсвітки дисплея через ШІМ-сигнал.

Чітка прив'язка кожного виводу GPIO до конкретної функції в системі дозволяє забезпечити ефективне та стабільне управління всіма компонентами копильні. Режими роботи портів підібрано з урахуванням рівнів логічних сигналів, допустимих струмів і захисту від наведень, що важливо для експлуатації в умовах промислової камери.

## 2.4 Проєктування комп'ютеризованої системи

### 2.4.1 Розробка схеми підключення сенсорів до мікроконтролера

Для реалізації алгоритму керування було здійснено розподіл портів мікроконтролера STM32 відповідно до підключеного обладнання. Порти обрано з урахуванням типу підключення (I2C, SPI, GPIO, PWM). Розподіл портів представлено в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Розподілення портів GPIO системи

| Змінна в програмі                                   | Порт STM32 | Порт пристрою     |
|-----------------------------------------------------|------------|-------------------|
| Датчики температури і вологості (BME280) через I2C1 |            |                   |
| I2C1_SCL                                            | PB6        | SCL BME280        |
| I2C1_SDA                                            | PB7        | SDA BME280        |
| Датчики диму                                        |            |                   |
| MQ-2                                                | PB11       | DO MQ-2           |
| MQ-7                                                | PB10       | DO MQ-7           |
| Дисплей HX8357D через SPI1                          |            |                   |
| LCD_DC                                              | PA2        | DC дисплея        |
| LCD_CS                                              | PA4        | CS дисплея        |
| LCD_SDA                                             | PA7        | SDI дисплея       |
| LCD_RES                                             | PA3        | RESET дисплея     |
| LCD_SCL                                             | PA5        | SCK дисплея       |
| LCD_BLC                                             | PA6        | Підсвітка дисплея |

|                                                     |            |                                   |
|-----------------------------------------------------|------------|-----------------------------------|
| Змінна в програмі                                   | Порт STM32 | Порт пристрою                     |
| Зчитувач SD-картки через SPI2                       |            |                                   |
| SD_CS                                               | PB12       | CS SD-карти                       |
| SD_CLK                                              | PB13       | SCK SD-карти                      |
| SD_MISO                                             | PB14       | MISO SD-карти                     |
| SD_MOSI                                             | PB15       | MOSI SD-карти                     |
| Кнопки керування                                    |            |                                   |
| KEY_MENU                                            | PB4        | Кнопка меню                       |
| KEY_OK                                              | PB5        | Кнопка ОК                         |
| KEY_UP                                              | PB8        | Кнопка вгору                      |
| KEY_DOWN                                            | PB9        | Кнопка вниз                       |
| Керування сервоприводами (PWM - TIM2 через оптрони) |            |                                   |
| TIM2_CH1                                            | PA0        | Заслінка 1 (через PC817)          |
| TIM2_CH2                                            | PA1        | Заслінка 2 (через PC817)          |
| Керування реле SSR-25DA виконавчих елементів        |            |                                   |
| PIN_RELAY_FAN1                                      | PB1        | Реле вентилятора 1                |
| PIN_RELAY_FAN2                                      | PB3        | Реле вентилятора 2 димогенератора |
| PIN_RELAY_HEAT                                      | PB0        | Реле нагрівача                    |
| Службові індикатори                                 |            |                                   |
| SD_LED                                              | PC13       | LED при записі на SD-карту        |

#### 2.4.2 Опис електричної принципової схеми

Електрична схема системи розроблена на основі структурної логіки роботи всієї комп'ютеризованої системи керування копильнею. Центральною частиною є мікроконтролер STM32F103 (платформа Blue Pill), який виконує збирання та обробку даних від сенсорів, формує керуючі сигнали до виконавчих механізмів, контролює аварійні стани та записує дані на SD-карту.

На схемі реалізовано:

- підключення сенсорів температури/вологості BME280 (I2C);
- підключення газових датчиків MQ-2 та MQ-7 (аналоговий канал);
- керування дисплеєм HX8357D через SPI1;
- підключення SD-карти до SPI2;
- підключення кнопок керування до GPIO;
- керування твердотільними реле SSR-25DA для силових виконавчих елементів (нагрів, вентилятори);
- підключення сервоприводів вентиляційних заслінок через оптронні гальванічні розв'язки на базі PC817, що забезпечують безпеку логічних сигналів PWM;
- живлення 5 В для виконавчих механізмів та 3.3 В для цифрової логіки мікроконтролера.

Особливістю даної реалізації є використання оптронної розв'язки PWM-сигналів для сервоприводів. Це рішення дозволяє фізично розділити логічну частину мікроконтролера, яка працює на напрузі 3.3 В, і виконавчу частину, яка керується сигналами 5 В. Оптронна розв'язка повністю ізолює STM32 від імпульсних перешкод, які можуть виникати в сервоприводах під час пускових струмів чи динамічного регулювання. Таким чином забезпечується стабільність роботи мікроконтролера навіть у випадку наявності завад у силових ланцюгах, підвищується надійність довготривалих циклів копчення та захищаються чутливі цифрові ланцюги від потенційних перенапруг.

Принципова схема комп'ютеризованої системи моніторингу і керування електрокопильнею представлена на кресленні КС КРБ 123.226.00.00 ЕЗ

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 35   |

## РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Реалізація і моделювання проєктних рішень

#### 3.1.1 Налаштування середовища для розробки програмного забезпечення

Розробка програмного забезпечення здійснювалась у середовищі STM32CubeIDE. Після аналізу доступних матеріалів в Інтернеті було обрано відповідні бібліотеки та драйвери для роботи з дисплеєм, клавіатурним модулем, SD-зчитувачем, які отримані з джерел і інтегровані в створений у STM32CubeIDE проєкт.

Для забезпечення максимальної обчислювальної продуктивності виконано конфігурацію тактування системи через модуль RCC (рис. 3.1). Зокрема, встановлено використання зовнішніх кварцових генераторів для стабільної генерації тактових частот системи.

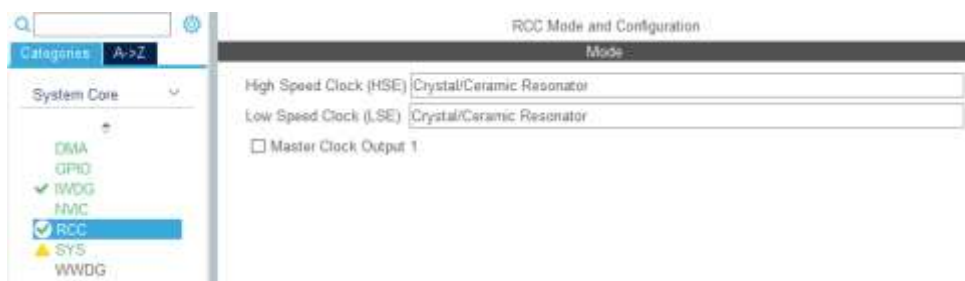


Рисунок 3.1 – Налаштування RCC

Результат налаштування тактування зображено на рисунку 3.2.

|           |      |                 |        |      |                                |                             |      |
|-----------|------|-----------------|--------|------|--------------------------------|-----------------------------|------|
|           |      |                 |        |      | <b>КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ</b> |                             |      |
| Змн.      | Арк. | № докум.        | Підпис | Дата |                                |                             |      |
| Розроб.   |      | Матушинець      |        |      | Практична частина              | Лім.                        | Арк. |
| Перевір.  |      | Жаровський      |        |      |                                |                             | 36   |
| Реценз.   |      | Мудрик І.Я.     |        |      |                                | ТНТУ, каф. КС,<br>гр. CI-42 |      |
| Н. Контр. |      | Тиш Є.В.        |        |      |                                |                             |      |
| Затверд.  |      | Осухівська Г.М. |        |      |                                |                             |      |

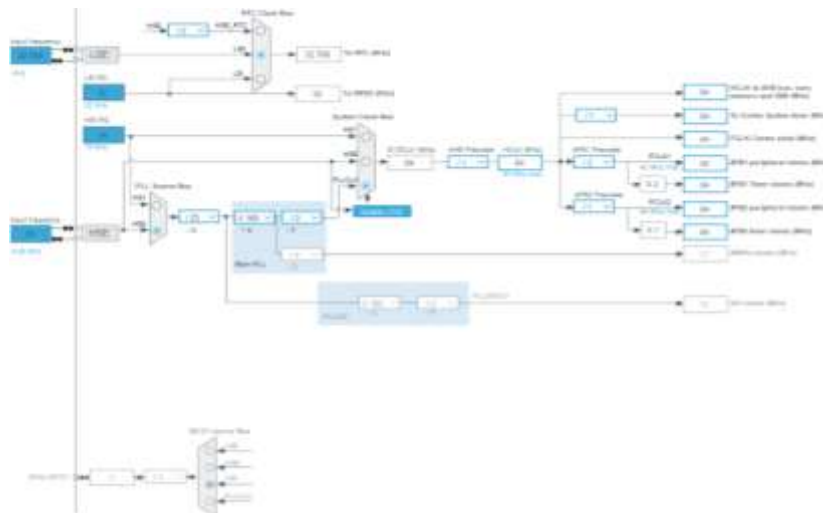


Рисунок 3.2 – Налаштування тактування

Для підключення датчиків температури і вологості ВМЕ280 увімкнено комунікаційний інтерфейс I2C, як зображено на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Увімкнення та налаштування шини I2C

Виконано налаштування першого і другого комунікаційного інтерфейсу SPI. Для підключення дисплея налаштовано перший комунікаційний інтерфейс SPI1, для зчитувача SD-карток SPI2.

SPI1 налаштовуємо в режимі Master. Вибираємо відповідну швидкість (наприклад, прескалер 2 або 4, щоб одержати ~9–18 МГц, залежно від максимальної швидкості дисплея).

