

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

Перший (бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

Розробка системи автоматизації охоронно-пожежної сигналізації на
приладобудівному підприємстві
(тема)

Виконав:
студент 4 курсу, групи АКТСІ-20-3
Васильченко Є.Р.
(прізвище, ініціали)
Спеціальності 151 Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка
(код і повна назва спеціальності)
Тип програми Освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)
Освітня програма Системна інженерія
(повна назва освітньої програми)
Керівник доц. Сотник С.В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри КІТАР

(підпис)

Невлюдов І. Ш.
(прізвище, ініціали)

2024 р.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет _____ АКТ
Кафедра _____ КІТАР
Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський)
Спеціальність _____ 151 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології
Тип програми _____ Освітньо-професійна
Освітня програма _____ Системна інженерія
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

«14» червня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Васильченко Єлизаветі Романівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації охоронно-пожежної сигналізації на приладобудівному підприємстві

Затверджена наказом по університету від 03.06.2024 №545 Ст.

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 17.06.2024

3. Вихідні дані до роботи _____

3.1 Raspberry Pi Pico W, мікроконтролер для розробки проекту

3.2 Датчики диму, газу, температури, вібрації, руху

3.3 Світлодіоди в трьох кольорах

3.4 Додаткове джерело живлення на 6 В

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

4.1 Вступ

4.2 Аналіз предметної області

4.3 Проектування автоматизованої системи охоронно-пожежної сигналізації

4.4 Розробка автоматизованої системи охоронно-пожежної сигналізації

4.5 Вибір апаратної платформи

4.6 Розробка інтерфейсу системи та модуля зв'язку з об'єктом

4.7 Висновки та перелік джерел посилань

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій _____

Демонстраційний матеріал, представлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) – 12 с. формату А4.

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	16.11.2023	Виконано
2	Розробка класифікації пожежних та охоронних засобів для системи	20.12.2023	Виконано
3	Опис етапів проектування системи охоронно-пожежної сигналізації	05.02.2024	Виконано
4	Розробка структурної схеми системи	10.03.2024	Виконано
5	Вибір апаратної платформи та компонентів системи	13.04.204	Виконано
6	Програмна реалізація системи	29.05.2024	Виконано
7	Оформлення пояснювальної записки	10.06.2024	Виконано
8	Подання роботи на рецензію	10.06.2024	Виконано
9	Передзахист	11.06.2024	Виконано
10	Захист	17.06.2024	Виконано

Дата видачі завдання 15.11.2023

Студент _____
(підпис)

Васильченко Є. Р.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

доц. Сотник С. В.
(посада, прізвище, ініціали)

Я, як студент ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.



"03" червня 2024 р

Васильченко Є.Р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 86 с., 12 табл., 51 рис., 3 дод., 24 джерела.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, RASPBERRY PI PICO W, ОХОРОННО-ПОЖЕЖНА СИГНАЛІЗАЦІЯ, ОХОРОННІ ДАТЧИКИ, ПОЖЕЖНІ ДАТЧИКИ, MICROPYTHON, ПРИЛАДОБУДІВНЕ ПІДПРИЄМСТВО.

Мета роботи – покращення комплексної безпеки об'єкта шляхом оперативного виявлення пожеж та запобігання несанкціонованому доступу.

Об'єкт розробки – процес моніторингу загроз пожежі та незаконного проникнення на приладобудівне підприємство.

Предмет розробки – система охоронно-пожежної сигналізації.

В кваліфікаційній роботі рівня бакалавра було надано деталі процесу проектування ОПС, зокрема вибір типу системи, вибір марки обладнання, інтеграцію з іншими системами та розробку схем розташування обладнання. Враховуючи різні особливості об'єктів, робота рекомендує оптимальні підходи до вибору та розробки системи пожежної сигналізації, сприяючи забезпеченню повного контролю та безпеки на об'єктах різної природи.

Отримані результати розробки можна застосовувати для покращення системи безпеки на будь-яких об'єктах, де потрібна охорона від несанкціонованих проникнень, а також пожеж. Система пожежно-охоронної сигналізації буде корисною для промислових підприємств, магазинів, приватних приміщень і житлових будівель.

ABSTRACT

Explanatory note: 86 pp., 12 tab., 51 fig., 3 app., 24 sources.

AUTOMATION, RASPBERRY PI PICO W, SECURITY AND FIRE ALARMS, SECURITY DETECTORS, FIRE DETECTORS, MICROPYTHON, INSTRUMENT BUILDING ENTERPRISE.

The purpose of the work is to improve the complex security of the facility by promptly detecting fires and preventing unauthorized access.

The object of development is the process of monitoring of fire hazards and unauthorized intrusion at the engineering facility.

The subject of development is fire alarm system.

In the bachelor's level qualification work, details of the fire alarm system design process were provided. This included the selection of system types, equipment brands, integration with other systems, and the development of equipment layout diagrams. Considering the various characteristics of the objects, the work recommends optimal approaches for choosing and developing fire alarm systems, contributing to comprehensive control and safety across different types of facilities.

The obtained results of the development can be applied to enhance security systems at any facilities requiring protection against unauthorized access as well as fires. The fire and security alarm system will be beneficial for industrial enterprises, shops, private premises, and residential buildings.

ЗМІСТ

Перелік скорочень	8
Вступ.....	9
1 Аналіз предметної області.....	12
1.1 Огляд систем охоронно-пожежної сигналізації	12
1.2 Аналіз функцій та основних принципів роботи охоронно-пожежної сигналізації.....	17
1.3 Класифікація пожежних та охоронних засобів для охоронно-пожежних систем	22
2 Проектування автоматизованої системи охоронно-пожежної сигналізації.....	32
2.1 Опис етапів проектування системи охоронно-пожежної сигналізації	32
2.2 Розробка алгоритму роботи системи	36
2.3 Розробка структурної схеми охоронно-пожежної сигналізації.....	43
2.4 Розрахунок споживання енергії компонентами системи охоронно-пожежної сигналізації.....	52
2.5 Дослідження стійкості та якості лінійних систем	56
3 Розробка автоматизованої системи охоронно-пожежної сигналізації	59
3.1 Вибір апаратної платформи	59
3.2 Обґрунтування вибору компонентів для охоронно-пожежної системи.....	63
3.3 Схема підключення елементів на платі	69
3.4 Розробка модуля зв'язку із об'єктом.....	74
3.5 Тестування роботи системи охоронно-пожежної сигналізації.....	77
3.6 Охорона праці	80
Висновки	82
Перелік джерел посилань	84
Додаток А Лістинг програми у Thony.....	87
Додаток Б Лістинг програми у Wokwi.....	94
Додаток В Демонстраційний матеріал.....	99

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АРМ – автоматизовані робочі місця;

КСБ – комплексну систему безпеки;

ОПС – охоронно-пожежна система;

ОС – охоронні сповіщувачі;

ПКП – приймально-контрольний прилад;

ПС – пожежні сповіщувачі.

ВСТУП

Робота розглядає актуальне питання пожежної безпеки, визначаючи її важливість у різних сферах життя та підкреслюючи потенційні загрози для людей і майна. Обговорено важливість автоматизації систем пожежної безпеки та розробки сучасних охоронно-пожежних систем (ОПС) як ключового елементу для мінімізації ризиків та ефективного реагування на пожежні ситуації.

Робота надає деталі процесу проектування ОПС, зокрема вибір типу системи, марки обладнання, інтеграцію з іншими системами та розробку схем розташування обладнання. Враховуючи різні особливості об'єктів, робота рекомендує оптимальні підходи до вибору та розробки системи пожежної сигналізації, сприяючи забезпеченню повного контролю та безпеки на об'єктах різної природи.

Системи охоронно-пожежної сигналізації знаходять широке застосування в різних сферах і об'єктах для забезпечення безпеки людей, майна і виявлення можливих загроз. Серед основних сфер застосування ОПС:

Питання пожежної безпеки достатньо важливі у різних сферах життя:

- промислові об'єкти (великі заводи і підприємства використовують системи охоронно-пожежної сигналізації для виявлення і попередження пожеж. Присутній моніторинг різних виробничих процесів та виявлення пожежонебезпечних ситуацій);

- офісні приміщення (застосування для захисту персоналу та виявлення незаконного доступу. Системи можуть виявляти витoki газів та інших небезпечних речовин);

- торгові центри та роздрібна торгівля (захист від крадіжок та неправомірного доступу, а також можливість швидкого виявлення пожеж у приміщеннях);

- житлові будинки та комплекси (забезпечення безпеки мешканців від пожеж та незаконного вторгнення. Можливість автоматичної взаємодії з екстреними службами);

- освітні установи (захист учнів та персоналу від пожеж і небезпек. Моніторинг доступу до об'єктів та контроль за рухом людей);

- медичні заклади (забезпечення безпеки пацієнтів та медичного персоналу. Сповіщення про пожежі та інші надзвичайні ситуації);

- громадські об'єкти (захист та евакуація людей під час масових заходів. Можливість виявлення випадків терористичних загроз);

- транспортні засоби (встановлення систем охоронно-пожежної сигналізації в автомобілях, літаках та інших транспортних засобах для захисту від пожеж та крадіжок).

Слід зазначити, що застосування систем охоронно-пожежної сигналізації може бути адаптоване до конкретних потреб і характеристик конкретного об'єкта, щоб забезпечити максимальний рівень безпеки.

Отже, ОПС є потенційні загрози для людей і майна. Велика потреба є в автоматизації системи пожежної безпеки, як ключового елементу для мінімізації ризиків та ефективного реагування на пожежні ситуації.

Такі системи можуть забезпечити швидке виявлення і локалізацію пожежі, а також ефективне вчасне реагування, мінімізуючи ризики для людей та майна, тому тема є актуальною.

Мета роботи – покращення комплексної безпеки об'єкта шляхом оперативного виявлення пожеж та запобігання несанкціонованому доступу.

Об'єкт розробки – процес моніторингу загроз пожежі та незаконного проникнення на приладобудівне підприємство.

Предмет розробки – система охоронно-пожежної сигналізації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- огляд систем охоронно-пожежної сигналізації;
- аналіз функцій та основних принципів роботи охоронно-пожежної сигналізації;
- опис етапів проектування системи охоронно-пожежної сигналізації;
- розробка алгоритму роботи програми;
- розробка структурної схеми охоронно-пожежної сигналізації;

- розробка автоматизованої системи охоронно-пожежної сигналізації;
- оформити пояснювальну записку згідно з рекомендаціями [1-2], та вимогами ДСТУ 3008:2015 [3].

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Огляд систем охоронно-пожежної сигналізації

На сьогодні питання пожежної та охоронної безпеки стає предметом серйозної уваги і досліджень, оскільки інциденти пожеж та проникнень до житла чи іншого приміщення можуть виникнути в різних сферах нашого життя, загрожуючи не лише здоров'ю та життю людей, але й призводячи до значних матеріальних збитків. Забезпечення ефективної системи пожежної та охоронної безпеки є критично важливим завданням для захисту спільностей, підприємств та інших об'єктів від потенційних небезпек.

В цьому контексті важливо розглядати можливості автоматизації, які можуть значно підвищити ефективність та швидкість реакції на пожежні загрози.

Розробка автоматизованих охоронно-пожежних систем (ОПС), які поєднують в собі сучасні технології виявлення пожежі, відслідковування та реагування, стає необхідністю в забезпеченні повного контролю та безпеки на об'єктах[4-7].

Під системою охоронно-пожежної сигналізації матимемо на увазі сукупність спільно діючих технічних засобів виявлення появи ознак порушника на об'єктах, що охороняються, та/або пожежі на них, передачі, збору, обробки та подання інформації в заданому вигляді.

Призначенням систем охоронно-пожежної сигналізації є виявлення появи ознак порушника на об'єкті, що охороняється, та подання повідомлення про тривогу для вжиття заходів щодо затримання порушника, а також виявлення пожежі та подання повідомлення про тривогу для прийняття необхідних заходів (наприклад, евакуації персоналу, виклику пожежників)[7].

Слід ще раз зазначити, що ОПС – це комплекс технічних засобів, що спрямовані на збереження людського життя та майна в цілому. Нижче наведено

огляд основних компонентів, які в сукупності і складають охоронно-пожежну систему:

– детектори: елементи, які допомагають швидко реагувати на наявність диму, підвищення температури або концентрації газів рисунок 1.1 [8];



Рисунок 1.1 – Димовий датчик

– пожежні панелі: певні системи управління, які приймають інформацію з детекторів та приймають рішення щодо подальших дій рисунок 1.2 [9];



Рисунок 1.2 – Пожежні панелі

– блоки керування: блоки, що розділяють відстежуваний об'єкт на ділянки для відповідного визначення місця події;

– сигнальна апаратура: прибори, що при певній небезпеці сповіщають про неї та активації евакуації рисунок 1.3 [10];



Рисунок 1.3 – Сигнальна лампа

– автоматична інформаційна передача: автоматичні дзвінки на служби пожежної/правоохоронної безпеки, відображення інформації про стан системи та події на екрані;

– системи евакуації та управління доступом: інформація для людей щодо процедур евакуації та обмеження доступу до місця, перебування в якому несе загрозу для життя рисунок 1.4 [11];



Рисунок 1.4 – План евакуації

– резервне живлення: акумулятори та генератори, що забезпечують живлення системи в разі відключення основного джерела рисунок 1.5 [12];



Рисунок 1.5 – Джерело безперебійного живлення

– системи відеоспостереження: камери, що спрямовані на виявлення порушення безпеки та слідкування за ситуацією в режимі реального часу рисунок 1.6 [13];



Рисунок 1.6 – Камери відеоспостереження

– взаємодія з екстреними службами: автоматичне надсилання сигналів про пожежну або охоронну небезпеку до поліції та інших служб.

Саме завдяки такому комплексу компонентів охоронно-пожежна сигналізація вчасно та оперативно реагує на небезпеку, тим самим в геометричній прогресії зменшує ризик пошкоджень майна, приміщення, а також зберігає багато людських життів. В таких системах охоронно-пожежної сигналізації мають велику потребу всі.

ОПС є важливим елементом для забезпечення безпеки в різних областях та об'єктах, саме тому наводиться перелік основних груп і місць, де подібні системи охоронно-пожежної сигналізації є необхідними:

– офісні будівлі та комерційні об'єкти (офіси, готелі, торгові центри) використовують ОПС для безпеки працівників та відвідувачів. Автоматична сигналізація може виявляти незаконний доступ до об'єкту або пожежу;

– промислові підприємства (заводи, промислові комплекси) потребують такої системи задля збереження продукції та життів працівників від можливих загроз. Системи спостереження за пожежею та датчики виявлення возгорання вчасно розпізнають небезпеку та запобігають її поширенню;

– житлові забудови (будинки, апартаменти, житлові об'єкти) встановлюють охоронно-пожежні системи задля захисту майна мешканців та їх життів від пожеж та несанкціонованого проникнення до приміщення;

– торговельні об'єкти (магазини, супермаркети) використовують подібні системи задля зменшення кількості крадіжок, а ще їх виявлення. Також в подібних об'єктах потрібно забезпечувати безпеку від пожеж;

– медичні заклади (лікарні, лабораторії) повинні мати таку систему задля безпеки пацієнтів, медичного персоналу та обладнання;

– освітні установи (школи, університети, коледжі) мають встановити систему охоронно-пожежної сигналізації для охорони життя учнів та персоналу;

– громадські об'єкти (театри, стадіони, ресторани) являються місцями, де часто знаходиться велика кількість людей, тому подібні об'єкти зобов'язані мати таку систему безпеки;

– транспортні системи (літаки, потяги) можуть зіштовхнутись з такою проблемою, як аварії, тому теж потребують певної системи безпеки.

