

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ  
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики і електротехніки

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій

(повна назва кафедри)

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри



В. М. Рябенський

д.т.н., професор

« 16 » грудня 2024 р.

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему:

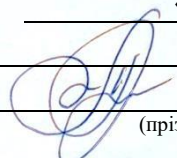
Розробка системи "Розумна пожежна частина"

Виконав: студент 6 курсу, групи 6321М  
спеціальності 171

«Електроніка»

шифр і назва спеціальності)

ОПП «Електронні системи»

 Бойко Л.М.

(прізвище та ініціали студента)

Керівник

 Дьяконов О. С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

 Черно О. О.

(прізвище та ініціали)

м. Миколаїв – 2024 року

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

|                     |                                                             |
|---------------------|-------------------------------------------------------------|
| ННІ                 | автоматики та електротехніки                                |
| Кафедра             | програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій |
| Рівень вищої освіти | другий (магістерський)                                      |
| Спеціальність       | 171 «Електроніка»                                           |
| ОПП                 | Електронні системи                                          |

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри В. М. Рябенський  
д.т.н., професор

« 16 » жовтня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Бойку Леоніду Миколайовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи "Розумна пожежна частина"

керівник роботи Дьяконов Олексій Сергійович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу  
від « 14 » жовтня 2024 року № 1075-уч.

2. Строк подання студентом роботи грудень 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Архітектура системи: 3-рівневу клієнт-серверна,  
наявність підтримки використання сучасних реляційних баз даних.

4. Мета дослідження Розробка програмно-апаратного комплексу автоматизації  
діяльності пожежних підрозділів в Україні, реалізація їх енергоефективності,  
централізованого управління та інтеграції до Системи управління силами та  
засобами цивільного захисту.

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки  
(перелік питань, які потрібно розробити) 1. Проаналізувати аналогічні проекти  
у світі. 2. Визначитися із процесами, які потребують автоматизації. 2. Розробити  
концепцію. 3. Розробити апаратну частину проєкту. 4. Виготовити та впровадити  
в дослідну експлуатацію в усіх пожежних підрозділах Миколаєва.

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
1. Схема портів ESP8266 d1 mini; 2. Модуль розширення портів MCP23017;  
3. Зовнішній вигляд датчика DHT22; 4. Зовнішній вигляд датчика МН-Z19b;  
5. Зовнішній вигляд датчика MQ-2; 6. Зовнішній вигляд MP3 модуля; 7. Зовнішній  
вигляд 8-канального релейного модуля; 8. Зовнішній вигляд роз'ємну RG45;  
9. Модуль пониження напруги LM2596; 10. Зовнішній вигляд екранів TM1637;  
11. Зовнішній вигляд аудіо підсилювача; 12. Структурна електрична схема

контролера «Розумна пожежна частина»; 13. Принципова електрична схема контролера; 14. Вигляд плати в 3D; 15. Вигляд виготовлених плат на 16 каналів; 16. Зовнішній вигляд корпусу; 17. Вигляд пристрою управління 4-канальним блоком реле; 17. Пристрій для аудіо повідомлень; 18. Пристрій моніторингу якості повітря; 19. Плата головного контролера на 64 канала; 20. Панель керування сервером Proxmox VE; 21. Типова схема мережі «Розумна пожежна частина» в підрозділі; 22. Схема мережі «Розумна пожежна частина» обласного рівня; 23. Щит автоматизації 1 ДПРЧ; 24. Щит автоматизації 3 ДПРЧ; 25. Щит автоматизації 4 ДПРЧ; 26. Щит автоматизації 5 ДПРЧ; 27. Щит автоматизації 2 ДПРЧ; 28. Релейна частина щита автоматизації 2 ДПРЧ; 28. Сигнальна частина щита автоматизації 2 ДПРЧ.

#### 7. Консультанти розділів роботи

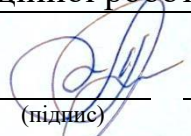
| Розділ        | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата                                                                        |                                                                                     |
|---------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|               |                                           | завдання видав                                                                      | завдання прийняв                                                                    |
| Охорона праці | Тубальцев А.М.                            |  |  |
|               |                                           |                                                                                     |                                                                                     |
|               |                                           |                                                                                     |                                                                                     |

8. Дата видачі завдання « 16 » жовтня 2024 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломної роботи                                                    | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Аналіз систем автоматизації пожежних підрозділів у світі.                        | 01.10.2023                    | Вик.     |
| 2     | Складання технічних вимог для створення системи «Розумна пожежна частина»        | 01.11.2023                    | Вик.     |
| 3.    | Проектування та виготовлення контролера та окремих модулів                       | 01.02.2024                    | Вик.     |
| 4     | Розробка та тестування програмного забезпечення                                  | 01.03.2024                    | Вик.     |
| 5     | Проведення модернізації електромережі в пожежних підрозділів м. Миколаєва        | 01.05.2024                    | Вик.     |
| 6     | Збирання та встановлення щитів автоматизації в пожежних підрозділах м. Миколаєва | 01.06.2024                    | Вик.     |
| 7     | Оформлення кваліфікаційної роботи                                                | 01.12.2024                    | Вик.     |

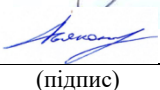
Студент

  
(підпис)

Л.М. Бойко

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

О. С. Дьяконов

(прізвище та ініціали)

## Анотація

Кваліфікаційна робота висвітлює актуальні проблеми щодо використання сучасних технологій та систем автоматизованого управління у пожежних підрозділах ДСНС України.

В сучасних реаліях науково-технічного прогресу такі системи, як правило, представляють собою апаратно-програмні комплекси, які дозволяють в автоматичному режимі контролювати та підтримувати належний рівень енергоефективності, як підрозділу, так і в загальному всієї системи рівня країни. Оптимізовувати, спростити та автоматизувати такі напрямки, як повсякденна діяльність, забезпечення оперативної готовності та реагування, утримання належного рівня безпеки підрозділів, піклування про здоров'я особового складу і забезпечення дотримання належних умов праці, зменшення часу на виїзд пожежних розрахунків, що підвищить шанси на спасіння людей та матеріальних цінностей.

Використання такої системи викликано необхідністю вже почати впровадження таких технологій, адже вони дозволять знизити або зовсім вилучити факти людських помилок, хибних рішень, що є наслідком людського фактору, дозволять проводити детальне документування усіх подій, обмежувати доступ до підрозділів ДСНС стороннім особам та розмежовувати функції користувачів та особового складу.

В даній роботі зроблений аналіз наявних алгоритмів, що використовуються в системі ДСНС та запропонована загальна концепція цифровізації пожежних підрозділів. Розроблені та обґрунтовані електричні принципові схеми апаратних пристроїв, виготовлені та впроваджені в дослідну експлуатацію в пожежних підрозділах м.Миколаєва контролери та запропонована загальна концепція побудови програмно-апаратного комплексу. Відпрацьовані програмні алгоритми розроблених пристроїв. Розроблена система «Розумна пожежна частина» впроваджена в дослідну експлуатацію в усіх пожежних підрозділах міста Миколаєва.

**Ключові слова:** пожежний підрозділ, алгоритми автоматизації, цифровізація пожежних підрозділів, програмно-апаратний комплекс.

## **Abstract**

The qualification work highlights current problems in the use of modern technologies and automated control systems in fire units of the SES of Ukraine.

In today's realities of scientific and technological progress, such systems are usually hardware and software systems that allow you to automatically monitor and maintain an appropriate level of energy efficiency, both in the unit and in the entire system at the country level. To optimize, simplify and automate such areas as daily operations, ensuring operational readiness and response, maintaining an adequate level of unit security, taking care of personnel health and ensuring compliance with proper working conditions, reducing the time for firefighters to arrive, which will increase the chances of saving people and property.

The use of such a system is caused by the need to start implementing such technologies, as they will reduce or eliminate the facts of human errors, wrong decisions resulting from the human factor, allow for detailed documentation of all events, restrict access to SES units to unauthorized persons and separate the functions of users and personnel.

This paper analyzes the existing algorithms used in the SES system and proposes a general concept of digitalization of fire departments. Electrical schematic diagrams of hardware devices were developed and substantiated, controllers were manufactured and put into trial operation in the fire departments of Mykolaiv, and a general concept of building a hardware and software complex was proposed. The software algorithms of the developed devices were worked out. The developed system “Smart Fire Station” was put into trial operation in all fire departments of Mykolaiv.

**Keywords:** fire department, automation algorithms, digitalization of fire departments, software and hardware complex.

## ЗМІСТ

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень та термінів                        | 7  |
| Вступ.....                                                                                 | 8  |
| Розділ 1. Огляд існуючих систем.....                                                       | 10 |
| 1.1. Аналіз наявних пристроїв на українському ринку.....                                   | 10 |
| 1.2. Висновки до розділу.....                                                              | 12 |
| Розділ 2. Визначення напрямів автоматизації та концепції системи.....                      | 14 |
| 2.1. Вивчення алгоритму та переліку необхідних показників для подальшої автоматизації..... | 14 |
| 2.2. Загальні вимоги для створення інформаційної системи “Розумна пожежна частина”.....    | 17 |
| 2.2.1. Призначення інформаційної системи “Розумна пожежна частина”.....                    | 17 |
| 2.2.2. Переваги в результаті впровадження Системи.....                                     | 18 |
| 2.3. Технічні вимоги до розробки інформаційної системи “Розумна пожежна частина”.....      | 21 |
| 2.3.1. Призначення та цілі.....                                                            | 21 |
| 2.3.2. Вимоги до обміну інформацією між модулями системи.....                              | 23 |
| 2.3.3. Вимоги до функціонування системи.....                                               | 23 |
| 2.3.4. Вимоги до протоколювання роботи.....                                                | 23 |
| 2.3.5. Вимоги до мовної складової.....                                                     | 23 |
| 2.3.6. Вимоги до програмного забезпечення.....                                             | 24 |
| 2.3.7. Вимоги до надійності програмного забезпечення та зберігання інформації.....         | 24 |
| 2.3.8. Загальна архітектура проєкту.....                                                   | 24 |
| 2.3.9. Вимоги до технічного забезпечення.....                                              | 25 |
| 2.3.10. Вимоги до апаратних модулів.....                                                   | 25 |
| 2.3.11. Висновки до розділу.....                                                           | 25 |
| Розділ 3. Проєктування апаратної частини системи.....                                      | 28 |
| 3.1. Аналіз та вибір мікроконтролера для центрального блоку керування.....                 | 28 |

|        |                                                                                                                |    |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.   | Вибір необхідних датчиків та модулів.....                                                                      | 32 |
| 3.2.1. | Класифікація та вибір датчиків температури.....                                                                | 32 |
| 3.2.2. | Класифікація та вибір датчиків CO2.....                                                                        | 34 |
| 3.2.3. | Класифікація та вибір датчиків газових сумішей.....                                                            | 37 |
| 3.2.4. | Класифікація аудіомодулів.....                                                                                 | 39 |
| 3.2.5. | Класифікація та вибір модулів реле.....                                                                        | 41 |
| 3.2.6. | Класифікація та вибір роз'ємів.....                                                                            | 42 |
| 3.2.7. | Класифікація та вибір модуля перетворення напруги.....                                                         | 44 |
| 3.2.8. | Класифікація та вибір модуля екрану.....                                                                       | 46 |
| 3.2.9. | Класифікація та вибір аудіопідсилювача.....                                                                    | 48 |
| 3.3.   | Проектування плат контролера системи “Розумна пожежна частина” та виготовлення на їх базі окремих модулів..... | 49 |
| 3.3.1. | Проектування плати на 16 цифрових портів.....                                                                  | 49 |
| 3.3.2. | Вибір корпусу для розміщення плати контролера.....                                                             | 52 |
| 3.3.3. | Модуль управління 4-х канальним реле.....                                                                      | 53 |
| 3.3.4. | Модуль системи інформування.....                                                                               | 55 |
| 3.3.5. | Модуль моніторингу якості повітря.....                                                                         | 57 |
| 3.3.6. | Проектування плати на 64 цифрових порта.....                                                                   | 58 |
| 3.3.7. | Висновки до розділу.....                                                                                       | 61 |
|        | Розділ 4. Реалізація програмної частини системи.....                                                           | 63 |
| 4.1.   | Вибір протоколу обміну та конфігурація серверу.....                                                            | 63 |
| 4.2.   | Вибір платформи для керування пристроями та модулями.....                                                      | 66 |
| 4.2.1. | Вибір платформи для управління системою “Розумна пожежна частина”.....                                         | 66 |
| 4.2.2. | Вибір платформи віртуалізації.....                                                                             | 68 |
| 4.3.   | Вибір апаратної платформи.....                                                                                 | 71 |
| 4.4.   | Схема мережі та ідеологія роботи системи.....                                                                  | 73 |
| 4.5.   | Висновки до розділу.....                                                                                       | 76 |
|        | Розділ 5. Впровадження системи в підрозділах Миколаєва.....                                                    | 77 |
| 5.1.   | Впровадження в 1 ДПРЧ.....                                                                                     | 77 |
| 5.2.   | Впровадження в 3 ДПРЧ.....                                                                                     | 78 |

|      |                                                                                  |     |
|------|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.3. | Впровадження в 4 ДПРЧ.....                                                       | 79  |
| 5.4. | Впровадження в 5 ДПРЧ.....                                                       | 79  |
| 5.5. | Впровадження в 2 ДПРЧ.....                                                       | 80  |
| 5.6. | Програмне забезпечення центрального контролера.....                              | 84  |
| 5.7. | Висновки до розділу.....                                                         | 85  |
|      | Розділ 6. Охорона праці.....                                                     | 86  |
|      | Висновки.....                                                                    | 89  |
|      | Список використаних джерел.....                                                  | 91  |
|      | Додаток А Лістинг коду для центрального контролера на 64 цифрових<br>канала..... | 92  |
|      | Додаток Б Принципова електрична схема контролера на 64 цифрових<br>канали.....   | 136 |



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

ДСНС - Державна служба з надзвичайних ситуацій;  
IoT - Інтернет речей (англ. Internet of Things);  
СКБД - система керування базами даних;  
NAS - мережеве сховище даних (англ. Network Attached Storage);  
ІС - інформаційна система;  
HTTPS - безпечний протокол передачі даних (англ. Hypertext Transfer Protocol Secure);  
PHP - мова програмування для веброзробки (англ. Hypertext Preprocessor);  
БД - база даних;  
ПК - персональний комп'ютер;  
MQTT - протокол обміну повідомленнями в інтернет речей (англ. Message Queuing Telemetry Transport);  
ОЗП - оперативно запам'ятовуючий пристрій;  
ПЗП - постійно запам'ятовуючий пристрій;  
SRAM - статична оперативна пам'ять (англ. Static Random Access Memory);  
PPM - частини на мільйон (англ. Parts Per Million);  
ККД - коефіцієнт корисної дії;  
QoS - якість обслуговування (англ. Quality of Service);  
LXC – лінукс-контейнер (англ. Linux Containers);  
VM - віртуальні машини;  
KVM - віртуалізація на рівні ядра Linux (англ. Kernel-based Virtual Machine);  
SSD - твердотільний накопичувач (англ. Solid-State Drive);  
VPN - віртуальна приватна мережа (англ. Virtual Private Network).

|      |      |             |        |      |                       |      |
|------|------|-------------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Вступ | Арк. |
|      |      |             |        |      |                       | 7    |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                       |      |

## ВСТУП

Технологія - це інструмент, за допомогою якого можливо робити зручним, економним, оптимізованим та безпечним функціонування пожежних підрозділів України і перекласти на технології, як мінімум рутинну повсякденну роботу і як максимум забезпечити автономне та автоматичне функціонування більшості процесів.

Запорука чіткої, злагодженої роботи, забезпечення належних умов праці та побуту в пожежних підрозділах, що підтримують рівень здоров'я пожежних, - це гарантія плідної роботи системи в цілому.

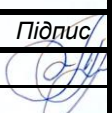
На даний час технологічний розвиток людства сягнув значних вершин і щоденно та невпинно продовжує розвиватися. Сучасні технології надають нам комплекс інструментів, правильне використання яких дозволяє спрощувати, оптимізувати, економити, убезпечувати та суттєво покращувати будь-які робочі процеси.

Дана робота призначена визначити наявні напрямки діяльності пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України та опрацювати загальну концепцію щодо розробки типового програмно-апаратного комплексу для створення системи "Розумна пожежна частина".

В роботі необхідно пропрацювати питання щодо розробки алгоритмів програмного забезпечення спроектованих та розроблених апаратних пристроїв, їх взаємодії з іншими елементами системи.

Результатом даної роботи очікується отримання практичної працездатної системи, яка здатна проводити моніторинг, аналіз стану визначених показників та управляти в ручному та/або автоматичному режимі елементами для забезпечення ефективної оперативної складової та належного рівня пожежної безпеки в цілому в системі ДСНС України.

|      |      |             |        |      |                       |      |
|------|------|-------------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Вступ | Арк. |
|      |      |             |        |      |                       | 8    |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                       |      |

|             |      |                  |                                                                                     |      |                                                              |                                |      |        |
|-------------|------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------|------|--------|
|             |      |                  |                                                                                     |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р1                                           |                                |      |        |
|             |      |                  |                                                                                     |      |                                                              |                                |      |        |
| Змн.        | Арк. | № документу      | Підпис                                                                              | Дата |                                                              |                                |      |        |
| Розробник   |      | Бойко Л.М.       |  |      | Визначення напрямів<br>автоматизації та<br>концепції системи | Літ.                           | Арк. | Аркуші |
| Консультант |      |                  |                                                                                     |      |                                                              |                                | 9    |        |
| Н. контр.   |      | Добрінова Л. П.  |  |      |                                                              | НУК<br>імені адмірала Макарова |      |        |
| Керівник    |      | Дьяконов О. С.   |  |      |                                                              |                                |      |        |
| Зав. каф.   |      | Рябенський В. М. |  |      |                                                              |                                |      |        |

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

### 1.1. Аналіз наявних пристроїв на українському ринку

У світі вже існують впровадженні рішення IoT від промисловості до домашнього господарства, що дозволили створити як “розумні міста”, будинки, транспортні системи, які стали більш ефективними, безпечними та зручнішими для користування.

Так, у напрямку “Розумне місто” можна відмітити Сполучені Штати Америки, де Сонівейл, Каліфорнія відомий як один із перших міст, що впровадило концепцію “Розумне місто”. Місто, що розташоване у серці Силіконової долини, одне із перших задало інноваційний дух, впроваджуючи концепцію “Розумне місто”. Тут масово встановлено датчики для моніторингу різноманітних параметрів міського середовища такі, як якість повітря, рівня шуму, трафіку та енергоспоживання. Усі дані надходять в єдину систему, які використовує влада для аналізу ситуації в реальному часі для прийняття оперативних обґрунтованих рішень.

Завдяки тісній співпраці з компаніями, що розташовані в регіоні, забезпечено тестування нових технологій та швидкого їх впровадження в місті.

Одним із напрямів пріоритету концепції було зменшення енергоспоживання міста в цілому. Для реалізації цього впроваджено програми, що стосувалися енергоефективного освітлення, використання відновлювальних джерел енергії та застосування розумних систем управління енергоспоживання.

Ще один напрям був націлений на управління трафіком в місті за допомогою датчиків та камер, що забезпечило оптимальний рух транспорту і дало змогу суттєво зменшити затори та час в дорозі.

Місто Соннівейл являється реальним прикладом, який практично довів, що будь-яке, навіть невелике місто, може підхопити лідерство у впровадженні “розумних технологій”. Досвід цього міста, який став базовим

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.P1 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 10   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |

полігоном для нових технологій довів, що інновації можуть і роблять міста більш комфортними, безпечними та ефективними.

В Європі такі міста, як Копенгаген (Данія) та Амстердам (Нідерланди) відомі, як лідери за використанням “розумних технологій”. У них до загальних напрямків автоматизації долучилися системи оренди велосипедів, моніторинг якості шуму, управління водними ресурсами, використання сонячної енергії та інфраструктури для електромобілів.

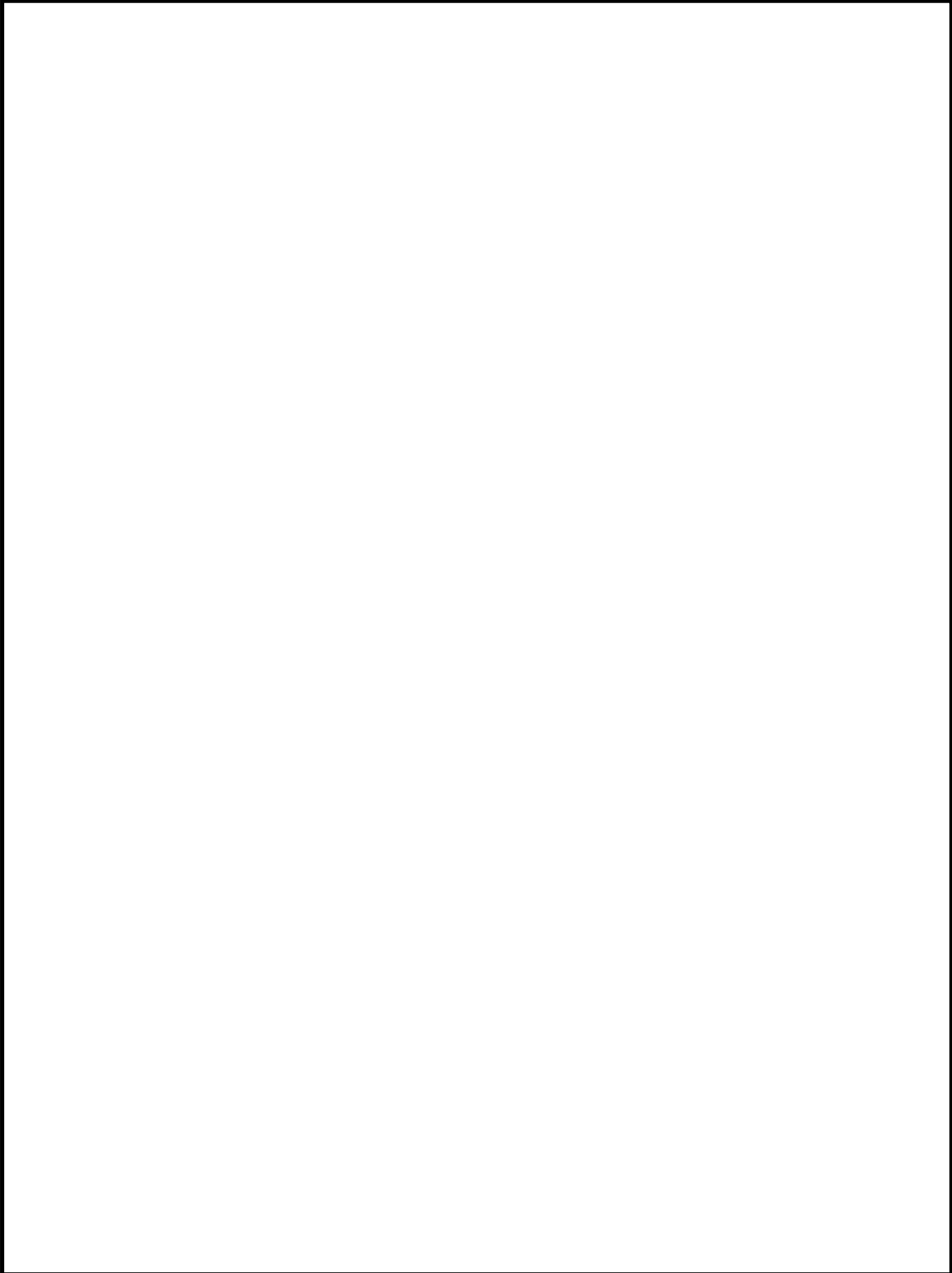
США являється лідером у розробці рішень для пожежного спрямування. Значна кількість пожежних частин обладнані сучасними системами управління автопарком та аналітичним модулем даних. Останнім часом все частіше для розвідки під час пожеж використовують дрони. Японські пожежні служби використовують роботизовані системи для гасіння пожеж у важкодоступних місцях. Також велику увагу приділяють прогнозуванню пожеж на основі аналізу даних, які надходять від величезної кількості датчиків та систем моніторингу. Південна Корея активно розвиває інфраструктуру для автоматичного виявлення пожеж на ранніх стадіях широко використовуючи системи відеоаналітики. В Україні, на жаль, на даний час впровадження подібних технологій обмежено.

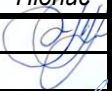
|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р1 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 11   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |

## 1.2. Висновки до розділу

В результаті проведеного аналізу з'ясовано, що сучасні технології IoT в Україні знаходяться на початковому стані та в деяких напрямках не починалися роботи щодо впровадження. На даний час в Україні в системі ДСНС питання автоматизації кінцевих підрозділів не розглядалося. Тому даний напрямок відкритий для впровадження систем автоматизацій.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р1 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 12   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |



|             |      |                  |                                                                                     |      |                                        |                                |      |        |
|-------------|------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------|--------------------------------|------|--------|
|             |      |                  |                                                                                     |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р2                     |                                |      |        |
|             |      |                  |                                                                                     |      |                                        |                                |      |        |
| Змн.        | Арк. | № документа      | Підпис                                                                              | Дата |                                        |                                |      |        |
| Розробник   |      | Бойко Л.М.       |  |      | Проектування апаратної частини системи | Літ.                           | Арк. | Аркуші |
| Консультант |      |                  |                                                                                     |      |                                        |                                | 13   |        |
| Н. контр.   |      | Добрінова Л. П.  |  |      |                                        | НУК<br>імені адмірала Макарова |      |        |
| Керівник    |      | Дьяконов О. С.   |  |      |                                        |                                |      |        |
| Зав. каф.   |      | Рябенський В. М. |  |      |                                        |                                |      |        |

## РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОНЦЕПЦІЇ СИСТЕМИ

Отже, що головне в роботі будь-якого рятувального підрозділу? Саме головне, це час, а точніше зменшення часу від отримання повідомлення про допомогу до моменту виїзду автомобіля. Тому перша головна задача це забезпечити мінімізацію та спрощення алгоритму процесу виїзду пожежного автомобіля.

2.1. Вивчення алгоритму та переліку необхідних показників для подальшої автоматизації

На даному етапі загальний алгоритм, конкретно в Миколаївській області, виглядає наступним чином:

1. Центральний диспетчер отримує телефонний виклик від заявника. Під час розмови уточнює основну інформацію: що горить, де горить і чи є там люди.
2. Проаналізувавши інформацію, визначає який найближчий підрозділ необхідно направити за даною адресою, зважаючи на оперативну обстановку і наявність вільних автомобілів.
3. Визначившись, телефонує в пожежну частину і передає інформацію диспетчеру, яка запускає сигнал тривоги та повідомляє по гучномовній системі, який автомобіль виїжджає та основну інформацію про виклик.
4. В цей час, особовий склад за сигналом тривоги слідує до автомобіля та проводить одягання захисного бойового одягу, а водій готує автомобіль до виїзду.
5. Також паралельно з цим, вручну відкриваються гаражні ворота, проводиться посадка в авто рятувальників та власне виїзд на адресу виклику.

На перший погляд все достатньо чітко, що ще тут можна оптимізувати? Насправді, за цим алгоритмом не видно звичайних речей, на забезпечення яких також витрачається час і людські ресурси.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.P2 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 14   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |



Отже, перелік дій, які також проводяться, але не відмічені в цьому алгоритмі:

1. Управління освітленням.

В нічний час під час тривоги, необхідно включити додаткове освітлення в гаражі, в усіх коридорах, що будуть використовуватися під час слідування особовим складом. Після виїзду автомобіля все освітлення необхідно вимкнути і залишити тільки чергове.

2. Вентиляція.

Під час тривоги необхідно включити систему вентиляції гаражу, а після виїзду автомобіля після зниження концентрації вихлопних газів, систему вентиляції виключити.

3. Ворота гаражу необхідно відкрити перед виїздом автомобіля, також оперативно зачинити для забезпечення збереження тепла у зимовий час та унеможливити доступ сторонніх осіб на територію підрозділу.

4. Перевірити освітлення в усіх приміщеннях та суміжних будівлях, де могли забути відключити електроприбори, газову плиту в процесі приготування їжі тощо.

5. Якщо виїхав увесь особовий склад, - зачинити усі двері в цілях безпеки.

Якими б простими дані дії не були, але на це теж необхідно витратити час, як на включення, виключення так і на аналіз, чи всі ці дії були виконані. А ще, не будемо забувати, що паралельно диспетчер виконує свої безпосередні функції, такі як ведення радіозв'язку із автомобілем, уточнення первинної інформації, підтримання зв'язку із заявником, виклик до місця додаткових служб і відомств тощо.

Всю цю супутню роботу потрібно виконувати, але вона віднімає час та відволікає від основної роботи, що прямо впливає на якість та оперативність.

Отже, тепер можна визначити умовно 3 основні режими функціонування підрозділу для їх подальшої автоматизації:

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р2 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 15   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |

1. Режим оперативного реагування. Він настає під час надходження виклику і триває до повернення автомобіля в гараж.

2. Режим повсякденної діяльності.

3. Режим “надзвичайний стан”. Стан функціонування, коли знаходження особового складу в підрозділі є небезпечним, тобто вони знаходяться в укритті.

Наступний етап - визначення умовних категорій та переліку показників, які необхідні для забезпечення автоматизації.

1. Моніторинг показників для забезпечення належних умов для перебування особового складу:

- a. Температура;
- b. Вологість;
- c. Концентрація CO<sub>2</sub>;
- d. Концентрація газів;
- e. Концентрація диму.

2. Моніторинг стану елементів будівлі:

- a. Стан положення вікон;
- b. Стан положення дверей;
- c. Стан вентилів водопроводу;
- d. Стан вентилів газопостачання.

3. Моніторинг електроживлення:

- a. Стан основного, резервного живлення;
- b. Показники напруги;
- c. Показники частоти;
- d. Показники навантаженості.