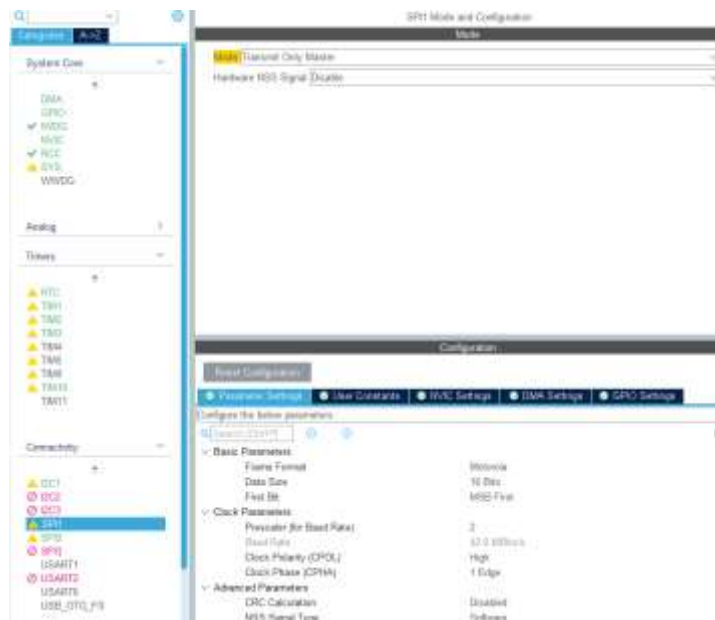


Рисунок 3.4 – Увімкнення шини SPI1

Дисплей HX8357D сумісний по SPI використовуємо режим CPOL=0, CPHA=0 (SPI Mode 0) або відповідний до специфікації HX8357D.

У початковому коді використано LL-бібліотеку для ініціалізації SPI1: 16-біт ширина даних, режим Master, NSS програмно керується.

Виводи PA5 і PA7 налаштовано як AF5 (SPI1\_SCK і SPI1\_MOSI) з дуже високою швидкістю переключення. Лінія MISO (PA6) нам не потрібна для дисплея і може бути використана під інші потреби (в нашому випадку – PWM для підсвітки). Після ініціалізації SPI1, проводиться апаратне скидання дисплея: подається короткий імпульс низького рівня на лінію RESET (PA3), потім встановлюється високий рівень. Далі надсилаються команди ініціалізації контролера HX8357D (набори регістрів Gamma, формат пікселів 16 біт, увімкнення дисплея тощо) – ці команди реалізовані в драйвері display.h/hx8357d.h.

Інтерфейс SPI2 для SD-картки конфігуруємо на нижчу швидкість (наприклад, прескалер 8 або 16 для початкової ініціалізації картки на 400 кГц, з подальшим підвищенням до 4–8 МГц після ініціалізації).

Лінії PB13, PB14, PB15 налаштовуються як AF5 (SPI2\_SCK, SPI2\_MISO, SPI2\_MOSI), а PB12 – як звичайний вихід CS для вибору карти.

У коді CubeMX MX\_SPI2\_Init() використовуються DMA для передачі і прийому даних з SD (щоб оптимізувати зчитування/запис). Для роботи з файловою системою підключено middleware FATFS (fatfs.h), що дозволяє зберігати журнал температур/вологості та налаштування на картці.

Налаштування портів GPIO виконано у відповідності з табл. 2.11. У функції MX\_GPIO\_Init() вмикаються тактові сигнали портів А, В, С. Далі кожен пін конфігурується згідно з його призначенням:

Виходи (SSR, LED, дисплей). Піни PB0, PB1, PB3 (SSR нагрівача та вентиляторів) і PC13 (LED) налаштовуються як виходи push-pull з низькою швидкістю перемикавання. Для прикладу, код ініціалізації виглядає так:

```
// Вмикаємо тактування портів
__HAL_RCC_GPIOB_CLK_ENABLE();
__HAL_RCC_GPIOC_CLK_ENABLE();
GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure = {0};

// PB0, PB1, PB3 як виходи для SSR (нагрівач, вентилятори)
GPIO_InitStructure.Pin = GPIO_PIN_0 | GPIO_PIN_1 | GPIO_PIN_3;
GPIO_InitStructure.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP;
GPIO_InitStructure.Pull = GPIO_NOPULL;
GPIO_InitStructure.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_LOW;
HAL_GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
// Встановлюємо початковий 0 на цих лініях (вимкнено)
HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_0 | GPIO_PIN_1 |
GPIO_PIN_3, GPIO_PIN_RESET);

// PC13 як вихід для сервісного LED
GPIO_InitStructure.Pin = GPIO_PIN_13;
GPIO_InitStructure.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP;
GPIO_InitStructure.Pull = GPIO_NOPULL;
GPIO_InitStructure.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_LOW;
HAL_GPIO_Init(GPIOC, &GPIO_InitStructure);
HAL_GPIO_WritePin(GPIOC, GPIO_PIN_13, GPIO_PIN_RESET); //
засвітити LED (актив. низький)
```

Рисунок 3.5 – Код ініціалізації

Аналогічно, лінії керування дисплеєм PA2 (DC), PA3 (RES), PA4 (CS) налаштовано як виходи з push-pull, високою швидкістю.

Входи (кнопки, датчики MQ). Піни PB4, PB5, PB8, PB9 (кнопки) сконфігуровані як входи з внутрішнім Pull-Up, оскільки один бік кнопки підключений на землю.

Піни PB10, PB11 (MQ-7, MQ-2) також налаштовуємо як цифрові входи.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 39   |

Якщо модулі MQ мають вихід через компаратор типу відкрите колекторне, увімкнемо підтягування на рівень високий (Pull-Up) і вважатимемо нормальним станом логічну “1”, а тривожним – “0”. В протилежному випадку (push-pull вихід модуля, що дає 1 при спрацюванні) можна обрати Pull-Down. У нашій реалізації використано Pull-Up:

```
// PB10, PB11 як входи (MQ-7, MQ-2) з підтягуванням до 1
GPIO_InitStruct.Pin = GPIO_PIN_10 | GPIO_PIN_11;
GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_INPUT;
GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_PULLUP;
HAL_GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStruct);
```

Це означає, що в нормі на цих лініях буде “1”. Коли датчик виявить газ (перевищення порогу), вихід модуля притягне лінію до нуля (0), що ми і трактуватимемо як сигнал тривоги.

Для роботи з BME280 ініціалізуємо Інтерфейс I2C1 в стандартному режимі 100 кГц. В CubeMX така ініціалізація генерується у функції MX\_I2C1\_Init(), де виставляється адреса власника, режим 7-біт, відсутність Stretching та ін. Наприклад, у коді ініціалізації встановлено:

```
hi2c1.Instance = I2C1;
hi2c1.Init.ClockSpeed = 100000;
hi2c1.Init.DutyCycle = I2C_DUTYCYCLE_2;
hi2c1.Init.OwnAddress1 = 0;
hi2c1.Init.AddressingMode = I2C_ADDRESSINGMODE_7BIT;
hi2c1.Init.DualAddressMode = I2C_DUALADDRESS_DISABLE;
hi2c1.Init.OwnAddress2 = 0;
hi2c1.Init.GeneralCallMode = I2C_GENERALCALL_DISABLE;
hi2c1.Init.NoStretchMode = I2C_NOSTRETCH_DISABLE;
HAL_I2C_Init(&hi2c1);
```

Ці налаштування відповідають стандартному I2C режиму. Лінії PB6/PB7 автоматично конфігуруються як альтернативні I2C (SCL, SDA) з відкритим колектором і підтяжками, згідно .ioc файлу CubeMX. Після цього можна спілкуватися з BME280 через HAL I2C або за допомогою драйвера від Bosch (у проекті підключено бібліотеку bme280.h).

Переходимо до налаштування таймерів.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 40   |

TIM2 для PWM (серводвигуни): Таймер 2 налаштований для генерування ШІМ на двох каналах. Обрано режим PWM1 і параметри для отримання періоду ~20 мс (50 Гц), що потрібний для стандартних сервоприводів. У нашому проекті, з частотою тактування таймера 72 МГц, можна використати переддільник і період: наприклад, Prescaler = 24, Period = 65450. Це дає період близько 22 мс, що є прийнятним для сервоприводу (50± Hz).



Рисунок 3.6 – Налаштування таймера TIM2

Кожен канал (CH1 і CH2) ініціалізовано з початковим значенням CCR = 0 (імпульс 0 мкс)file-b34wxaszgxtmxpzvu2efjo. Після ініціалізації запускаємо PWM: HAL\_TIM\_PWM\_Start(&htim2, TIM\_CHANNEL\_1) та аналогічно для CH2. Сигнали PA0 і PA1 тепер видають ШІМ імпульси, ширина яких регулюється значеннями CCR1 та CCR2.

TIM3 для PWM підсвітки дисплея. Таймер 3 канал 1 (PA6) можна використати для керування яскравістю. У коді прикладу TIM3 налаштовано з дуже високою частотою PWM (кількасот Гц) і невеликим коефіцієнтом заповнення (близько 50%) для забезпечення стабільного середнього струму на світлодіоді підсвітки. За потреби, можна змінювати регістр CCR TIM3\_CH1, щоб збільшити або зменшити яскравість екрану.