Враховуючи нинішню ситуацію в світі, подібного роду система охоронно-пожежної сигналізації є вкрай важливим комплексом, що об'єднує системи безпеки та інженерно-комунікаційні системи об'єкту. Цей комплекс має забезпечувати достовірною інформацією технічні системи сповіщення, пожежогасіння та контролю доступу.

1.2 Аналіз функцій та основних принципів роботи охоронно-пожежної сигналізації

Для початку виділимо основні задачі охоронно-пожежної системи, а саме:

- визначення несанкціонованого проникнення на об'єкт, що охороняється, чи появи ознак пожежі;
- видача сигналу тривоги та включення виконавчих пристроїв (світлових та звукових оповіщувачів).

Ефективність роботи системи охоронно-пожежної сигналізації визначається характеристиками датчиків виявлення порушників (пожежі, крадіїв), від ймовірності виявлення несанкціонованого проникнення. Проводяться спеціальні випробування, під час яких виявляється залежність правильного функціонування датчиків різних факторів. Слід зазначити, що існує залежність від параметрів, що характеризують порушника (його обізнаність, технічна оснащеність, швидкість та напрямок руху, та ін.), характеристики сповіщувача, навколишні умови (рослинність, рельєф місцевості, наявність джерел перешкод тощо).

На можливість виявлення впливає також кваліфікація порушника. Підготовлений чи висококваліфікований порушник, який знає принципи дії датчиків, їх слабкі місця, що має апріорну інформацію про об'єкт та систему сигналізації, та буде використовувати цю інформацію для подолання ОПС, обирати маршрут проникнення, враховуючи меншу чутливість датчиків при радіальному напрямі руху. Тому такі знання у поєднанні з інформацією про топологію об'єкта

та місця розташування датчиків, якими може володіти кваліфікований порушник, можуть зіграти вирішальну роль у подоланні ОПС без виявлення.

Слід зазначити, що подібна система має відповідати певним вимогам:

- сповіщення про тривогу система повинна подавати у будь-який час, встановлений у стандарті держави на системи конкретного виду;
- ймовірність хибних сповіщень про тривогу має бути мінімальною;
- має бути забезпечене повідомлення про несправності;
- поточний контроль працездатності ОПС слід виконувати за умови – мінімального періоду переривання її нормальної роботи;
- безперебійне електроживлення.

На основі вищенаведених задач ОПС та вимог до неї, були виділені функції системи об'єкта, що охороняється:

- безперервний контроль задимленості та температурного режиму;
- визначення ознак займання на об'єкті;
- виявлення точного місця загоряння / порушення обмеження доступу, а також виникнення будь-якої потенційно небезпечної ситуації;
- сповіщення служб про спробу несанкціонованого доступу;
- повідомлення про можливі пошкодження, несправності.

Система охоронно-пожежної сигналізації являється необхідною умовою безпеки на будь-якій території, що має знаходитися під охороною. Щоб зрозуміти принцип функціонування подібної системи необхідно пригадати, які складові мають бути в ОПС.

Основними комплектуючими такої системи являються: різного роду датчики, що своєчасно розпізнають несанкціоноване проникнення або загрозу пожежі; прибори та механізми, що збирають інформацію з датчиків; панелі керування / контролю, які сповіщають людей про небезпеку в приміщенні та виконують певні дії в залежності від ситуації (викликають поліцію / пожежників / швидку, вмикають звукову/світлову сигналізацію та у випадку пожежі відбувається її гасіння). Варіант розташування всіх датчиків та приладів ОПС можна побачити на рисунку 1.7 [14].

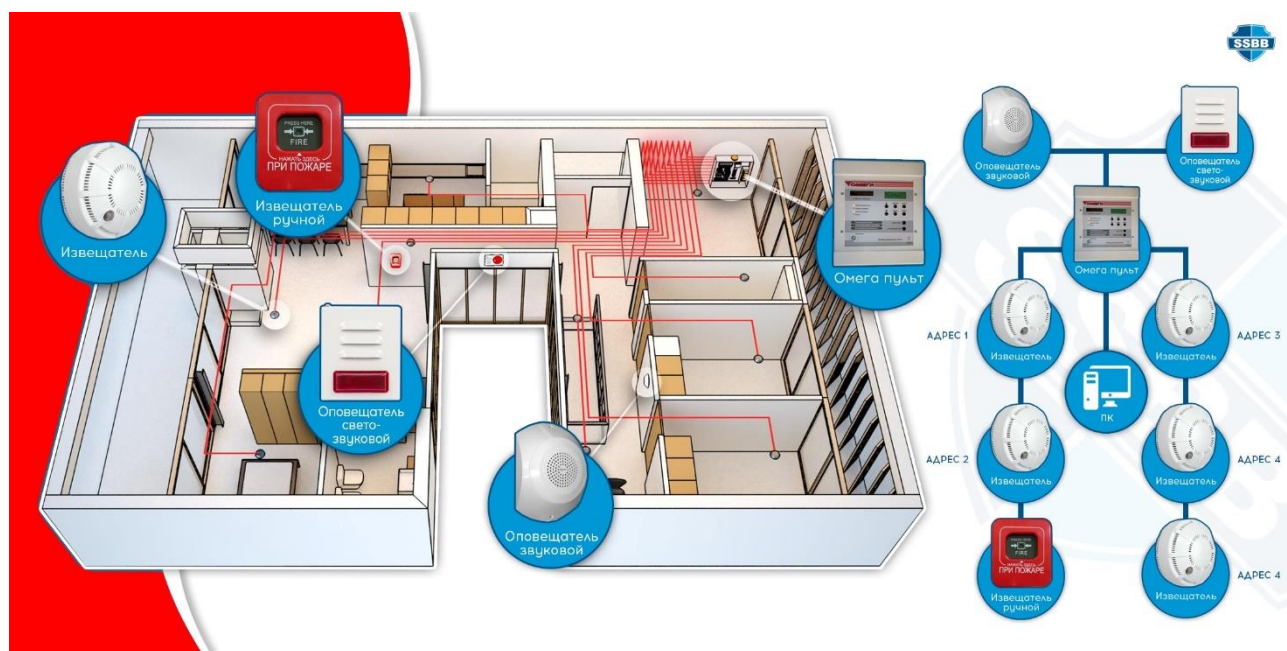


Рисунок 1.7 – Розташування комплектуючих ОПС

Принцип роботи ОПС доволі простий та зрозумілий. Як чутливі елементи, що дозволяють відреагувати на загоряння або проникнення на об'єкт, використовуються датчики. Датчики передають інформацію на диспетчерський пульт для обробки даних та подальшого перетворення для зручного сприйняття.

Далі за отриманими результатами система управління виробляє сигнали, які впливають на об'єкт, що охороняється через захисні виконавчі механізми – замки, турнікети, евакуаційні проходи, огороження, які забезпечують виведення людей із зони небезпеки. Якщо на об'єкті є функція автоматичного гасіння, вона повинна включатися безпосередньо після отримання сигналу про спалах, про наявність диму або концентрацію газів. Одночасно має відбуватися спрацювання установки димовидалення, блокування штатного електроживлення.

Якщо виявлено несанкціонований доступ на об'єкт, що захищається, повинна бути запущена програма його захисту.

Однією з головних складових ОПС є датчики, які в залежності від принципу дії можуть бути класифіковані в такий спосіб: ультразвукові, світлові, вібраційні датчики; радіохвильові, акустичні, ІЧ-перетворювачі.

Можливе також використання комбінованих приладів. В ОПС застосовують спеціальні датчики, які можуть реагувати на частинки диму, деяких газів (CO , CO_2), інших хімічних речовин, що містяться у повітрі.

Іноді застосовуються полум'яні датчики, тобто чутливі до підвищення температури, а також універсальні перетворювачі, що реагують одночасно на різні компоненти повітря.

У комплексних системах захисту в основному використовуються датчики контролю різних типів, наприклад, дистанційні, що реагують на удар, датчики руху та ін.

Інформація, отримана від датчиків, реєструється приймальною панеллю, що представляє собою пристрій для збору, накопичення та обробки сигналів, що надходять. При реєстрації пожежі або несанкціонованому доступі в зону, що охороняється, включається тривожна сирена, сигналізація. Далі керуючі сигнали, подаються на інженерні системи споруд. Наприклад, активується автоматичне пожежогасіння, здійснюється блокування або розблокування дверей.

Пристрої автоматичного пожежогасіння можуть бути засновані на використанні різних речовин для мінімізації вогнища загоряння – води, вуглекислоти та ін., в залежності від специфіки об'єкта, що охороняється.

За допомогою пульта керування диспетчер (співробітник охорони) може визначити локалізацію пожежі, її інтенсивність, розповсюдження, передати тривожний сигнал про спалах у відділ пожежної охорони. Залежно від поточних завдань оператор може змінювати опції ОПС. У сучасних ОПС приймальна панель замінюється графічним інтерфейсом.

До пристроїв оповіщення відносять мовні, звукові та світлові сповіщувачі, вивіски, інформаційні табло, мікрофони, гучномовці. Їх функція – повідомити людей, які знаходяться на об'єкті, що охороняється, про пожежу або іншу небезпеку, шляхи евакуації, можливі укриття. Ці пристрої дозволяють направити до виходів евакуаційні потоки, доводять інформацію про поширення займання, активації системи пожежогасіння та ін.

Доволі важливий момент в алгоритмі дій при спрацюванні ОПС є те, що об'єкт повинен бути знеструмлений, а система безпеки автоматично переходить на джерело безперебійного живлення, тобто на акумулятор. У комплекті з сигналізацією завжди поставляються монтажні схеми, але їх підключення слід довірити професіоналам, які мають ліцензію на встановлення та обслуговування системи.

Для того, щоб створити необхідний рівень безпеки об'єкта, потрібно застосовувати комплексну систему безпеки (КСБ). В такому випадку функції різних систем, що діють спільно, мають доповнювати одна одну, але при цьому не створювати впливу на роботу своїх складових частин.

При створенні КСБ різного типу об'єкта слід використовувати інтегровані системи, які в своєму складі мають основні системи: охоронно-пожежна сигналізація; тривожна сигналізація; керування та контролю доступом; збір, обробка та відображення інформації; охоронного спостереження; гасіння пожежі і виведення диму; сповіщення та керування евакуацією людей; оперативного зв'язку з потрібними службами; додаткового електроживлення.

Перед встановленням ОПС, потрібно оцінити функціональність та ефективність системи, адже це є важливим пунктом забезпечення безпеки в будь-якому об'єкті чи приміщенні.

Перш за все треба перевірити ефективність заходів безпеки, чи достатньо добре виконує свої функції сама охоронно-пожежні сигналізація. Тобто чи успішно виявляє потенційну загрозу і вчасно реагує на неї. До цього йде ще перевірка технічного стану обладнання, оцінка всіх складових системи та визначення потреби в обслуговуванні.

Важливо перевірити також чи відповідає обрана ОПС всім нормативам та вимогам, що встановлені відповідною організацією. Досить важливою є перевірка персоналу, а саме їх рівень підготовки. Персонал має доволі швидко реагувати на сигнали тривоги та приймати певні заходи, в залежності від небезпеки. Слід пам'ятати також про систему моніторингу за системою, яка вчасно буде звітувати про якісь несправності та аналізувати всю роботу системи.

1.3 Класифікація пожежних та охоронних засобів для охоронно-пожежних систем

В сучасному світі, де технології та інновації стають важливою складовою щоденного життя, питання безпеки набувають особливого значення.

Окрема увага приділяється розробці та вдосконаленню пожежних та охоронних засобів для різних об'єктів.

Класифікація цих засобів відіграє ключову роль у забезпеченні ефективної системи пожежного захисту.

Було розглянуто різноманітні пожежні та охоронні засоби, призначені для захисту об'єктів.

Виділено основні принципи їхньої класифікації, характеристики та особливості кожного класу засобів. Класифікація охоронних сповіщувачів (ОС) зображена на рисунку 1.8.

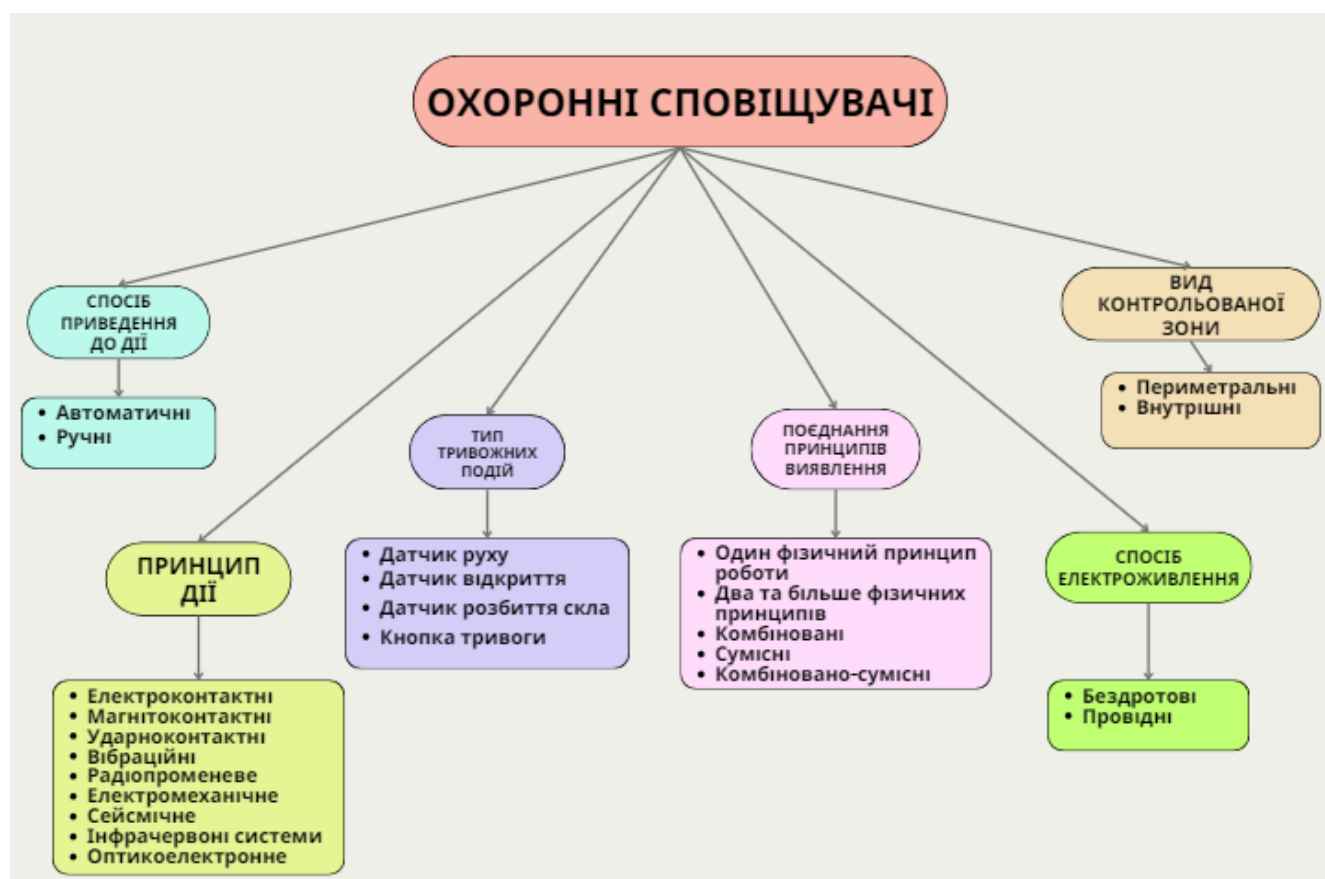


Рисунок 1.8 – Класифікація охоронних сповіщувачів

Головною функцією охоронних сповіщувачів являється виявлення несанкціонованого проникнення на контрольовану зону та формування тривожного повідомлення. Класифікація ОС проводиться за низкою ознак:

- спосіб приведення до дії;
- принцип дії;
- тип тривожних подій;
- поєднання принципів виявлення;
- спосіб електроживлення;
- вид контрольованої зони.