4. Моніторинг системи безпеки:

- a. Стан датчиків охорони;
- b. Стан пожежних датчиків;
- c. Стан системи розпізнавання об'єктів (відеонагляд);

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.P2 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 16   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |

- d. Стан датчиків руху;
- e. Стан датчиків присутності;
- f. Стан датчиків затоплення.

І на завершення, - визначення переліку пристроїв, до яких потрібен доступ для здійснення управління, як в ручному так і в автоматичному режимі:

1. Вентиляція гаражного приміщення;
2. Кондиціонування, вентиляція спального приміщення;
3. Усі світильники будівлі;
4. Електрозамки на дверях;
5. Інформаційні табло;
6. Гучномовний зв'язок;
7. Управління гаражними воротами (при наявності ролетного типу);
8. Камери відеоспостереження.

## 2.2. Загальні вимоги для створення інформаційної системи “Розумна пожежна частина”

### 2.2.1. Призначення інформаційної системи “Розумна пожежна частина”

Система призначена для:

- оптимізації процесів управління підрозділами в режимі реального часу;
- підвищення оперативності та якості прийняття управлінських рішень;
- контролю параметрів функціонування об'єктів;
- автоматичного збирання та аналізу метеоданих, побудови онлайн-метеомапи та проведення прогнозування метеообстановки;
- автоматичної або ручної активації системи аудіо оповіщення та інформування особового складу підрозділів;

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.P2 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 17   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |

- автоматичне управління системами опалення, електроживлення, водопостачання, газопостачання, пожежної та охоронної системами;
- зменшення часу виїзду аварійно-рятувальної техніки;
- зменшення навантаження на особовий склад, задіяний у процесах підготовки готовності до реагування.

Основним призначенням Системи є автоматизація діяльності ДСНС та підпорядкованих йому структур.

Система повинна виконувати наступні задачі:

- оптимізовувати процеси управління висилки техніки за сигналами тривоги;
- спростувати отримання інформації щодо стану підрозділу в режимі реального часу;
- запобігати помилкам з боку користувачів;
- реалізовувати аналіз введених даних та генерацію звітів;
- забезпечувати захищеність зберігання даних;
- забезпечувати відкритий онлайн-доступу та засоби пошуку інформації, що міститься у Системі, а також можливості її завантаження.

#### 2.2.2. Переваги в результаті впровадження Системи

В результаті створення Системи планується досягти:

- підвищення ефективності оперативного управління силами ДСНС;
- централізоване віддалене управління будь-яким підрозділом, або групою підрозділів;
- функціонування окремих систем підрозділу в автоматичному режимі;
- удосконалення контролю повсякденної та оперативної діяльності підрозділів;

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.P2 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 18   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |

- удосконалення контролю щодо використання бюджетних коштів на енергоносії;
- зменшення часу на реагування та первинну обробки початкових даних;
- зменшення часу, що витрачається на інформаційно-аналітичну діяльність;
- підвищення ефективності роботи ДСНС та підлеглих структур, за рахунок оптимізації оперативного управління;
- автоматизоване формування звітності;
- оперативний доступ до інформації у режимі реального часу.

### 2.2.3. Загальні вимоги до Системи

Архітектуру системи необхідно будувати використовуючи наявні сучасні технології зберігання, обробки, аналізу та доступу даних, забезпечувати сталу роботу користувачів.

Система на рівні підрозділу повинна забезпечувати працездатність незалежно від наявності активних каналів зв'язку із центральним сервером та наявності основного електроживлення.

Система повинна мати бази даних, як локального рівня, так і центрального рівня, та мати можливість взаємодії із іншими інформаційними системами ДСНС.

Система повинна мати можливість апаратного та програмного масштабування в міру збільшення навантаження, як вертикально, так і горизонтально.

При побудові Системи необхідно використовувати технічні, організаційні, архітектурні рішення, що задовольняють відповідний рівень інформаційних технологій, враховують її розвиток, а також направлені щодо дотримання оптимальності витрат на створення, загальної вартості

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.P2 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 19   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |

володіння, інтеграції, надійності, позитивного досвіду використання, можливості подальшого розвитку.

Система має бути розроблена таким чином, щоб у майбутньому забезпечити можливість інтеграції з системою оперативно-диспетчерського управління та іншими системами, які використовуються у ДСНС.

Програмні частини у складі Систему, повинна мати наступні характеристики та функціональність:

- мати 3-рівневу клієнт-серверну архітектуру (клієнт, сервер застосувань, сервер баз даних), що забезпечують функціонування програмних комплексів з єдиною центральною базою даних;
- підтримувати використання сучасних реляційних баз даних;
- забезпечувати виконання вимог до клієнтської частини:
  - a. клієнтська частина повинна бути побудована за принципом "тонкого" клієнта (вебклієнт);
  - b. "тонкий" клієнт для функціонування потребує будь-який сучасний веббраузер;
  - c. "тонкий" клієнт повинен бути кросплатформенним та працювати на сучасних операційних системах;
  - d. забезпечувати безперервну та цілодобову роботу в режимі 24x7x365;
  - e. забезпечувати адміністрування користувачів, їх повноваження та захист персональних даних відповідно до чинного законодавства України;
  - f. платформа повинна підтримувати зберігання інформації у файловій системі сервера;
  - g. основна мова інтерфейсу виключно українська;
  - h. забезпечувати функціонування підсистеми щодо генерації звітних матеріалів.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.P2 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 20   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |

## 2.3. Технічні вимоги до розробки інформаційної системи “Розумна пожежна частина”

### 2.3.1. Призначення та цілі

Метою створення проєкту є автоматизація оперативної діяльності аварійно-рятувальних підрозділів, автоматичне інтелектуальне управління системою електроживлення, водопостачання, газопостачання, опалення, системою контролю та управлінням доступу на територію підрозділів, а також забезпечення функціонування пожежної та охоронної системи. Отримання в режимі онлайн інформації від встановлених датчиків та модулів системи до центрального пункту моніторингу та віддаленого керування системою. Зменшення часу виїзду пожежно-аварійної техніки та особового складу, зменшення навантаження на особовий склад, задіяний у процесах підготовки готовності до реагування. Формування реальної онлайн-температурної карти та погодних явищ [4].

Розробка інформаційної системи (ІС) призначена для:

#### 1. Надання онлайн доступу користувачам ІС до інформації про:

- температурні показники у приміщеннях будівлі та навколишнього середовища;
- рівень CO<sub>2</sub> у спальних приміщеннях та приміщеннях із постійним перебуванням особового складу;
- концентрацію диму та газів із двигунів автомобілів у гаражних та суміжних з ним приміщеннях;
- рівень вологості у приміщеннях;
- стан дверей та вікон у приміщенні (відкриті чи закриті);
- спрацювання датчиків руху та датчиків присутності;
- стан кухонних вентилів на воду та газ;
- концентрація природного газу на кухні та приміщень для прийому їжі;

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.P2 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 21   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |

- стан сенсорів затоплення приміщень;
  - стан пожежних та охоронних сенсорів.
2. Надання онлайн-доступу користувачам ІС до панелі керування модулями:
- освітлення підрозділу;
  - електрозамками на дверях;
  - гучномовного зв'язку;
  - електроагрегатами системи газовідведення та кондиціонування;
  - електроприводами відкриття та закриття гаражних воріт та воріт в'їзду-виїзду на територію підрозділу;
  - системи охорони та пожежогасіння;
  - інформаційними табло, власним світлофором тощо.
3. Управління підрозділом/підрозділами в ручному, автоматичному та інтелектуальному режимах.
4. Дистанційне управління системою тривожних голосових повідомлень із гнучким вибором груп (підрозділ, область, регіон, країна);
5. Надання можливості зручного та швидкого отримання статистичної інформації в онлайн-режимі для підготовки управлінських рішень.
- ІС повинна включати такі компоненти:
- сервер баз даних;
  - вебсервер;
  - апаратні модулі;
  - програмне забезпечення для управління апаратними модулями.
- В ІС повинні бути передбачені наступні функціональні можливості:
- авторизація користувачів;
  - незалежна автономна робота ІС;
  - взаємодія з центральним сервером для прийому/передачі інформації та команд управління;



- можливість підключення та інтеграції із відомчою системою контролю доступу. Сервер повинен забезпечувати захист інформації від впливу ззовні.

Для роботи з ІС користувачам необхідно мати встановлений та налаштований один із сучасних веббраузерів.

ІС має забезпечувати:

- використання HTTPS протоколів для роботи користувачів;
- масштабованість рішення, як горизонтально, так і вертикально.

Програмне забезпечення ІС повинно забезпечувати наступні вимоги:

- відповідність функціоналу інтерфейсу ІС сучасним вимогам;
- адаптивний дизайн;

#### 2.3.2. Вимоги до обміну інформацією між модулями системи

Передавання інформації між модулями системи забезпечується стандартними протоколами на рівні програмного забезпечення або на рівні платформи (системи керування БД, вебсерверів тощо).

#### 2.3.3. Вимоги до функціонування системи

ІС повинна забезпечувати функціонування в режимі 24/7/365 без необхідності зупинки її роботи. ІС повинна забезпечувати розгортання на декількох серверах (кластеризація) та мати функціонал балансування навантаження на серверах рівня області.

#### 2.3.4. Вимоги до протоколювання роботи

ІС повинна забезпечувати протоколюванням роботи її компонентів, як на рівні платформи (системи керування БЗ, вебсерверу, операційних систем тощо), так і на рівні створеного та стандартного програмного забезпечення.

#### 2.3.5. Вимоги до мовної складової

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.P2 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 23   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |

Інтерфейс користувачів ІС повинен бути виконаний українською мовою, як основною. Допускається, в якості додаткової, використання англійської мови.

#### 2.3.6. Вимоги до програмного забезпечення

Програмне забезпечення, що використовується, повинно бути безкоштовне та з відкритим кодом:

- операційна система Ubuntu \*Pack 20.04 (або аналог);
- HTTP-сервер Nginx (або аналог);
- мова програмування PHP (або аналог);
- система керування БД MariaDB (або аналог).

#### 2.3.7. Вимоги до надійності програмного забезпечення та зберігання інформації

В ІС повинні використовуватись механізми ідентифікації. ІС повинна виключати можливість отримання прямого доступу будь-якого користувача до будь-яких компонентів. У випадку виникнення непередбачених критичних ситуацій, збоїв у роботі програмного забезпечення, повинно бути реалізовано відновлення системи з резервний копій.

#### 2.3.8. Загальна архітектура проекту

ІС повинна бути побудована за класичною трирівневою архітектурою:  
БД - сервер застосувань - клієнтський рівень.

На відповідних рівнях ІС повинна включати наступні компоненти:

- 1) На рівні БД:
  - сервери БД, що містять інформацію про об'єкти, які управляються апаратними модулями, та інформацію з наявних датчиків;
- 2) На рівні серверів застосувань:

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.P2 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 24   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |

- інструменти для роботи із різноманітними протоколами обміну та сценаріями.

### 3) На клієнтському рівні:

- вебсервер, який забезпечує політику доступу користувачів до ІС;
- клієнтські робочі місця користувачів забезпечені сучасними та актуальними версіями веббраузерів.

### 2.3.9. Вимоги до технічного забезпечення

Для забезпечення функціонування ІС у підрозділі необхідні технічні засоби, які відповідають наступним вимогам:

- Сервер на базі одноплатного мікрокомп'ютера Raspberry Pi 4 Model B 4GB або міні-ПК;
- маршрутизатор Netis n4 AC1200 (або аналог);
- центральний блок керування апаратними пристроями;
- окремі апаратні модулі.

### 2.3.10. Вимоги до апаратних модулів

Модулі будуються на мікроконтролерах AVR, ESP або STM. Для передачі даних використовується проводова або безпроводна технологія. Протокол обміну до центрального модуля використовується MQTT. В залежності від призначення модуля до нього підключаються цифрові та/або аналогові датчики температури, освітленості, тиску, загазованості, руху тощо.

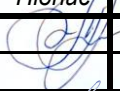
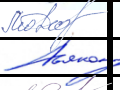
### 2.3.11. Висновки до розділу

В результаті вивчення та проведення аналізу щодо напрямків автоматизації та загальної концепції опрацьовано наявні алгоритми діяльності пожежних підрозділів, визначено перелік показників щодо

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.P2 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 25   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |

використання в автоматизаціях. Опрацьовані загальні вимоги та сформовані технічні вимоги для розробки системи “Розумна пожежна частина”.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р2 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 26   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |

|             |      |                  |                                                                                     |      |                                       |                                |      |        |
|-------------|------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------|--------------------------------|------|--------|
|             |      |                  |                                                                                     |      | 171.6321М.КР.ПЗ.РЗ                    |                                |      |        |
|             |      |                  |                                                                                     |      |                                       |                                |      |        |
| Змн.        | Арк. | № документа      | Підпис                                                                              | Дата |                                       |                                |      |        |
| Розробник   |      | Бойко Л.М.       |  |      | Реалізація програмної частини системи | Літ.                           | Арк. | Аркуші |
| Консультант |      | Губальцев А. М.  |  |      |                                       |                                | 27   |        |
| Н. контр.   |      | Добрінова Л. П.  |  |      |                                       | НУК<br>імені адмірала Макарова |      |        |
| Керівник    |      | Дьяконов О. С.   |  |      |                                       |                                |      |        |
| Зав. каф.   |      | Рябенський В. М. |  |      |                                       |                                |      |        |

## РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ

### 3.1. Аналіз та вибір мікроконтролера для центрального блоку керування

Мікроконтролер - це головний пристрій, який буде відповідати за увесь спектр розрахунків, спілкування із датчиками та, власне, забезпечувати обмін даними із центральним сервером. Від того, як швидко буде відбуватися обробка даних, буде залежати працездатність усієї системи в цілому. Враховуючи увесь спектр наявних в даний час мікроконтролерів, у таблиці 3.1 наведено їх перелік із зазначенням основних характеристик.

Таблиця 3.1 – Основні характеристики мікроконтролерів [7]

|                     | Arduino Uno                            | ESP8266                  | ESP32                                                                           | STM32                                                                                   | Nordic nRF52                                     | Raspberry Pi Pico                                |
|---------------------|----------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Виробник            | Arduino                                | Espressif Systems        | Espressif Systems                                                               | ST Microelectronics                                                                     | Nordic Semiconductor                             | Raspberry Pi Foundation                          |
| Архітектура         | AVR (ATmega328P)                       | Tensilica Xtensa LX106   | Xtensa LX6                                                                      | ARM Cortex-M                                                                            | ARM Cortex-M4                                    | RP2040 (двоядерний ARM Cortex-M0+)               |
| Тактова частота     | 16 МГц                                 | До 80 МГц                | До 240 МГц                                                                      | До 200 МГц                                                                              | До 64 МГц                                        | До 133 МГц                                       |
| Пам'ять (Flash/RAM) | 32 КБ/2 КБ                             | До 1 МБ/64 КБ            | До 4 МБ/520 КБ                                                                  | До 2 МБ/256 КБ                                                                          | До 1 МБ/256 КБ                                   | 2 МБ/264 КБ                                      |
| Wi-Fi               | -                                      | +                        | +                                                                               | -                                                                                       | -                                                | +                                                |
| Bluetooth           | -                                      | -                        | +                                                                               | -                                                                                       | +                                                | +                                                |
| Основні інтерфейси  | UART, SPI, I2C, аналогові входи/виходи | UART, SPI, I2C, ADC, PWM | UART, SPI, I2C, ADC, DAC, SDIO, Ethernet, CAN, I2S, PWM, аналогові входи/виходи | UART, SPI, I2C, ADC, DAC, USB, CAN, Ethernet, SDIO, Timers, PWM, аналогові входи/виходи | UART, SPI, I2C, ADC, PWM, аналогові входи/виходи | UART, SPI, I2C, ADC, PWM, аналогові входи/виходи |

При виборі мікроконтролера слід враховувати наступні фактори:

- *Швидкість обробки даних.* Мікроконтролер повинен мати достатню швидкість обробки даних для забезпечення точних вимірювань;
- *Обсяг пам'яті.* Мікроконтролер повинен мати достатній обсяг пам'яті для зберігання даних, програмного забезпечення та тимчасових даних, які обробляються та зберігаються в оперативній пам'яті;
- *Підтримка безпроводної передачі даних.* Мікроконтролер повинен мати можливість використовувати безпроводну передачу даних, використовуючи технологію Wi-Fi або Bluetooth.

На теперішній момент найбільш розповсюджені на ринку України мікроконтролери виробників, таких, як на базі Arduino, ESP8266, ESP32, STM32 і сімейство Raspberry.

Arduino - це платформа сімейство мікроконтролерів, які характеризуються простотою використання і доступністю. Arduino UNO є одним з найпопулярніших мікроконтролерів Arduino. Він має досить високу швидкість обробки даних (16 МГц) і достатній обсяг пам'яті (32 КБ ОЗП і 16 КБ ПЗП). Однак Arduino UNO не підтримує безпроводну передачу даних.

ESP8266 - це мікроконтролер, який має вбудований модуль Wi-Fi, що робить його ідеальним вибором для пристроїв, які потребують безпроводної передачі даних. ESP8266 має швидкість обробки даних 80 МГц, і її цілком достатньо для більшості застосувань. ESP8266 також має досить великий обсяг пам'яті (32 КБ ОЗП і 4 МБ ПЗП).

ESP32 - це популярний мікроконтролер, який прийшов на заміну ESP8266 і одночасно підтримує технологію WiFi-Bluetooth 2,4 ГГц. Мікроконтролер має 2-ядерний 32-розрядний процесор Tensilica Xtensa LX6, 520 КБ пам'яті SRAM і 448 КБ флеш-пам'яті та підтримує 4 МБ зовнішньої флеш-пам'яті. Його частота може сягати до 240 МГц в залежності від режиму

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.РЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    | 29   |

енергоспоживання. ESP32 розроблено для мобільних пристроїв, переносної електроніки та додатків Інтернету речей (IoT) [5].

STM32 - це сімейство мікроконтролерів, які характеризуються високою продуктивністю і широким набором функцій. STM32F401RE є одним з найпопулярніших мікроконтролерів STM32. Він має високу швидкість обробки даних (168 МГц), достатній обсяг пам'яті (512 КБ ОЗП і 1 МБ ПЗП) і підтримку безпроводної передачі даних (Wi-Fi і Bluetooth).

Raspberry Pi - це не просто контролер, а повноцінний комп'ютер, який можна використовувати для різних цілей. Raspberry Pi має високу швидкість обробки даних (до 1 ГГц), достатній обсяг пам'яті (до 8 ГБ ОЗП і до 32 ГБ ПЗП) і підтримку безпроводної передачі даних (Wi-Fi і Bluetooth).

Для реалізації проєкту буде використано найбільш розповсюджений мікроконтролер ESP8266 D1 Mini. Даний контролер має вбудований модуль Wi-Fi, що робить його ідеальним вибором для пристроїв, які потребують безпроводної передачі даних. Крім того, ESP8266 є відносно недорогим і простим у використанні.

Для забезпечення керування наявними електричними приборами, такими, як внутрішні та зовнішні світильники, прожектори, секції інформаційних табло, електроприводу вентиляції тощо, необхідно мати значну кількість цифрових портів вводу-виводу.

Ознайомившись із схемою портів даного контролера на рис. 3.1, стає зрозуміло, що наявної кількості портів недостатньо. Тому для збільшення портів буде використовуватися популярний 16-бітний розширювач портів з інтерфейсом I2C на основі мікросхеми MCP23017.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.РЗ | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 30   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |



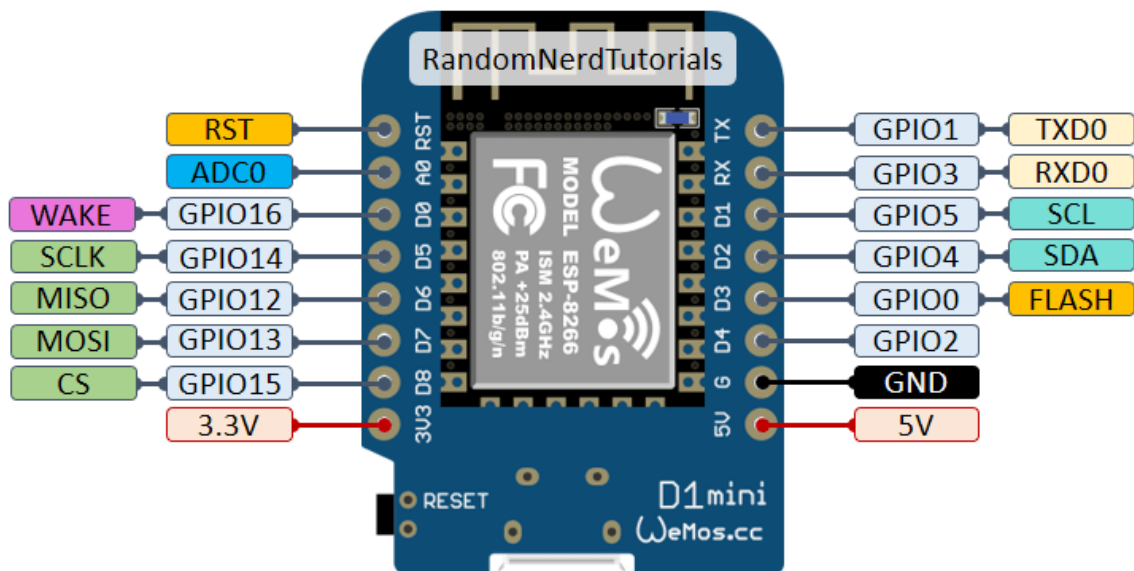


Рисунок 3.1. – Схема портів ESP8266 d1 mini

Зовнішній вигляд модуля MCP23017 наведений на рис. 3.2.



Рисунок 3.2. – Модуль розширення портів MCP23017

Основні характеристики MCP23017 наведені в таблиці 3.2. Перевага даної мікросхеми полягає у можливості поєднання в каскаді до 8 одиниць, використовуючи для управління 2 порта. Результатом є можливість

управління додатковими портами вводу-виводу в кількості 128 одиниць на швидкості 400 кГц.

Таблиця 3.2 – Основні характеристики мікросхеми MCP23017

| Характеристика                      | Значення                                                       |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Тип                                 | Розширювач портів                                              |
| Інтерфейс                           | I2C (100 кГц, 400 кГц, 1.7 МГц)                                |
| Кількість портів введення/виведення | 16 біт (16 входів/виходів)                                     |
| Струм на один порт                  | 25 мА (sink/source)                                            |
| Напруга живлення                    | 1.8 В - 5.5 В                                                  |
| Логічні рівні                       | Сумісні з рівнями живлення мікроконтролерів                    |
| Додаткові функції                   | Інтерфейс переривання, каскадування до 8 пристроїв на шині I2C |

### 3.2. Вибір необхідних датчиків та модулів

#### 3.2.1. Класифікація та вибір датчиків температури

Датчики температури можна класифікувати за різними параметрами, такими, як принцип роботи, тип вимірюваного середовища, метод вимірювання, спосіб передачі даних тощо.

За принципом роботи датчики температури поділяються на:

- *Термометри опору.* Основою їх роботи є зміна опору матеріалу при зміні температури;
- *Термопары.* В основі їх роботи покладено явище термоелектричної Е.Р.С., яке виникає при контакті двох різних металів;
- *Датчики температури напівпровідникових елементів.* В основі їх роботи лежить залежність провідності напівпровідників від температури;
- *Датчики температури на основі лазерів.* В основі їх роботи лежить зміна довжини хвилі лазерного випромінювання відносно температури.

За типом вимірюваного середовища датчики температури можна поділити на:

- *Датчики температури повітря.* Проводять вимірювання температури повітря або газів;
- *Датчики температури рідин.* Проводять вимірювання температури рідких речовин;
- *Датчики температури твердих тіл.* Проводять вимірювання температури твердих тіл.

За методом вимірювання датчики температури можна поділити на:

- *Контактні датчики температури.* Контактують з вимірюваним середовищем;
- *Безконтактні датчики температури.* Не контактують з вимірюваним середовищем.

За способом передачі даних датчики температури поділяються на:

- *Провідні датчики температури.* Передають дані за допомогою проводів;
- *Безпроводні датчики температури.* Передача даних відбувається по радіоканалу.

Вивчивши наявні моделі датчиків та виходячи із завдання, для даного проєкту вибраний розповсюджений цифровий датчик DHT22 (рис. 4.3).



Рисунок 3.3. – Зовнішній вигляд датчика DHT22

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.РЗ | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 33   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |

DHT22 є цифровим датчиком температури та вологості підвищеної точності, який має заводське калібрування та достатньо низьке енергоспоживання. Основні характеристики даного датчика наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Основні характеристики датчика DHT22

| Характеристика                   | Значення                                 |
|----------------------------------|------------------------------------------|
| Тип                              | Цифровий датчик температури та вологості |
| Інтерфейс                        | Однодротовий (1-Wire)                    |
| Діапазон вимірювання температури | -40°C до +80°C                           |
| Точність вимірювання температури | ±0,5°C                                   |
| Діапазон вимірювання вологості   | 0-100% відносної вологості               |
| Точність вимірювання вологості   | ±2%                                      |
| Напруга живлення                 | 3.3-5.5 В                                |
| Споживаний струм                 | Дуже низький, менше 1 мА                 |
| Час відгуку                      | Зазвичай 2 секунди між вимірюваннями     |

### 3.2.2. Класифікація та вибір датчиків CO<sub>2</sub>

Датчики CO<sub>2</sub> використовуються для вимірювання концентрації вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) в повітрі. Вони широко використовуються в промисловості, медицині, науці та охороні навколишнього середовища.

Датчики CO<sub>2</sub> можна класифікувати за різними критеріями. Одним із найважливіших критеріїв є спосіб вимірювання CO<sub>2</sub>. На основі цього критерію датчики CO<sub>2</sub> можна поділити на наступні типи:

- *Хімічні датчики.* Ці датчики використовують хімічну реакцію для вимірювання CO<sub>2</sub>. До них відносяться, наприклад, хемосорбційні датчики, оптичні датчики і електрохімічні датчики;
- *Фізичні датчики.* Ці датчики використовують фізичні властивості матеріалів, які змінюються з концентрацією CO<sub>2</sub>. До них відносяться, наприклад, оптичні датчики і капілярні датчики.

Іншим важливим критерієм класифікації датчиків CO<sub>2</sub> є їх діапазон вимірювання. На основі цього критерію датчики CO<sub>2</sub> можна поділити на наступні типи:

- *Низької концентрації.* Вимірюють концентрацію CO<sub>2</sub> в діапазоні від 0 до 1000 ppm;
- *Середньої концентрації.* Вимірюють концентрацію CO<sub>2</sub> в діапазоні від 1000 до 10 000 ppm;
- *Високої концентрації.* Вимірюють концентрацію CO<sub>2</sub> в діапазоні від 10 000 до 100 000 ppm.

Датчики CO<sub>2</sub> також можна класифікувати за способом монтажу. На основі цього критерію датчики CO<sub>2</sub> можна поділити на наступні типи:

- *Поверхневі датчики.* Кріпляться до поверхні об'єкта;
- *Інтегровані датчики.* Інтегруються в об'єкт, який вимірюється;
- *Вбудовані датчики.* Датчики вбудовуються в об'єкт, який проводить виміри на етапі його виробництва.

При виборі датчика CO<sub>2</sub> необхідно враховувати наступні фактори:

- *Тип датчика.* Вибір типу датчика залежить від способу вимірювання CO<sub>2</sub> та діапазону вимірювання;
- *Метод монтажу.* Вибір методу монтажу залежить від місця розташування датчика та його призначення;
- *Точність вимірювання.* Вибір точності вимірювання залежить від вимог до якості вимірювань;
- *Ціна.*

На ринку представлені датчики CO<sub>2</sub> різних виробників, таких як Siemens, Honeywell, Vaisala, Alphasense і Bosch. При виборі датчика CO<sub>2</sub> необхідно враховувати репутацію виробника та наявність сервісної підтримки.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.РЗ | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 35   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |

Вивчивши наявні моделі датчиків та виходячи із завдання, для даного проєкту вибраний датчик МН-Z19b (рис.3.4) із характеристиками наведеними в табл. 3.4.

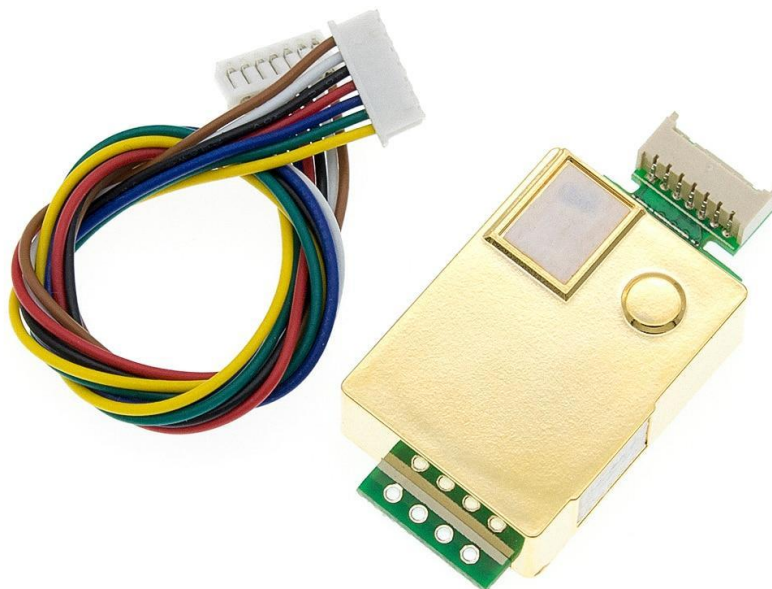


Рисунок 3.4. – Зовнішній вигляд датчика МН-Z19b

Таблиця 3.4 – Основні характеристики датчика МН-Z19b

| Характеристика         | Значення                                                                |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Призначення            | Вимірювання концентрації вуглекислого газу (CO <sub>2</sub> ) в повітрі |
| Принцип роботи         | Інфрачервона спектроскопія                                              |
| Діапазон вимірювання   | 0-5000 ppm                                                              |
| Точність               | ±50 ppm                                                                 |
| Час відгуку            | Близько 60 секунд для стабілізації показань                             |
| Живлення               | 3.3-5 В постійного струму                                               |
| Споживаний струм       | Близько 50 мА під час вимірювання                                       |
| Інтерфейс              | UART, аналоговий                                                        |
| Температурний діапазон | 0°C - 50°C                                                              |

### 3.2.3. Класифікація та вибір датчиків газових сумішей

Датчики загазованості призначені для виявлення шкідливих газів у повітрі для своєчасного подання сигналу тривоги. Найбільш частіше вони використовуються для:

- *Забезпечення безпеки:* Виявлення витоків газу, які можуть призвести до вибуху, отруєння або пожежі;
- *Контролю виробничих процесів:* Моніторинг концентрації газів у технологічних процесах;
- *Охорони навколишнього середовища:* Контроль викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Датчики загазованості можна класифікувати за наступними ознаками:

#### 1) За принципом дії:

- *Напівпровідникові:* Зміна електричної провідності при взаємодії з газом;
- *Електрохімічні:* Вимірювання сили струму, що виникає при окисленні або відновленні газу на електродах;
- *Оптичні:* Вимірювання поглинання або випромінювання світла газом;
- *Каталітичні:* Вимірювання зміни опору каталітичного елемента при взаємодії з газом.