Рисунок 3.7 – Налаштування таймера TIM3

TIM10 для періодичних переривань (опитування кнопок). У проекті використовується таймер TIM10 для генерації регулярних переривань з високою частотою (кілька сотень разів на секунду) для опитування стану кнопок і антидребезгу. Згідно з початковими налаштуваннями, Prescaler = 999, Period = 419, що на тактовій 84 МГц (STM32F4) дає період ~5 мс (200 Гц). В коді, одразу після MX\_TIM10\_Init(), таймер запускається вручну записом:

```
TIM10->DIER |= TIM_DIER_UIE; // дозволити переривання Update
TIM10->CR1 |= TIM_CR1_CEN; // запустити таймер 10
```

Обробник переривання TIM10 (в нашому випадку спільний з TIM1 Update) викликає функцію опитування клавіатури з модуля keyboard.h, яка читає стан кожної кнопки і відслідковує події натиснення/відпускання.

TIM1 для основного циклу керування. Таймер 1 використовується як таймер з більшим періодом (порядку 1–3 с) для виконання головного циклу регулювання. Наприклад, Prescaler = 27999, Period = 8999 на тактовій 72 МГц дає ~3 с інтервал.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 42   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |



Рисунок 3.8 – Налаштування таймера TIM1

Переривання Update TIM1 застосовується для періодичного зчитування датчиків, оновлення дисплея та регулювання виконавчих механізмів. Такий підхід (періодичний виклик раз на декілька секунд) запобігає надто частому перемиканню реле і дозволяє усереднювати покази датчиків для стабільності.

TIM2 для PWM (серводвигуни): Таймер 2 налаштований для генерування ШІМ на двох каналах. Обрано режим PWM1 і параметри для отримання періоду ~20 мс (50 Гц), що потрібний для стандартних сервоприводів. У нашому проекті, з частотою тактування таймера 72 МГц, можна використати переддільник і період: наприклад, Prescaler = 24, Period = 65450file-b34wxaszgxtmxpzvu2efjo. Це дає період близько 22 мс, що є прийнятним для сервоприводу ( $50 \pm$  Hz). Кожен канал (CH1 і CH2) ініціалізовано з початковим значенням CCR = 0 (імпульс 0 мкс)file-b34wxaszgxtmxpzvu2efjo. Після ініціалізації запускаємо PWM: HAL\_TIM\_PWM\_Start(&htim2, TIM\_CHANNEL\_1) та аналогічно для CH2. Сигнали PA0 і PA1 тепер видають ШІМ імпульси, ширина яких регулюється значеннями CCR1 та CCR2.

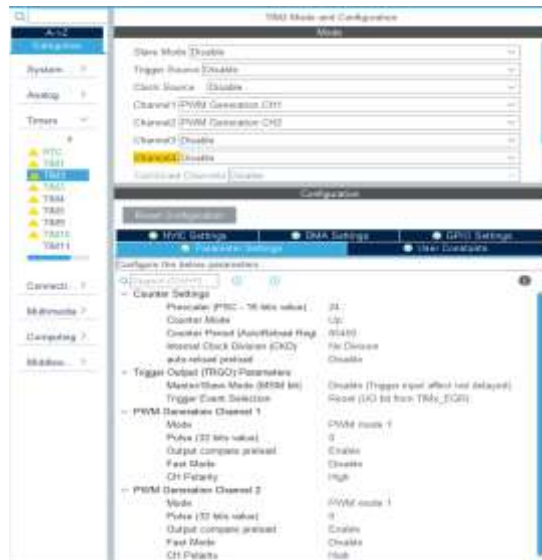


Рисунок 3.9 – Налаштування таймера TIM2

### 3.1.2 Зчитування та обробка показників датчиків

Після ініціалізації I2C і самого датчика, мікроконтролер періодично зчитує з BME280 поточні значення температури, відносної вологості та атмосферного тиску. Використовується бібліотека Bosch для BME280 (bme280.h), де ми заповнюємо структуру struct bme280\_dev з вказівниками на функції читання/запису I2C і затримки. Приклад ініціалізації для одного датчика на адресі 0x76:

```
struct bme280_dev bme;
bme.dev_id = BME280_I2C_ADDR_PRIM;    // 0x76
bme.intf = BME280_I2C_INTF;
bme.read = user_i2c_read; // функції, що використовують HAL_I2C
bme.write = user_i2c_write;
bme.delay_ms = user_delay_ms;
int8_t rslt = bme280_init(&bme);
```

Після успішної ініціалізації налаштовуємо режим: наприклад, Normal mode (безперервні вимірювання) і одинарне перевибірковування (oversampling  $\times 1$ ) для всіх трьох параметрів, без фільтрації. Це виконується через структуру bme.settings і функцію bme280\_set\_sensor\_settings(...). У нашому випадку:

```
bme.settings.osr_h = BME280_OVERSAMPLING_1X;
bme.settings.osr_t = BME280_OVERSAMPLING_1X;
```

```

bme.settings.osr_p = BME280_OVERSAMPLING_1X;
bme.settings.filter = BME280_FILTER_OFF;
bme280_set_sensor_settings(BME280_OSR_PRESS_SEL |
BME280_OSR_TEMP_SEL |
BME280_OSR_HUM_SEL | BME280_FILTER_SEL, &bme);
bme280_set_sensor_mode(BME280_NORMAL_MODE, &bme);

```

Тепер датчик самостійно вимірює з частотою ~1 Гц (за замовчуванням для Normal mode). Щоб отримати дані, достатньо з певним інтервалом викликати:

```

struct bme280_data comp_data;
if (bme280_get_sensor_data(BME280_ALL, &comp_data, &bme) ==
BME280_OK) {
    float temperature = comp_data.temperature;
    float humidity    = comp_data.humidity;
    float pressure     = comp_data.pressure;
    // можна виконати усереднення або використати напряму
}

```

Отримані значення (температура в °C, вологість в %) можуть бути одразу використані в алгоритмі регулювання і для відображення на дисплеї. В прошивці реалізовано усереднення показів за допомогою структур ave\_tIn, ave\_relHIn тощо – ковзних середніх, щоб згладити випадкові коливання.

MQ-2 (дим) та MQ-7 (CO): Ці газові датчики працюють в режимі "є поріг – немає порогу". Вони під'єднані до цифрових входів PB11 та PB10 відповідно. У циклі переривання або в головному циклі програми потрібно опитувати їх стан за допомогою HAL:

```

GPIO_PinState mq2_state = HAL_GPIO_ReadPin(GPIOB, GPIO_PIN_11);
GPIO_PinState mq7_state = HAL_GPIO_ReadPin(GPIOB, GPIO_PIN_10);

```

Через те, що ми використали підтягування до 1, логіка така: якщо mq2\_state == GPIO\_PIN\_LOW, це означає датчик MQ-2 виявив дим/газ (перевищено поріг концентрації диму), якщо HIGH – диму мало або в нормі. Аналогічно для MQ-7: LOW означає високий рівень CO. В коді зручно завести прапорці або змінні стану, наприклад smokeDetected та coAlert. Після кожного

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 45   |

зчитування оновлюємо ці прапори:

```
smokeDetected = (mq2_state == GPIO_PIN_RESET); // активний низький  
coAlert       = (mq7_state == GPIO_PIN_RESET);
```

Далі ці прапори використовуються в алгоритмі керування. Зауваження: Модулі MQ потребують прогріву і калібрування. Поріг спрацьовування (чутливість) можна налаштувати потенціометром на модулі. У прошивці варто реалізувати деяку затримку після ввімкнення системи, перш ніж довіряти показам MQ (наприклад, не реагувати перші 1–2 хвилини, поки датчики прогріються).

За потреби, система може бути доповнена додатковими сенсорами. Але основні для копильні – температура, вологість, дим і СО вже встановлені.

### 3.1.3 Керування нагрівачем, вентиляторами та заслінками

Алгоритм автоматичного регулювання забезпечує підтримання заданих умов у камері копильні шляхом керування нагрівачем, вентиляторами та положенням повітряних заслінок (серводвигунів). У прошивці ця логіка виконується періодично (в обробнику переривання таймера TIM1 або в головному циклі з перевіркою таймера). Розглянемо основні кроки керування.

Регулювання температури. Користувач задає бажану температуру  $T_{set}$ . Програма порівнює її з поточним виміром  $T_{cur}$  (від BME280). Якщо  $T_{cur} < T_{set}$  (температура занижка), потрібно увімкнути нагрівальний елемент. Для цього на PB0 подаємо високий рівень – HEATER SSR ON. Якщо  $T_{cur}$  досягла  $T_{set}$  або перевищила її на деякий гістерезис (скажімо,  $2^{\circ}\text{C}$ ), нагрівач вимикається ( $PB0 = 0$  – HEATER OFF). Такий підхід із гістерезисом запобігає надмірно частому клацанню реле. Наприклад:

```
if (T_cur < T_set - 0.5) {  
    HEATER_ON; // температура занижка, вмикаємо нагрів  
} else if (T_cur > T_set + 0.5) {  
    HEATER_OFF; // температура перевищила норму, вимикаємо  
нагрів
```

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 46   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

}

Крім нагрівача, на температуру можна впливати вентиляцією: якщо всередині надто гаряче, відкриваємо заслінки і вмикаємо вентилятор(и) для охолодження. Наприклад, коли  $T_{cur}$  на кілька градусів вище заданої, програмно активується режим охолодження: основний вентилятор PB1 увімкнено, заслінки максимально відкриті, щоб викинути гаряче повітря назовні. Це продовжується, доки температура не опуститься нижче  $T_{set}$ .

Регулювання вологості: У деяких випадках користувач може бажати підтримувати певну вологість у камері (наприклад, щоб продукт не пересихав). Наш датчик дає поточну відносну вологість  $H_{cur}$ . Якщо вона перевищує бажану  $H_{set}$ , значить в камері надто волого – слід провітрити. Програма відкриває заслінки і вмикає вентилятор (PB1) для інтенсивного виведення вологого повітря. Після того як вологість впаде нижче порогу  $H_{set}$  (з урахуванням гістерезису, наприклад 5%), вентилятор можна вимкнути, а заслінки прикрити. Якщо ж навпаки вологість занижка (менше  $H_{set}$  нижче норми) – це сигнал до мінімізації вентиляції: заслінки прикриваються, вентилятори не увімкнені, щоб утримати вологу всередині. В нашій системі немає активного зволожувача, тому ми лише регулюємо ступінь вентиляції, впливаючи на вологість опосередковано.