Розглядаючи сповіщувачі за способом приведення до дії, то це можуть бути ручні або автоматичні. Автоматичні сповіщувачі спрацьовують в тому випадку, коли чутливі елементи реагують на зовнішнє втручання. Ручні приводяться до дії саме завдяки людям, адже для прикладу це можуть бути тривожні кнопки.

За принципом дії ОС поділяються на достатньо велику кількість видів. Серед основних видів сповіщувачів за принципом дії: електроконтактні, магнітоконтактні, ударноконтактні, вібраційні, радіопроменеві, електромеханічні, сейсмічні, інфрачервоні системи, оптикоелектронні.

Електроконтактні сповіщувачі мають принцип дії, що опирається на встановленні електричного контакту при порушенні певної області. Тобто при розірванні або замиканні контактів сповіщувач спрацьовує на вторгнення або порушення безпеки. Зазвичай такі сповіщувачі встановлюють на двері, вікна.

Магнітоконтактні спрацьовують при певних змінах магнітного поля, тобто при порушенні області, що захищається. Зазвичай такі сповіщувачі складаються з магніту та датчику і встановлюються також на двері або вікна.

Ударноконтактні приводяться в дію при ударах в об'єкт, до якого вони закріплені. Використовують для вікон, дверей або сейфів.

Вібраційні мають властивість реагувати на вібрації, які утворюються при спробі спричинити пошкодження або проникнення до об'єкта. Зазвичай встановлюють на стіни, скляні вітрини або ж на предмети, що являються цінностями.

Радіопроменеві за принципом дії використовують радіохвилі для передачі сигналів між датчиками та панеллю контролю. Добре підходить для великого простору, де буде проблематично проводити кабелі.

Електромеханічні сповіщувачі мають в своєму складі механічні компоненти та електричний струм, які потрібні для виявлення порушень. Застосування таких сповіщувачів потрібно в різних місцях, наприклад, двері, ворота та периметр загалом.

Сейсмічні реагують на різного виду коливання та сейсмічні хвилі, що спричинені рухами. Такі сповіщувачі потрібні для будівель або промислових об'єктів для виявлення несанкціонованого проникнення.

Інфрачервоні системи працюють на виявлення теплових сигналів, які випромінюються об'єктами, а також реагують на зміну температури. Подібні сповіщувачі доволі часто використовуються в системах для охорони територій, воріт та будівель.

Оптикоелектронні виявляють прозорі та непрозорі об'єкти, що перетинають світловий потік. Встановлюються для охорони простору.

ОС можуть використовувати різні джерела живлення для роботи. Основні типи електроживлення включають провідні та бездротові сповіщувачі. Провідні підключаються до електричної мережі, а бездротові використовують для роботи акумулятори або інші джерела енергії.

Сповіщувачі охоронні за видом контрольованої зони можуть бути для моніторингу та виявлення подій в різних зонах об'єкта. Внутрішні створені для контролю внутрішніх приміщень і можуть працювати на виявлення руху, відкриття та інших подій. Периметральні навпаки потрібні для контролю вздовж зовнішнього периметру, щоб фіксувати неправомірне втручання та рух.

За поєднанням принципів виявлення сповіщувачі бувають різні: один фізичний принцип роботи (один принцип для виявлення події); два та більше принципів (два і більше принципів для підвищення точності та надійності); комбіновані (різні фізичні принципи, але кожен принцип незалежний від інших); сумісні (різні фізичні принципи, але вони поєднані в один сигнал); комбіновано-

сумісні (різні фізичні принципи, які можуть бути поєднані або окремо, залежно від задачі).

Класифікація охоронних сповіщувачів за типом тривожних подій, це важливий аспект функціонування систем безпеки – реагування на конкретні ситуації та події, які можуть загрожувати життю людей або самому об'єкту.

Датчики руху такий прибор, що реагує на випромінювання людського тепла. Рух та теплові зміни активують датчик і тим самим викликають тривогу. Встановлюють в приміщеннях та на дворі задля виявлення неправомірного вторгнення до об'єкту. Для прикладу, візьмемо інфрачервоний датчик руху Crow Swan Quad зображений на рисунку 1.9 [15]. Даний датчик має такі характеристики:

- дротовий тип підключення;
- до 18 метрів дальність виявлення;
- 110° кут огляду;
- живлення має 8,2–16 В.



Рисунок 1.9 – Датчик руху Crow Swan Quad

Датчик відкриття потрібен для виявлення відкриття дверей, вікон і працює завдяки магнітному контакту, який має реагувати на відділення магніту та датчика один від одного. При розірванні цього контакту й активується тривожна система. Прикладом послугує магнітоконтатний датчик відкриття Satel AXD–200 рисунок 1.10 [15], що має такі характеристики:

- бездротовий тип підключення;

- 20 мм поріг спрацювання;
- до 500 метрів дальність передачі;
- 868 МГц являється робоча частота.



Рисунок 1.10 – Датчик відкриття Satel AXD–200

Датчик розбиття реагує на звукові вібрації, які виникають при розбитті скла. Саме акселерометр та мікрофон використовуються для уловлювання цих вібрацій. Як приклад, розглянемо цифровий датчик розбиття скла Satel MAGENTA рисунок 1.11 [15], який має такі характеристики:

- провідний тип підключення;
- до 6 метрів дальність виявлення;
- DC 12 В – живлення.

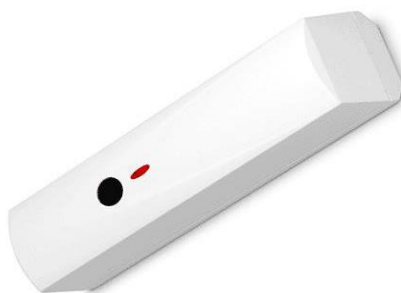


Рисунок 1.11 – Датчик розбиття скла Satel MAGENTA

Тривожна кнопка працює завдяки ручному втручанню людини. Це механічна або електронна кнопка, яка при натисканні активує сигналізацію. Чудовим варіантом такої кнопки може слугувати бездротова кнопка SOS–01 на

браслеті, яка зображена на рисунку 1.12 [15]. Такий браслет буде завжди поруч, він водонепроникний, а також оперативно викликатиме сигнал тривоги.



Рисунок 1.12 – Тривожна кнопка

Наступним пунктом було розроблено класифікацію для пожежних сповіщувачів (ПС), що зображена на рисунку 1.13.

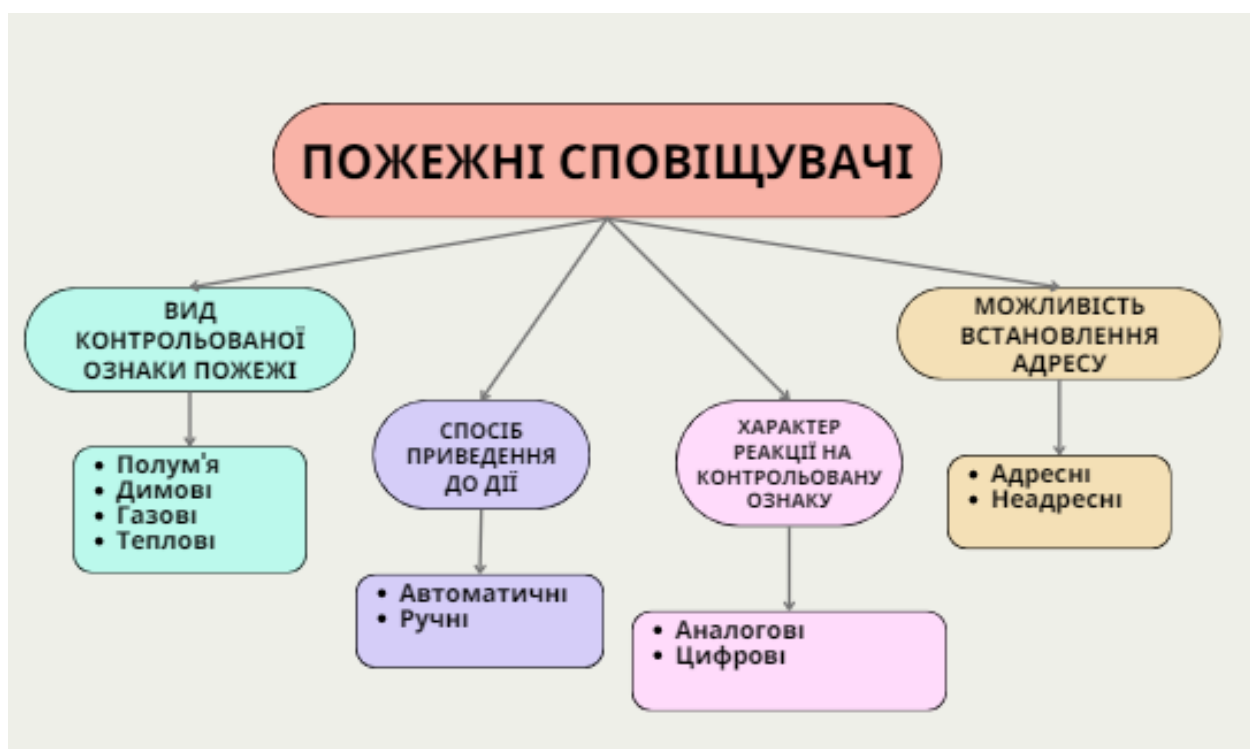


Рисунок 1.13 – Класифікація пожежних сповіщувачів

Головною функцією пожежних сповіщувачів являється швидке реагування на ознаки пожежі та надання сигналу тривоги, щоб система безпеки активувалась. Основні ознаки класифікації ПС:

- вид контрольованої ознаки пожежі;
- спосіб приведення до дії;
- характер реакції на контрольовану ознаку;
- можливість встановлення адреси.

Розглядаючи сповіщувачі за способом приведення до дії, можна виділити ручні та автоматичні. Ручні сповіщувачі не мають функції виявлення пожежі, їх робота полягає в передачі тривожного сигналу. Тобто людина, яка помітила перші ознаки пожежі, натискає відповідну кнопку для запуску системи. Автоматичні навпаки працюють незалежно від людей. Вони самостійно визначають пожежу по різним факторам і формують сигнал про тривогу.

ПС можуть бути адресні або неадресні. Адресні сповіщувачі мають унікальну адресу, можуть точно ідентифікувати місце розташування пожежі. Неадресні не мають своєї унікальної адреси, і при появі пожежі вмикається загальна сигналізація без уточнення місця, де саме виявлено ознаку пожежі.

За характером реакції на контрольовану ознаку ПС поділяються на дві основні категорії: аналогові та цифрові. Аналогові сповіщувачі передають не тільки сигнал, а й деталізовану інформацію про ступінь інтенсивності або інші параметри виявленої події. Такі прилади мають високу точність та чутливість виявлення пожеж. Цифрові передають тільки сигнал без якоїсь додаткової інформації, це зазвичай просто сигнал про тривогу.

Основне за чим можна класифікувати сповіщувачі – вид контрольованої ознаки пожежі. Такі прилади різняться тим, яку конкретно ознаку пожежі вони виявляють.

Сповіщувачі можуть реагувати на полум'я та імпульси інфрачервоного випромінювання, які є характерними для вогню. Підходять для того, щоб виявляти відкритий вогонь та полум'я в ранніх стадіях. Сповіщувач полум'я Алмаз, що зображений на рисунку 1.14 [15], послугує прикладом. Цей сповіщувач має такі характеристики:

- струм, що споживається при тривозі (25 мА);
- струм, що споживається у черговому режимі (0,25 мА);

- від -25° до $+55^{\circ}$ діапазон робочих температур;
- 90° кут прийому сповіщувача;
- 95% – доступна відносна вологість повітря при $+40^{\circ}$.



Рисунок 1.14 – Сповіщувач полум'я Алмаз

Димові сповіщувачі потрібні для виявлення часток диму, що говорить про початок пожежі. Допомагає виявити пожежу на початку загоряння. Для детальнішого розгляду подивимось на сповіщувач диму СПД–3.2 рисунок 1.15 [15]. Характеристика цього сповіщувача:

- струм, що споживається при тривозі (12 – 22 мА);
- струм, що споживається у черговому режимі (0,095 мА);
- від -10° до $+55^{\circ}$ діапазон робочих температур;
- присутня індикація чергового режиму;
- за 3 секунди відключає живлення, щоб повернутись в черговий режим.



Рисунок 1.15 – Сповіщувач диму СПД-3.2

Газові ПС реагують на наявність конкретних газів або продуктів горіння. Часто такі сповіщувачі використовують саме в тих місцях, де можливий виток газу. Бездротовий сповіщувач чадного газу Pyronix CO-WE зображений на рисунку 1.16 [15], з такими характеристиками:

- присутній індикатор рівня сигналу;
- є антисаботаж;
- від 0° до + 50° діапазон робочих температур;
- звуковий сповіщувач 85 дБ/3 м;
- бездротовий шукач чадного газу.



Рисунок 1.16 – Сповіщувач газу Pyronix CO-WE

На підвищення температури в зоні, що охороняється, реагує сповіщувач тепловий. Це буде ідеальним варіантом у випадку, коли є зона, де важко виявляти дим чи полум'я, але може бути підвищення температури. Для прикладу, було взято датчик тепла ТПТ-3, який зображений на рисунку 1.17 [15]. Він має таку характеристику:

- від $+3^{\circ}$ до $+60^{\circ}$ діапазон робочих температур;
- 9 –30 В діапазон живлячих напруг;
- внутрішній опір 500 Ом;
- струм споживання 0,15 мА.



Рисунок 1.17 – Сповіщувач тепла ТПТ-3

2 ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОХОРОННО-ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

2.1 Опис етапів проектування системи охоронно-пожежної сигналізації

Проведення робіт з проектування чи модернізації системи охоронної та пожежної сигналізації засновано на певній послідовності етапів. Початковим та обов'язковим етапом є проведення обстеження об'єкта, що захищається, побудова та вивчення плану, розбивка на контрольовані зони в залежності від значущості та цінності ресурсів, які підлягають захисту.

На початковому етапі проектування системи ОПС здійснюється [17-20]:

- визначення контрольованої території об'єкта;
- розбивання будівель, споруд та приміщень на окремі зони, що підлягають захисту;
- будування структурної та просторової моделі об'єкта захисту з урахуванням місця розташування ресурсів, що захищаються;
- визначення зони об'єкта, на яких потрібно ввести відеоспостереження;
- визначення обстановки навколо об'єкта, що захищається на предмет виявлення можливих перешкод: наявність високовольтної лінії електропередачі, залізничних колій та інше.

Наступним етапом зазвичай проводиться вибір типу та структури охоронної та пожежної сигналізації: автономна, централізована чи комбінована, визначається кількість рубежів захисту, ступінь інтегрованості у єдиний комплекс, наявність автоматизованих робочих місць (АРМ). Також на цьому етапі проводиться визначення виду рубежів охорони (кількість шлейфів охоронної та пожежної сигналізації, зони точок доступу, зон перегляду телекамерами, зон сповіщення), визначення меж захисту на кожній контрольованій зоні, визначення вразливості зон та шляхів проникнення, обґрунтування та вибір технічних засобів виявлення, вибір технічних засобів збору та обробки інформації, вибір категорії та схеми

електропостачання технічних засобів систем безпеки, а ще побудова схеми розміщення обладнання (розміщення трас та способів прокладання з'єднувальних проводів та кабелів).

ОПС є важливою складовою безпеки будівель та сприяє зменшенню ризику пожеж та їх наслідків. Ефективна система включає в себе комплекс технологій, спрямованих на запобігання виникненню пожеж та швидке їхнє локалізації.