#### 2) За типом вимірюваної речовини:

- *Датчики метану:* Виявляють природний газ;
- *Датчики чадного газу:* Виявляють чадний газ (CO);
- *Датчики сірководню:* Виявляють сірководень (H<sub>2</sub>S);
- *Мультигазові датчики:* Виявляють декілька видів газів одночасно.

#### 3) За способом монтажу: стаціонарні та портативні.

Загальний принцип роботи за типом датчиків:

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.РЗ | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 37   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |

- *Напівпровідникові датчики:* Принцип роботи заснований на зміні електричної провідності напівпровідникового матеріалу при взаємодії з молекулами газу;
- *Електрохімічні датчики:* В основі роботи лежить електрохімічна реакція між газом і електролітом;
- *Оптичні датчики:* Використовують явище поглинання або випромінювання світла молекулами газу;
- *Каталітичні датчики:* Зміна опору каталітичного елемента під впливом газу використовується для визначення його концентрації.

Отже, вибір датчика загазованості є непростим та відповідальним завданням, що вимагає комплексного підходу, враховуючи як технічні характеристики датчика, так і умови його експлуатації. Від того, чи правильно підібраний датчик, залежить його надійна робота та в цілому робота усієї системи контролю загазованості.

Виходячи з наведеного вище, для реалізації проєкту вибраний недорогий та розповсюджений датчик MQ-2 (рис. 3.5), технічні характеристики якого наведені у табл. 3.5.



Рисунок 3.5. – Зовнішній вигляд датчика MQ-2



Таблиця 3.5. – Основні характеристики датчика MQ-2

| Характеристика | Значення                                                                     |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Тип датчика    | Напівпровідниковий                                                           |
| Застосування   | Виявлення горючих газів (метан, пропан, бутан, водень, спирт, тютюновий дим) |
| Принцип роботи | Зміна електричного опору датчика при взаємодії з газом                       |
| Інтерфейс      | Аналоговий, цифровий                                                         |
| Час відгуку    | 1-2 сек                                                                      |
| Живлення       | 5 В                                                                          |

#### 3.2.4. Класифікація аудіомодулів

Для реалізації функціонування аудіо можливостей Системи є необхідність використання MP3-модуля.

Основні критерії за якими класифікуються модулі, враховуючи вимоги до Системи, є спосіб підключення, функціональність та наявний тип пам'яті.

За способом підключення модулі використовують: SPI, I2C, UART та USB.

За функціональністю бувають програмовані та не програмовані. За типом пам'яті - із вбудованою або зі слотом для підключення зовнішніх карт пам'яті.

Отже, для забезпечення реалізації можливості аудіосупроводу в Системі буде використовуватися MP3-модуль DFPlayer mini (рис. 3.6) із технічними характеристиками, що наведені у табл. 3.6.

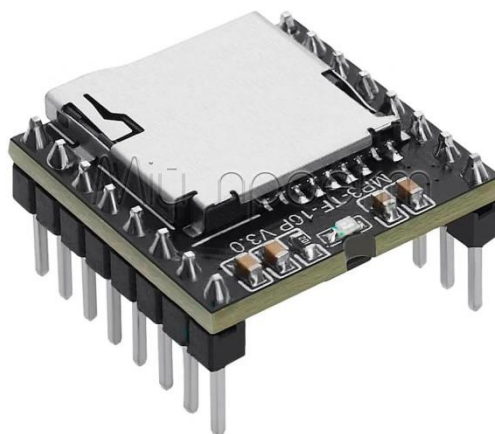


Рисунок 3.6. – Зовнішній вигляд mp3-модуля

Вибраний модуль широко використовується в проєктах для відтворення звуку, має вбудований підсилювач потужністю 3 Вт, може управлятися не тільки по UART інтерфейсу, а також автономно без залучення контролерів за допомогою звичайних фізичних кнопок.

Таблиця 3.6 – Основні характеристики MP3-плеєра DFPlayer Mini

| Характеристика    | Значення                                                        |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Інтерфейс         | UART (послідовний), USB                                         |
| Карта пам'яті     | microSD (до 32 ГБ)                                              |
| Формати файлів    | MP3, WAV, WMA                                                   |
| Кількість каналів | Моно (3 Вт) + 2 стерео (без підсилювача)                        |
| Рівні гучності    | 30 рівнів                                                       |
| Еквалайзер        | 6 режимів (Normal, Pop, Rock, Jazz, Classic, Base)              |
| Напруга живлення  | 3.3 - 5 В                                                       |
| Розміри           | Приблизно 21 x 21 x 12 мм                                       |
| Додаткові функції | Кнопкове управління, підтримка команд, режим озвучення директив |

### 3.2.5. Класифікація та вибір модулів реле

Для комутації різноманітних електричних пристроїв використовуються реле. Реле – це електромеханічний або твердотільний пристрій, який використовується для дистанційного керування електричними ланцюгами більшої потужності за допомогою низьковольтних сигналів. Реле дозволяє керувати пристроями з високим споживанням струму, такими як лампи, двигуни, електромагніти тощо, забезпечуючи гальванічну розв'язку та захист мікроконтролера.

Реле класифікуються за наступними категоріями:

1. *За типом комутації:*

- а. Електромеханічні - мають рухомі контакти, які управляються за допомогою електромагнітного поля;
- б. Твердотільні - не мають рухомих контактів та працюють на основі напівпровідників.

2. *За кількістю каналів:* одноканальні, двоканальні, чоритиканальні та інші.

3. *За типом керування:*

- а. Цифрові - керуються цифровими сигналами (0 або 1);
- б. Аналогові - керуються струмом або напругою.

Для вибору реле необхідно звернути увагу на напругу живлення, максимальний струм комутації, максимальну напругу комутації, частоту комутації, час спрацювання та наявність гальванічної ізоляції лінії управління від ліній комутації.

У проєкті для комутації електричних пристроїв будуть використовуватися модулі на базі широко розповсюджених електромагнітних реле (рис. 3.7). Дані модулі мають опторозв'язку, яка забезпечує ізоляцію між управляючою та комутуваною частинами, індикаторами стану, напругу управління 5 В та напругу утримання електромагніту 12 В. Характеристики модуля наведені у табл. 3.7.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.РЗ | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 41   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |

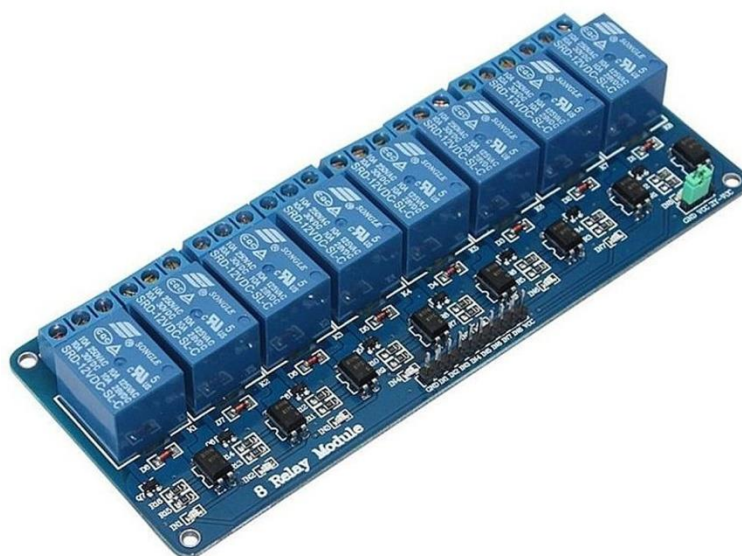


Рисунок 3.7. – Зовнішній вигляд 8-ми каналного релейного модуля

Таблиця 3.7. – Основні характеристики релейного модуля

| Характеристика                 | Значення                                           |
|--------------------------------|----------------------------------------------------|
| Кількість каналів              | 8                                                  |
| Робоча напруга                 | 5 В                                                |
| Струм споживання на канал      | <20мА                                              |
| Максимальний комутований струм | 10 А                                               |
| Максимальна комутована напруга | 250В змінний струм                                 |
| Тип реле                       | 6 режимів (Normal, Pop, Rock, Jazz, Classic, Base) |
| Напруга живлення               | 3.3 - 5 В                                          |
| Розміри                        | Електромагнітне                                    |
| Ізоляція                       | Оптронна                                           |

### 3.2.6. Класифікація та вибір роз'ємів

Правильний вибір роз'ємів є критично важливим аспектом розробки будь-якого електронного пристрою. Від типу роз'єму залежить не тільки

зручність з'єднання різних модулів і датчиків, але й надійність роботи всього пристрою.

Роз'єми класифікуються за наступними категоріями:

1) За призначенням:

- a. *Силові роз'єми*: для підключення джерела живлення (USB, DC-jack, акумуляторні батареї тощо);
- b. *Сигнальні роз'єми*: для підключення датчиків, модулів, дисплеїв та інших електронних компонентів;
- c. *Програматорські роз'єми*: для завантаження програмного коду в мікроконтролер Arduino (USB, ICSP).

2) За типом контакту:

- a. *Штирьові роз'єми*: найпоширеніший тип, легко з'єднуються з відповідними розетками;
- b. *Роз'єми типу "мама-мама"*: використовуються для з'єднання двох кабелів або плат між собою;
- c. *Роз'єми типу "тато-тато"*: рідше використовуються, але можуть знадобитися в деяких специфічних випадках.

3) За кількістю контактів:

- a. *Двоконтактні*: для простих з'єднань (живлення, заземлення);
- b. *Багатоcontactні*: для підключення складних модулів з великою кількістю сигналів.

4) За способом фіксації:

- a. *Під пайку*: встановлюються на плату паянням;
- b. *Під роз'єм*: можуть бути повторно від'єднані.

В якості роз'ємів для комутації з релейним блоком або при використанні портів, що сконфігуровані як “цифровий вхід”, враховуючи необхідну мінімізацію в розмірах та зручності і простоти, буде використовуватися роз'єм RG45, який наведений на рис.3.8.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.РЗ | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 43   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |

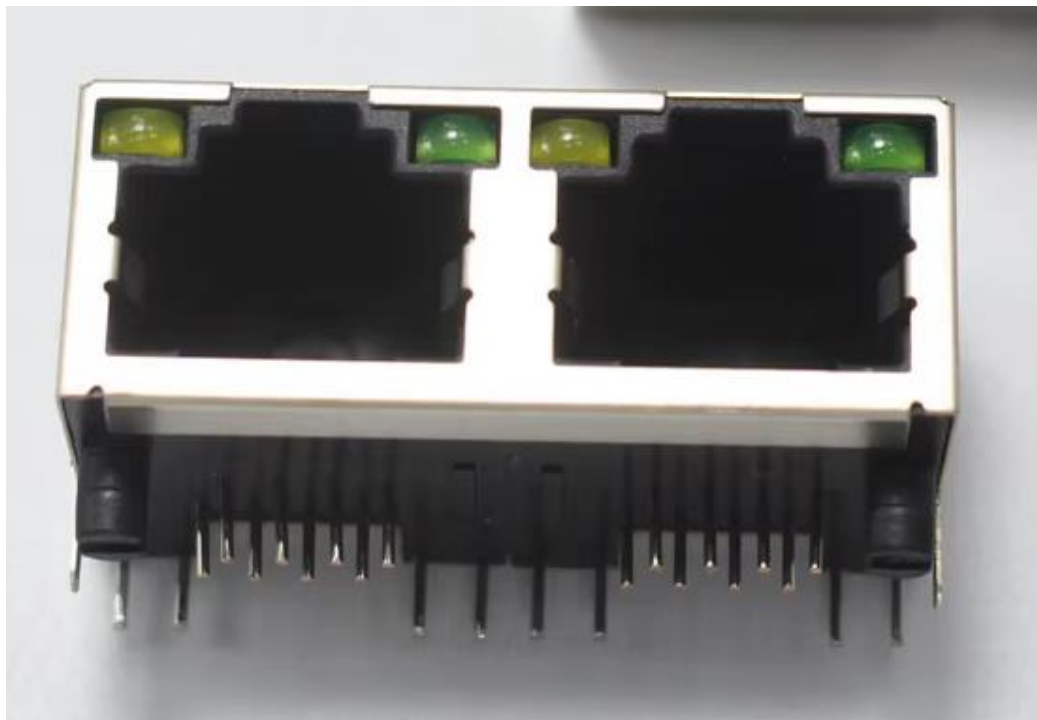


Рисунок 3.8. – Зовнішній вигляд роз'єму RG45

### 3.2.7. Класифікація та вибір модуля перетворення напруги

Модулі пониження напруги є невід'ємною частиною більшості проєктів. Вони дозволяють знизити напругу живлення, яка часто перевищує допустиму для мікроконтролера, та забезпечити стабільне живлення підключених компонентів.

Модулі перетворення класифікуються за наступними категоріями:

#### 1) За типом:

- а. *Лінійні стабілізатори*: Прості у використанні, але мають низький ККД і розсіюють зайву енергію у вигляді тепла;
- б. *Імпульсні перетворювачі*: Високий ККД, компактні розміри, але можуть створювати електромагнітні перешкоди.

#### 2) За призначенням:

- а. *Універсальні*: Можуть працювати з різними вхідними напругами та забезпечувати різні вихідні напруги;
- б. *Спеціалізовані*: Оптимізовані для певних завдань, наприклад, зарядки акумуляторів або живлення світлодіодних стрічок.

3) За способом керування:

- а. *З фіксованою вихідною напругою:* Найпростіші у використанні, але не дозволяють змінювати вихідну напругу;
- б. *З регульованою вихідною напругою:* Дозволяють налаштувати вихідну напругу під конкретне завдання.

Найбільш популярні модулі модифікації напруги побудовані на:

1. *LM2596:* Універсальний модуль з регульованою вихідною напругою;
2. *XL6009:* Модуль з високим ККД, призначений для живлення світлодіодних стрічок;
3. *AMS1117:* Лінійний стабілізатор, простий у використанні, але з низьким ККД.

Для живлення пристрою в цілому, а також окремих його модулів необхідна напруга 5 В та 12 В. Тому загальне живлення буде 12 В, а для живлення окремих модулів на 5 В буде використовуватися модуль пониження напруги на базі мікросхеми LM2596 (рис. 3.9).



Рисунок 3.9. – Модуль пониження напруги LM2596 від 4-35 В до 1-26 В, максимальна потужність 3А

Таблиця 3.8 – Основні характеристики модуля пониження напруги LM2596

| Характеристика            | Значення                                          |
|---------------------------|---------------------------------------------------|
| Базова мікросхема         | LM2596                                            |
| Тип перетворювача         | Понижуючий (step-down)                            |
| Діапазон вхідної напруги  | 3.2 - 40 В                                        |
| Діапазон вихідної напруги | 1.25 - 35 В (регульований)                        |
| Вихідний струм            | До 2 А (без радіатора), до 3 А (з радіатором)     |
| Вихідна потужність        | До 10 Вт (без радіатора), до 15 Вт (з радіатором) |
| ККД                       | 80-92%                                            |
| Частота перетворення      | 150 кГц                                           |
| Захист                    | Від короткого замикання, перегріву                |

### 3.2.8. Класифікація та вибір модуля екрану

Вибір правильного модуля екрану є важливим етапом в будь якому проєкті. Враховуючи різноманітність моделей доступних на ринку, необхідно мати достатні знання щодо розуміння основних типів, їх характеристик і особливостей застосування для оптимального вибору ефективного і функціонального пристрою.

Модулі екранів класифікуються за наступними категоріями:

#### 1. По типу дисплея:

- a. *Рідкокристалічні дисплеї (LCD)*: Найпоширеніший тип, відрізняється низьким енергоспоживанням, доступністю та широким вибором розмірів і роздільної здатності;
- b. *OLED дисплеї*: Забезпечують високу контрастність, широкий кут огляду та швидкий відгук. Однак, мають вищу вартість порівняно з LCD;
- c. *Електронні паперові дисплеї (E-ink)*: Імітують вигляд звичайного паперу, мають низьке енергоспоживання і ідеально підходять для статичної інформації.



2. По типу інтерфейсу підключення:

- а. *I2C*: Дозволяє підключати кілька пристроїв до одної шини, що економить цифрові піни;
- б. *SPI*: Забезпечує високу швидкість передачі даних, але вимагає більшої кількості пінів;
- с. *Паралельний*: Найпростіший інтерфейс, але вимагає великої кількості пінів.

3. По розміру і роздільної здатності.

4. По кольоровій палітрі: кольорові та монохромні.

Враховуючи функціональні вимоги, доступність та простоту використання, вибрано модуль екранів на базі TM1637, зовнішній вигляд якого наведений на рис. 3.10, а технічні характеристики наведені у таблиці 3.9.

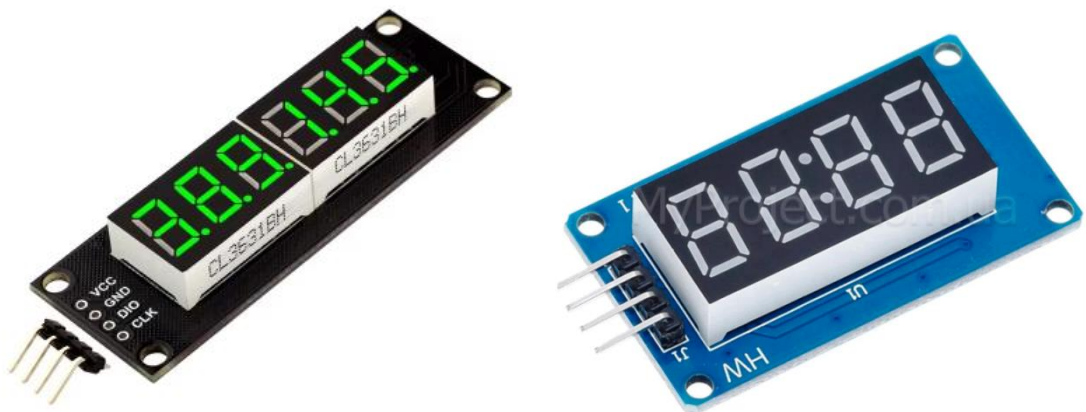


Рисунок 3.10. – Зовнішній вигляд екранів на TM1637

Таблиця 3.9. – Основні характеристики модулів екранів на базі TM1637

| Характеристика | Значення                       |
|----------------|--------------------------------|
| Тип дисплея    | Семисегментний LED             |
| Драйвер        | TM1637                         |
| Яскравість     | Регульована, зазвичай 8 рівнів |
| Інтерфейс      | I2C                            |
| Час відгуку    | 1-2 сек                        |
| Живлення       | 3.3V або 5V                    |

### 3.2.9. Класифікація та вибір аудіопідсилювача

Для забезпечення озвучення інформації на території підрозділу використовуючи наявну систему гучномовного зв'язку, необхідно забезпечити підсилення звукового сигналу від audio MP3-модуля за допомогою аудіопідсилювача.

Модулі аудіопідсилювачів класифікуються за наступними категоріями:

#### 1. За класом:

- а. *Клас А*: Висока якість звуку, але низька ефективність;
- б. *Клас В*: Вища ефективність, ніж у класу А, але можливі нелінійні спотворення;
- с. *Клас АВ*: Компроміс між класами А та В;
- д. *Клас D*: Висока ефективність, але вища вартість та складність реалізації.

#### 2. За кількістю каналів:

- а. *Моно*: Один канал для відтворення звуку;
- б. *Стерео*: Два канали для стереофонічного звуку;
- с. *Мультиканальні*: Більше двох каналів для об'ємного звуку.

Також слід зазначити, що при виборі необхідно визначитися із потужністю, частотним діапазоном та потужністю споживання.

Аудіоінформування, оповіщення на території та у будівлі підрозділу буде реалізовуватися шляхом підключення до наявних гучномовців, що

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.РЗ | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 48   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |

штатно передбачені відповідними нормами. Враховуючи параметри та характеристики для цього проєкту, підійде готовий модуль підсилювача класу D, який досить легко інтегрується в будь-яку схему. Отже, вибрано для використання готовий модуль аудіопідсилювача на базі ТРА3116 із максимальною потужністю на канал 120 Вт (рис. 3.11).



Рисунок 3.11. – Звуковий аудіопідсилювач ТРА3116 D2 Стерео 2\*120W

3.3. Проєктування плат контролера системи “Розумна пожежна частина” та виготовлення на їх базі окремих модулів

3.3.1. Проєктування плати на 16 цифрових портів

Загальна структурна електрична схема контролера зображена на рис.3.12.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.РЗ | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 49   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |

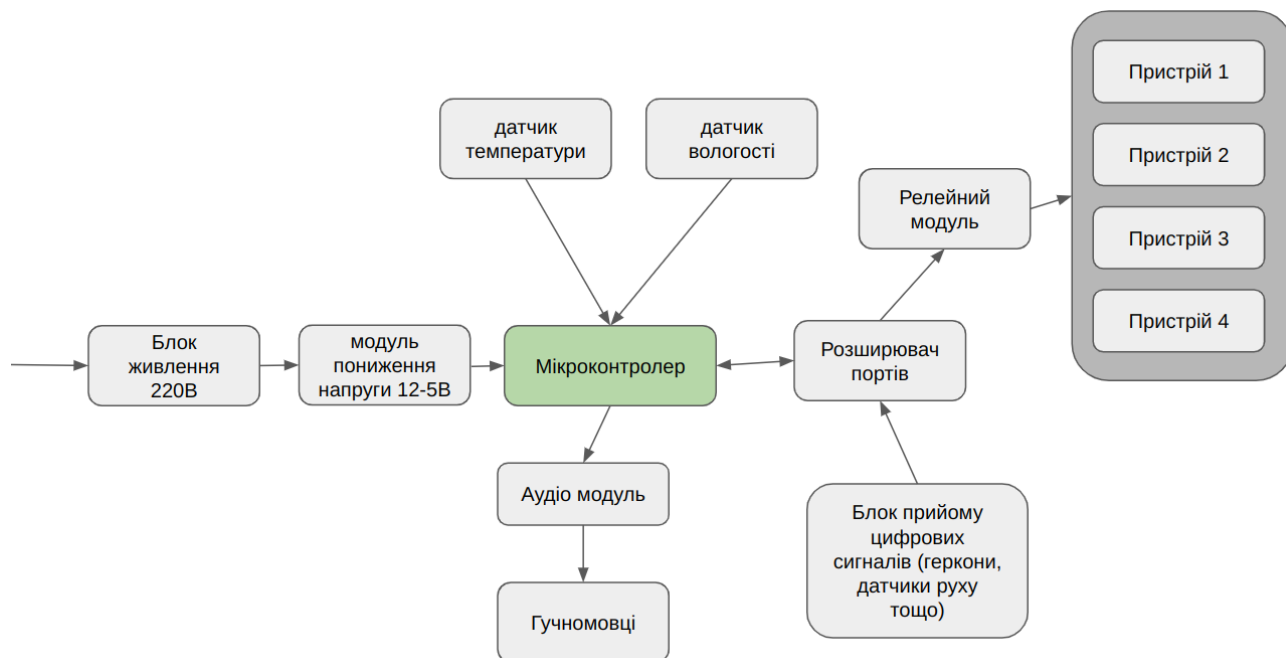


Рисунок 3.12. – Структурна електрична схема контролера “Розумна пожежна частина”

Враховуючи вибраний набір компонентів, розроблена наступна принципова електрична схема із розширенням портів у кількості 16 од., що наведена на рис. 3.13. На даній схемі виходи мікроконтролера Wemos D1 Mini одночасно підключені через резистори до GND та живлення 5В не помилково. Це зроблено для реалізації можливості підтягнути ці порти, за необхідністю, при режимі роботи як “цифровий вхід” до +5В або GND. З цією ж метою, усі контакти конекторів RG3.1 та RG3.2 на схемі через резистори підключені до шини +5В з метою, в подальшому, реалізувати роботу необхідних портів як “сухий контакт”. Для цієї реалізації необхідно буде додатково на визначених портах припаяти резистори відповідного номіналу.

Дана плата підійде для використання у якості окремих модулів для окремих віддалених окремих локацій, де присутня невелика концентрація пристроїв (до 16 од.), якими потрібно здійснювати управління [2].

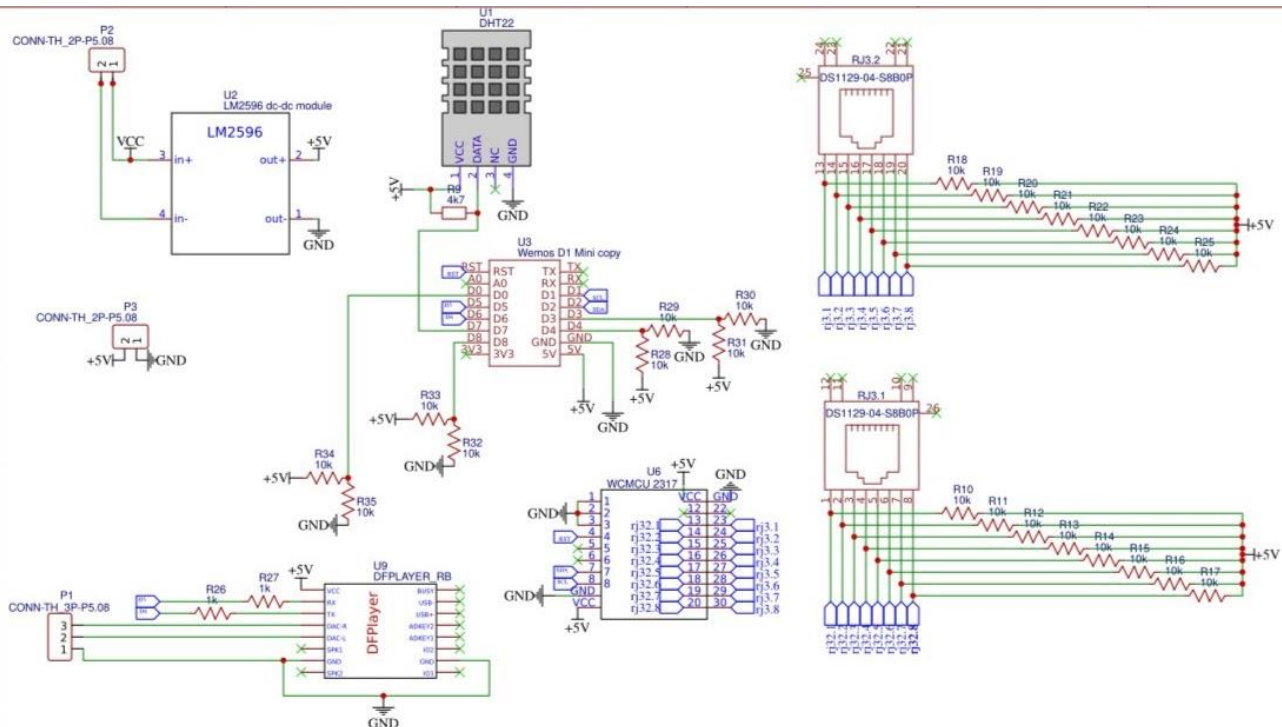


Рисунок 3.13. – Принципова електрична схема контролера на 16 цифрових портів

Наступним кроком виконано проектування плати на 16 цифрових портів за допомогою безкоштовного ресурсу easyeda.com. Зовнішній 3D-вигляд плати наведений на рис.3.14.