Приклад: Якщо  $H_{cur} > H_{set} = 60\%$ , виконуємо:

```
openDampers(); // відкрити заслінки на певний кут, наприклад 100%
FAN1_ON;       // увімкнути основний вентилятор
```

Якщо  $H_{cur} < 55\%$  ( $H_{set}$  - гістерезис):

```
FAN1_OFF;           // вимкнути вентилятор
halfCloseDampers(); //прикрити заслінки 50% щоб утримувати вологу
```

Така стратегія підтримує вологість в діапазоні 55–60%. Зауважимо, що для коптільні жорсткий контроль вологості не настільки критичний, як для

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 47   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

інкубатора чи сушильної камери (можна реалізувати і такий варіант роботи), але знати та відображати цей параметр – корисно.

Датчик MQ-2 сигналізує про наявність диму/горючих газів. У контексті коптильні це можна трактувати як щільність диму. Алгоритм може бути такий:

– Якщо диму недостатньо (`smokeDetected == false`, тобто MQ-2 не спрацював) – потрібно посилити утворення диму. Для цього можна ввімкнути вентилятор димогенератора (PB3). Вентилятор проганяє більше повітря через тирсу/щепу, стимулюючи горіння і утворення диму. Також можна трохи прикрити заслінки, щоб дим затримувався довше.

– Якщо диму забагато (можна визначити за тривало активним MQ-2 або за спрацюванням MQ-7 – див. нижче), – варто зменшити подачу повітря до димогенератора: вимкнути вентилятор PB3, а заслінки навпаки відкрити, щоб надлишок диму вийшов з камери.

```
if (!smokeDetected) {  
    // Мало диму – увімкнути вентилятор димогенератора  
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_3, GPIO_PIN_SET); //  
    SMOKE_FAN_SSR ON  
    // (можливо, HEATER під тирсою теж увімкнути або  
    підвищити)  
    closeDampersHalf(); // прикрити заслінки, щоб дим  
    накопичувався  
} else {  
    // Дим присутній в достатній кількості  
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_3, GPIO_PIN_RESET); //  
    SMOKE_FAN_SSR OFF  
    openDampers(); // відкрити заслінки для стабільної  
    тяги  
}
```

Рисунок 3.10 – Реалізація контролю по датчику диму

Цей код гарантує постійну генерацію диму при необхідності, але не "задушує" продукт надмірним димом, коли його вистачає.

Виявлення CO (MQ-7, безпека). MQ-7 реагує на підвищення рівня чадного газу (CO), який може з'явитися при тлінні деревини за недостатнього притоку повітря. Якщо `coAlert == true` (MQ-7 спрацював), система застосовує

заходи безпеки:

- Негайно максимізує вентиляцію: відкриваємо заслінки на 100% і вмикаємо основний вентилятор PB1, щоб вивести чадний газ з камери.

- Опціонально, можна тимчасово припинити нагрів та генерацію диму (вимкнути нагрівач PB0 і вентилятор димогенератора PB3), оскільки високий СО часто супроводжується недостатнім горінням. Система переходить у режим провітрювання, доки рівень СО не впаде (MQ-7 не повернеться в неактивний стан). Також можна сигналізувати користувачу про тривогу (на дисплеї або миготінням LED).

Приклад реакції:

```
if (coAlert) {  
    HEATER_OFF;  
    SMOKE_FAN_OFF;  
    FAN1_ON;  
    openDampers();  
    // вивести повідомлення "CO ALERT! Провітрювання..."  
}
```

Ця ситуація має пріоритет над іншими (система спершу вирішує проблему безпеки, а вже потім повертається до нагрівання чи підтримки вологості).

Керування серводвигунами (заслінками): В залежності від режимів вище, функції openDampers(), closeDampers() тощо виставляють певний кут відкриття заслінок. У нас два серво: можна припустити, що один відповідає за вхідну заслінку (приплив повітря), інший – за вихідну (викид диму). Для спрощення можна рухати їх синхронно (обидва відкрито або закрито разом). Але гнучкіше – керувати ними окремо:

- В нормальному режимі підтримки диму вхідна заслінка може бути привідкритою лише трохи (щоб тління було повільним), а вихідна – прикрита, щоб дим довше знаходився всередині.

- В режимі активного провітрювання обидві заслінки повністю відкриваються.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 49   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

– Для тонкого налаштування можна залежно від температури відкривати лише вихідну заслінку (випускаючи гаряче повітря), а залежно від кисню для горіння – відкривати вхідну.

Кут серво задається зміною значення CCR на таймері TIM2. Наприклад, попередньо обчислюємо значення для повністю закритої та повністю відкритої заслінки. При частоті ~50 Гц і періоді ~20 мс, імпульси 1 мс відповідають ~5% заповнення, а 2 мс ~10%. В наших налаштуваннях (Period ≈ 65450) еквівалентні значення CCR ~3273 (1 мс) і ~6545 (2 мс). Практично для конкретних серво треба підлаштувати ці значення. Пропишемо функцію:

```
void setServoAngle(TIM_HandleTypeDef *htim, uint32_t channel,
float angle) {
    // angle: 0° (закрито) до 90° (відкрито повністю,
    механічний стоп)
    float pulseMs = 1.0f + (angle / 90.0f) * 1.0f; // від 1мс
    до 2мс
    uint32_t pulseTicks = (uint32_t)(pulseMs * (65450.0f /
    20.0f));
    __HAL_TIM_SET_COMPARE(htim, channel, pulseTicks);
}
// приклад використання:
setServoAngle(&htim2, TIM_CHANNEL_1, 90.0f); // відкрити 1-
шу заслінку на 90°
setServoAngle(&htim2, TIM_CHANNEL_2, 90.0f); // відкрити 2-
гу заслінку на 90°
```

Рисунок 3. 11 – Лістинг функції керування серводвигунами

Доцільно зберігати поточні кути в змінних, щоб не корегувати сервопривід надто часто. Рух виконується поступово при зміні режимів. Функції MotorON() та MotorOFF() в оригінальному коді якраз займалися увімкненням вентиляторів і положенням заслінок – їх можна адаптувати під нашу логіку (наприклад, MotorON = відкрити заслінки, увімкнути вентилятори; MotorOFF = закрити заслінки, вимкнути вентилятори).

Під час розробки алгоритму важливо визначити пріоритети. Наприклад, безпека (CO) має найвищий пріоритет, потім підтримка температури, потім – вологості. В коді ці рівні пріоритетів реалізовано через послідовні if та режимні прапорці. Передбачено режими:

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 50   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

- OFF (вимкнено). Все зупинено, підтримується лише моніторинг. SSR нагрівача і вентиляторів вимкнені, заслінки закриті.
- HEAT (прогрів). Режим підготовки камери до копчення. Активуються тени для швидкого виходу в робочий режим.
- SMOKE (копчення). Нормальний режим, при якому діє згадана вище логіка регулювання температури/вологості/диму. Система автономно керує нагрівачем та вентиляторами для підтримки заданих умов.
- VENT (провітрювання): Режим форсованого провітрювання – за командою користувача або після копчення. Вентилятори ввімкнені, заслінки відкриті, нагрівач вимкнений. Швидко виганяє дим/CO з камери.
- MANUAL (ручний): Можливий режим, коли користувач самостійно керує нагрівом і вентиляцією (через інтерфейс), а автоматичні алгоритми відключені. Це більше для досвідчених користувачів або відладки.

Перемикання режимів можна робити довгим натисканням кнопки Меню або через меню налаштувань. У прошивці вони можуть зберігатися в структурі settingRAM->mode (BLOCK\_OFF, HOOD\_ON, COOLING тощо) і перевірятися в циклі CheckON().

Оновлення у перериваннях. Важливо, що всі описані рішення (ввімкнути/вимкнути пристрій, змінити кут серво) реалізуються в контексті переривання TIM1 (або в task, якщо використовується RTOS).

Наприклад, у обробнику HAL\_TIM\_PeriodElapsedCallback() для TIM1 перевіряються прапори/умови і викликається CheckON() – наша функція контролю. В ній ми реалізуємо описану логіку. Оскільки переривання виконується раз на декілька секунд, рішення приймаються не миттєво, а з деякою періодичністю, що достатньо для інерційної системи коптильні. За цей час датчики також встигають оновитися (BME280 у NormalMode сам оновлюється, MQ – практично миттєво реагують на зміну газу).

```
void CheckON(void) {
    // 1. Безпека CO
    if (coAlert) {
```

```

        HEATER_OFF; SMOKE_FAN_OFF;
        FAN1_ON; openDampers();
        displayWarning("CO Level High! Ventilating...");
        return;
    }
    // 2. Режим "вимкнено"
    if (mode == MODE_OFF) {
        HEATER_OFF; FAN1_OFF; SMOKE_FAN_OFF;
        closeDampers();
        return;
    }
    // 3. Підтримка температури
    if (T_cur < T_set - T_hyst) {
        HEATER_ON;
    } else if (T_cur > T_set + T_hyst) {
        HEATER_OFF;
    }
    // 4. Підтримка вологості
    if (H_cur > H_set + H_hyst) {
        FAN1_ON; openDampers(); // волого, провітрюємо
    } else if (H_cur < H_set - H_hyst) {
        FAN1_OFF; closeDampers(); // сухо, зберігаємо
    }
    // 5. Контроль диму
    if (!smokeDetected) {
        SMOKE_FAN_ON;
        // За потреби нагрівач тирси ON (якщо окремий)
    } else {
        SMOKE_FAN_OFF;
    }
    // 6. Температура > норми, охолодження (якщо зовн.
    холодніше, опційно)
    // ... (можна додатково аналізувати, якщо T_cur суттєво
    > T_set)
    }

```

Рисунок 3. 12 – Лістинг фрагменту функції контролю

Важливо включити захист від взаємовиключних ситуацій (наприклад, не гріти при увімкненому провітрюванні, тощо). Також використовуються глобальні змінні-прапорці для уникнення повторного виклику команд до наступного циклу (щоб не перемикає реле, поки стан не зміниться).