Після вищеперерахованих етапів потрібно розглянути наступні дії:

- виявлення та сигналізація (розташування димових та теплових детекторів у стратегічних місцях для виявлення виникнення пожежі, а також використання автоматичних та ручних систем сигналізації для швидкого інформування про пожежу та вжиття необхідних заходів);

- сповіщення та евакуація (встановлення засобів сповіщення для оперативної інформації про пожежу та розробка/розміщення планів евакуації для ефективного виведення людей з будівлі);

- гасіння пожежі (використання систем автоматичного гасіння пожежі, таких як системи спринклерів, що активуються при виявленні певного рівня температури чи диму та забезпечення належного тиску води для ефективного гасіння пожежі за допомогою гідрантів);

- системи електроживлення (встановлення систем резервного живлення для забезпечення функціонування пожежно-охоронної системи під час відключення основного електропостачання) [16].

Перед тим, як обрати систему пожежно-охоронної сигналізації для промислового виробництва, потрібно проаналізувати всі можливі загрози на об'єкті. Беручи до уваги процеси на виробництві та мікроклімат об'єкта, що охороняється, можна виділити потенційні небезпеки, які можна очікувати в роботі.

Враховуючи те, що у виробництві використовують різноманітні матеріали та обладнання, які можуть спричинити нещасні випадки. Для прикладу, легкозаймисті матеріали, робота з високими температурами може призвести до пожежі або навіть до вибуху.

Мікроклімат відіграє також важливу роль у процесі проектування системи. Висока вологість негативно впливає на обладнання тим, що може створювати корозію, тим самим збільшується ризик короткого замикання. У виробничих приміщеннях через роботу обладнання та процес тепловиділення в результаті технологічних процесів, важливо враховувати потенціал підвищення температури.

Подібний аналіз допоможе визначити місця та зони, де саме потрібно встановлювати певні заходи безпеки, такі як датчики диму, тепла та автоматичні системи пожежогасіння. Врахувавши всі вищеперераховані фактори, буде можливість спроектувати ефективну систему, яка зможе забезпечити безпеку працівників та майна на виробництві.

Для того, щоб обрати вид пожежної та охоронної автоматики також потрібно враховувати потреби об'єкта. Наприклад, для виробництва потрібно використовувати датчики тепла, диму та полум'я, оскільки присутня небезпека через деякі робочі процеси та вогненебезпечні матеріали. Ці датчики допоможуть виявляти небезпеку на самих ранніх стадіях, сповіщати працівників і відповідні служби для оперативного пожежогасіння.

На виробництвах багато працівників і є зони, де має бути обмежений доступ, саме тому потрібні системи контролю доступу і інше обладнання, яке буде контролювати несанкціонований доступ, щоб вчасно надсилати сигнал і захищати майно підприємства. Важливим етапом буде встановлення відеоспостереження, щоб відслідковувати все, що відбувається на об'єкті в реальному часі.

Врахувавши всі потреби об'єкта та його специфіку, буде якісніше підібрано пожежну та охоронну автоматику, яка забезпечить високий рівень захисту та безпеку на виробництві.

Розташування автоматики має велике значення, адже вони мають знаходитися там, де ймовірність небезпеки є найвищою. Наприклад в місцях, де працюють з вогненебезпечними матеріалами або там, де може статися коротке замикання.

Щодо охоронної частини, то вона має бути розташована в стратегічних зонах, де може відбутися несанкціонований доступ. В таких зонах має бути як обладнання для спостереження, так і для сповіщення.

Головною частиною системи ОПС є приймально-контрольний прилад (ПКП), який відповідає за прийом всіх сигналів, які надходять від датчиків пожежної та охоронної автоматики. Також ПКП обробляє ці сигнали та запускає процес виконання певних заходів для збереження безпеки.

Перед тим як встановити ПКП, потрібно провести детальний аналіз та розпланувати, де саме має розташовуватись цей прилад. Для цього виділяються місця на виробництві, де може виникнути потенційна небезпека. При встановленні ПКП на обраному місці, потрібно притримуватися правил, нормативних вимог.

Після встановлення приймально-контрольного приладу слідує підключення до нього всіх елементів системи. У це підключення входять всі датчики, сповіщувачі, освітлення, аварійна система електроживлення, вентиляція, система пожежогасіння та інше. Коли всі елементи підключені, має проводитись тестування для того, щоб перевірити коректність роботи системи і одразу провести технічне обслуговування, якщо це потрібно.

Слід застосовувати такі методи, які будуть зберігати та аналізувати всю отриману інформацію з ПКП. Найкращими варіантами є зберігання всіх даних на серверах або хмарних сховищах. Зберігання на сервері дозволить проводити контроль та керування даними з різних джерел, а завдяки хмарним сховищам легко зберігати дані на віддалених серверах і мати доступ до цих даних будь-де через інтернет.

Вся інформація, яка буде зберігатися на серверах або хмарних сховищах, має бути захищена від несанкціонованого доступу. Для цього використовують шифрування, щоб дані, які передаються були зашифровані. Це потрібно, щоб доступ до важливих даних був неможливий для злоумисників, а також не було можливості незаконно використовувати цю інформацію.

Перед тим як розпочати повноцінне впровадження системи пожежно-охоронної сигналізації до робочого процесу, потрібно провести тестові процедури. Вони потрібні для ретельної перевірки системи, як вона працює в певній надзвичайній ситуації. Тестується сумісна робота всіх датчиків, приймально-керуючого приладу. Перевіряється спрацювання датчиків, надсилення сигналів на ПКП, сповіщення персоналу та відповідних служб, а також запуск пожежогасіння, у випадку пожежі.

Моделюються різного роду небезпеки і спостерігається за роботою системи, щоб вчасно налагодити все, що працює не коректно або замінити те, що не працює взагалі.

Досить важливим є проведення інструктажу для працівників, а також складання потрібної документації, яка буде налічувати в собі налаштування системи, правила з експлуатації, а також схеми монтажу. Завдяки такій документації працівники матимуть змогу розібратися з принципами роботи системи, а також мати знання з обслуговування, щоб вчасно виправляти всі поломки в системі.

2.2 Розробка алгоритму роботи системи

Приладобудівне підприємство має складний план, велику кількість різних зон, де безпека, ефективна реакція та точність являються найважливішими складовими надійної системи безпеки та пожежної сигналізації.

Для забезпечення захисту майна та персоналу, потрібні не тільки найсучасніші технології, а й детально розроблені алгоритми, які будуть адаптовані до конкретної задачі, яка властива до цього об'єкта.

Задля правильної розробки алгоритмів для роботи системи охоронно-пожежної сигналізації на підприємствах, потрібно враховувати: всі можливі галузеві нюанси, нормативні вимоги, а також можливі загрози.

Галузь приладобудування являє собою комплекс з сучасних технологій та складних процесів, які в сукупності потрібні для виробництва різних інструментів

та приладів різного застосування. Не дивлячись на всі можливості такого підприємства, ризики шпигунства та пожеж залишаються. Саме тому, для таких об'єктів потрібно розробляти ефективну систему ОПС.

При розробці алгоритмів виникають труднощі, оскільки небезпека, яка може загрожувати об'єкту може бути різною, як порушення фізичне, так і екологічні проблеми. Для цього і потрібне детальне вивчення підприємства, зон які можуть бути найбільш уразливі.

Алгоритми роботи системи охоронно-пожежної сигналізації, представляють собою перелік покрокових дій, які виконуються системою, у разі виникнення потенційної небезпеки. Завдяки цим алгоритмам забезпечується систематичне та ефективне реагування на загрози.

Подібні алгоритми мають налічувати етап моніторингу, коли контролюються датчики, етап перевірки стану тривоги, щоб мінімізувати хибні тривоги, етап активування сигналу про тривогу, етап комунікації ПКП з відповідними службами, етап запуску систем вентиляції/пожежогасіння у разі потреби.

Після виконання всіх заходів безпеки, проводяться певні дії після усунення небезпеки, а саме дії скидання та відновлення. Відбувається надсилання сигналу, що загроза усунена, дезактивується сигналізація, а також виконується обслуговування всіх компонентів системи, задля потрібної заміни або налаштування.

Оскільки для такого об'єкту, який налічує різні зони, потрібна складна система, то алгоритми роботи системи мають бути для кожної можливої загрози, серед яких:

- виявлення диму та пожежі;
- утворення вогню від різних джерел тепла;
- виявлення руху або проникнення;
- виявлення вібрації та розбиття скла;
- виявлення викиду шкідливих речовин.

Для виявлення диму та пожежі, алгоритм роботи системи зображений на рисунку 2.1.

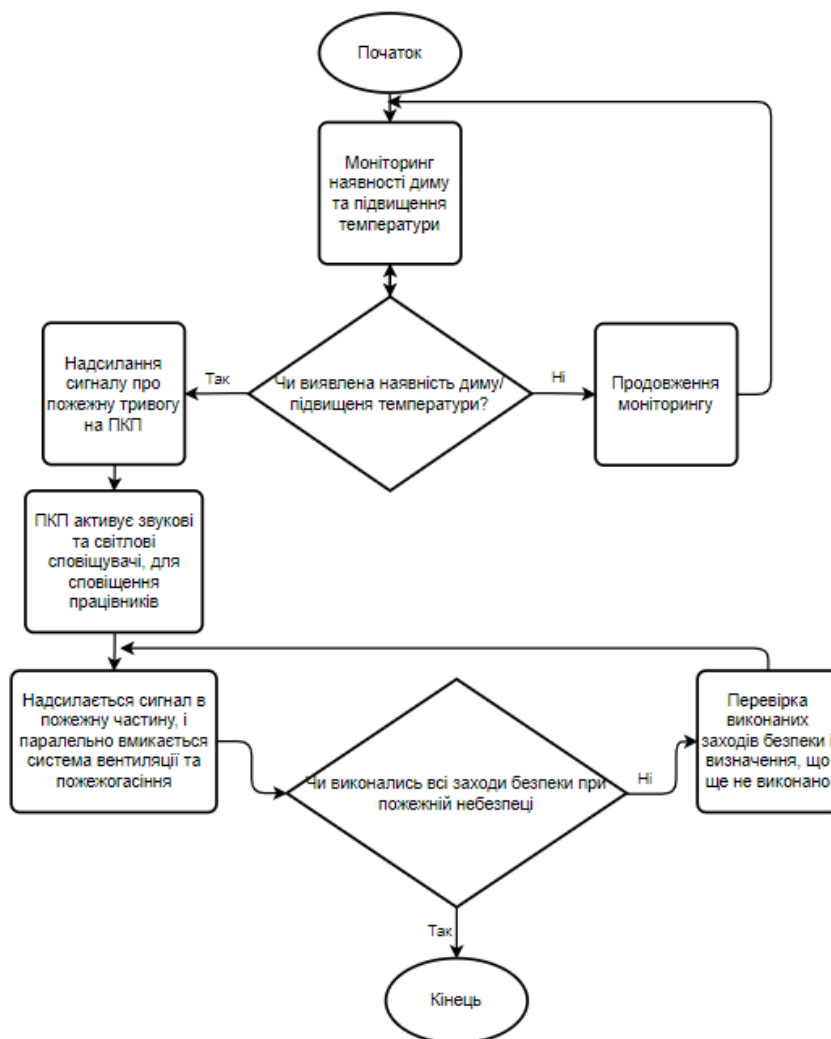


Рисунок 2.1 – Алгоритм роботи системи при загрозі виявлення диму та підвищення температури

В дію приведений блок живлення для безперебійної роботи системи, який підтримує роботу датчиків диму та температури. Для виявлення диму або підвищення температури проходить безперервний моніторинг наявності цих факторів небезпеки, якщо жодних відхилень від норми не зафіксовано, то моніторинг продовжується, а у випадку виявлення небезпеки, надсилається сигнал до ПКП.

При отриманні сигналу, ПКП одразу вмикає звукову та світлову сигналізацію, задля сповіщення персоналу, щоб вони вчасно покинули приміщення. Одночасно з сповіщенням людей, вмикається система вентиляції та

пожежогасіння, щоб зменшити наслідки та уберегти людей від отруєння чадним газом.

Утворення вогню від джерел тепла має алгоритм, що зображений на рисунку 2.2.

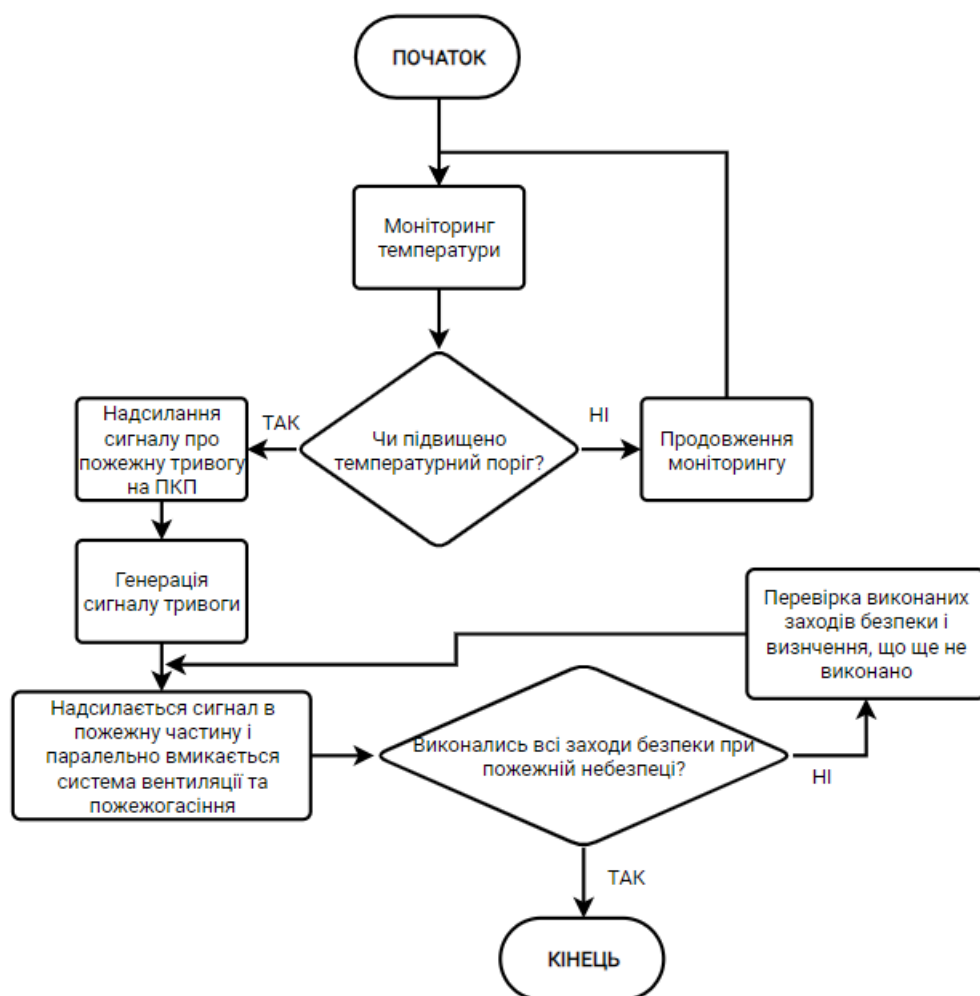


Рисунок 2.2 – Алгоритм роботи системи при загрозі виявлення вогню від різних джерел тепла

Працює блок живлення, який підтримує роботу датчиків та сенсорів. Проводиться безперервний моніторинг об'єкта на наявність порушення температурного порогу, якщо загрози не виявлено, то моніторинг продовжується, а у разі виникнення підвищеної температури, датчики надсилають інформацію на ПКП.

ПКП у свою чергу вмикає сигнал тривоги на об'єкті, а також приводить до дії систему пожежогасіння і систему вентиляції, задля виведення чадного газу з об'єкта. Під час тривоги працівники мають швидко та за певними правилами і нормами евакуації покинути приміщення.