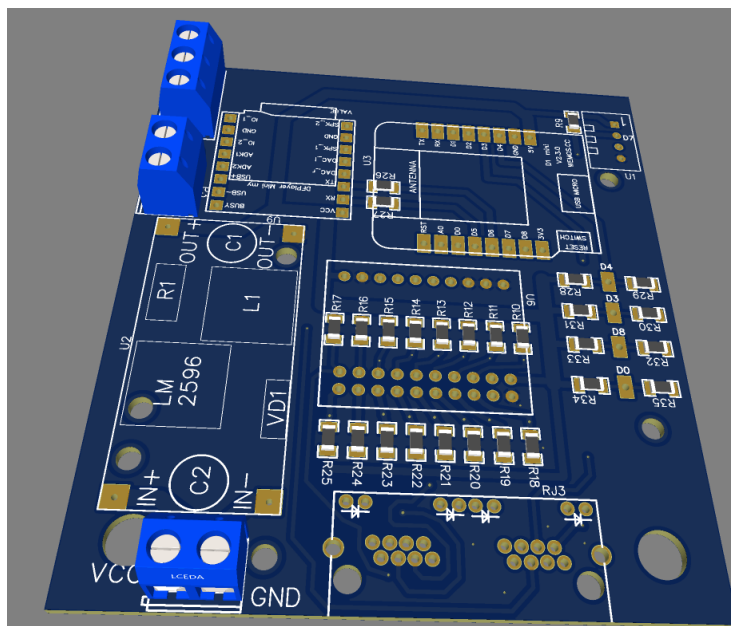
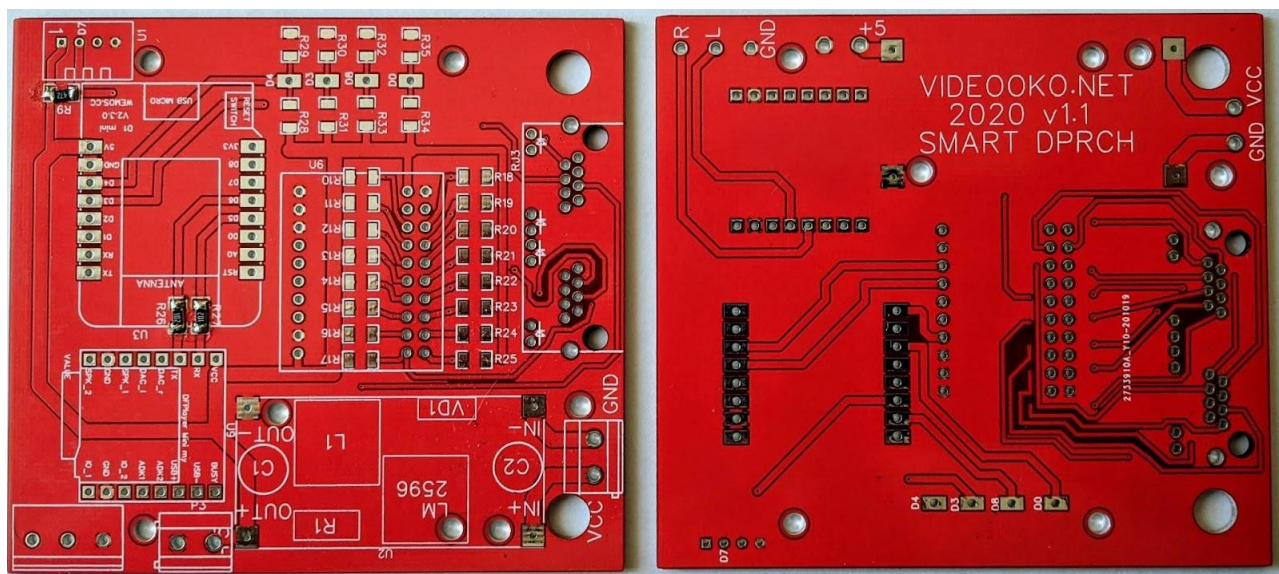


Рисунок 3.14. – Вигляд в режимі 3D плати на 16 цифрових портів



На даній платі передбачено та виведено додаткові площадки, на які підключені невикористані порти мікроконтролера. Дані контакти можуть бути задіяні при подальшій модернізації плати або підключення додаткових датчиків, що не враховані на даний час.

Ресурс [easyeda.com](https://easyeda.com) також дозволяє замовити виготовлення спроектованих плат на власному заводі. Отже, виконавши замовлення на виготовлення даної плати, для проведення її тестування, була отримана партія друкованих плат, що представлена на рис.3.15 [6].



Використовуючи дану плату як універсальну, було зібрано декілька пристроїв, відпрацьовано їх роботу, а також перевірено працездатність спроектованої плати.

### 3.3.2. Вибір корпусу для розміщення плати контролера

Для розміщення майбутньої плати з метою використання однотипних та уніфікованих рішень, необхідний корпус, що може вміщати плати з портами для управління в кількості не менше 64 од.

Виходячи з розмірів компонентів та їх кількості, був обраний доступний готовий корпус Z125 для електроніки 190x90x51 мм, що виробляється в Україні і представлений на рис.3.16.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.РЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    | 52   |



Рисунок 3.16. – Зовнішній вигляд корпусу Z125

### 3.3.3. Модуль управління 4-х канальним реле

Отже, перший виготовлений модуль на базі цієї плати забезпечував управління 4-х канальним реле та датчиком температури і вологості. Усі модулі були розміщені в обраному раніше корпусі та показали стабільну роботу. Вигляд даного пристрою зображено на рис. 3.16.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.РЗ | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 53   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |

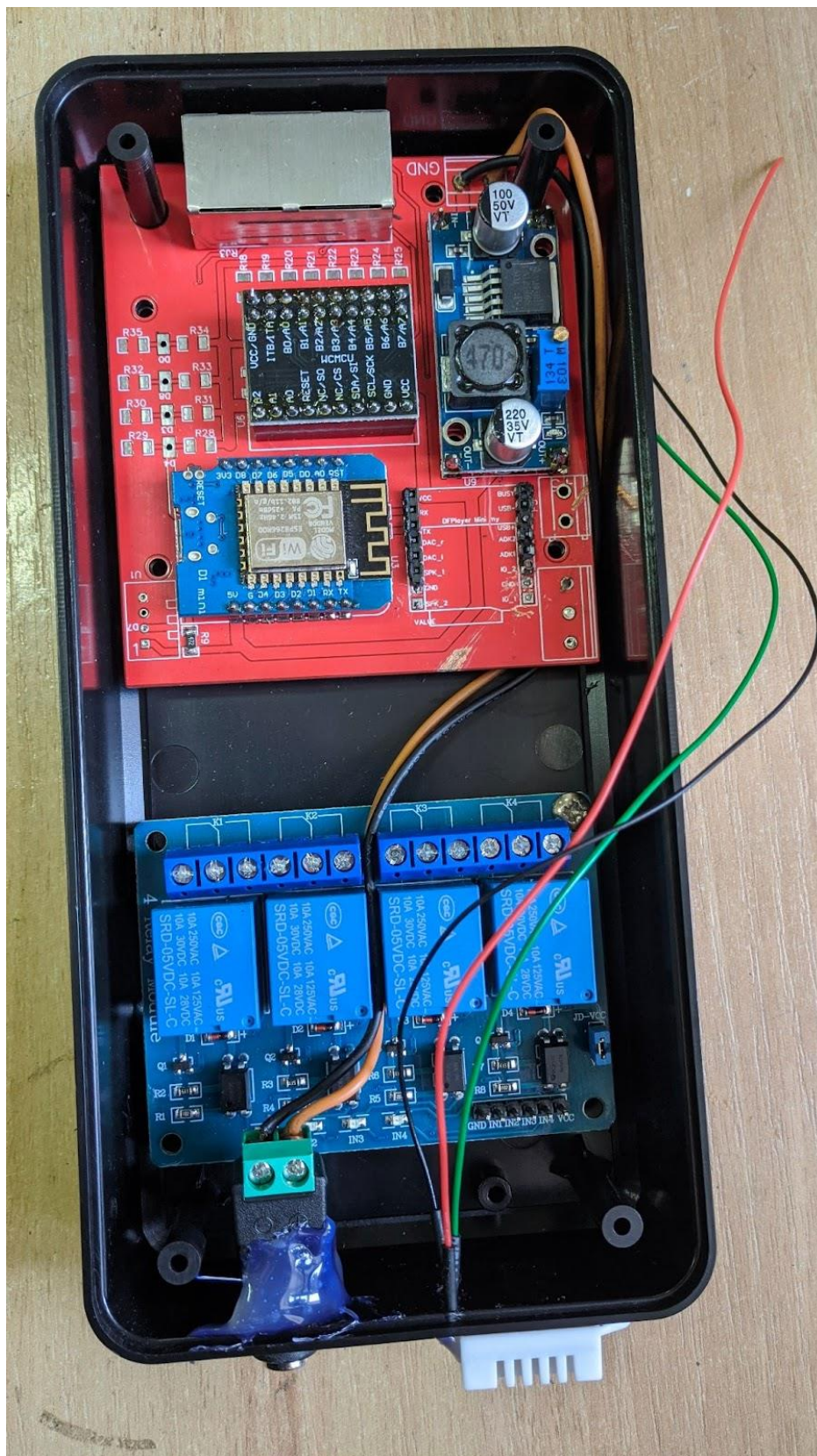


Рисунок 3.16. - Власний пристрій з управлінням 4-х реле та датчиком температури і вологості

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.РЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    | 54   |



Даний модуль використовувався для відпрацювання управління освітленням гаражного приміщення, встановлений для тестування та перевірки проходження управляючих сигналів від сервера управління системи “Розумна пожежна частина” [2].

#### 3.3.4. Модуль системи інформування

Наступний пристрій, що був зібраний на основі цієї плати, забезпечив підключення до наявної системи гучномовного зв'язку та використовуючи власний аудіопідсилювач реалізував трансляцію власних аудіоматеріалів.

Вигляд даного пристрою зображено на рис. 3.17.

В процесі тестування пристрою були зафіксовані перебої в його роботі, а в результаті аналізу їх причини визначено сам підсилювач, у якого аномально підвищувалася температура радіатора охолодження. Тому додатково, для спостереження за температурними параметрами аудіопідсилювача використали цифровий датчик температури ds18b20, який був прикріплений до радіатора підсилювача. Так, як даний пристрій був закритий в герметичному корпусі, інформація про температуру була необхідна для прийняття рішення щодо визначення максимальної кількості гучномовців, які можуть бути підключені до одного аудіопідсилювача та необхідності встановлення активної системи охолодження.

За результатами аналізу з'ясовано, що наявне навантаження жодним чином не впливає на підвищення температурного режиму. Разом з тим, на одному із пристроїв фіксувалося значне підвищення температури, що суттєво погіршувало роботу аудіопідсилювача. В даному випадку причина викликана коливанням напруги під час аварії в електромережі, що в свою чергу викликало часткове погіршення характеристик електричних компонентів. В подальшому, після установки додаткового обладнання для захисту від коливань в електромережі подібних ситуацій не фіксувалося.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.РЗ | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 55   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |

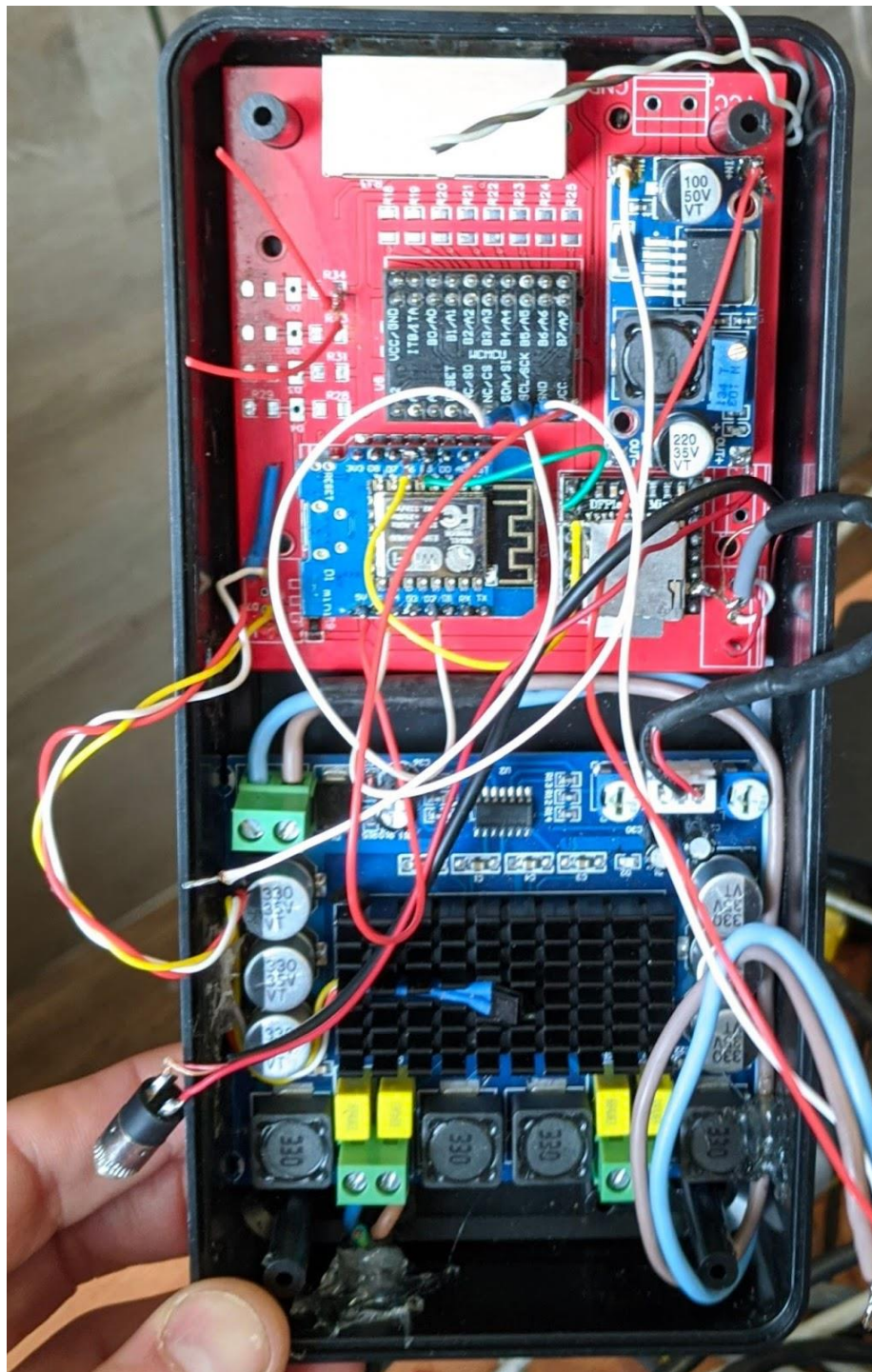


Рисунок 3.17. – Власний пристрій для аудіоповідомлень

Також пізніше функціонал даного пристрою був розширений шляхом підключення до підсилювача окремого модернізованого мікрофону, який забезпечив використання не тільки завчасно записаних повідомлень, а й можливість, за необхідністю, самостійно оголошувати необхідну інформацію.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.РЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    | 56   |

### 3.3.5. Модуль моніторингу якості повітря

Також, використовуючи базову плату на 16 цифрових каналів, зібрано пристрій для моніторингу якості повітря для спального приміщення (рис. 3.18). Даний пристрій оснащений датчиками для виміру температури та вологості DHT22, датчиком виміру концентрації CO<sub>2</sub> MH-Z19b, датчиком газу MQ-2, а також для відображення показників із датчиків встановлено 7-ми сегментні індикатори на базі TM1637.

Даний пристрій надсилає до серверу інформацію від всіх датчиків, а також відображає поточну інформацію про температуру, вологість та концентрацію CO<sub>2</sub> на власних екранах.

Даний пристрій відіграє важливу роль у виявленні відхилень щодо якості повітря в приміщеннях, де перебуває особовий склад в нічний час.

У спальних приміщення усіх підрозділів, де був встановлений даний пристрій, в нічний період зафіксовано різке підвищення рівня CO<sub>2</sub> до критичних рівнів, що свідчить про неефективність наявної системи вентиляції та потребує негайних рішень щодо її модернізації [8, с.15-19].

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.РЗ | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 57   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |

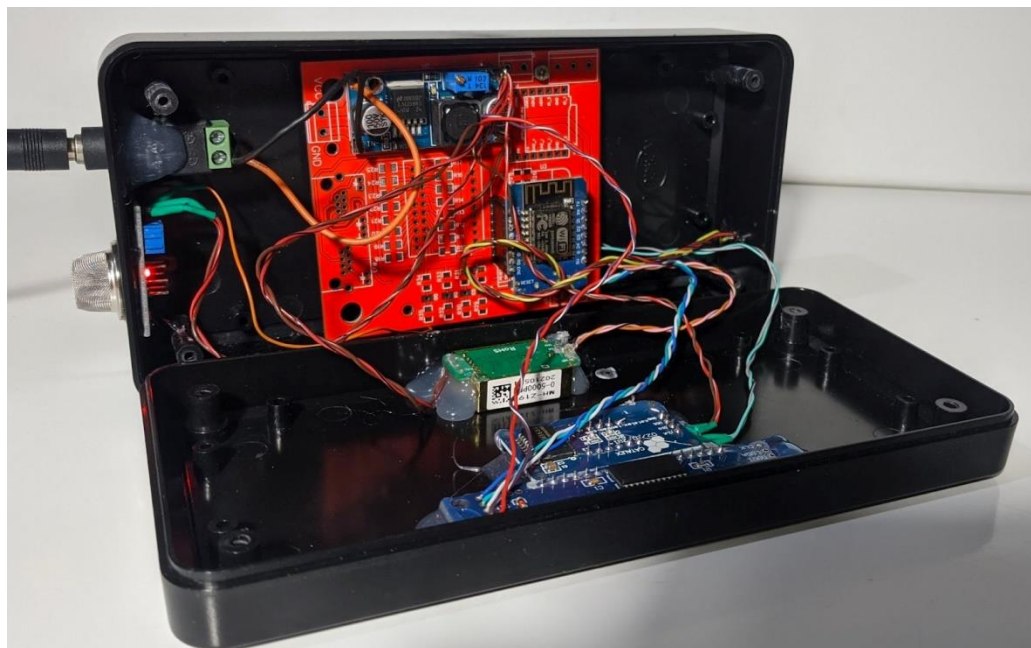


Рисунок 3.14. – Власний пристрій для моніторингу якості повітря

### 3.3.6. Проектування плати на 64 цифрових порта

Отже, спроектована версія на 16 цифрових портів відмінно показала себе в роботі в тестових пристроях, тому враховуючи ідеологію побудови системи з максимально централізованим управління пристроями, що забезпечують роботу в режимі “оперативного реагування” є необхідність у проектуванні плати для управління не менше 64 пристроями. Дана кількість

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.РЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    | 58   |

цифрових портів в достатній мірі забезпечить потребу малих та середніх підрозділів. Разом з тим, при настанні потреби щодо збільшення кількості портів контролера в окремих випадках дана проблема вирішується встановленням паралельно додаткових плат на 16 або 64 цифрових порта.

При проєктуванні враховані характеристики корпусу, тому плата на 64 цифрових порта використовує той же корпус, що і плата на 16 портів. Принципова електрична схема плати на 64 порта надана у Додатку Б.

Зовнішній вигляд виготовленої плати на 64 цифрових порта зображений на рис. 3.15. Дана плата буде являтися платою головного контролеру системи “Розумна пожежна частина”.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.РЗ | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 59   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |



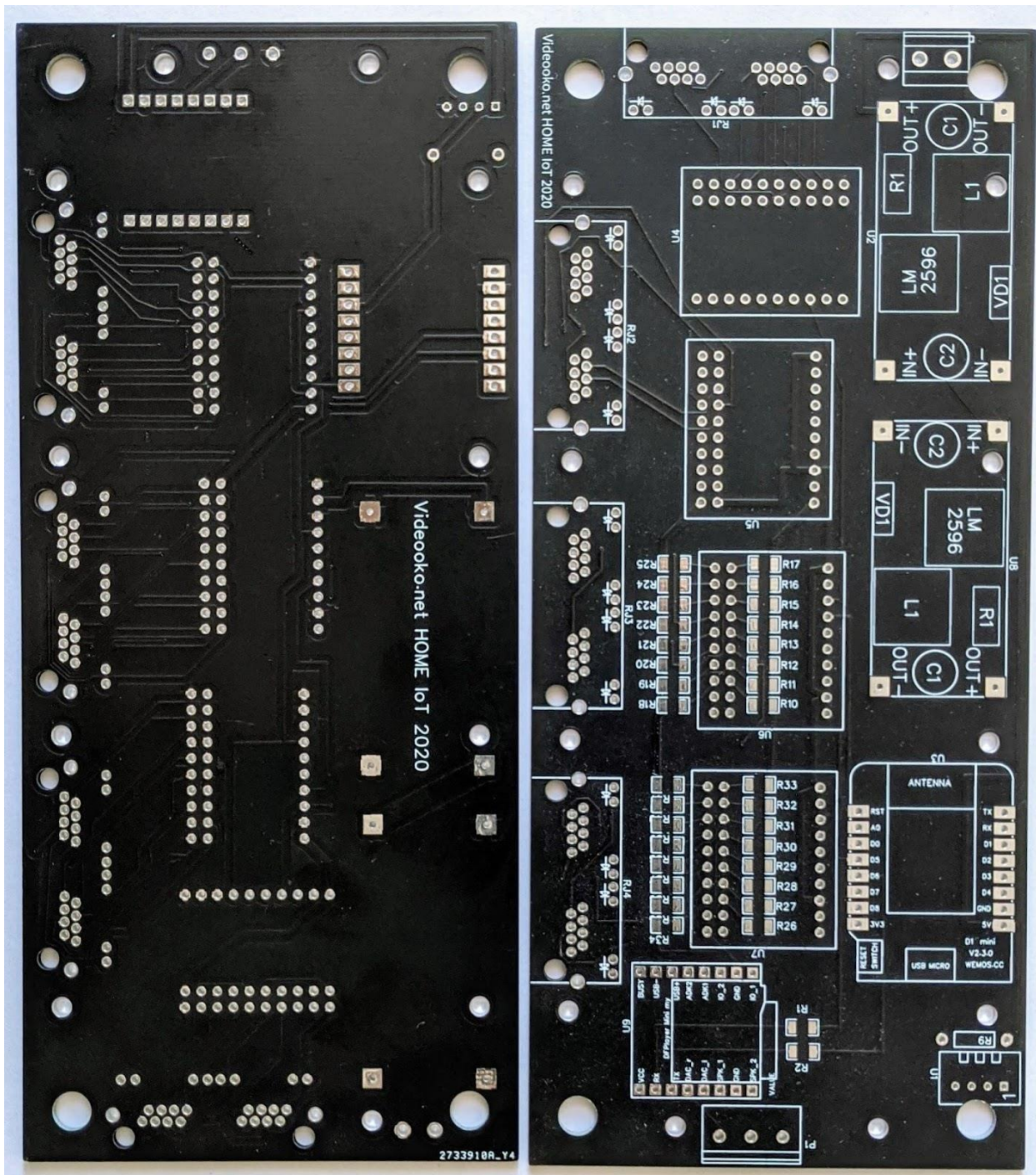


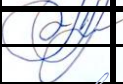
Рисунок 3.15. – Плата головного контролера на 64 цифрових порта

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.РЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    | 60   |

### 3.3.7. Висновки до розділу

У даному розділі проведено аналіз та вибір для використання в проєкті мікроконтролера, необхідних датчиків та окремих електронних модулів. Представлені принципові схеми плат на 16 та 64 цифрових порта. Представлені виготовлені плати та зібрані три пристроя на їх базі для практичних відпрацювань у складі єдиної системи. Зауважено щодо особливостей використання виготовлених пристроїв та визначено конфігурацію плати головного контролера для системи “Розумна пожежна частина”.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.РЗ | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 61   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |

|             |      |                  |                                                                                     |      |                                       |                                |      |        |
|-------------|------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------|--------------------------------|------|--------|
|             |      |                  |                                                                                     |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р4                    |                                |      |        |
| Змн.        | Арк. | № документа      | Підпис                                                                              | Дата |                                       |                                |      |        |
| Розробник   |      | Бойко Л.М.       |  |      | Реалізація програмної частини системи | Літ.                           | Арк. | Аркуші |
| Консультант |      |                  |  |      |                                       |                                | 62   |        |
| Н. контр.   |      | Добрінова Л. П.  |  |      |                                       | НУК<br>імені адмірала Макарова |      |        |
| Керівник    |      | Дьяконов О. С.   |                                                                                     |      |                                       |                                |      |        |
| Зав. каф.   |      | Рябенський В. М. |  |      |                                       |                                |      |        |



## РОЗДІЛ 4. РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ

### 4.1. Вибір протоколу обміну та конфігурація серверу

В якості протоколу управління вибрано протокол обміну повідомленнями MQTT, який використовується для зв'язку між пристроями IoT.

MQTT (англ. Message Queue Telemetry Transport) - спрощений мережевий протокол, що працює на TCP/IP. Це сучасний, безкоштовний, легкий та ефективний протокол, який добре підходить для пристроїв з обмеженими ресурсами та використовує модель "видавець-підписник", що робить його гнучким та масштабованим. Даний протокол використовується для різноманітних IoT-застосувань, таких як моніторинг, керування пристроями та автоматизація. MQTT підтримує 3 рівні QoS, що гарантує доставку повідомлень, а також за потреби може використовувати шифрування для захисту даних. Протокол MQTT підтримується широким спектром платформ, включаючи Linux, Windows, macOS, Android та iOS. Сервера можна поєднувати між собою для пересилання повідомлень реалізуючи необхідну кількість, так званих мостів, які можна використовувати для резервування маршрутів на випадок втрати зв'язку між серверами.

Система зв'язку, побудована на MQTT, складається з сервера-видавця, брокера і одного або кількох клієнтів. Видавець не потребує жодних налаштувань щодо кількості або розташування підписників, які отримують повідомлення. Крім того, підписникам не потрібно налаштовуватися на конкретного видавця. В системі може бути кілька брокерів, що розповсюджують повідомлення.

Сервер-видавець, в нашому випадку, це і є пристрої, які нами розроблені.

Брокер - сервер, який приймає повідомлення від видавців та розсилає їх підписникам.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.Р4 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 63   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |

Клієнт - це будь-який пристрій або програма, яка підключається до брокера, щоб отримувати повідомлення. А коли ця програма підписалася на отримання конкретних повідомлень з брокера, вона стає підписником.

Торіс в протоколі MQTT - це як адреса, за якою відправляються і отримуються повідомлення. Це текстовий рядок, який використовується для фільтрації повідомлень, що надсилаються брокером до клієнтів.

Отже, наша система, зважаючи на ієрархію, буде мати наступну загальну структуру топіку: MKDSNS/02DPRCH/ESP02/, де

MKDSNS - обласний рівень організації. По першим двома символам визначається область (ГУ ДСНС України у Миколаївській області);

02DPRC - визначення підрозділу (2 ДПРЧ - 2-га державна пожежно-рятувальна частина);

ESP02 - назва пристрою, на якому наявні датчики тощо.

В кожному підрозділі встановлюється локальний сервер MQTT, на який підключаються власні пристрої для відправки та отримання команд або інформації. В центральній установі обласного рівня, також встановлюється сервер MQTT, який є сервером для централізованого збору інформації та відправки управляючих команд. До нього підключаються усі локальні сервери підрозділів, для отримання і централізації усієї інформації. Також, головний підрозділ може відправляти управляючі команди на підлеглі сервери і здійснювати повне віддалене керування віддаленими підрозділами. Тому для забезпечення сталого і надійного функціонування централізованого управління віддаленими підрозділами необхідно забезпечити належне резервування каналів зв'язку. Це питання буде розглянуте пізніше.

Так як усі модулі в підрозділі підключаються виключно до локального серверу MQTT, внутрішня система не залежить від наявності інтернету і працює автономно. Інтернет потрібен тільки для організації комунікації із центральним сервером.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р4 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 64   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |

Отже, проведемо розгортання та настройку серверу MQTT. Враховуючи, що в проєкті використовується виключно безкоштовне програмне забезпечення з відкритим кодом, в якості операційної системи буде використовуватися актуальна версія Ubuntu.

Інсталяція серверу виконується командою

```
sudo apt install mosquitto mosquitto-clients
```

Наступним кроком необхідно привести конфігураційний файл до наступного виду:

```
root@mqtt:/etc/mosquitto/conf.d# cat default.conf  
allow_anonymous false  
  
persistence true  
  
password_file /etc/mosquitto/passwd  
  
listener 1883
```

Цією конфігурацією ми закрили анонімний доступ до сервера та визначили, у якому файлі будуть зберігатися хеші паролів.

Наступним кроком необхідно створити користувача та його пароль:

```
sudo mosquitto_passwd -c /etc/mosquitto/passwdtmp USERCLIENT
```

Описуємо його привілеї та дозволені топіки у файлі mosquitto.acl

```
user USERCLIENT  
  
topic readwrite MKDSNS/02DPRCH#
```

В даному випадку для користувача USERCLIENT дозволений запис та читання усієї інформація (від усіх пристроїв), що знаходяться у підрозділі 02DPRCH.

Для активації усіх внесених змін необхідно перезапустити сервер mosquitto.

Далі необхідно завести на сервері усіх користувачів тих модулів, які будуть підключатися до нього. Також усіх користувачів, які будуть підключатися до системи пристроями (дашбордами), необхідно описати рівень їх привілеїв до серверу.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.Р4 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 65   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |

На цьому настройка серверної частини для локальної роботи у підрозділі завершена. Для забезпечення підключення до серверу обласного рівня або резервних серверів необхідно створити брідж-з'єднання.

#### 4.2. Вибір платформи для керування пристроями та модулями

##### 4.2.1. Вибір платформи для управління системою “Розумна пожежна частина”

Важлива роль відводиться щодо вибору платформи, яка зможе реалізувати запланований функціонал.

Найпопулярніші платформи можна поділити на дві категорії: відкриті та пропрієтарні.

До пропрієтарних відносяться:

- *Philips Hue* - це популярна система розумного освітлення у світі. Вона дозволяє керувати своїми лампами за допомогою телефону, планшета або голосового помічника. Спеціалізується на освітленні, але має широкий асортимент продуктів і інтегрується з іншими системами.
- *Samsung SmartThings*: Пропонує широкі можливості для автоматизації власної лінійки пристроїв та інтеграції з пристроями інших вендорів.
- *Apple HomeKit*: Ця платформа орієнтована на користувачів Apple та обладнання власного бренду, забезпечує високий рівень безпеки та інтеграцію з іншими іншими сервісами Apple, такими як Siri, Calendar та Reminders, що дозволяє створювати більш складні сценарії автоматизації.
- *Google Home*: Заснована на голосовому помічнику Google Assistant, дозволяє керувати розумним будинком за допомогою голосових команд. Представляє собою серію розумних колонок, розроблених

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р4 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 66   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |

компанією Google. Вони слугують як інтерфейс до голосового помічника Google Assistant.