### 3.1.4 Інтерфейс користувача

Графічний дисплей NH8357D 3.5" дозволяє показувати всю необхідну інформацію про процес копчення. В прошивці реалізовано кілька екранів

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 52   |

(«статична картинка», графіки тощо). Для електрокоптильні можна спростити і зробити такі основні екрани:

- Головний екран. Поточна температура та вологість у камері, можливо, зовнішня температура (якщо другий ВМЕ280). Статус: працює нагрівач чи ні, працюють вентилятори, відкриття заслінок (можна піктограмою). Також індикатор наявності диму (за MQ-2) і попередження СО (за MQ-7). На головному екрані можна відображати цільові установки: T\_set, H\_set і режим роботи.

- Екран налаштувань. Тут користувач може змінити цільову температуру, вологість, тривалість копчення, режим (гаряче/холодне копчення, автоматичний/ручний). Налаштування часу/дати (для реального часу і таймера копчення) теж доступне.

- Екран графіків/статистики. Опціонально, можна будувати графік температури/вологості за час копчення, або показувати максимальні/мінімальні значення, які зберігаються протягом сесії.

Взаємодія з дисплеєм здійснюється через драйвер для HX8357D. Бібліотека надає функції малювання примітивів і виводу тексту.

Наприклад, для виводу тексту використовується функція LCD\_WriteString (x, y, "Текст", Font, text\_color, bg\_color) як видно в коді. Для української мови можна використати підтримку UTF-8 або перекодувати строки через utf8\_to\_win1251 перед передачею у LCD\_WriteString, якщо шрифт розрахований на Windows-1251. Не забуваємо, що всі строки бажано зберігати у флеші (ключове слово static const або функція UTF8(...)), щоб не витратити RAM.

Кнопки PB4, PB5, PB8, PB9 відповідають діям:

- Menu (PB4) - перехід між екранами або входження в режим налаштування.
- OK (PB5) - вибір пункту меню або підтвердження змін.
- Up/Down (PB8/PB9) - прокрутка пунктів меню, збільшення/зменшення значення налаштування.

У коді передбачений модуль keyboard.h, що надає функції на кшталт Keyboard\_GetKey() або встановлює глобальні прапори при натисканні. Система визначає, яку кнопку натиснуто, і виконує дію.

Інформація про процес копчення (температура, вологість, час) може логуватися на SD. Наприклад, кожну хвилину записувати рядок CSV: час;T\_cur;H\_cur;smoke;co. Це дозволить потім проаналізувати динаміку чи відобразити графік на екрані. При запуску наступного разу програма може читати попередні налаштування з SD (read\_setting\_SD()).

Сервісний LED на PC13 можна використати як індикатор стану системи. Наприклад:

- Постійне повільне блимання (раз на секунду) означає нормальну роботу програми (маяк Watchdog).
- Швидке блимання може означати тривогу CO – додатково до повідомлення на екрані, це приверне увагу.
- Інший шаблон блимання може показувати, що процес копчення завершено.
- Також за перевищення критичних параметрів можна подати звуковий сигнал (якщо додати звуковий бузер) або мерехтіння екрана.

Дисплей HX8357D споживає чимало енергії, тому якщо копильня працює довго, можна гасити підсвітку коли користувач не натискав кнопки, скажімо, 5 хвилин (в коді є функція CheckEkran()). Можна реалізувати: через 5 хв без натискань зменшити яскравість (TIM3 CCR1 = 0), а при наступному натисканні – знову ввімкнути.

Алгоритми роботи програми наведені на відповідних кресленнях.

### 3.2 Тестування

Для проведення практичного тестування працездатності програмного забезпечення та апаратних компонентів було змонтовано дослідний зразок комп'ютеризованої системи на макетній платі (рис. 3.13). Такий підхід

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 54   |

дозволив перевірити взаємодію між усіма модулями системи на етапі прототипування до остаточного виготовлення друкованої плати.

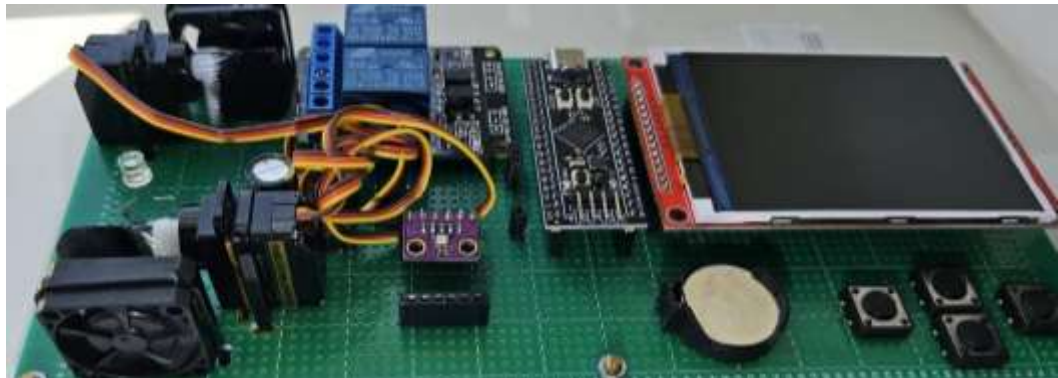


Рисунок 3.13 – Дослідний макет системи на макетній платі

На макетній платі розташовані всі основні апаратні модулі: мікроконтролер STM32F401CCU6, сенсори температури, вологості та диму, TFT-дисплей із сенсорним управлінням, оптрони, серводвигуни для керування заслінками, кнопковий модуль керування та індикатори стану. Задля безпечного проведення випробувань силова частина системи частково замінена: замість реле комутації нагрівального елемента використано світлодіод, який візуально сигналізує про активацію режиму нагріву. Це рішення дозволяє перевірити логіку програмного керування без необхідності підключення потужних нагрівальних елементів на етапі попередніх випробувань.

Для забезпечення коректності вимірювання зовнішніх параметрів довкілля, сенсор BME280, призначений для моніторингу температури, вологості та атмосферного тиску, було винесено за межі основної макетної плати на кабелі довжиною 50 см. Таке технічне рішення дозволяє запобігти спотворенню показів сенсора внаслідок теплового впливу компонентів електронної частини системи під час роботи, що є особливо актуальним для перевірки режимів нагріву та охолодження.

Зібраний макет забезпечив повноцінне тестування алгоритмів роботи системи, налаштування параметрів сенсорів, коректність роботи інтерфейсу

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 55   |

користувача та програмної логіки керування усіма виконавчими механізмами.

### 3.2.1 Інтерфейс

Інтерфейс користувача розроблений з урахуванням зручності експлуатації та максимальної інформативності для оператора. Він включає чотири основних інформаційних екрани та окреме меню налаштувань, які дозволяють здійснювати повноцінний моніторинг та конфігурування роботи системи.

На кожному інформаційному екрані у верхній частині дисплея відображається поточний активний режим роботи системи, стан увімкнення вентиляторів, поточний час і дата. Завдяки цьому оператор у будь-який момент має доступ до актуальної інформації про загальний стан обладнання.

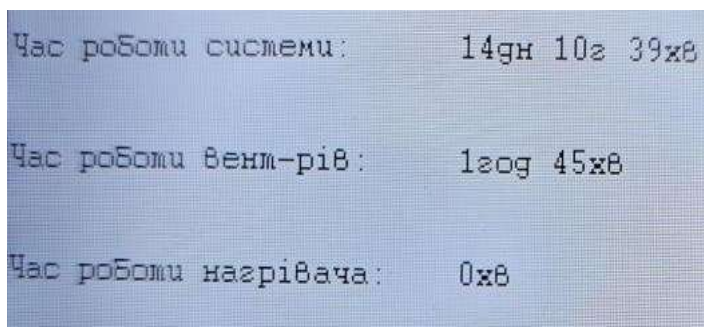


Рисунок 3.14 – Екран загальної інформації про роботу пристрою

На першому інформаційному екрані демонструється загальна інформація про основні параметри процесу: температура, вологість, наявність диму та стан виконавчих механізмів. Це дозволяє оперативно оцінити відповідність поточних умов заданим технологічним параметрам.

|    |                    |      |  |
|----|--------------------|------|--|
| 1. | Гістерезис T/absH: |      |  |
| 2. | Max T in, °C:      | 36.9 |  |
| 3. | Max Tout, °C:      | 30.2 |  |
| 4. | Min T in, °C:      | 6.1  |  |
| 5. | Min Tout, °C:      | 0.1  |  |
| 6. | Max H in, %:       | 80.6 |  |
| 7. | Min H in, %:       | 21.9 |  |

Рисунок 3.15 – Екран максимальних та мінімальних значень параметрів

Другий екран відображає накопичену статистику — максимальні та мінімальні значення температури, вологості та рівня диму, зафіксовані протягом поточного циклу роботи. Ця інформація корисна для аналізу стабільності процесу та виявлення відхилень.