Додатково до всіх етапів, має також проводитись аналіз всіх заходів, які виконав ПКП, а які ні, задля швидкого реагування на те, що ще потрібно додатково зробити.

На рисунку 2.3 зображено алгоритм роботи системи у випадку несанкціонованого проникнення.

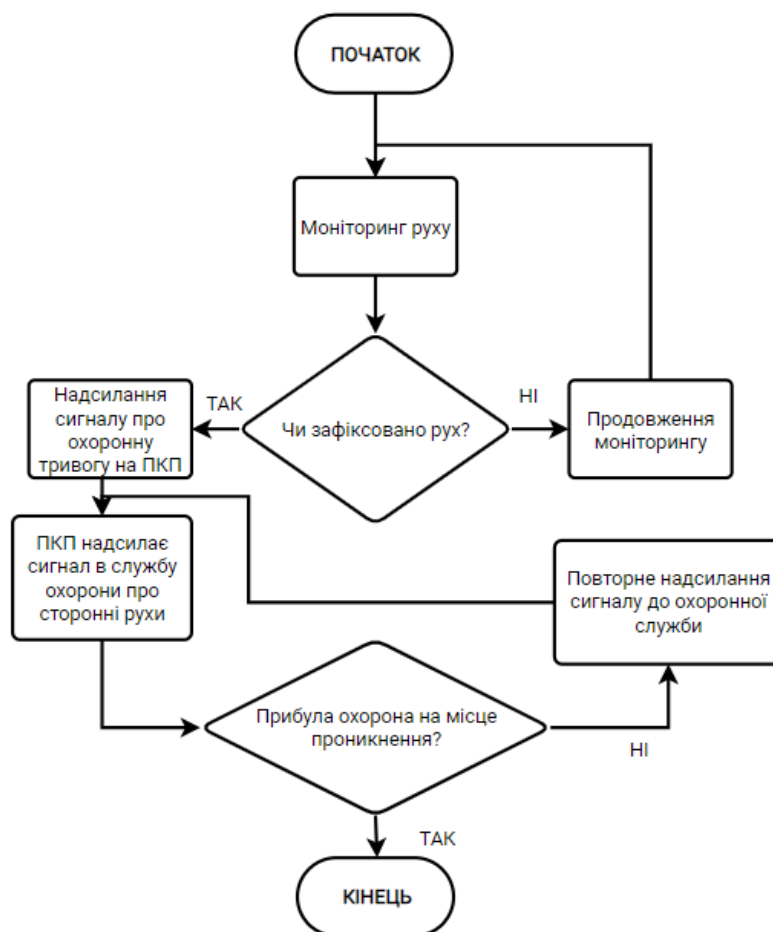


Рисунок 2.3 – Алгоритм роботи системи при загрозі виявлення несанкціонованого проникнення

Алгоритм базується на активованому блоці живлення, який приводить до дії всі компоненти системи, і насамперед датчики руху. З датчиків руху постійно

зчитується інформації про якісь зміни на об'єкті, у разі фіксації стороннього руху, одразу сигнал з датчиків надсилається на ПКП.

Після надсилання сигналу, ПКП одразу викликає охоронну службу, і група охорони одразу виїжджає на об'єкт, задля затримання порушників. Іноді може застосовуватись ще й тривожна кнопка, коли злочинці озброєнні і мають якісь більш глобальні наміри. В подібних випадках виїжджає не тільки охорона, але й поліція.

Також ПКП одразу підтягує відео фіксацію з камер відеоспостереження, щоб зафіксувати осіб, які несанкціоновано проникли на об'єкт. Таким чином, даний алгоритм надає швидке реагування на порушення, виконуючі всі потрібні заходи безпеки.

Іноді на об'єкт можуть проникати через вікна, тому потрібен алгоритм дій у випадку розбиття скла рисунок 2.4.

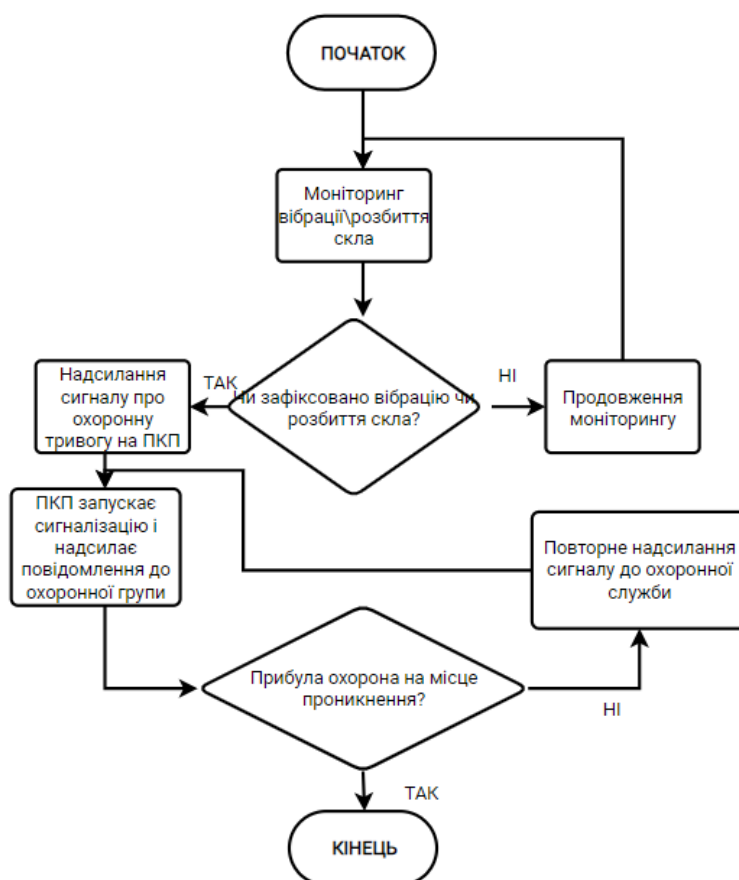


Рисунок 2.4 – Алгоритм роботи системи при загрозі виявлення розбиття скла/вібрації

Від блока живлення працюють всі датчики розбиття скла та вібрації. На об'єктах доволі часто встановлюють такі датчики вібрації та розбиття скла, оскільки часто порушники потрапляють на об'єкт через вікна. Ведеться моніторинг стану вікна (відкриття, розбиття і вібрацій). Моніторинг введеться постійно і як тільки фіксується вібрація, то на ПКП подається сигнал про охоронну небезпеку.

Визначається точне місце загрози, після чого надсилається сигнал в охоронну частину, яка одразу виїжджає на місце, щоб затримати правопорушника/ів.

На приладобудівному підприємстві часто виникає проблема з викидом шкідливих речовин, адже багато використовують різні хімікати і матеріали, які можуть призвести до такої загрози, тим самим викликати отруєння персоналу. Алгоритм для такого випадку зображений на рисунку 2.5.

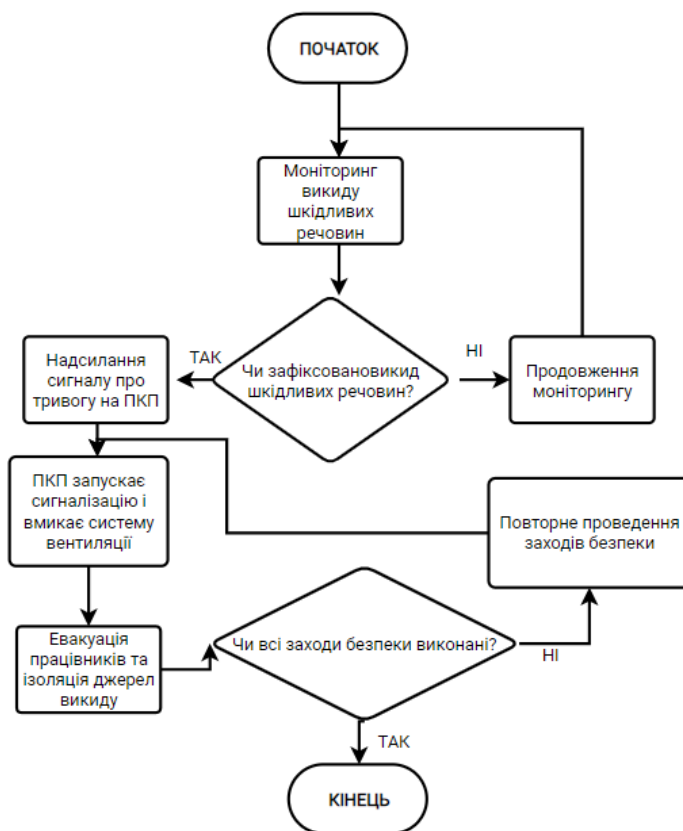


Рисунок 2.5 – Алгоритм роботи системи при загрозі виявлення викиду шкідливих речовин

При запуску системи, свою роботу починає блок живлення. У разі роботи з матеріалами, які можуть розповсюджувати шкідливі речовини у повітря, то має бути постійний контроль за цими показниками. Датчики викиду шкідливих речовин проводять постійний моніторинг стану повітря, у разі фіксації шкідливих речовин у повітрі подає сигнал на ПКП. ПКП запускає сигналізацію, щоб сповістити персонал про негайну евакуацію з об'єкта.

Паралельно з процесом евакуації, вмикається система вентиляції для очистки повітря. Іноді об'єкт потребує додаткових процедур очистки приміщення, якщо мова йде про викид більш серйозних речовин.

Складна система базується на всіх вищенаведених алгоритмах, які працюють паралельно один з одним та тим самим можуть забезпечувати цілісний захист від великої кількості загроз.

Всі алгоритми працюють через ПКП, тому відбувається швидке реагування на усі небезпеки, обробка інформації та запуск певних заходів безпеки в той самий час.

Інтеграція всіх компонентів системи, програмного забезпечення, дозволяє системі ефективно виконувати наведені їй задачі, зменшувати ризики втрати майна та людських життів. Також важливо наголосити, що моніторинг ситуації на об'єкті має бути безперервний і не залежати від робочого процесу.

2.3 Розробка структурної схеми охоронно-пожежної сигналізації

До розробки структурної схеми охоронно-пожежної сигналізації входить розташування датчиків, ПКП, системи сповіщення (звукових, світлових) та інше.

За допомогою даної структурної схеми мінімізується виникнення загрози, а також оптимізується реагування на ці небезпечні ситуації. Щоб забезпечити ефективну роботу системи, потрібно правильно підібрати обладнання і розташувати його.

Структурна схема охоронно-пожежної сигналізації зображена на рисунку 2.6.

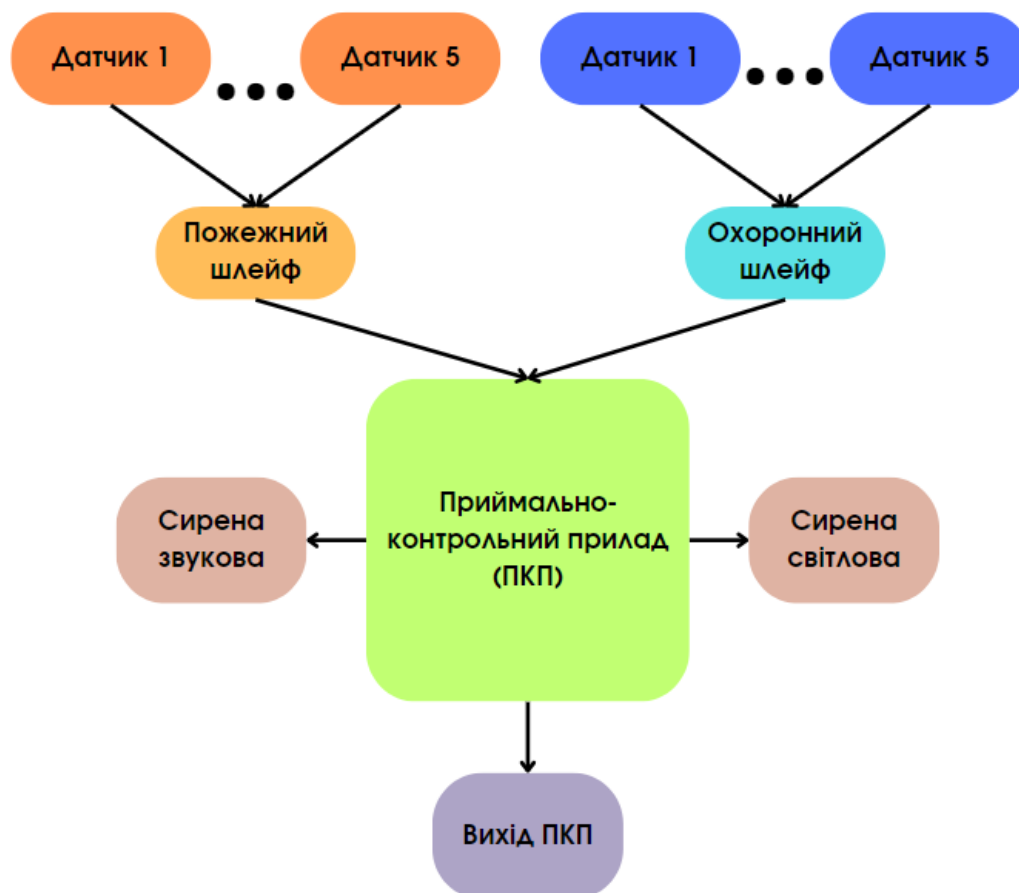


Рисунок 2.6 – Структурна схема системи охоронно-пожежної сигналізації

Блоки з позначками Датчики являють собою всі компоненти системи, які фіксують різні фактори небезпеки, які діляться на охоронні та пожежні. В сукупності ці датчики працюють групами, які в свою чергу утворюють пожежний/охоронний шлейф.

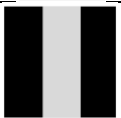
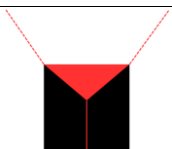
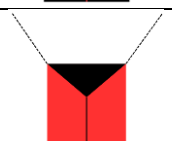
Охоронний і пожежний шлейф направляються на приймально-контрольний прилад (ПКП), який забезпечує запуск звукової та світлової сирени. Після вищенаведених процесів відбувається вихід ПКП, де проводиться виконання всіх потрібних заходів безпеки.

Ця структурна схема надає уявлення, як організована автоматизована система охоронно-пожежної сигналізації. Ця система налічує пристрої для виявлення небезпеки, обробки та зберігання інформації, сирени та пристрої, які дозволять керувати всією системою.

Створення ефективної системи ОПС включає не тільки розробку структурної схеми, а й коректного вибору обладнання та його розташування.

Для охоронної частини системи були обрані датчики виявлення руху, розбиття скла, відкриття дверей/вікон, камер відеоспостереження. Обрані датчики та їх умовні позначення на плані приміщення занесені до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Використане охоронне обладнання

Охоронне обладнання	Умовне позначення
Датчик розбиття скла GSN Patrol-501	
Магнітоконтактний датчик відкриття дверей/вікон Trinix CMK 1-16 White	
Датчик руху Vidicon Matrix IX	
MHD Відеокамера VLC-7192WM	

Датчик розбиття GSN Patrol-501 має 12 метрів дальність для виявлення звуку розбиття, а також 170° кут виявлення. Датчик має дротове підключення, акустичний тип сенсору, внутрішнє встановлення, а також струм споживання 18.7 мА.

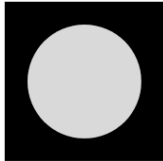
Магнітоконтактний датчик відкриття дверей/вікон Trinix CMK 1-16 White підходить для встановлення на металеві та пластмасові поверхні, для виявлення відкриття. Тип сенсору геркон, встановлення має внутрішнє, накладний монтаж, а також нормально-замкнений тип контакту.