- *Amazon Alexa*: Аналогічно Google Home, але працює з голосовим помічником Alexa. Це потужний голосовий помічник, розроблений компанією Amazon. Він працює на багатьох пристроях, включаючи колонки Amazon Echo, смартфони, автомобілі та інші пристрої з підтримкою Alexa.

До відкритих платформ відносяться:

- *Home Assistant*: Одна з найпопулярніших відкритих платформ, що дозволяє створити гнучку та кастомізовану систему розумного будинку. Це потужна, відкрита платформа для створення та управління системою розумного дому. На відміну від закритих платформ, таких як Philips Hue чи Samsung SmartThings, Home Assistant пропонує необмежені можливості для кастомізації та інтеграції будь-яких пристроїв.
- *OpenHAB*: Ще одна потужна відкрита платформа з великими можливостями для розширення.
- *Domoticz*: Проста у використанні платформа, яка підходить для новачків.
- *MajorDomo*: Російська розробка, орієнтована на створення простих та інтуїтивно зрозумілих систем автоматизації. Але в цій роботі розглядаються розробки та праця спільноти, які використовуються для створення нового, а не для знищення та вбивства, тому дана платформа не заслуговує на увагу.

Порівнявши можливості платформ та бажання і вимоги до проєктуємої системи, однозначну перевагу здобуває Home Assistant. Дані платформа має відкритий код, що дає змогу адаптувати систему під будь-які потреби, а також може інтегрувати пристрої, що не мають офіційної підтримки. Підтримує величезну кількість протоколів та пристроїв. Активна спільнота

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р4 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 67   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |

розробників постійно створює нові інтеграції та невпинно розширює функціонал системи. Обробка усієї інформації відбувається локально, що забезпечує максимальну безпеку та конфіденційність даних.

#### 4.2.2. Вибір платформи віртуалізації

Для встановлення платформи керування системою “Розумна пожежна частина” достатньо навіть самого простого одноплатного комп'ютера сімейства Raspberry. Але, враховуючи серйозність вимог до стабільності, оперативності, доступності та продуктивності платформи, усі сервери будуть розгортатися у віртуальному середовищі на базі платформи віртуалізації Proxmox VE.

Proxmox Virtual Environment (Proxmox VE) - це потужна платформа віртуалізації з відкритим кодом, заснована на Debian Linux. Вона надає інструменти для створення та управління віртуальними машинами (VM) та контейнерами LXC на одному фізичному сервері. Зовнішній вигляд панелі керування Proxmox VE наведено на рис. 4.1.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р4 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 68   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |

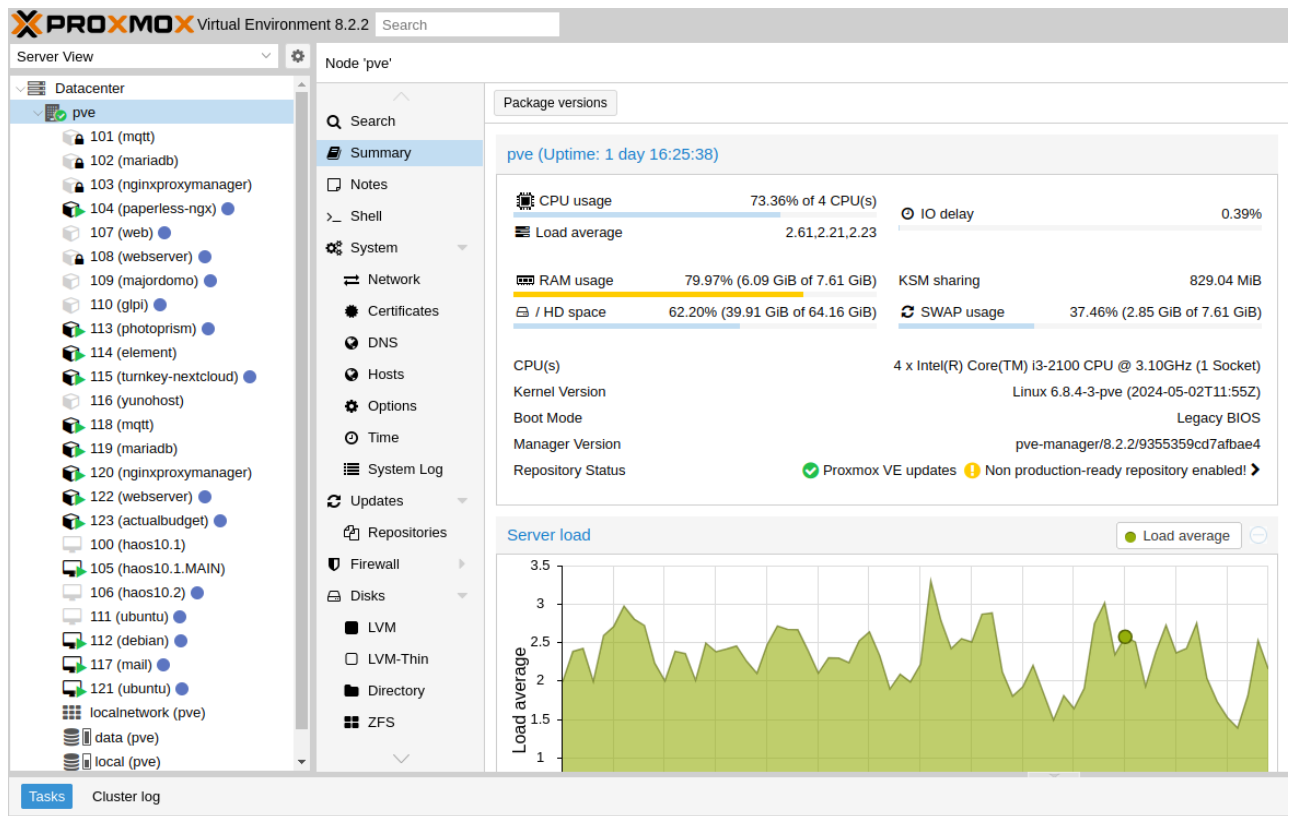


Рисунок 4.1. – Панель керування сервером Proxmox VE

Для даної платформи віртуалізації доступний відкритий та безкоштовний набір сценаріїв Proxmox VE Helper-Scripts, який призначений для спрощення та автоматизації при роботі в платформі. Скрипти дозволяють швидко та ефективно створювати, налаштовувати та керувати віртуальними машинами (VM) та контейнерами LXC.

Основні можливості платформи це:

- автоматичне створення нових віртуальних машин і контейнерів із завчасно визначеними параметрами;
- автоматичне створення резервних копій VM і контейнерів та їх відновлення у разі потреб;
- збір та аналіз інформації про стан системи, виявлення проблем;
- впровадження політик безпеки, таких як зміна паролів за замовчуванням, налаштування брандмауера;
- автоматичне розгортання додатків та сервісів;

- створення кластерів для підвищення доступності та масштабованості;
- зручний вебінтерфейс для управління всіма компонентами системи;
- безкоштовний доступ до коду, що дозволяє глибоку кастомізацію;
- підтримка різних форматів віртуальних дисків та мережевих протоколів;
- висока продуктивність за рахування використання KVM та LXC;
- велика та активна спільнота користувачів, що забезпечує постійний розвиток платформи.

Використовуючи набір сценаріїв Proxmox VE Helper-Scripts, ми маємо доступ до швидкої установки наступних віртуальних машин із категорії Home Assistant таких, як:

- Home Assistant Container LXC;
- Home Assistant Core LXC;
- Home Assistant OS VM;
- PiMox HAOS VM;
- Podman Home Assistant Container LXC.

Для встановлення серверу баз даних доступний наступний перелік конфігурацій:

- Apache-Cassandra LXC;
- Apache-CouchDB LXC;
- InfluxDB LXC;
- Mariadb LXC;
- MongoDB LXC;
- MySQL LXC;
- Neo4j LXC;
- Pocketbase LXC;
- PostgreSQL LXC;
- Redis LXC.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.Р4 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 70   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |



Для серверу MQTT доступні наступні конфігурації:

- EMQX LXC;
- HiveMQ CE LXC;
- MQTT LXC;
- RabbitMQ LXC.

Отже, за допомогою наведеного інструментарію можливо швидко проводити розгортання усіх елементів для забезпечення функціонування системи “Розумна пожежна частина”.

#### 4.3. Вибір апаратної платформи

Так як необхідно забезпечити функціонування системи за багаторівневою схемою, а також забезпечити простоту та однотипність рішення для швидкого тиражування і розповсюдження по іншим підрозділам або відомствам, найліпша мінімальна конфігурація повинна забезпечувати функціонування не менше трьох віртуальних машин:

1. *Сервер баз даних.* У якості серверу баз даних буде використовуватися MariaDB. Це високопродуктивна система управління реляційними базами даних з відкритим кодом. Вона виникла як форк MySQL у 2009 році, коли компанія Oracle придбала MySQL і виникли побоювання щодо подальшого існування проєкту. Розробники MySQL вирішили створити нову, повністю вільну базу даних, зберігаючи при цьому сумісність з MySQL. MariaDB підтримує реплікацію, кластеризацію та ряд інших технологій для забезпечення стабільного та безперервного функціонування. Її можливості для горизонтального і вертикального масштабування для забезпечення обробки великих обсягів даних найкраще підходить для використання системою “Розумна пожежна частина”.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р4 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 71   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |

2. *Сервер системи керування.* У якості платформи керування вибрано Home Assistant OS VM, як найкраща платформа, яка потужно і невпинно розвивається спільнотою.

3. *Сервер для обміну повідомленнями між модулями і пристроями.* У якості сервера буде виступати сервер MQTT Mosquitto, запущений в контейнері віртуалізації.

Отже, враховуючи вимоги для ефективної роботи Proxmox VE, яка буде керувати віртуальними машинами та контейнерами на одному фізичному сервері необхідно забезпечити дотримання наступних мінімальних вимог:

- *Процесор:* Рекомендується використовувати процесор з підтримкою технології віртуалізації (Intel VT-x або AMD-v). Чотириядерний процесор буде достатнім для забезпечення підрозділу.
- *Оперативна пам'ять:* Мінімум 4 ГБ RAM, але для комфортної роботи декількох віртуальних машин бажано мати 8 ГБ або більше. Але, враховуючи, що деякі сервера будуть розгортатися у контейнерах, то для їх нормального функціонування не потрібно виділення значних ресурсів оперативної пам'яті.
- *Жорсткий диск:* SSD-диск для системи Proxmox VE забезпечить швидке завантаження та в цілому швидку роботу усієї системи. Для зберігання даних віртуальних машин або додаткових даних можна використовувати як SSD, так і звичайні жорсткі диски.
- *Мережева карта:* Достатньо однієї 1 Гб мережевої карти для функціонування системи.

Враховуючи наведені вимоги, мінімальна конфігурація наведена у табл. 4.1.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.Р4 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 72   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |

Таблиця 4.1 – Мінімальні характеристики до серверного обладнання рівня підрозділу

| Характеристика     | Значення                                    |
|--------------------|---------------------------------------------|
| CPU                | 4 x Intel(R) Core(TM) i3-2100 CPU @ 3.10GHz |
| Диск               | SSD 512 Гб                                  |
| Відео              | Інтегроване                                 |
| Швидкість мережі   | 1 Гб/с                                      |
| Оперативна пам'ять | 4 Гб                                        |

Для використання однотипного уніфікованого рішення для всіх підрозділів, зважаючи на мінімально необхідні технічні вимоги, рекомендується використання міні-ПК Beelink Mini S12 Pro Intel 12th Gen N100 16G 500G.

#### 4.4. Схема мережі та ідеологія роботи системи

Типова схема мережі системи “Розумна пожежна частина” в підрозділі має наступний вигляд (рис. 4.2.). Усі датчики та модулі по проводовій або беспроводній технології підключені до контролера системи “Розумна пожежна частина”. Контролер підключений до платформи управління Home Assistant, який по протоколу MQTT має підключення до центрального серверу. Канал передачі даних використовує ізоляцію від Інтернет, використовуючи технологію VPN. У випадку відмови основного каналу, в постійному режимі працює термінал старлінк, на який автоматично переключається центральний маршрутизатор підрозділу [3].

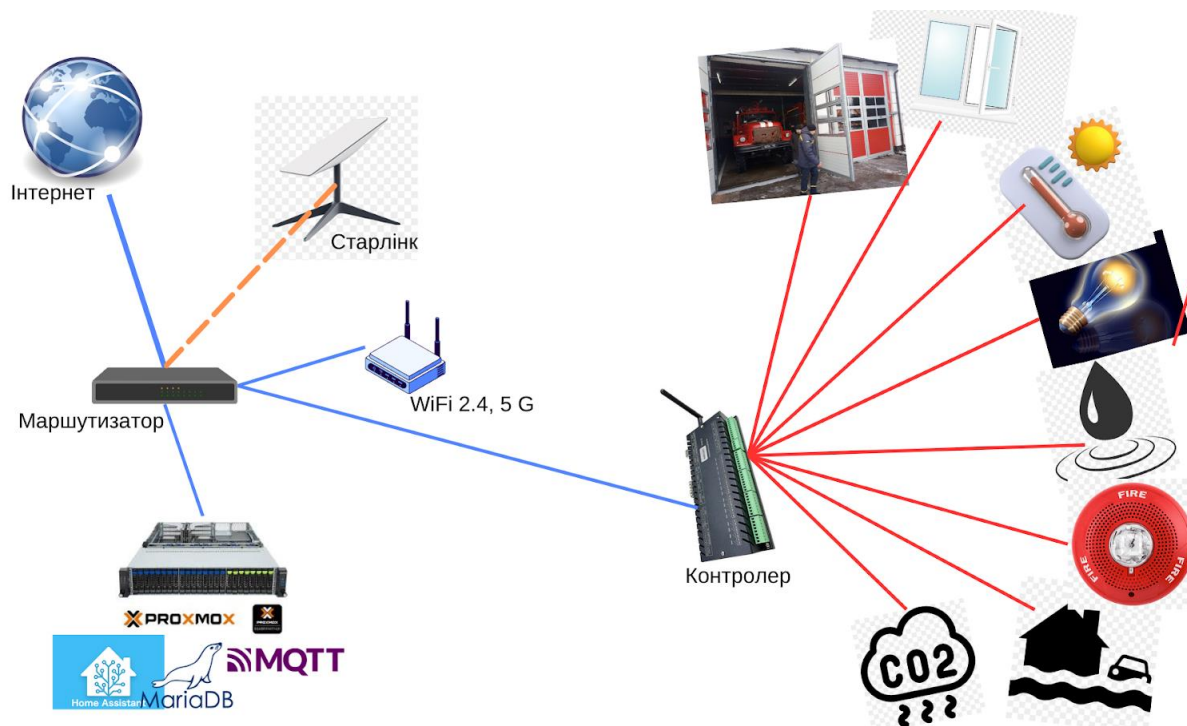


Рисунок 4.2. – Типова схема мережі “Розумна пожежна частина” в підрозділі

Для централізованого збору статистичної інформації та оперативного стану підрозділу з метою здійснення управлінських рішень на обласному рівні розгортається аналогічне серверне середовище, яке має підключення до кожного локального серверу в підрозділах для забезпечення паралельного пересилання усіх подій. І вже на власних серверах розгортаються панелі керування для централізованої відправки необхідних команд, одночасно усім вибраним підрозділам. Схема обласного рівня наведена на рис. 4.3.

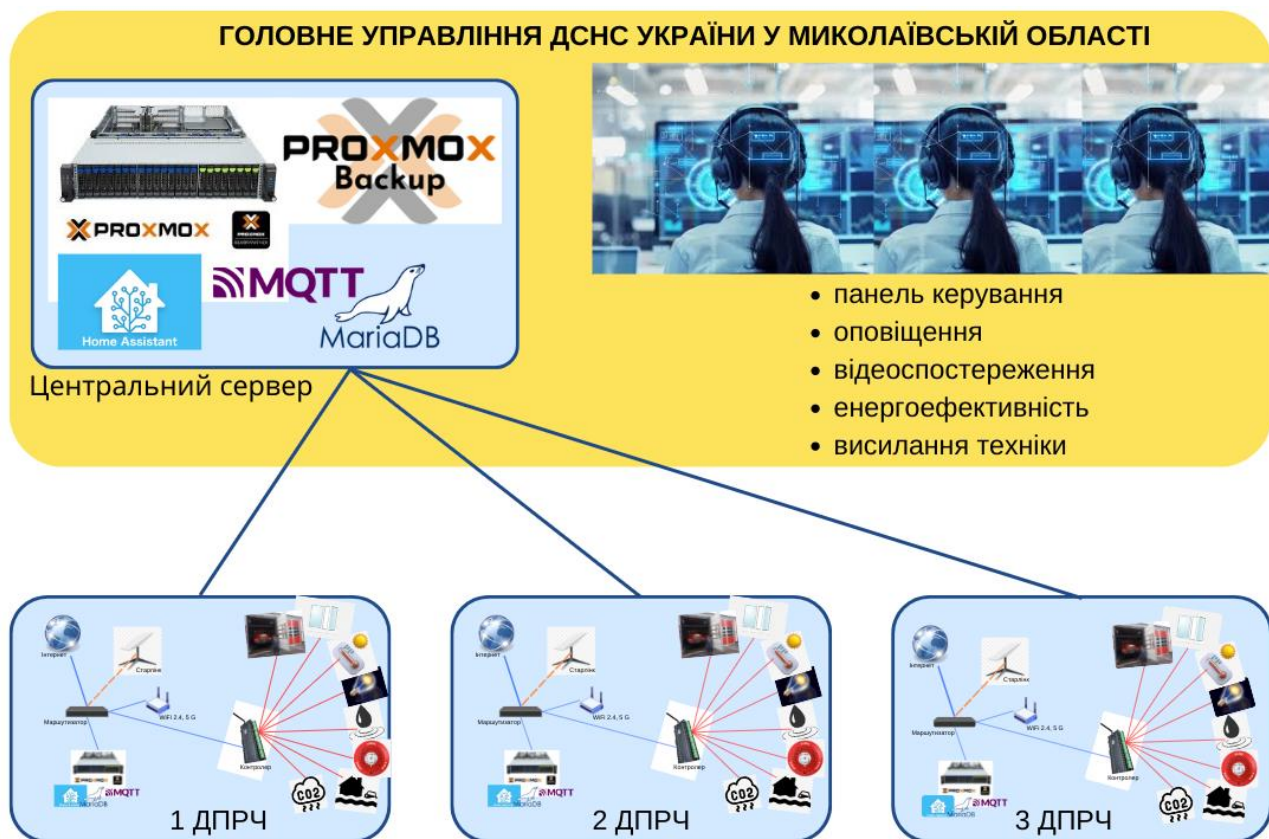
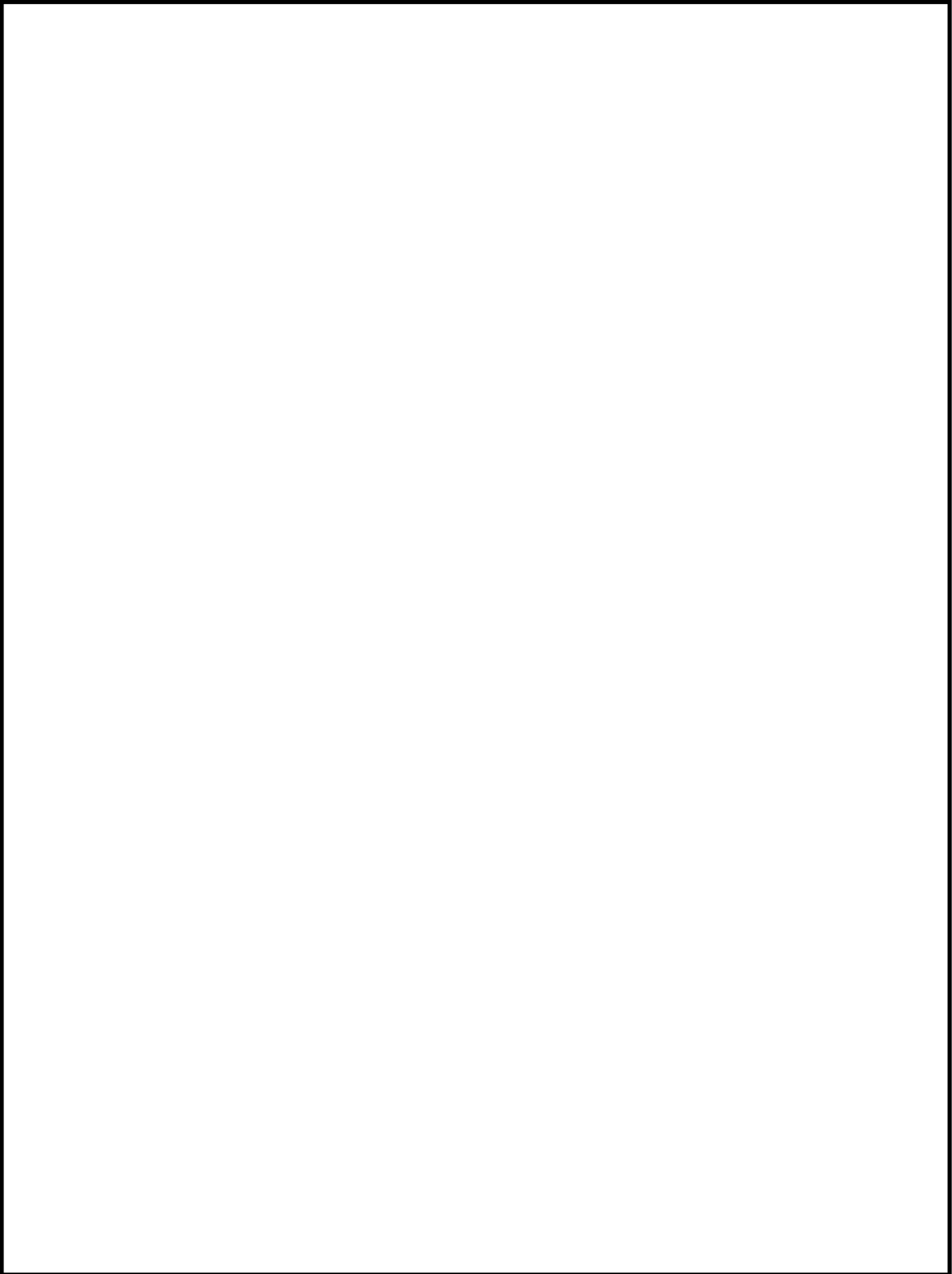


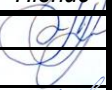
Рисунок 4.3. –Схема мережі “Розумна пожежна частина” обласного рівня

#### 4.5. Висновки до розділу

На даному етапі відпрацьовані питання щодо переліку сучасних програмних рішень, проаналізовано ряд програмних продуктів та визначений перелік програмного забезпечення для забезпечення функціонування Системи зважаючи на відкритість, безкоштовність та їх подальший розвиток спільнотою. Визначені схеми побудови мереж рівня підрозділу та області.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р4 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 76   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |



|             |      |                  |                                                                                     |      |                                              |  |                             |  |      |        |
|-------------|------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------|--|-----------------------------|--|------|--------|
|             |      |                  |                                                                                     |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р5                           |  |                             |  |      |        |
|             |      |                  |                                                                                     |      |                                              |  |                             |  |      |        |
| Змн.        | Арк. | № документа      | Підпис                                                                              | Дата |                                              |  |                             |  |      |        |
| Розробник   |      | Бойко Л.М.       |  |      | Впровадження системи в підрозділах Миколаєва |  | Літ.                        |  | Арк. | Аркуші |
| Консультант |      |                  |                                                                                     |      |                                              |  |                             |  | 79   |        |
| Н. контр.   |      | Добрінова Л. П.  |  |      |                                              |  | НУК імені адмірала Макарова |  |      |        |
| Керівник    |      | Дьяконов О. С.   |  |      |                                              |  |                             |  |      |        |
| Зав. каф.   |      | Рябенський В. М. |  |      |                                              |  |                             |  |      |        |



## РОЗДІЛ 5. ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПІДРОЗДІЛАХ МИКОЛАЄВА

### 5.1. Впровадження в 1 ДПРЧ

Підрозділ 1 ДПРЧ по охороні Центрального району м. Миколаєва має гаражне приміщення на 6 виїздів. Модуль CO<sub>2</sub> встановлений в спальному приміщенні. Встановлено щит автоматизації на 32 управляємих реле на рис.5.1.

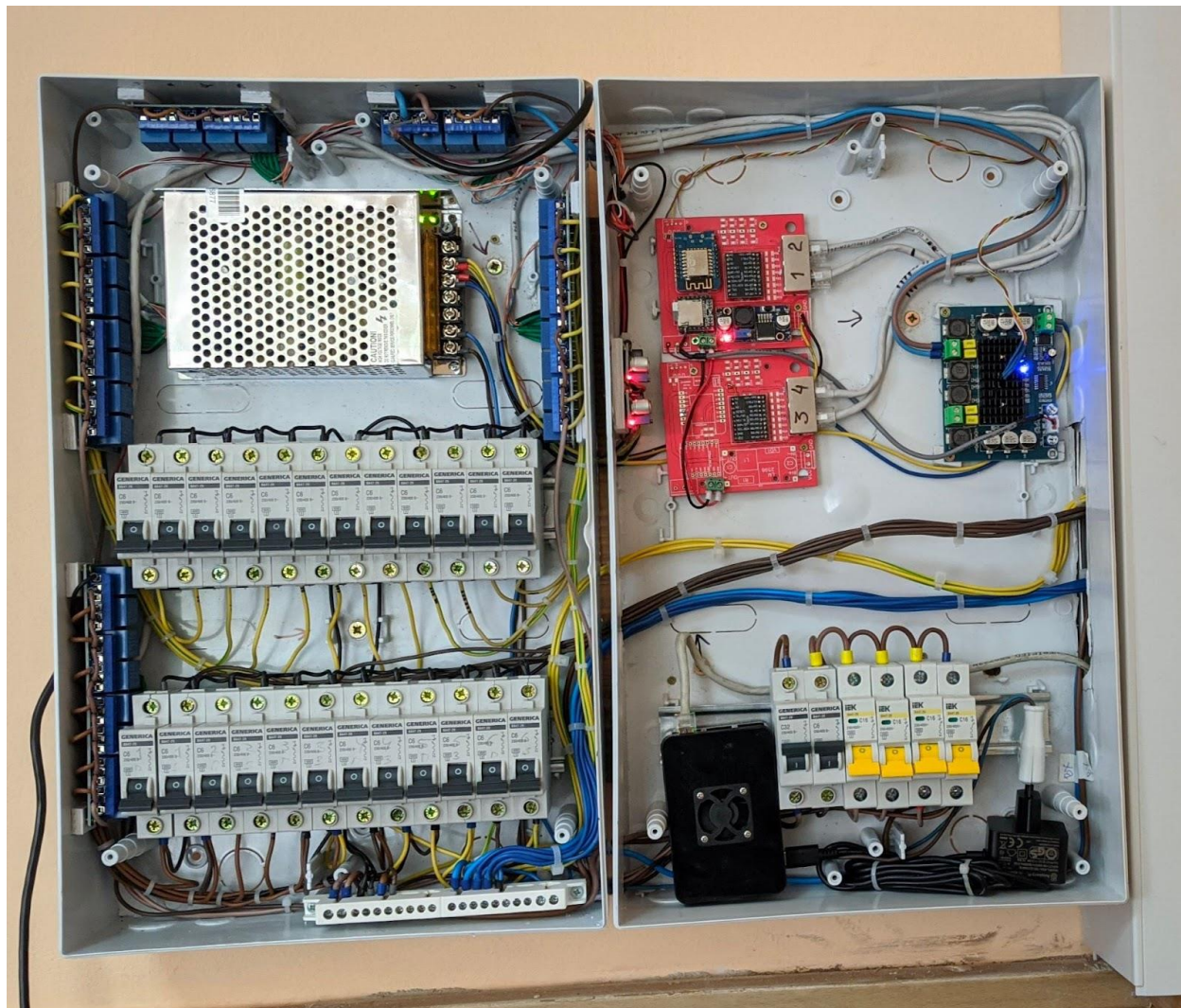


Рисунок 5.1 – Вигляд щита автоматизації 1 ДПРЧ



## 5.2. Впровадження в 3 ДПРЧ

Підрозділ 3 ДПРЧ по охороні Заводського району м. Миколаєва має гаражне приміщення на 3 виїзди. Модуль CO<sub>2</sub> встановлений в спальному приміщенні. Встановлено щит автоматизації на 32 управляємих реле на рис.5.2.