Рисунок 3.16 – Екран графічного відображення динаміки параметрів

Третій інформаційний екран забезпечує графічну візуалізацію зміни основних параметрів за останні 24 години. Побудова графіків дозволяє швидко оцінити динаміку змін температури, вологості та рівня диму в процесі копчення, що є важливим для аналізу стабільності роботи системи та налаштування оптимальних режимів.

Інтерфейс містить меню налаштувань (рис. 3.17), яке дозволяє користувачеві гнучко керувати параметрами системи. Зокрема, доступні наступні функції:

- скидання накопичених мінімальних та максимальних значень параметрів для початку нового циклу моніторингу;
- встановлення та коригування поточного часу і дати системи;
- вибір однієї з чотирьох кольорних схем оформлення інтерфейсу (світла, темна, синя, зелена), що підвищує зручність роботи в різних умовах освітлення;
- активація демонстраційного режиму, в якому відбувається прискорений збір даних, що дозволяє швидко змодельовати побудову графіків для навчання або демонстраційних цілей;
- налаштування параметрів повітряних заслінок і сервоприводів для точного керування вентиляцією;
- запуск процедури калібрування сенсорів температури і вологості для підвищення точності їх показів.

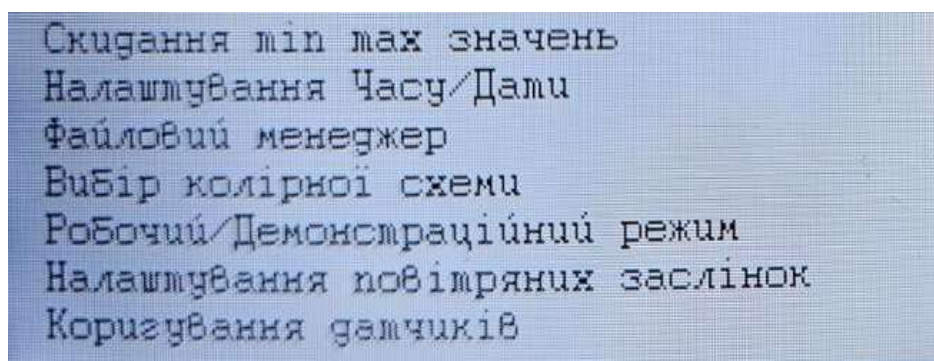


Рисунок 3.17 – Меню «Налаштування»

### 3.2.2 Коригування датчиків

Оскільки точність підтримання технологічних параметрів копчення значною мірою залежить від правильності показів сенсорів, в системі передбачена можливість їх калібрування (рис. 3.18).

Процедура калібрування передбачає розміщення обох сенсорів

температури та вологості у спільному стабільному середовищі з відомими та сталими параметрами (наприклад, у закритій герметичній камері або термостаті). Рекомендована тривалість стабілізації показів становить не менше однієї години для забезпечення достовірних результатів. Після стабілізації система фіксує різницю між показами обох сенсорів та вносить корекційні коефіцієнти.

З метою підвищення точності коригування процедура виконується двічі: для двох різних контрольних точок при різних рівнях температури та вологості. Це дозволяє компенсувати можливу нелінійність показів сенсорів та забезпечити коректну роботу автоматичного регулювання на всьому діапазоні робочих температур і вологості.

| Коригування датчиків                                       |              |      |         |     |             |      |
|------------------------------------------------------------|--------------|------|---------|-----|-------------|------|
|                                                            | Налаштування |      |         |     | Результати  |      |
|                                                            | Точка 1      |      | Точка 2 |     | Вимірювання |      |
| Темп. різн.                                                | 27           | 11   | 6       | 9   | 26          | 24   |
| Волог. різн.                                               | 33           | -159 | 28      | -17 | 44          | -176 |
| Температура [°C]      Вологість [%]<br>Різниця [сони долі] |              |      |         |     |             |      |
| Кнопками вгору/вниз вибрати дію<br>та натиснути кнопку Ok  |              |      |         |     |             |      |
| Вийти без змін                                             |              |      |         |     |             |      |

Рисунок 3.18 – Меню «Коригування датчиків»

Після завершення процедури калібрування відкориговані дані зберігаються у внутрішній пам'яті контролера та автоматично враховуються при подальшій роботі системи.

### 3.2.3 Тестування режимів роботи

Після виконання процедури корекції показників сенсорів системи було проведено повномасштабне тестування функціонування комп'ютеризованої системи моніторингу і керування електрокопильнею у всіх передбачених

режимах роботи. Метою тестування стало підтвердження правильності функціонування алгоритмів автоматичного регулювання технологічних параметрів, надійності роботи виконавчих механізмів, коректності обробки даних з датчиків та працездатності системи аварійного захисту.

У процесі випробувань перевірено основні режими роботи.

Режим «Вимкнено» передбачає повне відключення активних елементів системи. У цьому стані усі вентиляційні системи зупинено, повітряні заслінки перебувають у закритому положенні, нагрівальні елементи вимкнено. Система продовжує моніторинг параметрів навколишнього середовища, перебуваючи в режимі очікування запуску.

У режимі «Попередній нагрів» система активує нагрівальний елемент з метою досягнення заданої робочої температури коптильної камери. Для забезпечення рівномірного прогріву одночасно вмикається вентилятор внутрішньої циркуляції, що забезпечує однорідний розподіл температури по об'єму камери. Повітряні заслінки в цей період залишаються закритими для запобігання втратам тепла.

Режим «Основне копчення» активує димогенератор, який подає дим у камеру обробки. Одночасно система здійснює безперервний моніторинг температури, вологості та рівня диму за показами відповідних сенсорів. За потреби автоматично регулюється інтенсивність вентиляції та робота нагрівача для стабільного підтримання технологічних параметрів. Повітряні заслінки залишаються закритими для забезпечення достатньої концентрації диму в камері, вентилятори димогенератора та циркуляції працюють у активному режимі.

Режим «Сушка та охолодження» розпочинається після завершення копчення. Система поступово знижує вологість у камері до 30–50% шляхом увімкнення нагрівального елемента та відкриття вентиляційних заслінок, забезпечуючи виведення надлишкової вологи. Після досягнення заданого рівня вологості нагрівач автоматично вимикається, залишаючи активним лише вентилятор циркуляції для остаточного охолодження продукції до

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 60   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

температури зберігання.

У режимі «Примусова вентиляція» система забезпечує активне провітрювання камери. Повітряні заслінки повністю відкриті, вентилятори працюють на максимальній потужності, що дозволяє оперативно видалити залишковий дим або швидко охолодити камеру за потреби.

Результати проведених випробувань засвідчили коректну та стабільну роботу системи у всіх передбачених режимах. Алгоритми автоматичного керування температурою, вологістю та насиченістю димом відпрацьовували з високою точністю відповідно до заданих параметрів. Виконавчі механізми своєчасно реагували на зміну технологічних умов, забезпечуючи стабільність процесу копчення та безпеку роботи системи загалом.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 61   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Надзвичайні ситуації, викликані пожежами, вибухами, техногенними та природними причинами

Надзвичайні ситуації, викликані пожежами, вибухами, техногенними та природними причинами, становлять серйозну загрозу для життя, здоров'я людей, довкілля та функціонування інфраструктури. Вони класифікуються залежно від походження на техногенні та природні, при цьому деякі типи ситуацій – як–от пожежі чи вибухи – можуть бути спричинені як людською діяльністю, так і природними факторами.

Надзвичайні ситуації природного характеру включають небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні (морські та прісноводні) явища, деградацію ґрунтів і надр, природні пожежі, зміни складу та якості атмосферного повітря, інфекційні захворювання людей і сільськогосподарських тварин, масове ураження сільськогосподарських рослин хворобами або шкідниками, а також порушення стану водних ресурсів і біосфери [17].

Надзвичайні ситуації техногенного характеру охоплюють аварії на транспорті, масштабні пожежі, неспровоковані вибухи або загрозу їх виникнення, аварії з викидом (чи загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних або біологічних речовин, раптове руйнування будівель і споруд, аварії на інженерних мережах та об'єктах життєзабезпечення, а також гідродинамічні аварії на дамбах і греблях.

До техногенних надзвичайних ситуацій відносяться:

- транспортні аварії;
- пожежі та вибухи;

|           |      |                 |        |      |                                                  |                             |      |
|-----------|------|-----------------|--------|------|--------------------------------------------------|-----------------------------|------|
|           |      |                 |        |      | <b>КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ</b>                   |                             |      |
| Змн.      | Арк. | № докум.        | Підпис | Дата |                                                  |                             |      |
| Розроб.   |      | Матушинець А.   |        |      | Безпека життєдіяльності,<br>основи охорони праці | Літ.                        | Арк. |
| Перевірів |      | Жаровський Р.   |        |      |                                                  |                             | 62   |
| Консульт. |      |                 |        |      |                                                  | ТНТУ, каф. КС,<br>гр. CI-42 |      |
| Н. Контр. |      | Тиш Є.В.        |        |      |                                                  |                             |      |
| Затверд.  |      | Осухівська Г.М. |        |      |                                                  |                             |      |

- аварії з викидом СДОР;
- перевищення ГДК шкідливих речовин;
- аварії з викидом радіоактивних речовин;
- руйнування споруд;
- аварії в енергетичних системах;
- збої систем життєзабезпечення;
- збої в системах зв'язку;
- аварії на очисних спорудах;
- гідродинамічні аварії.

Надзвичайні ситуації природного характеру поділяються на:

- геологічні;
- метеорологічні;
- морські та прісноводні гідрологічні;
- природні пожежі;
- інфекційна захворюваність людей;
- масові отруєння;
- інфекції серед тварин;
- загибель диких тварин;
- ураження рослин хворобами чи шкідниками [17].