Датчик руху Vidicon Matrix IX має 100° кут виявлення, дальність до 15 метрів, а також імунітет до тварин, щоб не надсилати хибні сповіщення до ПКП. Датчик з внутрішнім встановленням, настінним монтажем та мікрохвильовим типом сенсора.

MHD Відеокамера VLC-7192WM має здатність Full HD 2 Мп, відстанню фокусною 3,6 мм та підсвічуванням інфрачервоним до 25 метрів. Тип пристрою MHD-відеокамера, монофокальний тип об'єктива і має робочу температуру $-20^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$.

Пожежна частина системи налічує датчики диму, температури, газові. Датчики, що перераховані вище занесені та з їх умовними позначеннями занесені до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Використане пожежне обладнання

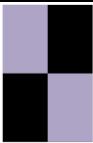
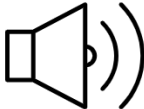
Пожежне обладнання	Умовне позначення
Датчик диму і вогню JA-110ST	
Датчик газово-тепловий C2000-СПГ	

Датчик диму і вогню JA-110ST за принципом дії оптичний датчик диму та тепловий датчик (термопара). Робоча температура від -10°C до $+70^{\circ}\text{C}$, має до 95% діапазон вологості, кут огляду 360° . Встановлювати датчики можна на стелі або на стіні.

Датчик газово-тепловий C2000-СПГ за принципом дії датчик газу (електрохімічний сенсор) та тепловий. Робоча температура від -30°C до $+50^{\circ}\text{C}$, виявляє різні види газу (метан, пропан, чадний газ), а також 360° кут огляду. Також можна монтувати на стелю або стіну.

Окрім компонентів охоронних та пожежних, до системи входять інші важливі компоненти, такі як приймально-контрольний прилад (ПКП), звукова та світлова сигналізація, кнопка подачі сигналу про тривогу. Всі ці компоненти з їх умовними позначеннями занесені до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Використане додаткове обладнання системи

Обладнання	Умовне позначення
Приймально-контрольний прилад Bosch B9512G	
Звуково-світловий сповіщувач Fulleon Roshni GX-020	
Кнопка ручна для запуску тривогу КАС МСРЗА	

Приймально-контрольний прилад Bosch B9512G оптимальний варіант для великого приладобудівного підприємства, який має широкий спектр можливостей. Підтримує 599 зон, 32 клавіатури, гнучке програмування, а також має вбудований ІР-комунікатор. Даний ПКП має шифрування даних, основне та аварійне живлення і сумісність з великою кількістю датчиків.

Звуково-світловий сповіщувач Fulleon Roshni GX-020 має звуковий рівень сигналу 102дБ, налаштування гучності, яскравий світлодіодний індикатор і частоту миготіння 1 Гц. Робоча температура даного датчику від -25°C до +70°C.

Кнопка ручна для запуску тривогу КАС МСРЗА працює в системах, які мають живлення 12-24В постійного струму. Кнопка має високоякісний ударостійкий пластик, сумісна з великою кількістю систем ОПС, а також відповідає всім стандартам.

Всі компоненти автоматизованої системи охоронно-пожежної сигналізації для приладобудівного підприємства підібрані за усіма характеристиками, які будуть ефективно працювати для об'єкта, а також вигідні у фінансовому порівнянні з іншими варіантами.

Приладобудівне підприємство має 1000 кв.м. та 10 кв.м. вхідної зони (рецепції). План підприємства зображений на рисунку 2.7.

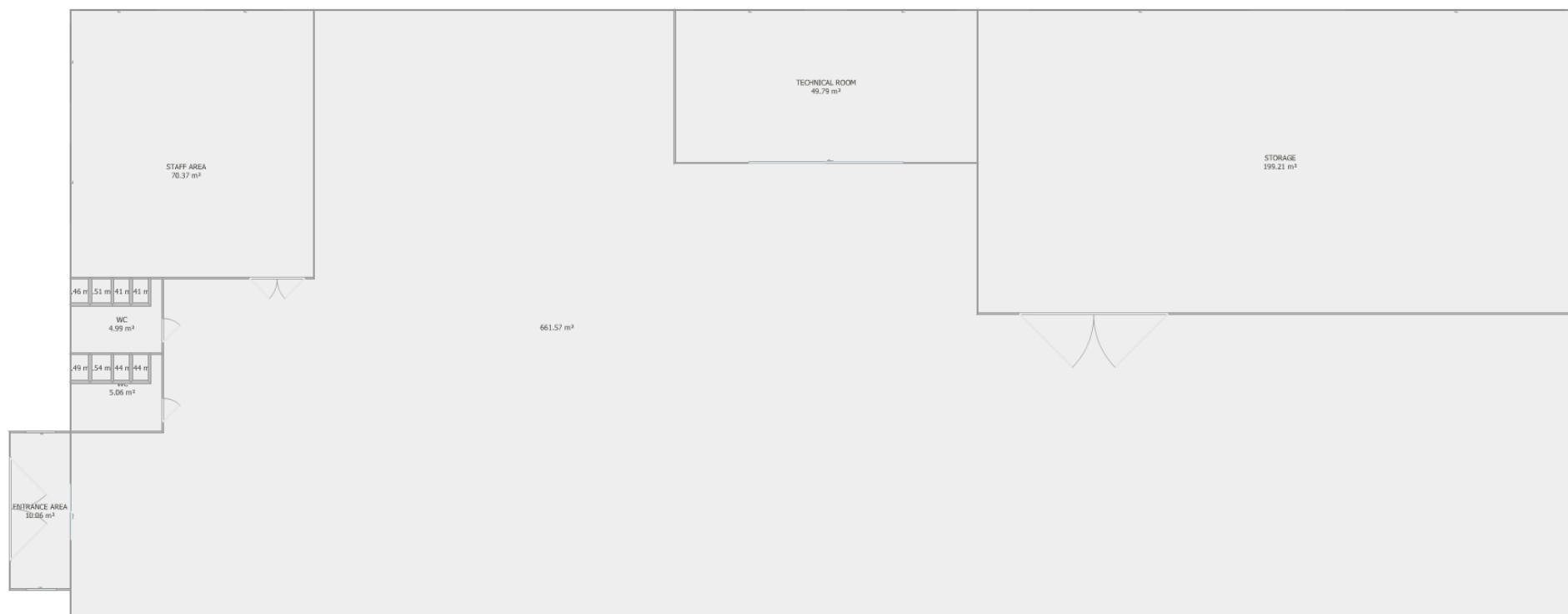


Рисунок 2.7 – План приміщення приладобудівного підприємства

Приладобудівне підприємство налічує кілька основних зон:

- зона рецепції (10 кв.м., 2 вікна, 1 двері);
- зона для працівників (70 кв.м., 4 вікна, 1 двері);
- технічне приміщення (50 кв.м., 2 вікна, 1 двері);
- склад (200 кв.м., 3 вікна, 1 двері);
- цех (662 кв.м., 4 вікна, 1 двері);
- 2 туалети (сумарно 18 кв.м.).

Взявши до уваги всі зони підприємства, компоненти системи, які були обрані та державні будівельні норми України, розрахуємо кількість кожного компоненту та розташуємо їх на плані приміщення.

Для зони рецепції використовуємо 3 датчики відкриття дверей/вікон, 1 датчик розбиття скла, 1 датчик руху, 1 звуково-світловий сповіщувач та кнопку ручного запуску тривоги.

Зона для працівників буде налічувати 2 датчика розбиття скла, 5 датчиків відкриття дверей/вікон, 1 датчик руху, 1 датчик диму і вогню, 1 звуково-світловий сповіщувач та 1 приймально-контрольний прилад Bosch B9512G.

Технічне приміщення матиме 3 датчики відкриття дверей/вікон, 1 датчик розбиття скла, 1 датчик газОВО-тепловий, 1 датчик диму і вогню, 1 звуково-світловий сповіщувач, кнопку ручного запуску тривоги та 1 датчик руху.

Для складу потрібно встановити 2 датчика руху, 2 тривожні кнопку, 4 датчика відкриття дверей/вікон, 2 датчика розбиття скла, 2 датчика газОВО-теплових, 2 датчика диму і вогню, а також 2 звуково-світлових сповіщувача.

Для кожного туалету потрібно лише по одному звуково-світловому сповіщувачу, а також по одному датчику диму і вогню.

Зона цеху буде налічувати 5 датчиків відкриття дверей/вікон, 4 датчика руху, 4 звуково-світлових сповіщувача, 2 датчика розбиття скла, 4 датчика диму і вогню та газОВО-теплових, 5 тривожних кнопок, а також 1 ПКП.

Розташування та з'єднання всіх пожежних та охоронних компонентів на плані приміщення зображено на рисунках 2.8-2.9.

- З'єднання ПКП із звуково-світловими сповіщувачами
■ З'єднання ПКП із датчиками та іншими компонентами системи

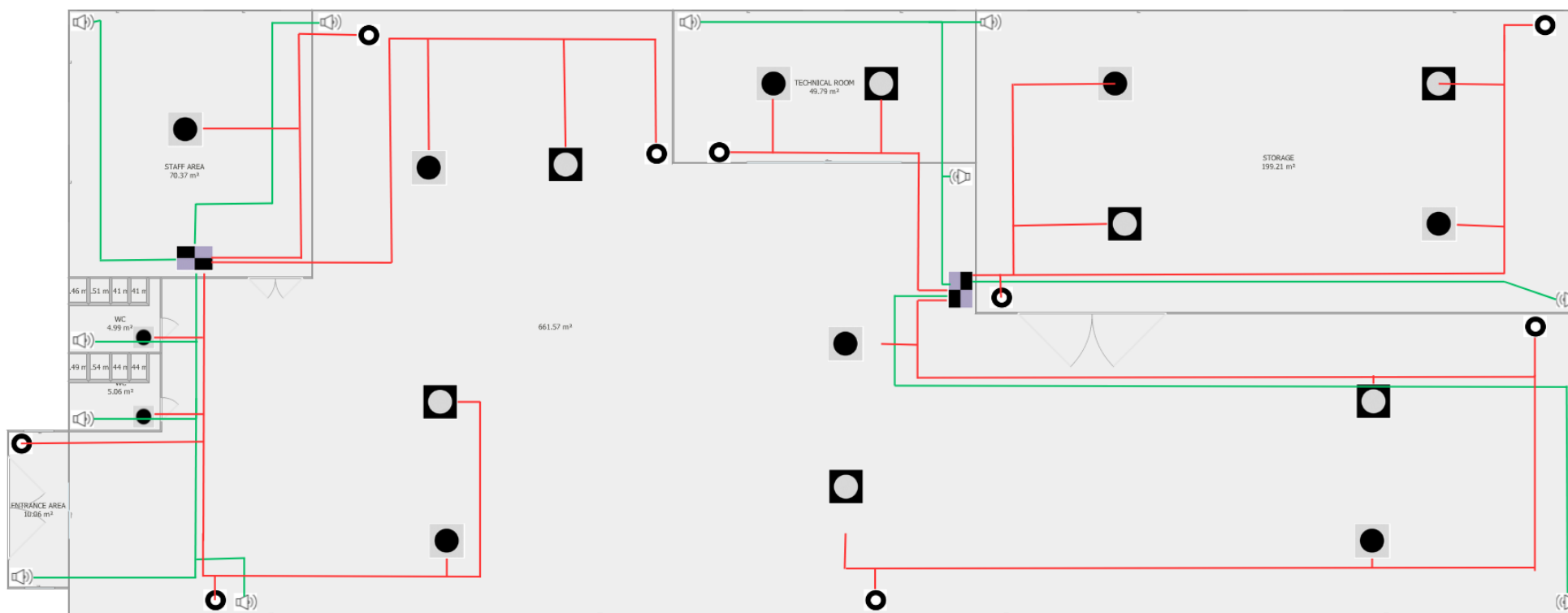


Рисунок 2.8 – План приміщення приладобудівного підприємства з пожежними компонентами

- З'єднання ПКП із звуково-світловими сповіщувачами
■ З'єднання ПКП із датчиками та іншими компонентами системи

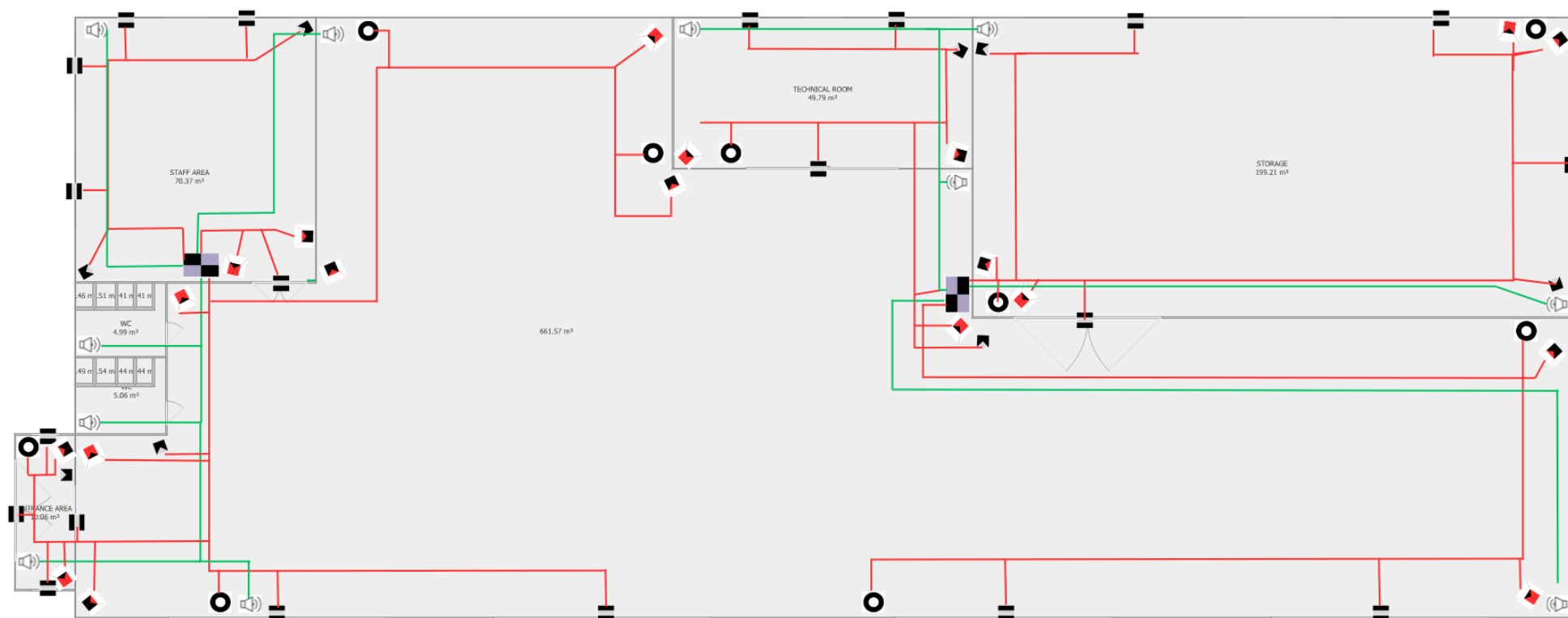


Рисунок 2.9 – План приміщення приладобудівного підприємства з охоронними компонентами

2.4 Розрахунок споживання енергії компонентами системи охоронно-пожежної сигналізації

Для ефективної роботи автоматизованої системи охоронно-пожежної сигналізації на приладобудівному підприємстві потрібно розрахувати енергоспоживання всіх її компонентів, щоб створити безперебійність та надійність системи.

Завдяки даному розрахунку визначається необхідне живлення, а також обирається джерело безперебійного живлення, щоб підтримувати систему у разі відключення основного джерела живлення.

Розглянуто правила розрахунку споживання енергії всіма компонентами системи. Ці правила включають в себе визначення основних компонентів системи, їх характеристики по електроспоживанню, розрахування загальної потужності, а також визначення потреби у додатковому джерелі живлення.