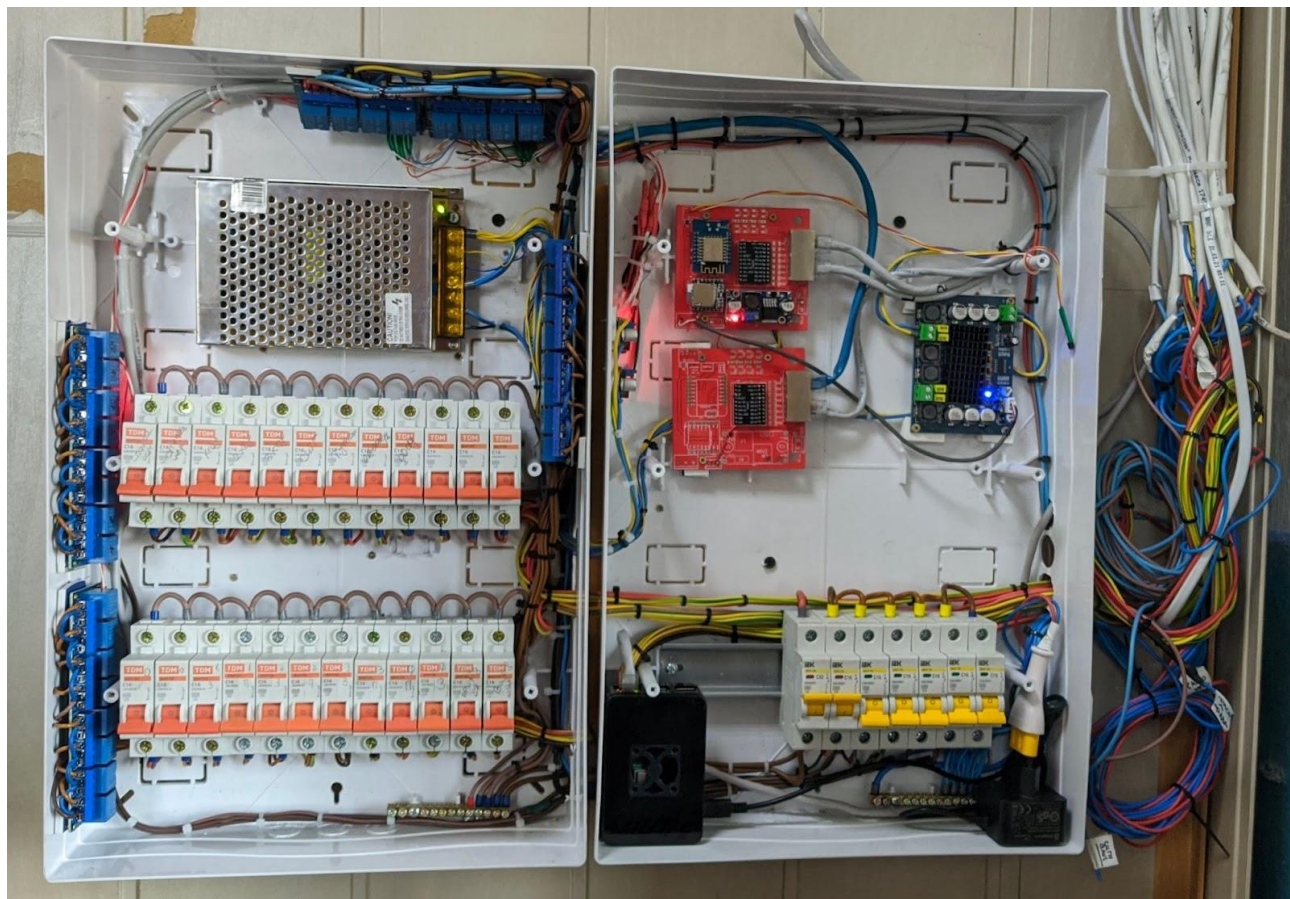


Рисунок 5.2. – Вигляд щита автоматизації 3 ДПРЧ.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р5 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    | 78   |

### 5.3. Впровадження в 4 ДПРЧ

Підрозділ 4 ДПРЧ по охороні Інгульського району м. Миколаєва має гаражне приміщення на 3 виїзди. Модуль CO<sub>2</sub> встановлений в спальному приміщенні. Встановлено щит автоматизації на 32 управляємих реле на рис.5.3.



Рисунок 5.3. – Вигляд щита автоматизації 4 ДПРЧ.

### 5.4. Впровадження в 5 ДПРЧ

Підрозділ 5 ДПРЧ по охороні Корабельного району м. Миколаєва має гаражне приміщення на 6 виїздів. Модуль CO<sub>2</sub> встановлений в спальному приміщенні. Встановлено щит автоматизації на 32 управляємих реле на рис.5.4.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р5 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 79   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |



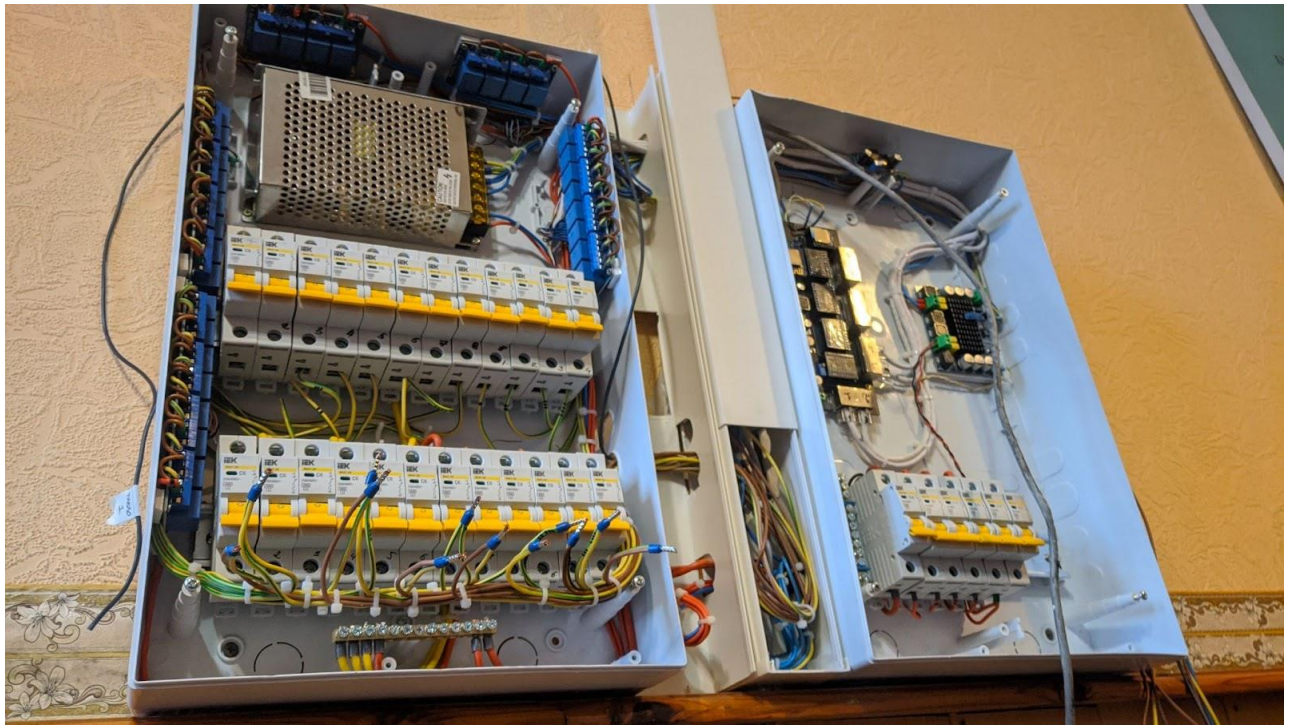


Рисунок 5.4. – Вигляд щита автоматизації 4 ДПРЧ.

#### 5.5. Впровадження в 2 ДПРЧ

Підрозділ 2 ДПРЧ по охороні Центрального району м. Миколаєва має гаражне приміщення на 5 виїздів. Модуль CO<sub>2</sub> встановлений в спальному приміщенні. Встановлено щит автоматизації на 56 управляємих реле та на 32 цифрових входи на рис.5.5.

Даний підрозділ був обраний для установки щита автоматизації на максимальну можливу кількість портів розробленої плати управління. Щит автоматизації складається з трьох частин. Перша частина (рис. 5.5) розміщує тільки силові елементи: ввідну групу приборів та автомати захисту для забезпечення ручного керування (резервування усіх електромагнітних реле).

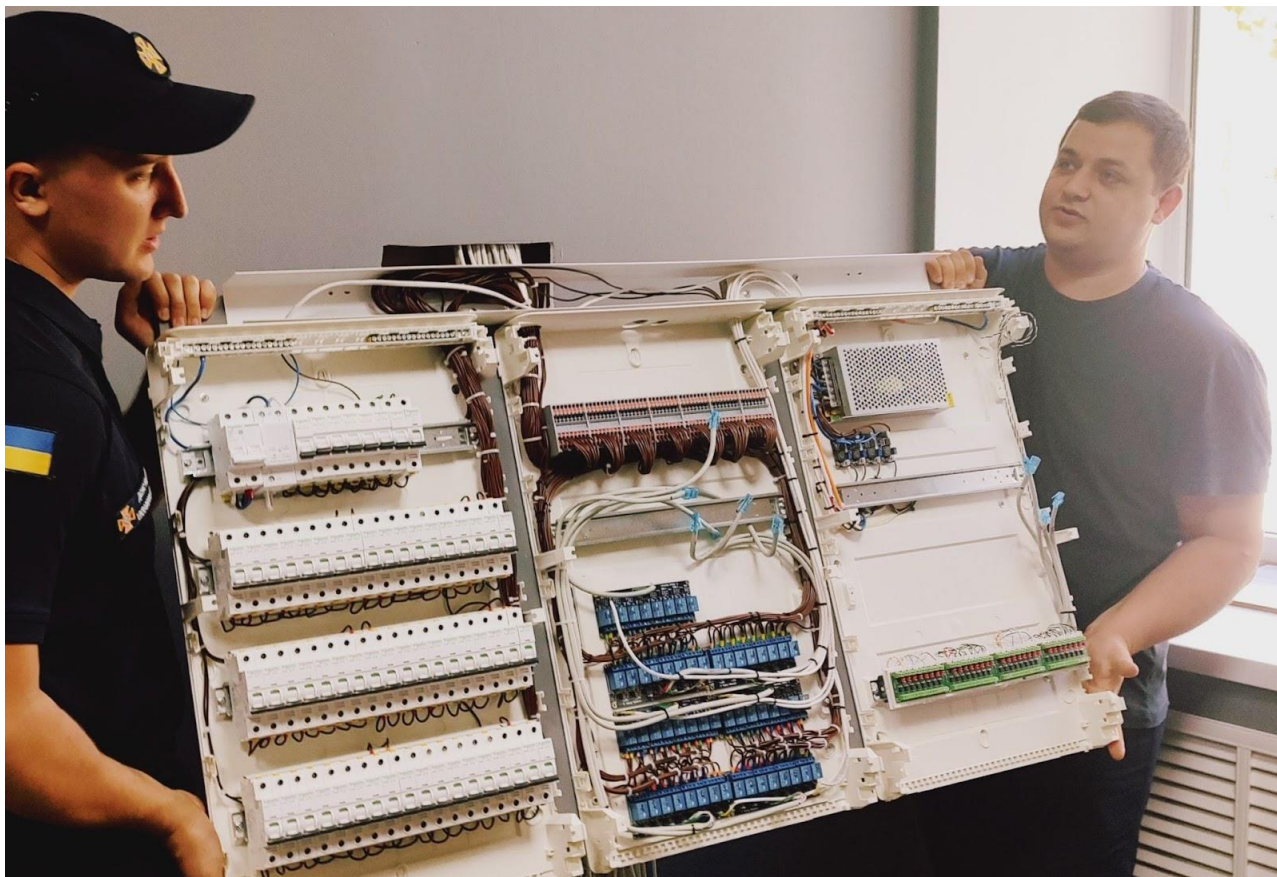


Рисунок 5.5 – Вигляд щита автоматизації 4 ДПРЧ

В другій частині щита розмістили контролер на 64 цифрових канала, 7 блоків реле по 8 од. загальною кількістю 56 реле. Також в даній частині встановлена група клем для підключення споживачів, які будуть доступні для управління та аудіопідсилювач. Зовнішній вигляд другої частини на рис 5.6.



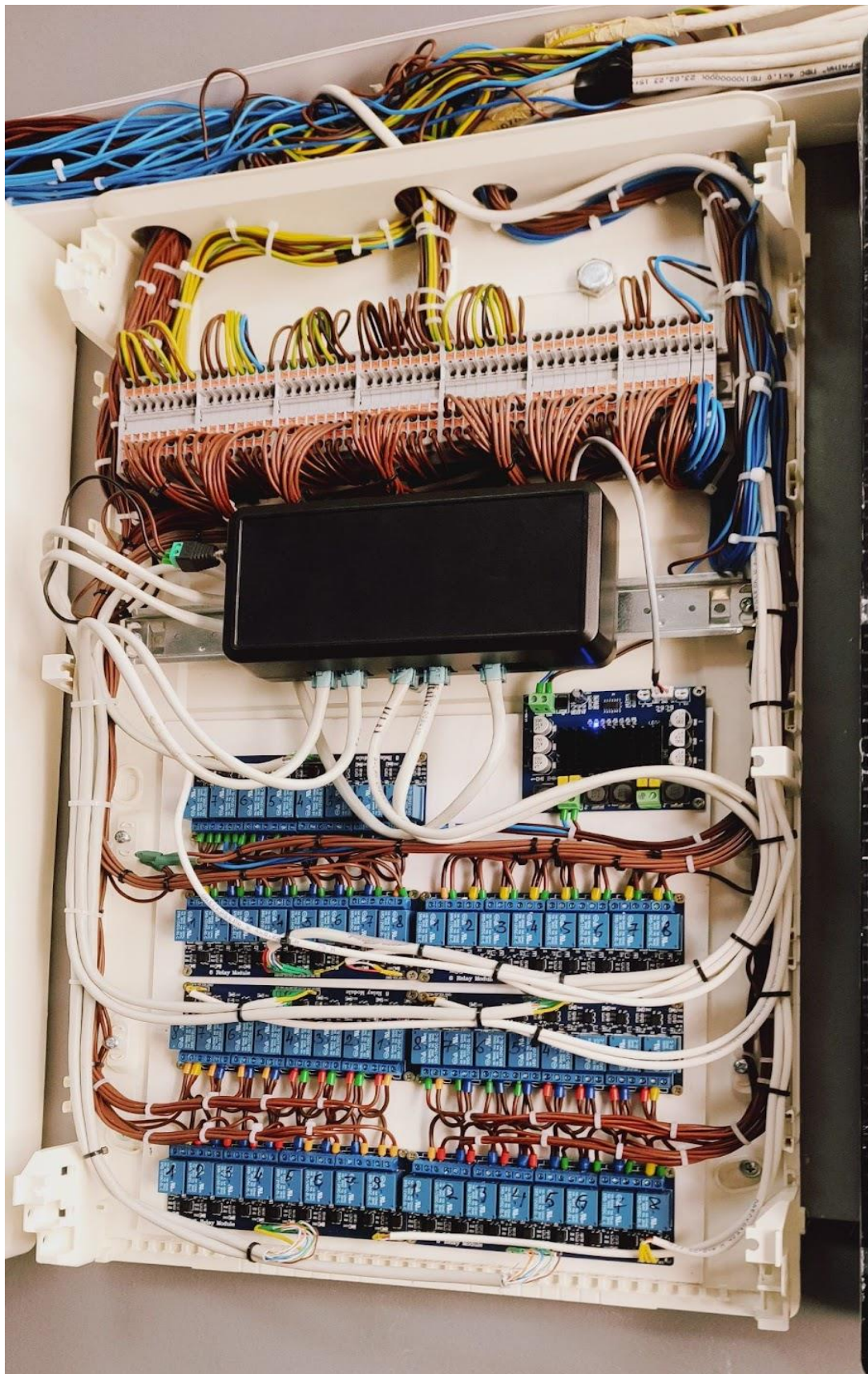


Рисунок 5.6 – Вигляд релейної частини щита автоматизації 4 ДПРЧ

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р5 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    | 82   |



В третій частині щита розмістили додатковий контролер на 34 цифрових вхідних каналів та 32 цифрових вихідних каналів, блок живлення на 12 В та потужністю 180 Вт, а також для захисту контролера модулі для отримання вхідних сигналів із опторозв'язкою. Вигляд цієї частини на рис. 5.7.

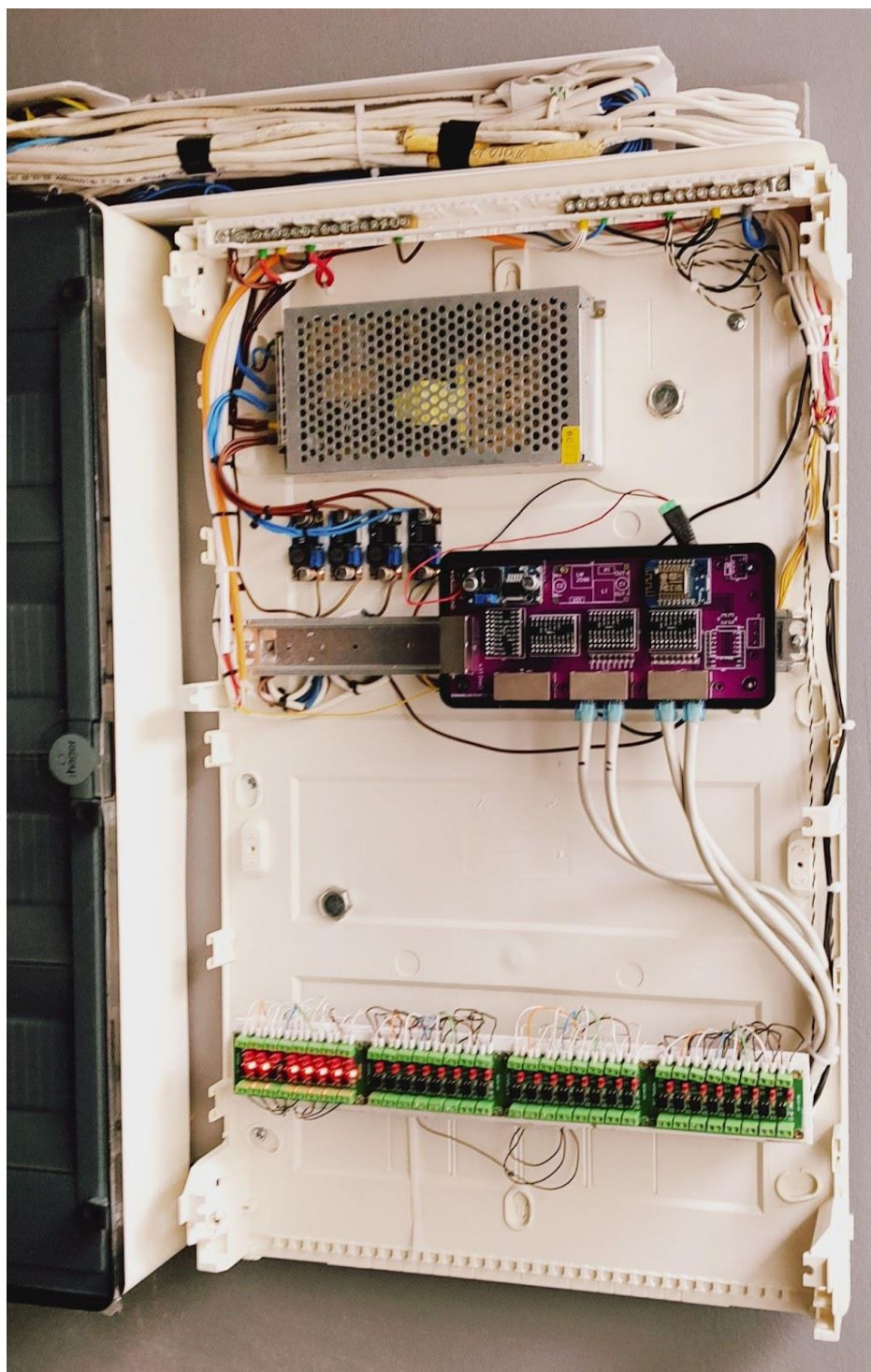


Рисунок 5.7 – Вигляд сигнальної частини щита автоматизації 4 ДПРЧ

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р5 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    | 83   |

## 5.6. Програмне забезпечення центрального контролеру

Для програмування мікроконтролерів існує достатньо онлайн-ресурсів та власне спеціалізованого програмного забезпечення. Найпопулярніша програма для створення та прошивання програмного забезпечення в мікроконтролер є Arduino IDE. Але враховуючи його популярність та наявність таких недоліків як:

- відсутність будь-якої кастомізації;
- відсутність автодоповнення коду;
- незручна організація проєктів;
- відсутність підтримки будь-яких плагінів;
- незручний менеджер бібліотек.

Для програмування використовується сучасний потужний інструмент - фреймворк PlatformIO в редакторі коду Visual Studio Code.

Даний фреймворк розповсюджується на безкоштовній основі, має безліч додаткових плагінів, займає мало місця, швидко працює та нівелює усі недоліки Arduino IDE.

Так як даний пристрій являється окремим і одночасно самодостатнім та незалежним модулем, що має можливість підключатися до мережі та передавати отримані дані від датчиків, а також приймати управляючі команди, то він повинен підключатися до мережі WI-FI. Після успішного підключення до мережі, проходить перевірка на доступність MQTT-сервера, через який буде проходити подальша комунікація з платформою управління Системою.

Лістинг коду програмного забезпечення головного контролеру на 64 канали наведений у Додатку А.

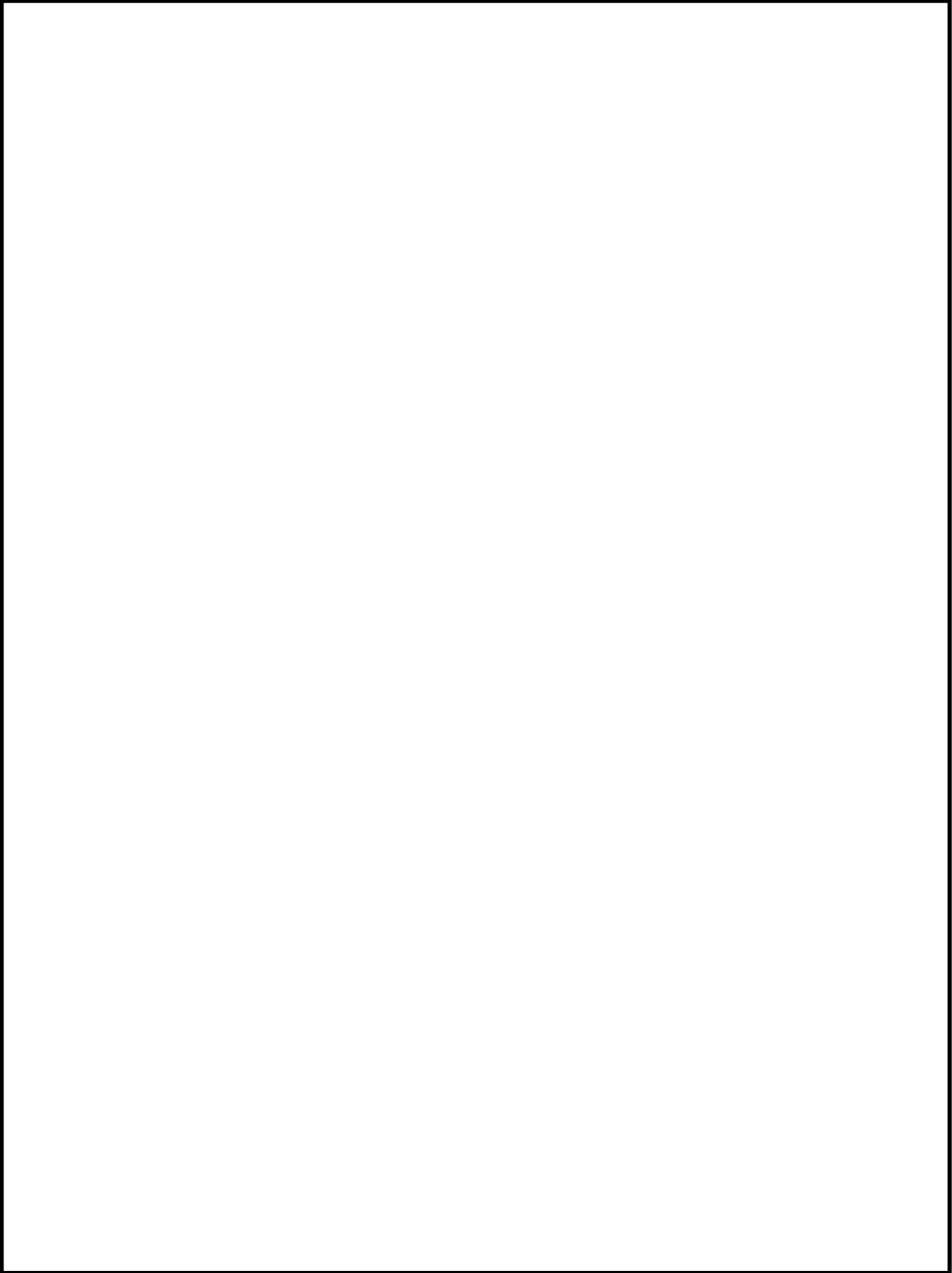
|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321M.KP.ПЗ.P5 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 84   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |

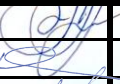
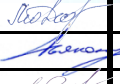
### 5.7. Висновки до розділу

В даній частині висвітлена робота щодо створення однотипних щитів автоматизації, що керуються розробленим контролером системи “Розумна пожежна частина”. Дані щити встановлені в п’яти державних рятувальних підрозділах міста Миколаєва. Після закінчення монтажу всього обладнання система “Розумна пожежна частина” була введена в дослідну експлуатацію наказом начальника Головного управління ДСНС України у Миколаївській області від 13.12.2021 № 512 “Про введення в дослідну експлуатацію інформаційну систему “Розумна пожежна частина”.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р5 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 85   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |





|             |      |                  |                                                                                     |      |                    |                                |      |        |
|-------------|------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------|--------------------------------|------|--------|
|             |      |                  |                                                                                     |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р6 |                                |      |        |
|             |      |                  |                                                                                     |      |                    |                                |      |        |
| Змн.        | Арк. | № документа      | Підпис                                                                              | Дата |                    |                                |      |        |
| Розробник   |      | Бойко Л.М.       |  |      | Охорона праці      | Літ.                           | Арк. | Аркуші |
| Консультант |      | Тубальцев А. М.  |  |      |                    |                                | 86   |        |
| Н. контр.   |      | Добрінова Л. П.  |  |      |                    | НУК<br>імені адмірала Макарова |      |        |
| Керівник    |      | Дьяконов О. С.   |  |      |                    |                                |      |        |
| Зав. каф.   |      | Рябенський В. М. |  |      |                    |                                |      |        |

## РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, соціально-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці [1].

В процесі роботи над створення модулів, щитів автоматизації необхідно забезпечити виконання заходів щодо вимог охорони праці.

Під час виробництва шаф необхідно дотримуватись організаційно-технічних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки, електростатичної іскро безпеки та промислової безпеки відповідно до вимог ДСТУ 3273, ДСТУ 7237, ДБН В.1.1-7, «Правила пожежної безпеки в Україні», НПАОП 28.0-1.32, НПАОП 28.52-1.31 та ПУЕ.

Все обладнання та інженерні комунікації повинні бути заземлені від статичної електрики відповідно до вимог ГОСТ 12.1.018.

Експлуатація електроустановок повинна відповідати вимогам ПУЕ, НПАОП 40.1-1.21

Виробничі будівлі повинні бути обладнані блискавкозахистом відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.5-38.

Виробничі будівлі та побутові приміщення на виробничій ділянці під час виготовлення шаф повинні відповідати вимогам ДБН В.2.2-28 та повинні бути забезпечені опаленням та припливно-витяжною та місцевою вентиляцією згідно з ГОСТ А.3.2-12, ДБН В.2.5-67, водопостачанням та водовідведенням згідно з ДСТУ Б А.3.2-14, ДБН В.2.5-64.

Категорія виробничих приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою визначається за ГОСТ В.1.1-36, а клас вибухонебезпечної зони приміщень визначається згідно з НПАОП 40.1-1.32.

Пожежна безпека забезпечується проведенням організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання пожежам, забезпечення безпеки людей, зменшення можливих майнових втрат і зменшення

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р6 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 86   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |

негативних екологічних наслідків у разі їх виникнення, створення умов для успішного гасіння пожежі відповідно до вимог ГОСТ 12.1.004 та «Правил пожежної безпеки в Україні».

До роботи у вибухонебезпечних та пожежонебезпечних зонах допускаються особи, які пройшли спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки відповідно до вимог ПКМ України від 26.06.2013 №444.

Оснащення виробничих і складських приміщень автоматичними установками пожежогасіння і (або) автоматичними установками пожежної сигналізації визначається відповідно до ДБН В.2.5-56.

Кількість і тип вогнегасників у приміщеннях та їх експлуатація та обслуговування згідно з ДСТУ 4297.

Пожежні щити (стенди) та засоби пожежогасіння фарбуються у відповідні кольори відповідно до ДСТУ ISO 6309.

Освітлення робочих місць повинно відповідати вимогам ДБН В.2.5-28.

Виробничі приміщення повинні бути забезпечені питною водою ДСанПіН 2.2.4-171.

До роботи допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли інструктаж з техніки безпеки відповідно до НПАОП 0.00-4.12.

Особи, зайняті на виробництві, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту відповідно до вимог ДСТУ 7238, ДСТУ 7239, ДСТУ EN 166, ГОСТ EN ISO 11611, НПАОП 0.00-1.04, НПАОП 0.00-4.01, НПАОП 31.0-3.01.

При виготовленні шаф працівники повинні проходити попередні та періодичні медичні огляди відповідно до наказу МОЗ України від 21.05.07 № 246. На робочому місці має бути аптечка з медикаментами для надання першої медичної допомоги.

Рівень шуму на робочих місцях під час виготовлення шаф не повинен перевищувати значень, встановлених ДСН 3.3.6.037.

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р6 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 87   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                    |      |

Рівні вібрації на робочих місцях при виготовленні шаф повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.039.

Мікроклімат у виробничих приміщеннях, де виготовляються шафи, повинен відповідати ДСН 3.3.6.042.

Під час вантажно-розвантажувальних робіт дотримуються правил техніки безпеки відповідно до «Правил охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт», затверджених наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 19.01.2015 року. №21 (НПАОП 0.00-1.75-15).

|      |      |             |        |      |                    |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Р6 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                    | 88   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                    |      |

## ВИСНОВКИ

У даній роботі розглянуто питання необхідності використання сучасних технологій для автоматизації діяльності підрозділів ДСНС України.