Аварії, стихійні лиха та катастрофи визначаються в офіційних документах як основні чинники виникнення надзвичайних ситуацій. Надзвичайна ситуація (НС) – це порушення нормальних умов життєдіяльності населення через аварію, катастрофу, епідемію, стихійне лихо, епізоотію, велику пожежу чи інше явище, яке спричинило або може спричинити людські та матеріальні втрати, а також екологічну шкоду.

Аварія – це небезпечна техногенна подія, яка створює загрозу для життя і здоров'я людей, порушує виробничі процеси, спричиняє руйнування інфраструктури та забруднення довкілля.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 63   |

Катастрофа – це масштабна аварія або інша подія з тяжкими наслідками, які характеризуються значними жертвами, матеріальними втратами та впливом на довкілля.

Основним критерієм віднесення події до надзвичайної ситуації є кількісні показники, встановлені державою, а також обсяг ресурсів, необхідних для ліквідації наслідків з урахуванням соціально–економічних умов [18].

Пожежі є однією з найпоширеніших форм надзвичайних ситуацій. Це неконтрольоване горіння, яке поширюється в часі та просторі, завдає матеріальних збитків, загрожує життю людей, тварин, рослин та руйнує довкілля. Причинами можуть бути людський фактор, технічні несправності, природні явища або навмисні підпали.

Пожежі поділяють на: лісові, польові, побутові, виробничі, транспортні.

Серед наслідків пожеж – матеріальні втрати, загроза життю, екологічні та соціальні наслідки. Вони часто супроводжуються вибухами, руйнуванням об'єктів, викидом токсичних речовин.

В Україні питання реагування на надзвичайні ситуації, спричинені пожежами та вибухами, врегульоване законодавчо. Основні нормативно–правові акти:

- Кодекс цивільного захисту України – регулює організацію заходів безпеки, евакуації, пожежної охорони, ліквідації наслідків НС;
- Закон України «Про правові засади цивільного захисту» – визначає загальні принципи захисту населення і територій від НС природного і техногенного походження;
- Система державних стандартів та будівельних норм (ДБН, ДСТУ), а також правила пожежної безпеки (НАПБ), зокрема: ДБН В.1.1–7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», НАПБ А.01.001–2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

## 4.2 Організація безпечної роботи електроустановок

Функціонування комп'ютеризованої системи моніторингу і керування електрокопильнею передбачає використання низько— та високовольтного електрообладнання, яке, за недотримання вимог безпеки, може створити загрозу для життя і здоров'я працівників, а також стати причиною пожежі або аварійної ситуації. Тому питання безпечної експлуатації електроустановок набуває особливої актуальності.

Згідно з чинними нормативно—правовими актами, організація безпечної роботи електроустановок повинна враховувати низку вимог, зокрема правильне проєктування, монтаж, технічне обслуговування, інструктаж персоналу та постійний контроль за станом обладнання. Закон України «Про охорону праці» визначає зобов'язання роботодавця щодо створення безпечних умов праці, зокрема в частині роботи з електроустановками. Працівники, які обслуговують електроустановки, повинні мати відповідну кваліфікацію та пройти навчання і перевірку знань згідно з вимогами нормативних документів.

Електроустановки в копильні мають бути обладнані захисним заземленням або зануленням, що забезпечує автоматичне відключення електроживлення при виникненні короткого замикання або пробоем на корпус. Важливе значення має вибір відповідного типу автоматичних вимикачів та пристроїв захисного вимкнення (УЗО), які повинні відповідати параметрам електроспоживачів та типу електромережі [19].

Експлуатація електроустановок передбачає постійний технічний нагляд. До початку роботи проводиться візуальний огляд електрощитів, контроль стану ізоляції кабелів, перевірка справності реле та індикаторів. Будь—яке втручання в роботу електроустановок повинно здійснюватися тільки з дозволу відповідальної особи та за наявності наряду—допуску, згідно з вимогами «Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів» (НПАОП 40.1—1.21—98) [20].

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 65   |

Організація роботи враховує також мікрокліматичні умови в приміщенні електрокопильні. Висока температура та вологість можуть впливати на електрообладнання, спричиняючи перегрів чи короткі замикання. У зв'язку з цим необхідно забезпечити належну вентиляцію, захист від конденсації та використання електрообладнання з відповідним ступенем захисту (IP).

Увагу слід приділити засобам індивідуального захисту. Працівники мають бути забезпечені діелектричними рукавицями, килимками, інструментом з ізоляцією та відповідними інструкціями з охорони праці. До початку виконання робіт вони проходять інструктаж з електробезпеки, який повторюється щонайменше раз на пів року, а також щорічне навчання з обов'язковою перевіркою знань.

Додатково необхідно передбачити періодичне проведення профілактичних та лабораторних випробувань електрообладнання, зокрема вимірювання опору ізоляції, перевірку контурів заземлення, тестування автоматичних вимикачів. Такі заходи дозволяють своєчасно виявити потенційно небезпечні відхилення в роботі техніки.

Важливим є також ведення облікової документації – журналів інструктажів, протоколів перевірок, актів оглядів. Це забезпечує належний контроль за дотриманням вимог охорони праці й дозволяє оперативно реагувати на виявлені порушення.

Загалом, належна організація безпечної експлуатації електроустановок є запорукою стабільної та ефективної роботи електрокопильні. Вона сприяє зниженню виробничих ризиків, попередженню технічних несправностей та збереженню здоров'я персоналу.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 66   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було розроблено комп'ютеризовану систему моніторингу і керування електрокопильною, яка забезпечує автоматичне керування технологічним процесом копчення харчових продуктів із високим рівнем точності, надійності та безпеки. Проведено всебічний аналіз предметної області та існуючих технічних рішень, на основі якого сформовано вимоги до системи та обґрунтовано вибір апаратних і програмних компонентів.

Використано сучасний мікроконтролер STM32F401CCU6, що забезпечує стабільну роботу з численними датчиками, виконавчими механізмами та периферійними пристроями. Реалізовано збір даних з високоточних сенсорів температури та вологості (BME280), сенсорів диму та чадного газу (MQ-2, MQ-7), а також керування нагрівальними елементами, вентиляторами і заслінками вентиляційної системи. Забезпечено гальванічну розв'язку керуючих сигналів через оптрони, що підвищує безпеку та надійність роботи.

Програмне забезпечення розроблено в середовищі STM32CubeIDE з використанням модульної структури, що забезпечує зручність розширення та обслуговування системи. Здійснено налаштування всіх апаратних інтерфейсів контролера, розроблено алгоритми керування температурою, вологістю, насиченістю диму, а також реалізовано багаторівневу систему аварійного захисту. Запрограмовано зручний інтерфейс оператора на базі графічного TFT-дисплея HX8357D та веденням журналу параметрів на SD-карті.

Результати тестування показали коректну роботу системи у всіх запланованих режимах. Система стабільно підтримує задані технологічні параметри, своєчасно реагує на зміни умов та аварійні ситуації, забезпечує точність і стабільність процесу копчення.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 67   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жаровський Р.О., Луцик Н.С., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Тиш Є.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ, 2024. 39 с.
2. Буров Є.В., Митник М.М. Комп'ютерні мережі. Підручник. Том другий. Львів: «Магнолія 2006», 2024. 204 с.
3. Лупенко С.А., Пасічник В.В., Тиш Є.В. Комп'ютерна логіка. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 354 с.
4. Kharchenko A., Bodnarchuk I., Yatsysyn V. The Method for Comparative Evaluation of Software Architecture with Accounting of Trade-offs. American Journal of Information Systems. 2014. Vol. 2, No. 1. P. 20-25.
5. Palamar A., Karpinski M., Palamar M., Osukhivska H., Mytnyk M. Remote Air Pollution Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2022), Ternopil, Ukraine, November 22–24, 2022. Vol. 3309. P. 194-204.
6. Palamar A., Palamar M., Osukhivska H. Real-time Health Monitoring Computer System Based on Internet of Medical Things. CEUR Workshop Proceedings, 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2023), Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, November 22–24, 2023. Vol. 3628. P. 106-115.
7. Velychko D., Osukhivska H., Palaniza Y., Lutsyk N., Sobaszek L. Artificial Intelligence Based Emergency Identification Computer System. Advances in Science and Technology Research Journal, 18 no. 2, 2024, P. 296-304.
8. Voloshchuk A., Velychko D., Osukhivska H., Palamar A. Computer system for energy distribution in conditions of electricity shortage using artificial intelligence. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 68   |

Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2024), Ternopil, Ukraine, June 12-14, 2024. Vol. 3742. P. 66-75.

9. Yasniy O., Lutsyk N., Demchyk V., Osukhivska H., Malyshevska O. The prediction of structural properties of Ni-Ti shape memory alloy by the supervised machine learning methods. ITTAP 2023: 73–78. <https://ceur-ws.org/Vol-3628/short1.pdf>

10. Yatsyshyn V., Pastukh O., Palamar A., Zharovskyy R. Technology of relational database management systems performance evaluation during computer systems design. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2023. Vol. 109, No 1. P. 54–65.

11. Yatsyshyn V., Pastukh O., Zharovskiy R., Shabliy N. Software tool for productivity metrics measure of relational database management system. Mathematical Modeling. No 1 (48). 2023. P. 7-17.

12. Зозуля А., Литвиненко І., Луцик Н., Лупенко С., Ясний О. Метод векторної автоматичної генерації ритмокардіосигналу у комп'ютерних системах аналізу ритму серця. Вісник ТНТУ. 2020. Т. 97. С. 122-132.

13. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Інформаційно-вимірювальна система для контролю метеорологічних параметрів на основі Інтернету речей. Матеріали ІХ науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (8–9 грудня 2021 року). Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 118.