Для початку розрахунку потрібно визначити всі компоненти системи охоронно-пожежної сигналізації та їх кількість. Для приладобудівного підприємства потрібні такі компоненти, як:

- ПКП Bosch B9512G (2 шт.);
- датчик розбиття скла GSN Patrol-501 (8 шт.);
- магнітоконтатний датчик відкриття дверей/вікон Trinix CMK 1-16 White (20 шт.);
- датчик руху Vidicon Matrix IX (9 шт.);
- MHD відеокамера VLC-7192WM (10 шт.);
- датчик диму і вогню JA-110ST (10 шт.);
- датчик газово-тепловий C2000-СПГ (7 шт.);
- звуково-світловий сповіщувач Fulleon Roshni GX-020 (11 шт.);
- кнопка ручна для запуску тривоги КАС МСР3А (9 шт.).

Наступним кроком є збір даних про енергію, яку споживають ці компоненти у режимі спокою та тривоги. Всі дані занесені до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Дані про споживання енергії компонентами системи

Компонент системи	Потрібна енергія для компонента, А	
	Стан спокою	Стан тривоги
ПКП Bosch B9512G	0,1	0,25
Датчик розбиття скла GSN Patrol-501	0,025	0,03
Магнітоконтатний датчик відкриття дверей/вікон Trinix CMK 1-16 White	0,001	0,005
Датчик руху Vidicon Matrix IX	0,01	0,025
MHD відеокамера VLC-7192WM	0,5	0,6
Датчик диму і вогню JA-110ST	0,005	0,02
Датчик газово-тепловий C2000-СПГ	0,01	0,04
Звуково-світловий сповіщувач Fulleon Roshni GX-020	0	0,04
Кнопка ручна для запуску тривогу КАС МСРЗА	0	0

Беручи за увагу стандартне значення напруги для більшості систем безпеки (12В), розраховано струм, що споживається при цій напрузі. Для даного розрахунку взято формулу потужності:

$$P = V * I,$$

де Р – потужність, V – напруга, I – струм.

Враховуючи вищенаведену формулу, отримано значення для кожного компонента системи, які занесені до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Дані про споживання енергії компонентами системи

Компонент системи	Потужність для компонента, Вт	
	Стан спокою	Стан тривоги
ПКП Bosch B9512G	1,2	3
Датчик розбиття скла GSN Patrol-501	0,3	0,36
Магнітоконтатний датчик відкриття дверей/вікон Trinix СМК 1-16 White	0,012	0,06
Датчик руху Vidicon Matrix IX	0,12	0,3
MHD відеокамера VLC-7192WM	6	7,2
Датчик диму і вогню JA-110ST	0,06	0,24
Датчик газово-тепловий C2000-СПГ	0,12	0,48
Звуково-світловий сповіщувач Fulleon Roshni GX-020	0	0,48
Кнопка ручна для запуску тривогу КАС МСРЗА	0	0

Наступною дією являється розрахунок енергоспоживання для стану спокою та тривоги, враховуючи кількість потрібних компонентів для об'єкта та дані, що занесені до таблиці 2.4.

Для стану спокою:

- ПКП 2 шт.* 1,2 = 2,4 Вт;
- датчик розбиття скла 8 шт.* 0,3 = 2,4 Вт;
- датчик відкриття дверей/вікон 20 шт.* 0,012 = 0,24 Вт;
- датчик руху 9 шт.* 0,12 = 1,08 Вт;
- відеокамера 10 шт.* 6 = 60 Вт;
- датчик диму і вогню 10 шт.* 0,06 = 0,6 Вт;
- датчик газово-тепловий 7 шт.* 0,12 = 0,84 Вт;

- сповіщувачі 11 шт.* 0 = 0 Вт;
- тривожні кнопки 9 шт.* 0 = 0 Вт.

Сумарно у стані спокою споживання для всіх компонентів – 67,56 Вт.

Для стану тривоги:

- ПКП 2 шт.* 3 = 6 Вт;
- датчик розбиття скла 8 шт.* 0,36 = 2,88 Вт;
- датчик відкриття дверей/вікон 20 шт.* 0,06 = 1,2 Вт;
- датчик руху 9 шт.* 0,3 = 2,7 Вт;
- відеокамера 10 шт.* 7,2 = 72 Вт;
- датчик диму і вогню 10 шт.* 0,24 = 2,4 Вт;
- датчик газово-тепловий 7 шт.* 0,48 = 3,36 Вт;
- сповіщувачі 11 шт.* 0,48 = 5,28 Вт;
- тривожні кнопки 9 шт.* 0 = 0 Вт.

Сумарно у стані тривоги споживання для всіх компонентів – 95,82 Вт.

Для ефективної роботи системи потрібно прорахувати потребу у безперебійному джерелі живлення у стані тривоги, коли може вимкнутись основне електроживлення. Щоб розрахувати ємність для акумулятора, використовується формула:

$$\text{Ємність} = \frac{P_{\text{сум.}} * t_{\text{а.р.}}}{V},$$

де $P_{\text{сум.}}$ – сумарна потужність всіх компонентів, $t_{\text{а.р.}}$ – приблизний час автономної роботи (для прикладу 8 години), V – потужність стандартна (12 В).

Для приладобудівного підприємства, з урахуванням стандартної напруги 12 В, час автономної роботи та сумарну потужність всіх елементів системи, ємність акумулятора буде:

$$\text{Ємність} = \frac{95,82 \text{ Вт} * 8 \text{ год.}}{12 \text{ В}} = 63,88 \text{ Ah.}$$

Враховуючи отриману ємність можна обрати акумулятор Victron Energy AGM Super Cycle 12V 65Ah, який має ємність 65 Ah. Даний акумулятор буде довго слугувати, забезпечувати стабільне живлення у критичних випадках, а також має меншу потребу у обслуговуванні.

2.5 Дослідження стійкості та якості лінійних систем автоматичного управління

Стійкість систем автоматичного управління (САУ) являється базовою умовою для працездатності цієї системи, а також налічує вимогу згасання у часі перехідного процесу.

Рівняння характеристичне для лінійної неперервної САУ має вигляд:

$$a_0\lambda^n + a_1\lambda^{n-1} + \dots + a_n = 0,$$

де a_i – задані коефіцієнти,

n – порядок системи.

Для того, щоб стверджувати, що система є стійкою достатньо лише того, що всі корені даного рівняння системи матимуть негативні дійсні частини $Re\lambda_i < 0$.

Всі корені, що являються негативними дійсними частинами називаються лівими, оскільки у комплексній площині коренів вони знаходяться у лівій частині від уявної осі, а ось корені з позитивними дійсними – правими.

При дослідженні стійкості за допомогою алгебраїчних критеріїв, потрібно в першу чергу перевірити виконання всіх необхідних умов стійкості, через те, що ця перевірка не потребує розрахунків і при невиконанні даної умови стійкості розрахунки вже не потрібні.

Основною умовою стійкості системи полягає в тому, що всі коефіцієнти рівняння характеристичного повинні мати один знак. Якщо ця умова не виконується, то система буде не стійкою. У випадку виконання умови, при 3

порядку система може бути стійкою або не стійкою, а у випадку першого та другого порядку даної умови буде достатньо.

Основним критерієм стійкості є критерій Гурвіца. При цьому критерію спочатку потрібно побудувати головний визначник Гурвіца. Даний критерій будується за таким правилом: на головній діагоналі розташовують коефіцієнти у порядку збільшення їх індексів, починаючи з a_1 та закінчуючи a_n . Для кожного стовпчика під час руху від елемента, який розташований на головній діагоналі, вгору індекси коефіцієнтів будуть збільшуватись, а вниз – зменшуватись. При цьому на місці елементів, які мають індекси більше за n (під час руху вгору), та індексами, що менше нуля (під час руху вниз) розставляються нулі.

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & \dots & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & \dots & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_n \end{vmatrix}$$

Якщо викреслити в головному визначникові Гурвіца діагональні мінори, то можна отримати визначники Гурвіца нижчого порядку:

$$\Delta_1 = a_1, \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix}, \quad \Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix}.$$

З даного критерію виходить те, що при третьому порядку необхідна ще додаткова умова стійкості:

$$a_0 > 0, \quad \Delta_1 = a_1 > 0, \quad \Delta_2 = a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0, \quad \Delta_3 = a_3 \Delta_2 > 0.$$

У випадку системи охоронно-пожежної сигналізації, представимо її у вигляді характеристичного полінома четвертого порядку:

$$P(s) = s^4 + a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0$$

Для визначення коефіцієнтів полінома, враховуючи всі елементи системи, припустимо, що:

$$a_3 = 5$$

$$a_2 = 10$$

$$a_1 = 10$$

$$a_0 = 5$$

Для полінома четвертого порядку матриця Гурвіца, матиме вигляд:

$$\Delta_4 = \begin{vmatrix} 5 & 1 & 0 & 0 \\ 10 & 10 & 5 & 0 \\ 5 & 0 & 10 & 1 \\ 0 & 0 & 5 & 10 \end{vmatrix}$$

Система вважається стійкою, коли всі мінори додатні:

$$\Delta_1 = 5 > 0$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 5 & 1 \\ 10 & 10 \end{vmatrix} = 50 - 10 = 40 > 0$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 5 & 1 & 0 \\ 10 & 10 & 5 \\ 5 & 0 & 10 \end{vmatrix} = 500 - 75 = 425 > 0$$

$$\Delta_4 = \begin{vmatrix} 5 & 1 & 0 & 0 \\ 10 & 10 & 5 & 0 \\ 5 & 0 & 10 & 1 \\ 0 & 0 & 5 & 10 \end{vmatrix} = 5 \times 950 = 4750 > 0$$

Оскільки всі мінори являються додатними, то за критерієм Гурвіца система є стійкою.

3 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОХОРОННО-ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

3.1 Вибір апаратної платформи

Проводячи вибір апаратної платформи для того, щоб реалізувати автоматизовану систему охоронно-пожежної сигналізації для приладобудівного підприємства, слід враховувати, що система має бути надійною та ефективною, а також могла забезпечувати своєчасне реагування на небезпеку. Саме тому потрібно обирати платформу на базі вищенаведених вимог.

Для поставленої задачі обрано 3 альтернативні платформи, а саме Raspberry Pi Pico W, Arduino Uno та ESP32, що зображені на рисунках 3.1-3.3 [21-22].

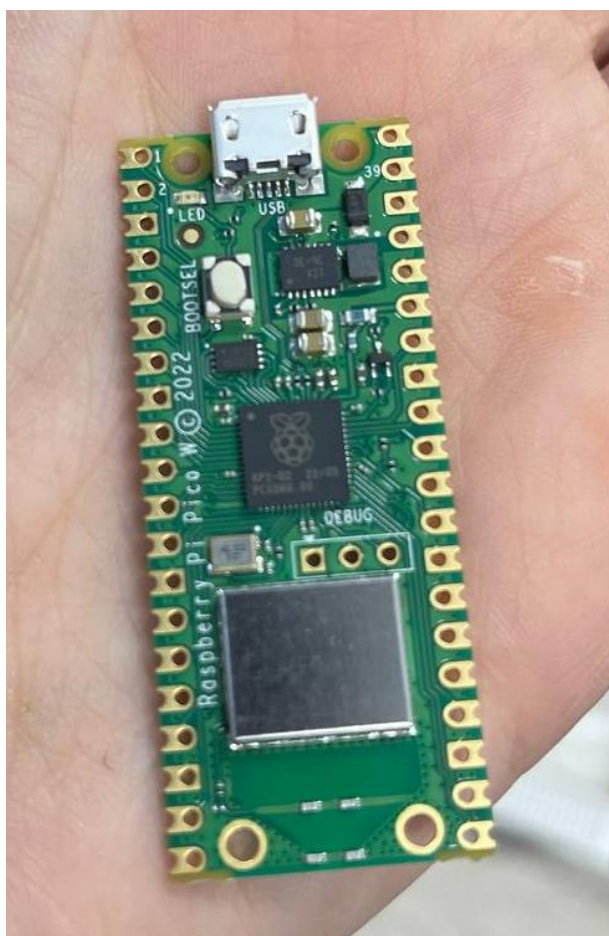


Рисунок 3.1 – Платформа Raspberry Pi Pico W



Рисунок 3.2 – Платформа Arduino Uno

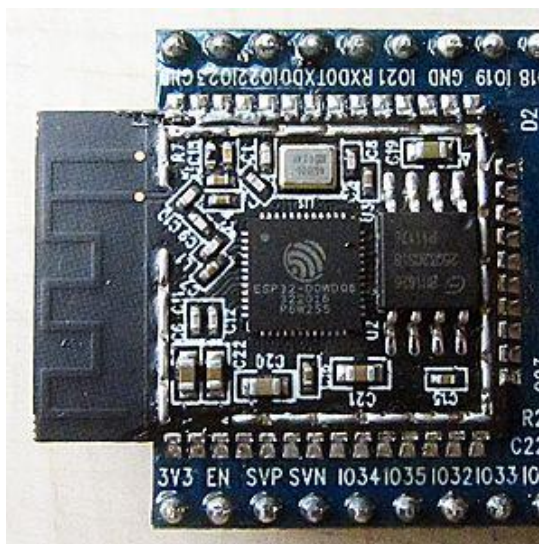


Рисунок 3.3 – Платформа ESP32

Провівши детальний аналіз всіх трьох платформ на основі їх характеристик, була заповнена таблиця 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняння апаратних платформ

Характеристика	Raspberry Pi Pico W	ESP32	Arduino Uno
Мікроконтролер	RP2040	ESP32	ATmega328
Архітектура	ARM Cortex-M0+	Xtensa LX6	AVR
Частота CPU	133 МГц	160/240 МГц	16 МГц

Продовження таблиці 3.1

Характеристика	Raspberry Pi Pico W	ESP32	Arduino Uno
Кількість ядер CPU	2	1	1
Оперативна пам'ять (RAM)	264 КБ (внутрішня SRAM)	520 КБ (вбудована SRAM)	2 КБ (вбудована SRAM)
Вбудована пам'ять (Flash)	2 МБ (внутрішня Flash)	4 МБ (вбудована Flash)	32 КБ (вбудована Flash)
Наявність Wi-Fi	Є	Є	Немає
Наявність Bluetooth	Є	Є	Немає
Розмір	Малий, компактний	Різноманітний	Стандартний
Підтримувані мови програмування	MicroPython, C/C++	MicroPython, Arduino IDE, Lua	Arduino IDE, C/C++
Вартість	Низька	Середня	Низька

Завдяки даному аналізу апаратних платформ, переважною платформою для створення системи охоронно-пожежної сигналізації є Raspberry Pi Pico W, оскільки дана платформа має високу частоту та два ядра CPU, тому Raspberry Pi Pico W є більш потужною у порівнянні з іншими платформами і зможе швидше обробляти інформацію.

Raspberry Pi Pico W підтримує мову програмування MicroPython, яка легка у використанні, але при цьому допоможе швидко реалізувати поставлену задачу на низькому рівні.

Платформа Pico W налічує в собі достатньо вбудованої пам'яті для того, щоб зберігати всі потрібні програмні коди та дані, які використовуються для системи охоронно-пожежної сигналізації.

Також найбільш вагомим критерієм є низька вартість платформи та її компактність у порівнянні з ESP32 та Arduino Uno, а це ідеально підходить під проекти, які мають обмежений бюджет.

Серед інших переваг є велика кількість документації, навчального матеріалу та відео, оскільки Raspberry Pi Pico W є досить популярною платформою. Через велику кількість інформацію про роботу з Raspberry Pi Pico W можна з легкістю вирішити будь-яке питання.