Проведена робота щодо визначення конкретних напрямів автоматизації, технічних вимог до Системи. проведено проєктування і виготовлення контролерів та створення ряду готових пристроїв, що можуть функціонувати як в складі системи, так і самодостатньо.

Проведено проєктування та виготовлення уніфікованих щитів автоматизації для Системи та проведено роботу щодо їх встановлення у підрозділах та впровадження в дослідну експлуатацію.

### **Актуальність проєкту:**

Однією з ключових проблем, які вирішує розробка, є недостатня увага до застосування подібних Систем в Україні. Зважаючи на перспективи покращення оперативної діяльності підрозділів ДСНС, забезпечення підтримання безпеки та комфорту працівників пожежно-рятувальних підрозділів, можливості автоматичного та віддаленого управлінням енергоефективністю підрозділів системи автоматизації сприятимуть значному раціональному використанню бюджетних коштів та значно підвищать показники з напрямів оперативного функціонування.

### **Ефективність проєкту:**

Розроблені пристрої та впровадженні в дослідну експлуатацію щити автоматизації в пожежно-рятувальних підрозділах ДСНС в м. Миколаєві показали високу ефективність у виявленні та моніторингу різноманітних забруднень у повітрі, таких як дим, газу, CO<sub>2</sub> та інші шкідливі речовини. Інтегровані сенсори та алгоритми аналізу дозволяють оперативно реагувати на зміни у складі повітря та при необхідності сповіщати працівників про досягненні небезпечних для здоров'я концентрацій хімічних складових в повітрі. Алгоритми автоматизації дій за викликом тривоги зняли навантаження з диспетчера, що дозволило задіяти всю увагу на виконанні

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Висновки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 89   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                          |      |

безпосередніх обов'язків. Система управління гучномовним зв'язком, забезпечила її функціонування в автоматичному режимі, а також реалізувала віддалений доступ до її керування, що дає змогу реалізувати подальше функціонування підрозділу без безпосереднього знаходження диспетчера на території підрозділу.

### **Перспективи розвитку:**

Розроблені пристрої, контролери Системи мають потенціал для подальших покращень та розширення функціональності. Можливості Інтернету речей та збільшення обробки даних можуть бути використані для створення ще більш продуктивної системи моніторингу та бути невід'ємною частиною загальної системи «Розумна пожежна частина» в масштабі країни. У цілому, цей проєкт є важливим кроком у напрямку поліпшення умов роботи співробітників пожежних служб шляхом використання сучасних інноваційних рішень. Застосування новітніх технологій у сфері моніторингу якості повітря дозволяє забезпечити найвищий рівень безпеки та здоров'я працівників, що є вкрай важливим аспектом в їхній професійній діяльності, яка безпосередньо разом зі здоров'ям співробітників підвищує їх фізичний стан для подальшого забезпечення оперативного реагування, кінцевим результатом якої є спасіння життя.

Впровадження даної Системи відкриває можливості до проведення змін у структурі ДСНС, враховуючи нові сучасні рішення, що допомагають прибрати значне навантаження від персоналу та внести додаткові напрями по зміні ідеології в організації системи моніторингу та управління до рівня держави.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Висновки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 90   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                          |      |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про охорону праці». Редакція від 24.08.2024 р.  
[Електронний ресурс] – Режим доступу:  
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text78>
2. Блог пожежного айтишника. [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
<https://videooko.net>
3. Започатковано проєкт «Розумна пожежна частина» [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
<https://www.youtube.com/watch?v=9PHAfWZrxJA>
4. Рятувальники презентували журналістам проєкт — «Розумна державна пожежно-рятувальна частина» та провели брифінг на протипожежну тематику (ВІДЕО). Головне управління ДСНС України у Миколаївській області. [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
<https://mk.dsns.gov.ua/uk/news/ostanni-novini/29498>
5. Виробник електроніки. [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
<https://www.espressif.com/>
6. Онлайн-середовище для автоматизації проєктування електроніки.  
[Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://easyeda.com/>
7. Електронна бібліотека довідник з електронних компонентів.  
[Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://datasheetspdf.com>
8. Бойко Л.М., Дьяконов О.С. Автоматика та електротехніка. Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. Миколаїв: НУК, 2024. С. 15-18.

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Джерела | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 91   |
| Змн. | Арк. | № документу | Підпис | Дата |                         |      |

## ДОДАТОК А

### Лістинг коду для центрального контролера на 64 цифрових канала

```
#include <Arduino.h>
#include <Wire.h>
#include "Adafruit_MCP23017.h"
#include <DallasTemperature.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266mDNS.h>
#include <WiFiUdp.h>
#include <ArduinoOTA.h>
#include "EasyOta.h"
Adafruit_MCP23017 mcp1;
Adafruit_MCP23017 mcp2;
Adafruit_MCP23017 mcp3;
Adafruit_MCP23017 mcp4;
#include <PubSubClient.h>

const char* ssid = "IoT-*****";
const char* password = "*****";
const char* mqtt_server = "192.168.***.***";
const char* mqtt_username = "*****";
const char* mqtt_password = "*****";
const char* willTopic1 = "/STATUS";
uint8_t willQos = 0;
boolean willRetain = true;
const char* willMessage = "0";
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
#include <DFPlayer_Mini_Mp3.h>
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial mp3Serial(D6, D5); // RX, TX

#include "GyverTimer.h"
GTimer_ms myTimer1(3000);
GTimer_ms myTimer2(6000);
GTimer_ms myTimer3(4000);
```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 92   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |



```

GTimer_ms myTimer5(60000);
GTimer_ms myTimerReconnect(10000);
GTimer_ms AudioTimer(7000); // таймер для переініціалізації різних
аудіо тривалості треків
GTimer_ms AlarmOsvitlenyaTimer(180000); // таймер для виключення
освітлення
const int oneWireBus = D7; //датчик температури
OneWire oneWire(oneWireBus);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
long lastMsg = 0;
char msg[50];
int value = 0;
bool NightMode=0;
#define rele_1 0
#define rele_2 1
#define rele_3 2
#define rele_4 3
#define rele_5 4
#define rele_6 5
#define rele_7 6
#define rele_8 7
#define rele_9 8
#define rele_10 9
#define rele_11 10
#define rele_12 11
#define rele_13 12
#define rele_14 13
#define rele_15 14
#define rele_16 15
#define rele_17 0
#define rele_18 1
#define rele_19 2
#define rele_20 3
#define rele_21 4
#define rele_22 5
#define rele_23 6
#define rele_24 7
#define rele_25 8

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 93   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

#define rele_26 9
#define rele_27 10
#define rele_28 11
#define rele_29 12
#define rele_30 13
#define rele_31 14
#define rele_32 15
#define rele_33 0
#define rele_34 1
#define rele_35 2
#define rele_36 3
#define rele_37 4
#define rele_38 5
#define rele_39 6
#define rele_40 7
#define rele_41 8
#define rele_42 9
#define rele_43 10
#define rele_44 11
#define rele_45 12
#define rele_46 13
#define rele_47 14
#define rele_48 15
#define rele_49 0
#define rele_50 1
#define rele_51 2
#define rele_52 3
#define rele_53 4
#define rele_54 5
#define rele_55 6
#define rele_56 7
#define rele_57 8
#define rele_58 9
#define rele_59 10
#define rele_60 11
#define rele_61 12
#define rele_62 13
#define rele_63 14

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 94   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

#define rele_64 15

const String root_topik = "MKDSNS"; // Корінь топиків
const String _DEVID= "02DPRCH/ESP01"; // топик пристрою
унікальний!!!!

const String top_connect = root_topik+'/'+_DEVID; const String
top_subs = root_topik+"/"+_DEVID + '/' + '#' ; //для функції
реконекта перевірка підключення до mqtt
const char* willTopic = "MKDSNS/02DPRCH/ESP01/STATUS";

const String tr1= "RELE_1"; // топик реле 1
const String tr2= "RELE_2"; // топик реле 2
const String tr3= "RELE_3"; // топик реле 3
const String tr4= "RELE_4"; // топик реле 4
const String tr5= "RELE_5"; // топик реле 5
const String tr6= "RELE_6"; // топик реле 6
const String tr7= "RELE_7"; // топик реле 7
const String tr8= "RELE_8"; // топик реле 8
const String tr9= "RELE_9"; // топик реле 1
const String tr10= "RELE_10"; // топик реле 2
const String tr11= "RELE_11"; // топик реле 3
const String tr12= "RELE_12"; // топик реле 4
const String tr13= "RELE_13"; // топик реле 5
const String tr14= "RELE_14"; // топик реле 6
const String tr15= "RELE_15"; // топик реле 7
const String tr16= "RELE_16"; // топик реле 8
const String tr17= "RELE_17"; // топик реле 1
const String tr18= "RELE_18"; // топик реле 2
const String tr19= "RELE_19"; // топик реле 3
const String tr20= "RELE_20"; // топик реле 4
const String tr21= "RELE_21"; // топик реле 5
const String tr22= "RELE_22"; // топик реле 6
const String tr23= "RELE_23"; // топик реле 7
const String tr24= "RELE_24"; // топик реле 8
const String tr25= "RELE_25"; // топик реле 1
const String tr26= "RELE_26"; // топик реле 2
const String tr27= "RELE_27"; // топик реле 3
const String tr28= "RELE_28"; // топик реле 4

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 95   |
| Змн. | Арк. | № документи | Підпис | Дата |                         |      |

```

const String tr29= "RELE_29";           // топiк реле 5
const String tr30= "RELE_30";           // топiк реле 6
const String tr31= "RELE_31";           // топiк реле 7
const String tr32= "RELE_32";           // топiк реле 8
const String tr33= "RELE_33";           // топiк реле
const String tr34= "RELE_34";           // топiк реле
const String tr35= "RELE_35";           // топiк реле
const String tr36= "RELE_36";           // топiк реле
const String tr37= "RELE_37";           // топiк реле
const String tr38= "RELE_38";           // топiк реле
const String tr39= "RELE_39";           // топiк реле
const String tr40= "RELE_40";           // топiк реле
const String tr41= "RELE_41";           // топiк реле
const String tr42= "RELE_42";           // топiк реле
const String tr43= "RELE_43";           // топiк реле
const String tr44= "RELE_44";           // топiк реле
const String tr45= "RELE_45";           // топiк реле
const String tr46= "RELE_46";           // топiк реле
const String tr47= "RELE_47";           // топiк реле
const String tr48= "RELE_48";           // топiк реле
const String tr49= "RELE_49";           // топiк реле
const String tr50= "RELE_50";           // топiк реле
const String tr51= "RELE_51";           // топiк реле
const String tr52= "RELE_52";           // топiк реле
const String tr53= "RELE_53";           // топiк реле
const String tr54= "RELE_54";           // топiк реле
const String tr55= "RELE_55";           // топiк реле AUDIO
const String tr56= "RELE_56";           // топiк реле AUDIO
const String tr57= "RELE_57";           // топiк реле
const String tr58= "RELE_58";           // топiк реле
const String tr59= "RELE_59";           // топiк реле
const String tr60= "RELE_60";           // топiк реле
const String tr61= "RELE_61";           // топiк реле
const String tr62= "RELE_62";           // топiк реле
const String tr63= "RELE_63";           // топiк реле
const String tr64= "RELE_64";           // топiк реле
const String tpwm= "pwm";               // секція pwm в топіку

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 96   |
| Змн. | Арк. | № документи | Підпис | Дата |                         |      |

```

const String topic_audio_stop= root_topik+"/"+_DEVID + '/'
+"audio_stop";
const String topic_ALARM1= root_topik+"/"+_DEVID + '/' +"ALARM1";
const String topic_ALARM2= root_topik+"/"+_DEVID + '/' +"ALARM2";
const String topic_ALARM3= root_topik+"/"+_DEVID + '/' +"ALARM3";
const String topic_nafasad= root_topik+"/"+_DEVID + '/' +"nafasad";
const String topic_1vid= root_topik+"/"+_DEVID + '/' +"1vid";
const String topic_2vid= root_topik+"/"+_DEVID + '/' +"2vid";
const String topic_3vid= root_topik+"/"+_DEVID + '/' +"3vid";
const String topic_StartAlarm= root_topik+"/"+_DEVID + '/'
+"StartAlarm";
const String topic_NightMode= root_topik+"/"+_DEVID + '/'
+"NightMode";
const String topic_voice_0010= root_topik+"/"+_DEVID + '/' +"v0010";
const String topic_voice_0011= root_topik+"/"+_DEVID + '/' +"v0011";
const String topic_voice_0012= root_topik+"/"+_DEVID + '/' +"v0012";
const String topic_voice_0013= root_topik+"/"+_DEVID + '/' +"v0013";
const String topic_voice_0014= root_topik+"/"+_DEVID + '/' +"v0014";
const String topic_voice_0015= root_topik+"/"+_DEVID + '/' +"v0015";
const String topic_voice_0016= root_topik+"/"+_DEVID + '/' +"v0016";
const String topic_voice_0017= root_topik+"/"+_DEVID + '/' +"v0017";
const String topic_voice_0018= root_topik+"/"+_DEVID + '/' +"v0018";
// 2 гудки розвод
const String topic_voice_0019= root_topik+"/"+_DEVID + '/' +"v0019";
// 3 гудки відбій
const String topic_GAllOn= root_topik+"/"+_DEVID + '/' +"GarajAllOn";
// включення освітлення всього гаражу
const String topic_GAlloff= root_topik+"/"+_DEVID + '/'
+"GarajAllOff"; // відключення освітлення всього гаражу
const String relays_topic1= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr1; // повний
Топік реле №1
const String relays_topic2= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr2; // повний
Топік реле №2
const String relays_topic3= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr3; // повний
Топік реле №3
const String relays_topic4= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr4; // повний
Топік реле №4

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 97   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

const String relays_topic5= root_topik+"/"+_DEVID+'/'+tr5; // повний
Топік реле №5
const String relays_topic6= root_topik+"/"+_DEVID+'/'+tr6; // повний
Топік реле №6
const String relays_topic7= root_topik+"/"+_DEVID+'/'+tr7; // повний
Топік реле №7
const String relays_topic8= root_topik+"/"+_DEVID+'/'+tr8; // повний
Топік реле №8
const String relays_topic9= root_topik+"/"+_DEVID+'/'+tr9; // повний
Топік реле №1
const String relays_topic10= root_topik+"/"+_DEVID+'/'+tr10; // повний
Топік реле №2
const String relays_topic11= root_topik+"/"+_DEVID+'/'+tr11; // повний
Топік реле №3
const String relays_topic12= root_topik+"/"+_DEVID+'/'+tr12; // повний
Топік реле №4
const String relays_topic13= root_topik+"/"+_DEVID+'/'+tr13; // повний
Топік реле №5
const String relays_topic14= root_topik+"/"+_DEVID+'/'+tr14; // повний
Топік реле №6
const String relays_topic15= root_topik+"/"+_DEVID+'/'+tr15; // повний
Топік реле №7
const String relays_topic16= root_topik+"/"+_DEVID+'/'+tr16; // повний
Топік реле №8

const String relays_topic17= root_topik+"/"+_DEVID+'/'+tr17; // повний
Топік реле №1
const String relays_topic18= root_topik+"/"+_DEVID+'/'+tr18; // повний
Топік реле №2
const String relays_topic19= root_topik+"/"+_DEVID+'/'+tr19; // повний
Топік реле №3
const String relays_topic20= root_topik+"/"+_DEVID+'/'+tr20; // повний
Топік реле №4
const String relays_topic21= root_topik+"/"+_DEVID+'/'+tr21; // повний
Топік реле №5
const String relays_topic22= root_topik+"/"+_DEVID+'/'+tr22; // повний
Топік реле №6

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 98   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

const String relays_topic23= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr23; // повний
Топік реле №7
const String relays_topic24= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr24; // повний
Топік реле №8
const String relays_topic25= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr25; // повний
Топік реле №1
const String relays_topic26= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr26; // повний
Топік реле №2
const String relays_topic27= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr27; // повний
Топік реле №3
const String relays_topic28= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr28; // повний
Топік реле №4
const String relays_topic29= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr29; // повний
Топік реле №5
const String relays_topic30= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr30; // повний
Топік реле №6
const String relays_topic31= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr31; // повний
Топік реле №7
const String relays_topic32= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr32; // повний
Топік реле №8
const String relays_topic33= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr33; //повний
Топік реле №33
const String relays_topic34= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr34; // повний
Топік реле №34
const String relays_topic35= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr35; // повний
Топік реле №35
const String relays_topic36= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr36; // повний
Топік реле №36
const String relays_topic37= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr37; // повний
Топік реле №37
const String relays_topic38= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr38; // повний
Топік реле №38
const String relays_topic39= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr39; // повний
Топік реле №39
const String relays_topic40= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr40; // повний
Топік реле №40
const String relays_topic41= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr41; // повний
Топік реле №41

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 99   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

const String relays_topic42= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr42;// повний
Топік реле №42
const String relays_topic43= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr43;// повний
Топік реле №43
const String relays_topic44= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr44;// повний
Топік реле №44
const String relays_topic45= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr45;// повний
Топік реле №45
const String relays_topic46= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr46;// повний
Топік реле №46
const String relays_topic47= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr47;// повний
Топік реле №47
const String relays_topic48= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr48;// повний
Топік реле №48
const String relays_topic49= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr49;// повний
Топік реле №49
const String relays_topic50= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr50;// повний
Топік реле №50
const String relays_topic51= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr51;// повний
Топік реле №51
const String relays_topic52= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr52;// повний
Топік реле №52
const String relays_topic53= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr53;// повний
Топік реле №53
const String relays_topic54= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr54;// повний
Топік реле №54
const String relays_topic55= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr55;// повний
Топік реле №55
const String relays_topic56= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr56;// повний
Топік реле №56
const String relays_topic57= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr57;// повний
Топік реле №57
const String relays_topic58= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr58;// повний
Топік реле №58
const String relays_topic59= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr59;// повний
Топік реле №59
const String relays_topic60= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr60;// повний
Топік реле №60

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 100  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |



```

const String relays_topic61= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr61;// повний
Топік реле №61
const String relays_topic62= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr62;// повний
Топік реле №62
const String relays_topic63= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr63;// повний
Топік реле №63
const String relays_topic64= root_topik+"/"+_DEVID+'/' +tr64;// повний
Топік реле №64
boolean onoff = false;
boolean rState1 = false;
boolean rState2 = false;
boolean rState3 = false;
boolean rState4 = false;
boolean rState5 = false;
boolean rState6 = false;
boolean rState7 = false;
boolean rState8 = false;
int runkod = 0;    // признак загрузки одноразово при включении части
кода
int stled1 = 0;
int stled2 = 0;
int stled3 = 0;
int stled4 = 0;
int stled5 = 0;
int stled6 = 0;
int stled7 = 0;
int stled8 = 0;
bool alarm = 0; //запуск тревоги
int step = 0;    // кроки алгоритму тревоги

bool vid_1=0;    // позначення 1 відділення на виїзд
bool vid_2=0;    // позначення 1 відділення на виїзд
bool vid_3=0;    // позначення 1 відділення на виїзд
bool startAlarm=0;//позначення запуску тревоги на виїзд
bool timeraudio = 0; // запуску таймера для відключення реле аудіо
void mcptest();
// підключення реле до аудіо лінії
void AudioON(){

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 101  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

    mcp4.digitalWrite(rele_56,0);
    mcp4.digitalWrite(rele_55,0);
    Serial.println("AudioON");
}
// відключення реле від аудіо лінії
void AudioOFF(){
    mcp4.digitalWrite(rele_56,1);
    mcp4.digitalWrite(rele_55,1);
    Serial.println("AudioOFF");
}

void setup_wifi() {
    delay(10);
    // We start by connecting to a WiFi network
    Serial.println();
    Serial.print(F("Connecting to "));
    Serial.println(ssid);
    WiFi.begin(ssid, password);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
        Serial.print(F("."));
    }
    Serial.println(F(""));
    Serial.println(F("WiFi connected"));
    Serial.println(F("IP address: "));
    Serial.println(WiFi.localIP());
    Serial.print(F("RSSI: "));
    Serial.println(WiFi.RSSI());
}

void TESTPNT(){
    Serial.print(F("vid_1="));
    Serial.println(vid_1);
    Serial.print(F("vid_2="));
    Serial.println(vid_2);
    Serial.print(F("vid_3="));
    Serial.println(vid_3);
}

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 102  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

void RunAlarm(){
    // Алгоритм запуску тривоги
    if (step==1){ //виключаємо сирену
        if (myTimer1.isReady()) {
            Serial.println(F("Сирена виключена"));
            Serial.println(F("Включаємо голосове повідомлення "));
            if ( vid_1  and !vid_2 and !vid_3 ){
                mp3_stop();
                delay(150);
                mp3_play (2);
                Serial.println(F("mp3_play-2"));
                } // перше відділення

            if ( !vid_1 and vid_2  and !vid_3 ){
                mp3_stop();
                delay(150);
                mp3_play (3);
                Serial.println(F("mp3_play-3"));
            } // друге відділення

            if ( !vid_1 and !vid_2 and vid_3  ){
                mp3_stop();
                delay(150);
                mp3_play (30);
                Serial.println(F("mp3_play-30"));
            } // третє відділення

            if ( vid_1  and vid_2  and !vid_3 ){
                mp3_stop();
                delay(150);
                mp3_play (6);
                Serial.println(F("mp3_play-6"));
            } // перше і друге відділення

            if ( vid_1  and !vid_2  and vid_3 ){
                mp3_stop();
                delay(150);
                mp3_play (130);
            }
        }
    }
}

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 103  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

        Serial.println(F("mp3_play-130"));
    } // перше і третє відділення

    if ( !vid_1  and vid_2  and vid_3 ){
        mp3_stop();
        delay(150);
        mp3_play (230);
        Serial.println(F("mp3_play-230"));
    } // друге і третє відділення

    if ( vid_1  and vid_2  and vid_3 ){
        mp3_stop();
        delay(150);
        mp3_play (123);
        Serial.println(F("mp3_play-123"));
    } // перше друге і третє відділення
    Serial.println(F("Виключаємо голосове повідомлення "));
    myTimer2.reset();
    step=2;
}
}

if (step==2){ //включення голосове оповіщення
    if (myTimer2.isReady()) {
        Serial.println(F("===Виключаємо голосове повідомлення "));
        if (NightMode == 0) {
            mp3_stop();
            delay(150);
            mp3_play (1);
            Serial.println(F(">>>>ALARM<<<< "));
        }
        Serial.println(F("Сирена включена знову"));
        myTimer3.reset();
        step=3;
    }
}

if (step==3){ //включення сирени
    if (myTimer3.isReady()) {
        Serial.println(F("Сирену відключенна"));
    }
}

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 104  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

        step=4;
    }
}

if (step==4){ //выдклучення всього
    Serial.println(F("Алгоритм закінчено..."));
    step=0;
    alarm=0;
    client.publish(topic_StartAlarm.c_str(), "OFF");
    AudioOFF();
}
}

void AlarmSteps(){
    // Алгоритм проходження тривоги
    if (step==1){ //виключаємо сирену
        if (myTimer1.isReady()) {
            mp3_stop();
            Serial.println(F("Сирена виключена"));
            Serial.println(F("Включаємо голосове повідомлення "));
            myTimer2.reset();
            step=2;
        }

    }

    if (step==2){ //включення голосове оповіщення
        if (myTimer2.isReady()) {
            mp3_stop();
            delay(150);
            Serial.println(F("Виключаємо голосове повідомлення "));
            mp3_play (1);
            Serial.println(F("Сирена включена знову"));
            myTimer3.reset();
            step=3;
        }

    }

    if (step==3){ //включення сирени
        if (myTimer3.isReady()) {
            Serial.println(F("Сирену відключенна"));

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 105  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

        step=4;
    }
}

if (step==4){ //выдклучення всього
    Serial.println(F("Алгоритм закінчено..."));
    step=0;
    alarm=0;
    client.publish(topic_ALARM1.c_str(), "OFF");
    client.publish(topic_ALARM2.c_str(), "OFF");
}
}

// Запуск таймера для кожного окремого сонга на конкретну
длительность!!!

void RunTimerAudio( uint32_t ms){
    Serial.print(F(" RunTimerAudio = "));
    Serial.println(ms);
    AudioON();
    AudioTimer.stop();
    AudioTimer.setInterval(ms);
    AudioTimer.start();
    AudioTimer.reset();
    timeraudio = 1;
}

void CheckTimerAudio(){
    if (timeraudio) {
        if (AudioTimer.isReady() ){
            AudioTimer.stop();
            timeraudio = 0;
            AudioOFF();
        }
    }
}

void GarajAllPower(const char *s){
    client.publish(relays_topic1.c_str(), s);
    client.publish(relays_topic2.c_str(), s);
    client.publish(relays_topic3.c_str(), s);
}

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 106  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

        client.publish(relays_topic4.c_str(), s);
        client.publish(relays_topic5.c_str(), s);
        client.publish(relays_topic6.c_str(), s);
        client.publish(relays_topic7.c_str(), s);
        client.publish(relays_topic8.c_str(), s);
    }

void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
    payload[length] = '\0';
    Serial.print(F("Message arrived ["));
    Serial.print(topic);
    Serial.print(F("] "));
    String strTopic = String(topic);
    String strPayload = String((char*)payload);
    for (int i = 0; i < length; i++) {
        Serial.print((char)payload[i]);
    }
    Serial.println();
    // Блок повідомлень УВАГА!...
    if (strTopic == topic_voice_0010.c_str()) { if (strPayload == "ON")
{RunTimerAudio(8000); mp3_play (10); }}
    if (strTopic == topic_voice_0011.c_str()) { if (strPayload == "ON")
{RunTimerAudio(5000); mp3_play (11); }}
    if (strTopic == topic_voice_0012.c_str()) { if (strPayload == "ON")
{RunTimerAudio(6000); mp3_play (12); }}
    if (strTopic == topic_voice_0013.c_str()) { if (strPayload == "ON")
{RunTimerAudio(8000); mp3_play (13); }}
    if (strTopic == topic_voice_0014.c_str()) { if (strPayload == "ON")
{RunTimerAudio(7000); mp3_play (14); }}
    if (strTopic == topic_voice_0015.c_str()) { if (strPayload == "ON")
{RunTimerAudio(7000); mp3_play (15); }}
    if (strTopic == topic_voice_0016.c_str()) { if (strPayload == "ON")
{RunTimerAudio(15000); mp3_play (16); }}
    if (strTopic == topic_voice_0017.c_str()) { if (strPayload == "ON")
{RunTimerAudio(12000); mp3_play (17); }}
    if (strTopic == topic_voice_0018.c_str()) { if (strPayload == "ON")
{RunTimerAudio(3000); mp3_play (18); }}

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 107  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

    if (strTopic == topic_voice_0019.c_str()) { if (strPayload == "ON")
{RunTimerAudio(3000); mp3_play (19); }}

    if (strTopic == topic_audio_stop.c_str()) { if (strPayload == "ON")
{mp3_stop (); AudioOFF(); AudioTimer.stop(); timeraudio = 0;} }

    if (strTopic == topic_GAlloff.c_str()) { if (strPayload == "ON")
{GarajAllPower("OFF");} }

    if (strTopic == topic_GAllOn.c_str()) { if (strPayload == "ON")
{GarajAllPower("ON");} }

// Блок РЕЛЕ 1 *****
    if (strTopic == relays_topic1.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp1.digitalWrite(rele_1,1);
        } else {
            mcp1.digitalWrite(rele_1,0);
        }

        Serial.println( strTopic);
        Serial.println( (char)payload[0]);
    }

// Блок РЕЛЕ 2 Ожеледиця *****
    if (strTopic == relays_topic2.c_str()) {
        //if ((char)payload[0] == 'ON') {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp1.digitalWrite(rele_2,1);
        } else {
            mcp1.digitalWrite(rele_2,0);
        }
    }

// Блок РЕЛЕ 3 Сніг
    if (strTopic == relays_topic3.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp1.digitalWrite(rele_3,1);
        } else {
            mcp1.digitalWrite(rele_3,0);
        }
    }