14. Паламар А., Величко Д. Система моніторингу якості повітря в приміщеннях. Матеріали V Міжнародної студентської науково-технічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (28-29 квітня 2022 року). Тернопіль: ТНТУ, 2022. С. 138.

15. Ясінський Р.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Апаратно-програмна система для регулювання мікроклімату теплиць. Матеріали Х науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (7-8 грудня 2022 року). Тернопіль: ТНТУ, 2022. С. 102.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 69   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

16. Романов Д.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Система управління зовнішнім освітленням на основі Інтернету речей. Актуальні задачі сучасних технологій: збірник тез доповідей X міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (24-25 листопада 2021 року). Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 120.

17. Гура Л. О., Семенова О. В. Основи охорони праці та цивільного захисту. Київ: Центр учбової літератури, 2021. 256 с.

18. Желібо Є. П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності: навчальний посібник. Київ: Каравела, 2023. 344 с.

19. ДСТУ EN 50110–1:2014. Експлуатація електроустановок. Загальні вимоги. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=57260](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=57260) (дата звернення: 01.06.2025).

20. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (НПАОП 40.1–1.21–98). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0093–98> (дата звернення: 01.06.2025).

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.226.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 70   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Додаток А.  
Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

**“Затверджую”**

Завідувач кафедри КС

\_\_\_\_\_ Осухівська Г.М.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ І КЕРУВАННЯ  
ЕЛЕКТРОКОПТИЛЬНЕЮ

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на 9 листках

**Вид робіт:**

Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

**Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»**

**«УЗГОДЖЕНО»**

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Жаровський Р.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**«ВИКОНАВЕЦЬ»**

Студент групи СІ-42

\_\_\_\_\_ Матушинець А. В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**Тернопіль 2025**

## 1 Загальні відомості

### 1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютеризована система моніторингу і керування електрокопильнею».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.226.00.00

### 1.2 Виконавець

Студент групи СІ-42, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Матушинець Андрій Васильович .

### 1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету « 27 » січня 2025 року № 4/7–53)

### 1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 27.01.2025 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 25.06.2025 р.

### 1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Порядок оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу здійснюється у відповідності до чинних норм та правил ISO, ЕСКД, ЕСПД та ДСТУ.

Пред'явлення проміжних результатів роботи з виконання кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності до графіку, затвердженого керівником роботи. Попередній захист кваліфікаційної роботи відбувається при готовності роботи на 90% , наявності пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи відбувається шляхом захисту на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

## 2 Призначення і цілі створення системи

### 2.1 Призначення системи

Система призначена для автоматизованого контролю та регулювання технологічних параметрів процесу копчення харчових продуктів в електрокопильні.

### 2.2 Мета створення системи

Результатом розробки має стати функціональна комп'ютеризована система, яка забезпечує стабільний контроль температури, вологості, концентрації диму та безпечних умов процесу копчення в автоматичному режимі з можливістю архівації даних та гнучкого налаштування параметрів оператором.

### 2.3 Характеристика об'єкту

Система розробляється для автоматичного керування технологічним процесом копчення і включає в себе:

- розробку структурної схеми системи;
-

- розробку електричної принципової схеми;
- розробку алгоритмів автоматичного керування;
- розробку програмного забезпечення для мікроконтролера.

### 3 Вимоги до системи

#### 3.1 Вимоги до системи в цілому

Необхідно розробити комп'ютеризовану систему керування електрокопильнею, яка повинна забезпечувати:

- точний контроль температури в межах 20–100 °С з точністю не гірше  $\pm 0.5$  °С;
- контроль вологості у діапазоні 30–90 % з точністю  $\pm 3$  %;
- контроль концентрації диму (за допомогою сенсорів MQ-2 та MQ-7);
- захист від аварійних ситуацій (перегрів, перевищення концентрації чадного газу, обриви датчиків, збої вентиляторів);
- ведення журналу технологічних параметрів на SD-карті;
- зручний інтерфейс для керування параметрами та візуалізації стану системи.

##### 3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Структура системи повинна включати:

- мікроконтролер STM32F401CCU6;
- сенсори температури, вологості, диму і чадного газу (BME280, MQ-2, MQ-7);
- нагрівальний елемент (ТЕН);
- серводвигуни для керування повітряними заслінками;
- вентилятори циркуляції та подачі диму;

- твердотільні реле для комутації силових навантажень;
- сенсорний TFT-дисплей HX8357D з картою пам'яті для відображення параметрів та управління;
- кнопочний блок для локального керування системою.

### 3.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Обмін даними між компонентами повинен реалізовуватись із використанням:

- I2C для з'єднання з сенсорами температури та вологості;
- SPI для обміну з дисплеєм та SD-картою;
- GPIO для керування реле та сервоприводами.

### 3.1.3 Вимоги до режимів функціонування системи

Передбачити такі режими роботи:

- Режим «Вимкнено» — система у стані очікування, усі виконавчі механізми відключені.
- Попередній нагрів — прогрів коптильні до встановленої робочої температури.
- Основне копчення — активна подача диму, контроль температури, вологості, насиченості диму та концентрації СО.
- Сушка та охолодження — зниження вологості та температури після завершення копчення.
- Примусова вентиляція — повне провітрювання коптильні.

### 3.1.4 Вимоги по діагностуванню системи

Для діагностування системи використовуються інструменти діагностування основних процесів системи, які вмонтовані в операційну систему і програмне забезпечення, а також засоби для діагностики апаратного забезпечення.

Інструменти повинні забезпечувати зручний інтерфейс для можливості перегляду діагностичних подій, моніторингу процесу виконання програм.

### 3.1.5 Перспективи розвитку, проектування системи

Дана система може бути розширена завдяки використанню додаткових програмних компонентів, а також передбачено розширення пам'яті для збільшення ресурсів медіатеки.

## 3.2 Показники призначення

Система повинна передбачати можливість масштабування. Можливості масштабування повинні забезпечуватися засобами використовуваного базового програмного і технічного забезпечення.

### 3.2.1 Вимоги до надійності

Система повинна забезпечувати працездатність та відновлення своїх функцій при виникненні наступних ситуацій:

- при збоях в системі електропостачання апаратної частини;
- при помилках в роботі апаратних засобів;
- при помилках, пов'язаних з програмним забезпеченням (ОС і драйвери пристроїв).

Для захисту апаратури від стрибків напруги і комутаційних завад повинні застосовуватися мережні фільтри.

## 3.3 Вимоги до безпеки

Зовнішні елементи технічних засобів системи, що перебувають під напругою, повинні мати захист від випадкового дотику, а самі технічні засоби мати занулення або захисне заземлення.

Система електроживлення повинна забезпечувати захисне вимикання при перевантаженнях і коротких замиканнях в колах навантаження, а також аварійне ручне вимикання.

Загальні вимоги пожежної безпеки повинні відповідати нормам на побутове електрообладнання. У разі пожежі не має виділятися отруйних газів і димів. Після зняття електроживлення має бути доступне застосування будь-яких засобів пожежогасіння.

### 3.3.1 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і зберігання компонентів системи

Мікроклімат в приміщеннях повинен відповідати нормам виробничого мікроклімату по ДСН 3.3.6.042–99:

- температуру повітря в межах від  $+10^{\circ}\text{C}$  до  $+35^{\circ}\text{C}$ ;
- відносну вологість повітря при  $25^{\circ}\text{C}$  в межах від 30% до 80%;
- атмосферний тиск  $760\pm 25$  мм рт. ст.

Періодичне технічне обслуговування використовуваних технічних засобів має проводитися відповідно до вимог технічної документації, але не рідше ніж один раз на рік. Періодичне технічне обслуговування і тестування технічних засобів повинні включати обслуговування і тестування всіх використовуваних засобів, датчики, контролери, системи передачі даних, пристрої безперебійного живлення. На підставі результатів тестування технічних засобів повинні проводитися аналіз причин виникнення виявлених дефектів і прийматися заходи по їх ліквідації.

### 3.4 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

Обмеження фізичного доступу до обладнання шляхом розміщення системи в герметичному корпусі з антивандальними елементами конструкції, що унеможлиблюють несанкціоноване втручання в роботу апаратної частини.

#### 3.4.1 Вимоги по збереженню інформації при аваріях

Інформація, при виникненні аварійних ситуацій повинна бути збережена на носіях.

#### 3.4.2 Вимоги по стандартизації і уніфікації

Система повинна відповідати вимогам ергономіки і зручності користування за умови комплектування високоякісним обладнанням (ЕОМ, монітор і інше обладнання), що має необхідні сертифікати відповідності і безпеки.

### 4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:
  1. Структурна схема системи
  2. Схема електрична принципова
  3. Блок-схема алгоритму роботи системи
  4. Результати роботи системи

\*Примітка: У комплект документації можуть вноситися міни та доповнення в процесі розробки.

## 5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

| № етапу | Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи                             | Термін виконання |
|---------|--------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1       | Розробка технічного завдання                                             | 27.01 – 02.02    |
| 2       | Аналіз технічного завдання                                               | 03.02-01.03      |
| 3       | Аналіз вимог до системи                                                  | 01.03-27.03      |
| 4       | Проектування структури системи                                           | 27.03-01.05      |
| 5       | Проектування, реалізація програмної і апаратної частини                  | 01.05-15.05      |
| 6       | Налаштування і тестування системи                                        | 15.05-01.06      |
| 7       | Безпека життєдіяльності, основи охорони праці                            | 01.06 – 05.06    |
| 8       | Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу                  | 06.06 – 08.06    |
| 9       | Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами | 9.06 – 15.06     |
| 10      | Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра                       | 16.06 – 22.06    |
| 11      | Захист кваліфікаційної роботи бакалавра                                  | 25.06            |

## 6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

Під час виконання кваліфікаційної роботи у дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Додаток Б.  
Перелік елементів