// Блок РЕЛЕ 4 Дощ
    if (strTopic == relays_topic4.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 108  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |



```

        mcp1.digitalWrite(rele_4,1);
    } else {
        mcp1.digitalWrite(rele_4,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 5  Туман
if (strTopic == relays_topic5.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp1.digitalWrite(rele_5,1);
    } else {
        mcp1.digitalWrite(rele_5,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 6  Освітлення 1 відд перед
if (strTopic == relays_topic6.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp1.digitalWrite(rele_6,1);
    } else {
        mcp1.digitalWrite(rele_6,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 7  Освітлення 1 відд зад
if (strTopic == relays_topic7.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp1.digitalWrite(rele_7,1);
    } else {
        mcp1.digitalWrite(rele_7,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 8  Освітлення 2 відд перед
if (strTopic == relays_topic8.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp1.digitalWrite(rele_8,1);
    } else {
        mcp1.digitalWrite(rele_8,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 9  Освітлення 2 відд зад

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 109  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

    if (strTopic == relays_topic9.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp1.digitalWrite(rele_9,1);
        } else {
            mcp1.digitalWrite(rele_9,0);
        }
    }

// Блок РЕЛЕ 10  Освітлення 3 відд перед
    if (strTopic == relays_topic10.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp1.digitalWrite(rele_10,1);
        } else {
            mcp1.digitalWrite(rele_10,0);
        }
    }

// Блок РЕЛЕ 11  Освітлення 3 відд зад
    if (strTopic == relays_topic11.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp1.digitalWrite(rele_11,1);
        } else {
            mcp1.digitalWrite(rele_11,0);
        }
    }

// Блок РЕЛЕ 12  Освітлення спалка 1
    if (strTopic == relays_topic12.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp1.digitalWrite(rele_12,1);
        } else {
            mcp1.digitalWrite(rele_12,0);
        }
    }

// Блок РЕЛЕ 13  Освітлення спалка 2
    if (strTopic == relays_topic13.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp1.digitalWrite(rele_13,1);
        } else {
            mcp1.digitalWrite(rele_13,0);
        }
    }

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 110  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

    }

// Блок РЕЛЕ 14 Освітлення задній фасад if (strTopic ==
relays_topic14.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp1.digitalWrite(rele_14,1);
    } else {
        mcp1.digitalWrite(rele_14,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 15 Освітлення задній фасад
if (strTopic == relays_topic15.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp1.digitalWrite(rele_15,1);
    } else {
        mcp1.digitalWrite(rele_15,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 16 Вентиляція гаража \
if (strTopic == relays_topic16.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp1.digitalWrite(rele_16,1);
    } else {
        mcp1.digitalWrite(rele_16,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 17 Вентиляція гаража
if (strTopic == relays_topic17.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp2.digitalWrite(rele_17,1);
    } else {
        mcp2.digitalWrite(rele_17,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 18 Вентиляція гаража
if (strTopic == relays_topic18.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp2.digitalWrite(rele_18,1);
    } else {

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 111  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

        mcp2.digitalWrite(rele_18,0);
    }
}
// Блок РЕЛЕ 19  Вентиляція гаража
if (strTopic == relays_topic19.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp2.digitalWrite(rele_19,1);
    } else {
        mcp2.digitalWrite(rele_19,0);
    }
}
// Блок РЕЛЕ 20  Вентиляція гаража
if (strTopic == relays_topic20.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp2.digitalWrite(rele_20,1);
    } else {
        mcp2.digitalWrite(rele_20,0);
    }
}
// Блок РЕЛЕ 21  Вентиляція гаража
if (strTopic == relays_topic21.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp2.digitalWrite(rele_21,1);
    } else {
        mcp2.digitalWrite(rele_21,0);
    }
}
// Блок РЕЛЕ 22  Вентиляція гаража
if (strTopic == relays_topic22.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp2.digitalWrite(rele_22,1);
    } else {
        mcp2.digitalWrite(rele_22,0);
    }
}
// Блок РЕЛЕ 23  Вентиляція гаража
if (strTopic == relays_topic23.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 112  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

        mcp2.digitalWrite(rele_23,1);
    } else {
        mcp2.digitalWrite(rele_23,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 24  Вентиляція гаража
if (strTopic == relays_topic24.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp2.digitalWrite(rele_24,1);
    } else {
        mcp2.digitalWrite(rele_24,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 25  Вентиляція гаража
if (strTopic == relays_topic25.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp2.digitalWrite(rele_25,1);
    } else {
        mcp2.digitalWrite(rele_25,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 26  Вентиляція гаража
if (strTopic == relays_topic26.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp2.digitalWrite(rele_26,1);
    } else {
        mcp2.digitalWrite(rele_26,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 27  Вентиляція гаража
if (strTopic == relays_topic27.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp2.digitalWrite(rele_27,1);
    } else {
        mcp2.digitalWrite(rele_27,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 28  Вентиляція гаража

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 113  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

    if (strTopic == relays_topic28.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp2.digitalWrite(rele_28,1);
        } else {
            mcp2.digitalWrite(rele_28,0);
        }
    }
}
// Блок РЕЛЕ 29  Вентиляція гаража
    if (strTopic == relays_topic29.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp2.digitalWrite(rele_29,1);
        } else {
            mcp2.digitalWrite(rele_29,0);
        }
    }
}
// Блок РЕЛЕ 30  Вентиляція гаража
    if (strTopic == relays_topic30.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp2.digitalWrite(rele_30,1);
        } else {
            mcp2.digitalWrite(rele_30,0);
        }
    }
}
// Блок РЕЛЕ 31  Вентиляція гаража
    if (strTopic == relays_topic31.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp2.digitalWrite(rele_31,1);
        } else {
            mcp2.digitalWrite(rele_31,0);
        }
    }
}
// Блок РЕЛЕ 32  Вентиляція гаража
    if (strTopic == relays_topic32.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp2.digitalWrite(rele_32,1);
        } else {
            mcp2.digitalWrite(rele_32,0);
        }
    }
}

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 114  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

    }
// Блок РЕЛЕ 33 *****
if (strTopic == relays_topic33.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp3.digitalWrite(rele_33,1);
    } else {
        mcp3.digitalWrite(rele_33,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 34 *****
if (strTopic == relays_topic34.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp3.digitalWrite(rele_34,1);
    } else {
        mcp3.digitalWrite(rele_34,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 35 *****
if (strTopic == relays_topic35.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp3.digitalWrite(rele_35,1);
    } else {
        mcp3.digitalWrite(rele_35,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 36 *****
if (strTopic == relays_topic36.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp3.digitalWrite(rele_36,1);
    } else {
        mcp3.digitalWrite(rele_36,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 37 *****
if (strTopic == relays_topic37.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp3.digitalWrite(rele_37,1);
    } else {

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 115  |
| Змн. | Арк. | № документи | Підпис | Дата |                         |      |

```

        mcp3.digitalWrite(rele_37,0);
    }
}
// Блок РЕЛЕ 38 *****
if (strTopic == relays_topic38.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp3.digitalWrite(rele_38,1);
    } else {
        mcp3.digitalWrite(rele_38,0);
    }
}
// Блок РЕЛЕ 39 *****
if (strTopic == relays_topic39.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp3.digitalWrite(rele_39,1);
    } else {
        mcp3.digitalWrite(rele_39,0);
    }
}
// Блок РЕЛЕ 40 *****
if (strTopic == relays_topic40.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp3.digitalWrite(rele_40,1);
    } else {
        mcp3.digitalWrite(rele_40,0);
    }
}
// Блок РЕЛЕ 41 *****
if (strTopic == relays_topic41.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp3.digitalWrite(rele_41,1);
    } else {
        mcp3.digitalWrite(rele_41,0);
    }
}
// Блок РЕЛЕ 42 *****
if (strTopic == relays_topic42.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 116  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |



```

        mcp3.digitalWrite(rele_42,1);
    } else {
        mcp3.digitalWrite(rele_42,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 43 *****
if (strTopic == relays_topic43.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp3.digitalWrite(rele_43,1);
    } else {
        mcp3.digitalWrite(rele_43,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 44 *****
if (strTopic == relays_topic44.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp3.digitalWrite(rele_44,1);
    } else {
        mcp3.digitalWrite(rele_44,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 45 *****
if (strTopic == relays_topic45.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp3.digitalWrite(rele_45,1);
    } else {
        mcp3.digitalWrite(rele_45,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 46 *****
if (strTopic == relays_topic46.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp3.digitalWrite(rele_46,1);
    } else {
        mcp3.digitalWrite(rele_46,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 47 *****

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 117  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

    if (strTopic == relays_topic47.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp3.digitalWrite(rele_47,1);
        } else {
            mcp3.digitalWrite(rele_47,0);
        }
    }

// Блок РЕЛЕ 48 *****
    if (strTopic == relays_topic48.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp3.digitalWrite(rele_48,1);
        } else {
            mcp3.digitalWrite(rele_48,0);
        }
    }

// Блок РЕЛЕ 49 *****
    if (strTopic == relays_topic49.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp4.digitalWrite(rele_49,1);
        } else {
            mcp4.digitalWrite(rele_49,0);
        }
    }

// Блок РЕЛЕ 50 *****
    if (strTopic == relays_topic50.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp4.digitalWrite(rele_50,1);
        } else {
            mcp4.digitalWrite(rele_50,0);
        }
    }

// Блок РЕЛЕ 51 *****
    if (strTopic == relays_topic51.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp4.digitalWrite(rele_51,1);
        } else {
            mcp4.digitalWrite(rele_51,0);
        }
    }

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 118  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

    }

// Блок РЕЛЕ 52 *****
if (strTopic == relays_topic52.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp4.digitalWrite(rele_52,1);
    } else {
        mcp4.digitalWrite(rele_52,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 53 *****
if (strTopic == relays_topic53.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp4.digitalWrite(rele_53,1);
    } else {
        mcp4.digitalWrite(rele_53,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 54 *****
if (strTopic == relays_topic54.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp4.digitalWrite(rele_54,1);
    } else {
        mcp4.digitalWrite(rele_54,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 55 *****
if (strTopic == relays_topic55.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp4.digitalWrite(rele_55,1);
    } else {
        mcp4.digitalWrite(rele_55,0);
    }
}

// Блок РЕЛЕ 56 *****
if (strTopic == relays_topic56.c_str()) {
    if (strPayload == "OFF") {
        mcp4.digitalWrite(rele_56,1);
    }
}

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 119  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

        } else {
            mcp4.digitalWrite(rele_56,0);
        }
    }

// Блок РЕЛЕ 57 *****
    if (strTopic == relays_topic57.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp4.digitalWrite(rele_57,1);
        } else {
            mcp4.digitalWrite(rele_57,0);
        }
    }

// Блок РЕЛЕ 58 *****
    if (strTopic == relays_topic58.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp4.digitalWrite(rele_58,1);
        } else {
            mcp4.digitalWrite(rele_58,0);
        }
    }

// Блок РЕЛЕ 59 *****
    if (strTopic == relays_topic59.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp4.digitalWrite(rele_59,1);
        } else {
            mcp4.digitalWrite(rele_59,0);
        }
    }

// Блок РЕЛЕ 60 *****
    if (strTopic == relays_topic60.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp4.digitalWrite(rele_60,1);
        } else {
            mcp4.digitalWrite(rele_60,0);
        }
    }

// Блок РЕЛЕ 61 *****
    if (strTopic == relays_topic61.c_str()) {

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 120  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

        if (strPayload == "OFF") {
            mcp4.digitalWrite(rele_61,1);
        } else {
            mcp4.digitalWrite(rele_61,0);
        }
    }

// Блок РЕЛЕ 62 *****
    if (strTopic == relays_topic62.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp4.digitalWrite(rele_62,1);
        } else {
            mcp4.digitalWrite(rele_62,0);
        }
    }

// Блок РЕЛЕ 63 *****
    if (strTopic == relays_topic63.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp4.digitalWrite(rele_63,1);
        } else {
            mcp4.digitalWrite(rele_63,0);
        }
    }

// Блок РЕЛЕ 64 *****
    if (strTopic == relays_topic64.c_str()) {
        if (strPayload == "OFF") {
            mcp4.digitalWrite(rele_64,1);
        } else {
            mcp4.digitalWrite(rele_64,0);
        }
    }

// Блок *****
    if (strTopic == topic_NightMode.c_str()) {
        if (strPayload == "ON") {
            NightMode=1;
        } else {
            NightMode=0;
        }
    }

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 121  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

    }
    // Блок *****
    if (strTopic == topic_1vid.c_str()) {
        if (strPayload == "ON") {
            vid_1 = 1;
            client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/RELE_5", "ON"); //табло
            client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/RELE_6", "ON"); //табло
            client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/RELE_7", "ON");
        //освітлення
            client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/RELE_8", "ON");
        //освітлення
            client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/RELE_16", "ON"); //освітлення
            client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/RELE_29", "ON"); //освітлення
        } else {
            vid_1 = 0;
        }
    }
    // Блок *****
    if (strTopic == topic_2vid.c_str()) {
        if (strPayload == "ON") {
            vid_2 = 1;
            client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/RELE_3", "ON"); //табло
            client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/RELE_4", "ON");
        //освітлення
            client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/RELE_5", "ON");
        //освітлення
            client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/RELE_6", "ON");
        //освітлення
            client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/RELE_16", "ON"); //освітлення
            client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/RELE_30", "ON"); //освітлення
        } else {
            vid_2 = 0;
        }
    }
    // Блок *****
    if (strTopic == topic_3vid.c_str()) {
        if (strPayload == "ON") {
            vid_3 = 1;

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 122  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

        client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/RELE_1", "ON"); //табло
        client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/RELE_2", "ON");
//освітлення
        client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/RELE_3", "ON");
//освітлення
        client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/RELE_4", "ON");
//освітлення
        client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/RELE_16", "ON");
//освітлення
        client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/RELE_31", "ON");
//освітлення
    } else {
        vid_3 = 0;
    }
}

// Блок ALARM !!!
if (strTopic == topic_StartAlarm.c_str()) {
    if (strPayload == "ON") {
        AlarmOsvitlenyaTimer.reset(); //
        AlarmOsvitlenyaTimer.start();
        mp3_stop();
        delay(5);
        startAlarm=1;
        AudioON(); // підключення реле до аудіо каналу
        if (NightMode == 0) {
            Serial.println(F("====START====ALARM===="));
            mp3_stop();
            delay(150);
            mp3_play (1);
        }
        step=1;
        myTimer1.reset();
    }
    else {
        startAlarm=0;
        mp3_stop();
        vid_1 = 0;
        vid_2 = 0;
    }
}

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 123  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

        vid_3 = 0;
        client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/1vid", "OFF");
        client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/2vid", "OFF");
        client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/3vid", "OFF");
//client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP03/StartAlarm", "0");
    }
}
if (strTopic == "MKDSNS/02DPRCH/ESP01/GIMN") {
    if (strPayload == "ON") {
        RunTimerAudio(100000);
mp3_stop();delay(150); mp3_play (4); /*Гімн України*/ } else {
mp3_stop(); }
    }
// Блок [Управление Реле 1 из]
if (strTopic == topic_ALARM1.c_str()) {
    if (strPayload == "ON") {
        rState1 = true;
        Serial.println(F("ALARM!!!"));
        mp3_play (1);
        alarm=1;
        step=1;
        myTimer1.reset();
    }
    else {
        //client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP03/ALARM", "0");
        rState1 = false;
        Serial.println(F("NO___ALARM!!!"));
        alarm=0;
        step=0;
    }
}
// Блок [Управление Реле 1 ]
if (strTopic == topic_ALARM2.c_str()) {
    if (strPayload == "ON") {
        rState2 = true;
        Serial.println(F("ALARM!!!"));
        if (!NightMode) {mp3_play (1);}
        alarm=1;
        step=1;
    }
}

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 124  |
| Змн. | Арк. | № документи | Підпис | Дата |                         |      |



```

        myTimer1.reset();
    }
    else {
        rState2 = false;
        Serial.println(F("NO___ALARM!!!"));
        alarm=0;
        step=0;
    }
}
if (strTopic == topic_ALARM3.c_str()) {
    if (strPayload == "ON") {
        rState3 = true;
        Serial.println(F("ALARM!!!"));
        if (!NightMode) {mp3_play (1);}
        alarm=1;
        step=1;
        myTimer1.reset();
    }
    else {
        rState3 = false;
        Serial.println(F("NO___ALARM!!!"));
        alarm=0;
        step=0;
    }
}
// Блок [Управление Реле 2 из ]
if (strTopic == topic_nafasad.c_str() ) {
    if (strPayload == "ON") {
        Serial.println(F("NAFASAD 1"));
        RunTimerAudio(8000);
        mp3_stop();delay(150);
        mp3_play (7);
    }
    else {
        Serial.println(F("nafasad 0"));
    }
}
}
}

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 125  |
| Змн. | Арк. | № документи | Підпис | Дата |                         |      |

```

const char* FloatToChar (float f) {
    char buf[15];
    dtostrf(f, 5, 2, buf);
    return buf;
}

void SendAllStatus(){
    long _rssi = abs(WiFi.RSSI());
    char c_rssi[10];
    ultoa(_rssi, c_rssi, 10);
    client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/WIFI_IP",
    WiFi.localIP().toString().c_str() );
    client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/WIFI_RSSI", c_rssi );
    client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/WIFI_MAC",
    WiFi.macAddress().c_str() );
}

void reconnect() {
    if (!client.connected()) {
        Serial.print(F("Attempting MQTT connection....."));
        if (client.connect( top_connect.c_str() , mqtt_username,
mqtt_password, willTopic,willQos,willRetain,willMessage )) {
            Serial.println(F("connected"));
            client.subscribe( top_subs.c_str() );
            Serial.print(F("Subscribe to "));
            Serial.println(top_subs.c_str());
            client.publish( willTopic, "1");
            SendAllStatus();
        } else {
            Serial.print(F("failed, rc="));
            Serial.print(client.state());
            Serial.println(F(" try again in 5 seconds"));
            delay(5000);
        }
    }
}

void MQTTreconnect() {
    if ( ( !client.connected() ) and ( myTimerReconnect.isReady() ) ) {

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 126  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

    Serial.print(F("Attempting MQTT connection..."));
    if (client.connect( top_connect.c_str() , mqtt_username,
mqtt_password, willTopic,willQos,willRetain,willMessage )) {
        Serial.println(F("connected"));
        client.subscribe( top_subs.c_str() );
        Serial.print(F("Subscribe to "));
        Serial.println(top_subs.c_str());
        client.publish( willTopic, "1");
        SendAllStatus();
    } else {
        Serial.print(F("failed, rc="));
        Serial.print(client.state());
        Serial.println(F(" try again in 5 seconds"));
    }
}

void FirstStartOnlyInit(){
    if (runkod == 1) { // первый раз запуск для публикации в брокере
        client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/v0010", "OFF");
        client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/v0011", "OFF");
        client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/v0012", "OFF");
        client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/v0013", "OFF");
        client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/v0014", "OFF");
        client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/v0015", "OFF");
        client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/v0016", "OFF");
        client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/v0017", "OFF");
        client.publish(relays_topic1.c_str(), "OFF");
        client.publish(relays_topic2.c_str(), "OFF");
        client.publish(relays_topic3.c_str(), "OFF");
        client.publish(relays_topic4.c_str(), "OFF");
        client.publish(relays_topic5.c_str(), "OFF");
        client.publish(relays_topic6.c_str(), "OFF");
        client.publish(relays_topic7.c_str(), "OFF");
        client.publish(relays_topic8.c_str(), "OFF");
        client.publish(relays_topic9.c_str(), "OFF");
        client.publish(relays_topic10.c_str(), "OFF");
        client.publish(relays_topic11.c_str(), "OFF");
        client.publish(relays_topic12.c_str(), "OFF");
    }
}

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 127  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

        client.publish(relays_topic13.c_str(), "OFF");
        client.publish(relays_topic14.c_str(), "OFF");
        client.publish(relays_topic15.c_str(), "OFF");
        client.publish(relays_topic16.c_str(), "OFF");
        Serial.println(F("RUNKOD-RUN!!!"));
        runkod =0;
    }
}

void i2cscan(){
    byte error, address;
    int nDevices;
    Serial.println(F("Сканирование..."));
    nDevices = 0;
    for(address = 1; address < 127; address++ )
    {
        Wire.beginTransmission(address);
        error = Wire.endTransmission();
        if (error == 0)
        {
            String stringOne = String(address, HEX);
            Serial.print("0x");          Serial.print(stringOne); Serial.print("
- ");

            if(stringOne=="0A") Serial.println("'Motor Driver'");
            if(stringOne=="0F") Serial.println("'Motor Driver'");
            if(stringOne=="1D")   Serial.println("'ADXL345      Input    3-Axis
Digital Accelerometer'");
            if(stringOne=="1E")   Serial.println("'HMC5883    3-Axis    Digital
Compass'");
            if(stringOne=="5A") Serial.println("'Touch Sensor'");
            if(stringOne=="5B") Serial.println("'Touch Sensor'");
            if(stringOne=="5C")   Serial.println("'BH1750FVI   digital   Light
Sensor' OR 'Touch Sensor' ");
            if(stringOne=="5D") Serial.println("'Touch Sensor'");
            if(stringOne=="20") Serial.println("'PCF8574 8-Bit I/O Expander'
OR 'LCM1602 LCD Adapter' ");
            if(stringOne=="21")   Serial.println("'PCF8574      8-Bit      I/O
Expander'");

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 128  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

        if(stringOne=="22")      Serial.println("'PCF8574      8-Bit      I/O
Expander'");
        if(stringOne=="23")  Serial.println("'PCF8574 8-Bit I/O Expander'
OR 'BH1750FVI digital Light Sensor'");
        if(stringOne=="24")      Serial.println("'PCF8574      8-Bit      I/O
Expander'");
        if(stringOne=="25")      Serial.println("'PCF8574      8-Bit      I/O
Expander'");
        if(stringOne=="26")      Serial.println("'PCF8574      8-Bit      I/O
Expander'");
        if(stringOne=="27")  Serial.println("'PCF8574 8-Bit I/O Expander'
OR 'LCM1602 LCD Adapter '");
        if(stringOne=="39")      Serial.println("'TSL2561      Ambient      Light
Sensor'");
        if(stringOne=="40")  Serial.println("'BMP180 barometric pressure
sensor'" );
        if(stringOne=="48")  Serial.println("'ADS1115 Module 16-Bit'");
        if(stringOne=="49")  Serial.println("'ADS1115 Module 16-Bit' OR
'SPI-to-UART'");
        if(stringOne=="4A")  Serial.println("'ADS1115 Module 16-Bit'");
        if(stringOne=="4B")  Serial.println("'ADS1115 Module 16-Bit'");
        if(stringOne=="50")  Serial.println("'AT24C32 EEPROM'");
        if(stringOne=="53")      Serial.println("'ADX1345      Input      3-Axis
Digital Accelerometer'");
        if(stringOne=="68")  Serial.println("'DS3231 real-time clock' OR
'MPU-9250 Nine axis sensor module'");
        if(stringOne=="7A")  Serial.println("'LCD OLED 128x64'");
        if(stringOne=="76")  Serial.println("'BMP280 barometric pressure
sensor'");
        if(stringOne=="77")  Serial.println("'BMP180 barometric pressure
sensor' OR 'BMP280 barometric pressure sensor'");
        if(stringOne=="78")  Serial.println("'LCD OLED 128x64'" );
        nDevices++;
    }
    else if (error==4)
    {
        Serial.print(F("Ошибка по адресу 0x"));
        if (address<16)

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 129  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

        Serial.print(F("0"));
        Serial.println(address, HEX);
    }
}
if (nDevices == 0)
    Serial.println(F("I2C устройства не найдены\n"));
else
    Serial.println(F("Готово\n"));
}
void setup()
{
    Serial.begin(115200);
    mcp1.begin();
    mcp1.writeGPIOAB(0b1111111111111111);
    delay(1000);
    mcp1.pinMode(0, OUTPUT);
    mcp1.pinMode(1, OUTPUT);
    mcp1.pinMode(2, OUTPUT);
    mcp1.pinMode(3, OUTPUT);
    mcp1.pinMode(4, OUTPUT);
    mcp1.pinMode(5, OUTPUT);
    mcp1.pinMode(6, OUTPUT);
    mcp1.pinMode(7, OUTPUT);
    mcp1.pinMode(8, OUTPUT);
    mcp1.pinMode(9, OUTPUT);
    mcp1.pinMode(10, OUTPUT);
    mcp1.pinMode(11, OUTPUT);
    mcp1.pinMode(12, OUTPUT);
    mcp1.pinMode(13, OUTPUT);
    mcp1.pinMode(14, OUTPUT);
    mcp1.pinMode(15, OUTPUT);
    mcp2.begin(1);
    mcp2.writeGPIOAB(0b1111111111111111);
    delay(1000);
    mcp2.pinMode(0, OUTPUT);
    mcp2.pinMode(1, OUTPUT);
    mcp2.pinMode(2, OUTPUT);
    mcp2.pinMode(3, OUTPUT);

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 130  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

mcp2.pinMode(4, OUTPUT);
mcp2.pinMode(5, OUTPUT);
mcp2.pinMode(6, OUTPUT);
mcp2.pinMode(7, OUTPUT);
mcp2.pinMode(8, OUTPUT);
mcp2.pinMode(9, OUTPUT);
mcp2.pinMode(10, OUTPUT);
mcp2.pinMode(11, OUTPUT);
mcp2.pinMode(12, OUTPUT);
mcp2.pinMode(13, OUTPUT);
mcp2.pinMode(14, OUTPUT);
mcp2.pinMode(15, OUTPUT);
    mcp3.begin(2);
mcp3.writeGPIOAB(0b1111111111111111);
delay(1000);
mcp3.pinMode(0, OUTPUT);
mcp3.pinMode(1, OUTPUT);
mcp3.pinMode(2, OUTPUT);
mcp3.pinMode(3, OUTPUT);
mcp3.pinMode(4, OUTPUT);
mcp3.pinMode(5, OUTPUT);
mcp3.pinMode(6, OUTPUT);
mcp3.pinMode(7, OUTPUT);
mcp3.pinMode(8, OUTPUT);
mcp3.pinMode(9, OUTPUT);
mcp3.pinMode(10, OUTPUT);
mcp3.pinMode(11, OUTPUT);
mcp3.pinMode(12, OUTPUT);
mcp3.pinMode(13, OUTPUT);
mcp3.pinMode(14, OUTPUT);
mcp3.pinMode(15, OUTPUT);
mcp4.begin(3);
mcp4.writeGPIOAB(0b1111111111111111);
delay(1000);
mcp4.pinMode(0, OUTPUT);
mcp4.pinMode(1, OUTPUT);
mcp4.pinMode(2, OUTPUT);
mcp4.pinMode(3, OUTPUT);

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 131  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

mcp4.pinMode(4, OUTPUT);
mcp4.pinMode(5, OUTPUT);
mcp4.pinMode(6, OUTPUT);
mcp4.pinMode(7, OUTPUT);
mcp4.pinMode(8, OUTPUT);
mcp4.pinMode(9, OUTPUT);
mcp4.pinMode(10, OUTPUT);
mcp4.pinMode(11, OUTPUT);
mcp4.pinMode(12, OUTPUT);
mcp4.pinMode(13, OUTPUT);
mcp4.pinMode(14, OUTPUT);
mcp4.pinMode(15, OUTPUT);
sensors.begin();
mp3Serial.begin (9600);
Serial.println(F("Setting up mp3 player"));
Serial.println();
Serial.println(root_topik+_DEVID);
setup_wifi();
mp3_set_serial (mp3Serial);
delay(1000);
mp3_set_volume (25); //
ArduinoOTA.onStart([]() {
    String type;
    if (ArduinoOTA.getCommand() == U_FLASH) {
        type = "sketch";
    } else { // U_FS
        type = "filesystem";
    }

    Serial.println("Start updating " + type);
});
ArduinoOTA.onEnd([]() {
    Serial.println("\nEnd");
});
ArduinoOTA.onProgress([](unsigned int progress, unsigned int total)
{
    Serial.printf("Progress: %u%%\r", (progress / (total / 100)));
});

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 132  |
| Змн. | Арк. | № документи | Підпис | Дата |                         |      |



```

    ArduinoOTA.onError([] (ota_error_t error) {
        Serial.printf("Error[%u]: ", error);
        if (error == OTA_AUTH_ERROR) {
            Serial.println("Auth Failed");
        } else if (error == OTA_BEGIN_ERROR) {
            Serial.println("Begin Failed");
        } else if (error == OTA_CONNECT_ERROR) {
            Serial.println("Connect Failed");
        } else if (error == OTA_RECEIVE_ERROR) {
            Serial.println("Receive Failed");
        } else if (error == OTA_END_ERROR) {
            Serial.println("End Failed");
        }
    });
    ArduinoOTA.begin();
    client.setServer(mqtt_server,1883);
    client.setCallback(callback);
    EasyOta.setup();
}

void mcptest(){
    int dl = 100;
    for (int i = 0; i <= 15; i++)
    {
        Serial.print(i);
        mcp1.digitalWrite(i,0);
        delay(dl);
    }
    Serial.println();
    delay(2000);
    for (int i = 15; i >= 0; i--)
    {
        Serial.print(i);
        mcp2.digitalWrite(i,1);
        delay(dl);
    }
}

void GetTempDs18b20() {

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 133  |
| Змн. | Арк. | № документи | Підпис | Дата |                         |      |

```

    sensors.requestTemperatures();
    float temperatureC = sensors.getTempCByIndex(0);
    client.publish("MKDSNS/02DPRCH/ESP01/T_audio",
String(temperatureC).c_str());
}

void OsvitlenyaOff(){ // виключення освітлення після тривоги
    mcp1.digitalWrite(rele_1,1);
    mcp1.digitalWrite(rele_2,1);
    mcp1.digitalWrite(rele_3,1);
    mcp1.digitalWrite(rele_4,1);
    mcp1.digitalWrite(rele_5,1);
    mcp1.digitalWrite(rele_6,1);
    mcp1.digitalWrite(rele_7,1);
    mcp1.digitalWrite(rele_8,1);
    mcp1.digitalWrite(rele_9,1);
    mcp1.digitalWrite(rele_10,1);
    mcp1.digitalWrite(rele_11,1);
    mcp1.digitalWrite(rele_12,1);
    const char * rr = "OFF";
    client.publish(relays_topic1.c_str(), rr);
    client.publish(relays_topic2.c_str(), rr);
    client.publish(relays_topic3.c_str(), rr);
    client.publish(relays_topic4.c_str(), rr);
    client.publish(relays_topic5.c_str(), rr);
    client.publish(relays_topic6.c_str(), rr);
    client.publish(relays_topic7.c_str(), rr);
    client.publish(relays_topic8.c_str(), rr);
    client.publish(relays_topic9.c_str(), rr);
    client.publish(relays_topic10.c_str(), rr);
    client.publish(relays_topic11.c_str(), rr);
    client.publish(relays_topic12.c_str(), rr);
}

void CheckTimerOsvitlenya(){ // запуск таймера на відключення
освітлення після тривоги
    if (AlarmOsvitlenyaTimer.isReady()){
        AlarmOsvitlenyaTimer.stop();
        OsvitlenyaOff();
    }
}

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 134  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |

```

}
void loop()
{
    CheckTimerAudio();
    CheckTimerOsvitlenya();
    EasyOta.checkForUpload();
    client.loop();
    if (!client.connected()) {
        MQTTreconnect();
    }
    if (alarm) {AlarmSteps();}
    if (startAlarm) {RunAlarm();} // основний запуск
}

```

|      |      |             |        |      |                         |      |
|------|------|-------------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |             |        |      | 171.6321М.КР.ПЗ.Додатки | Арк. |
|      |      |             |        |      |                         | 135  |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                         |      |