Платформа також може підтримувати різні середовища для розробки, серед яких є Thonny. Дане середовище розробки просте у використанні, підтримує мову програмування MicroPython та інші. З Thonny з легкістю можна відлагоджувати програмні коди за рахунок інтегрованих інструментів відладки, які допомагають знаходити помилки. Через простий та зрозумілий інтерфейс, що зображений на рисунку 3.4, не виникне питань під час роботи в ньому.

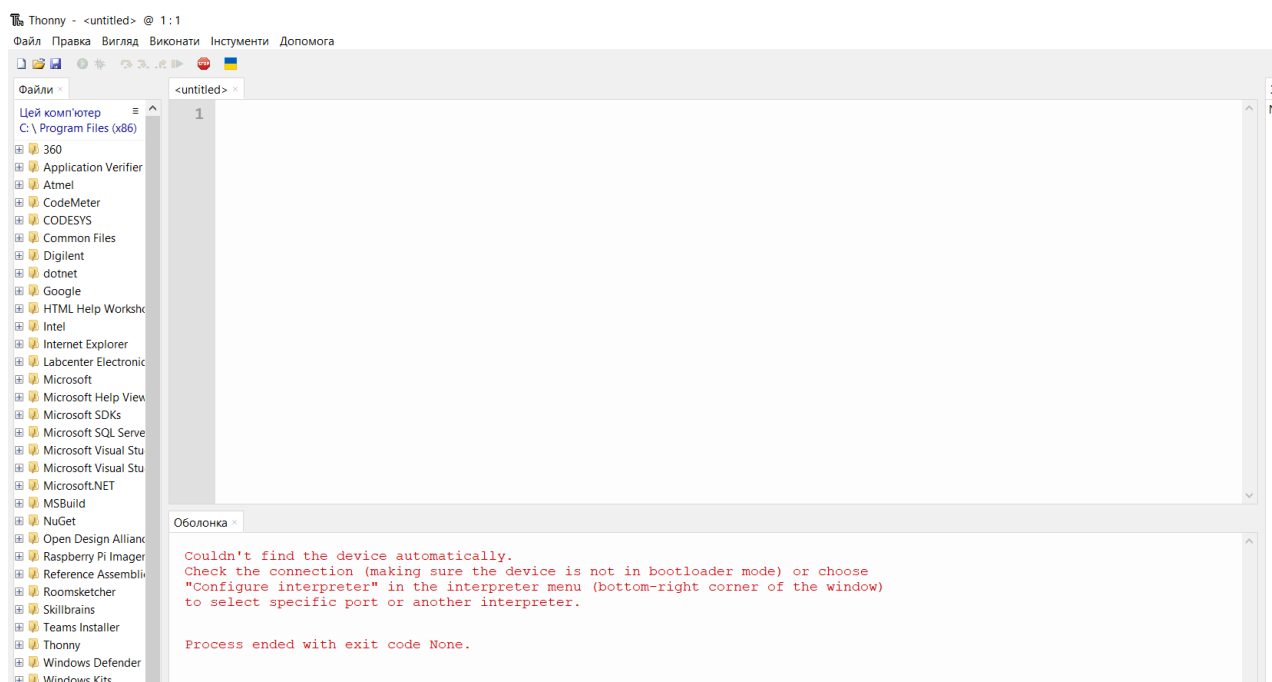


Рисунок 3.4 – Інтерфейс середовища розробки Thonny

Оскільки Raspberry Pi Pico W користується популярністю серед розробників, то до цієї платформи без проблем можна знайти потрібний компонент для системи (датчики, модулі, екрани).

Завдяки можливості встановлення паролю на платформу, можна забезпечити повну безпеку для даних, що містяться на ній.

Маючи стільки переваг та потрібних для проекту характеристик, Raspberry Pi Pico W являється оптимальним та найкращим варіантом апаратної платформи для реалізації проекту системи охоронно-пожежної сигналізації на приладобудівному підприємстві.

3.2 Обґрунтування вибору компонентів для охоронно-пожежної системи

Для розробки охоронно-пожежної сигналізації використовувалось кілька компонентів, а саме:

- світлодіод (червоний, синій та помаранчевий) 3 мм;
- додаткове живлення;
- резистори на 220 Ом;
- датчик руху HC-SR501;
- датчик температури та вологості DHT22;
- модуль датчика вібрації SW-420;
- модуль датчика MQ-2.

У фізичній моделі використовується додаткове живлення, що на рисунку 3.5, оскільки модуль датчика диму та датчик руху потребують більше напруги, ніж може дати Raspberry Pi Pico W.

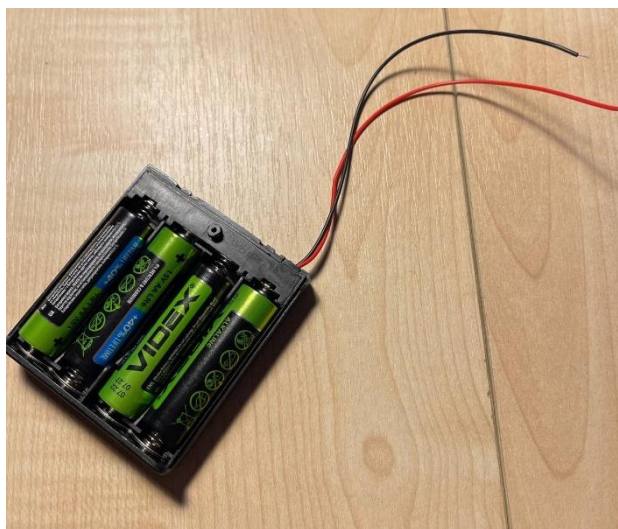


Рисунок 3.5 – Батарейний відсік з вимикачем

Для візуальної сигналізації використовуються світлодіоди, які зображені на рисунку 3.6. Для світлодіодів, модуля датчика вібрації та датчика температури/вологості використовуються резистори, задля запобігання згорання та пошкодженню компонентів. Використані резистори зображені на рисунку 3.7.

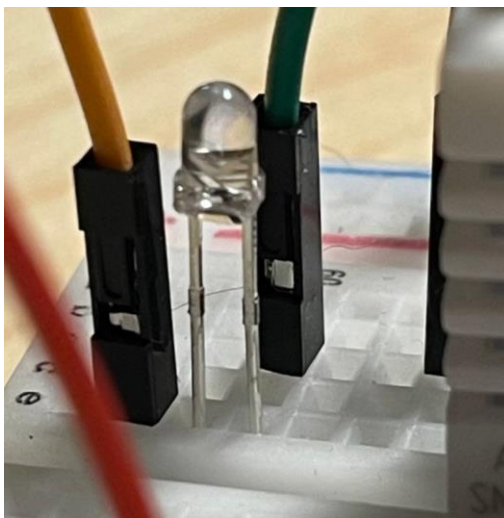


Рисунок 3.6 – Світлодіод



Рисунок 3.7 – Резистор на 220 Ом

Основні компоненти, які відповідають за фіксування ознак небезпеки обирались після проведення аналізу всіх аналогів. Для датчика руху проаналізовано 2 варіанти: HC-SR501 та PIR Motion Sensor. Вся інформація по датчиками занесена до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Порівняльна таблиця датчиків руху

Характеристика	HC-SR501	PIR Motion Sensor
Діапазон виявлення	до 7 м	до 6 м
Кут виявлення	120°	110°
Живлення	5–20 В	5–20 В
Робочий струм	<50 мА	<50 мА
Розміри	32 х 24 мм	30 х 24 мм
Вартість	Низька	Низька

Обрано датчик HC-SR501, оскільки він має більший діапазон виявлення руху, більший кут виявлення, а також можна налаштовувати час затримки. Його вартість є низькою, підтримує він до 20 В напруги, що робить його найкращим вибором для проекту. Датчик руху зображений на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 – Датчик руху HC-SR501

Для визначення вібрації виділено 2 варіанти модуля: SW-420 та KY-031. Детальна характеристика цих двох модулів датчиків вібрації занесена до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняльна таблиця модулів датчиків вібрації

Характеристика	SW-420	KY-031
Чутливість	Висока	Середня
Напруга живлення	3.3–5 В	3.3–5 В
Вихідний сигнал	Цифровий	Цифровий
Робоча температура	-30°C до +70°C	-25°C до +85°C
Вартість	Низька	Низька

За рахунок високого показника чутливості, великого діапазону температур для роботи, обрано модуль датчика SW-420, який ідеально пасуватиме для фіксування вібрацій у системі ОПС. На ринку один з найдешевших модулів, але з хорошою характеристикою та легкою інтеграцією в апаратну платформу. На рисунку 3.9 зображений модуль датчика вібрації.

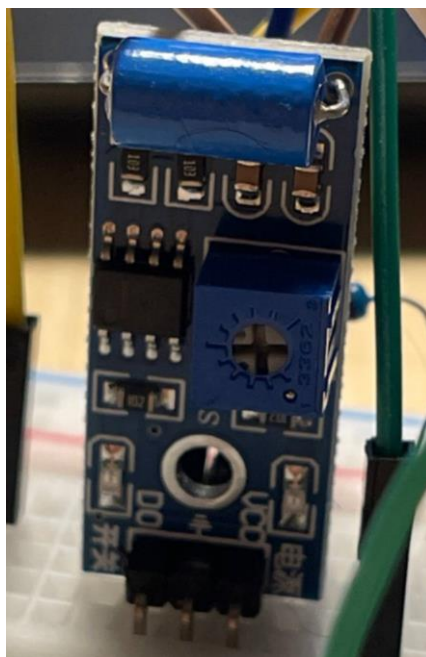


Рисунок 3.9 – Модуль датчика вібрації SW-420

Для того, щоб система реагувала на наявність диму, то треба підібрати датчик диму або модуль датчика диму. 3 варіанти, які були проаналізовані, а характеристика кожного датчика занесена до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Порівняльна таблиця модулів датчиків диму

Характеристика	MQ-2	MQ-7	MQ-135
Чутливість до диму	Висока	Низька	Висока
Час прогріву	20-30 сек	60 сек	60 сек
Діапазон виявлення	200-10000 ppm	20-2000 ppm (CO)	10-1000 ppm (NH ₃)
Напруга живлення	5 В	5 В	5 В
Робочий струм	150 мА	150 мА	150 мА
Вартість	Низька	Середня	Середня

Досить високу чутливість має MQ-2, а також найменший час прогріву серед інших модулів датчиків диму та газу, саме тому і через низьку вартість, він ідеально підійде для фіксування наявності диму або газів. Зовнішній вигляд даного модуля на рисунку 3.10.

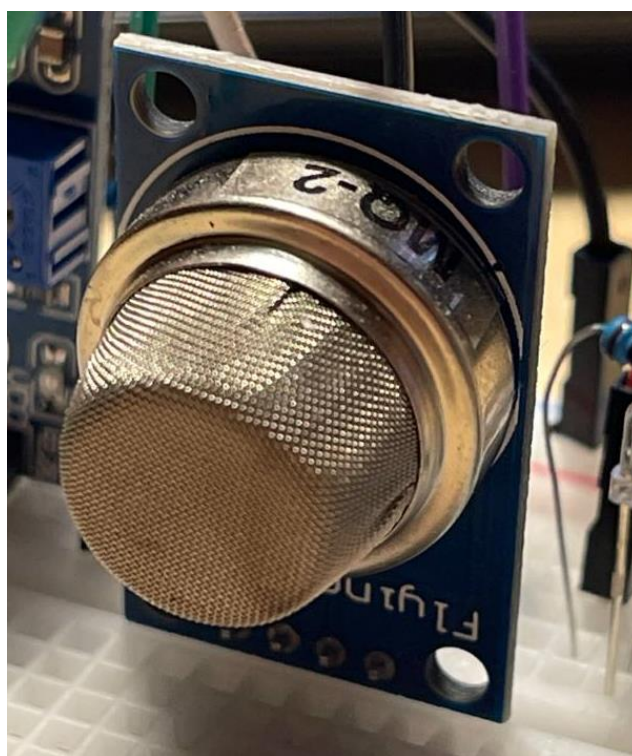


Рисунок 3.10 – Модуль датчика диму MQ-2

Остання загроза – підвищення температури. Щоб зробити найкращий вибір датчика температури, було проаналізовано DHT22, DHT11, SHT31, оскільки підвищення температури може нести за собою великі наслідки. Вся інформація про модулі датчиків температури занесені до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Порівняльна таблиця модулів датчиків температури

Характеристика	DHT22	DHT11	SHT31
Діапазон температури	-40°C до +80°C	0°C до +50°C	-30°C до +125°C
Точність температури	±0.5°C	±2°C	±0.3°C
Діапазон вологості	0–100% RH	20-80% RH	0–100% RH
Точність вологості	±2% RH	±5% RH	±2% RH
Частота опитування	0.5 Гц	1 Гц	0.5-2 Гц
Напруга живлення	3.3–5.5 В	3.3–5.5 В	2.4–5.5 В
Вартість	Середня	Низька	Висока

Датчик для вимірювання температури та вологості має досить хорошу точність вимірювання, великий діапазон робочої температури, а тому цей датчик найкращий серед інших варіантів для системи охоронно-пожежної сигналізації. DHT22 трохи дорожчий за той самий DHT11, але за рахунок хорошої характеристики ця різниця аргументується. На рисунку 3.11 зображено вигляд даного датчику температури та вологості.

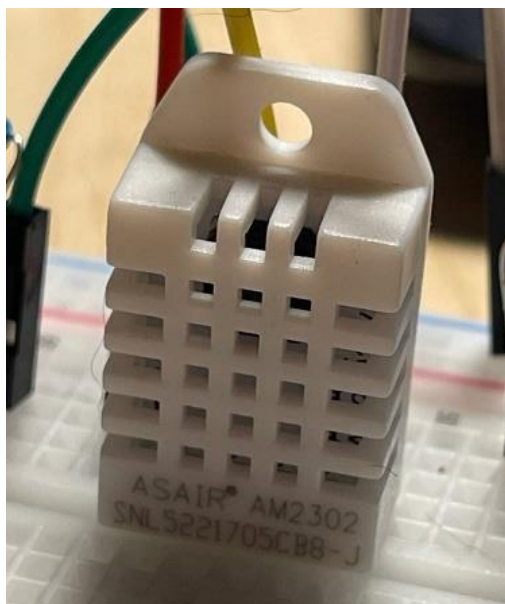


Рисунок 3.11 – Модуль датчика температури DHT22

3.3 Схема підключення елементів на платі

Модель охоронно-пожежної сигналізації розроблена для початку на базі онлайн-симулятора Wokwi. Оскільки симулятор має обмежені можливості, то виявлення диму та вібрації відбуваються за допомогою альтернативних приладів.

Для визначення диму використовується датчик температури і вологості DHT22. Даний датчик вимірює температуру та вологість, але замість вологості буде зазначений дим. Виявлення вібрації буде відбуватися за допомогою датчика MPU-6050, який являється 3-осьовим гіроскопом та 3-осьовим акселерометром і зображений на рисунку 3.12.

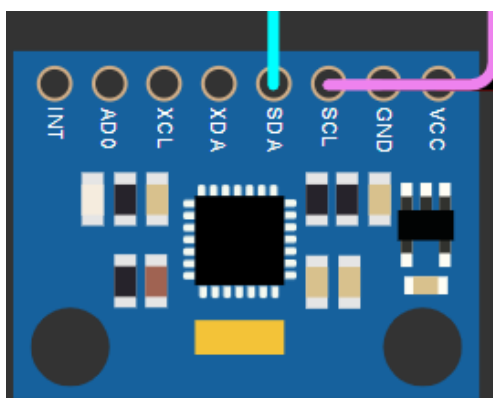


Рисунок 3.12 – Датчик MPU-6050

Всі компоненти системи, включаючи апаратну платформу Raspberry Pi Pico W, світлодіоди і датчики підключені між собою за допомогою макетної плати. Ознайомитися з діаграмою виводів можна на рисунку 3.13 [23].

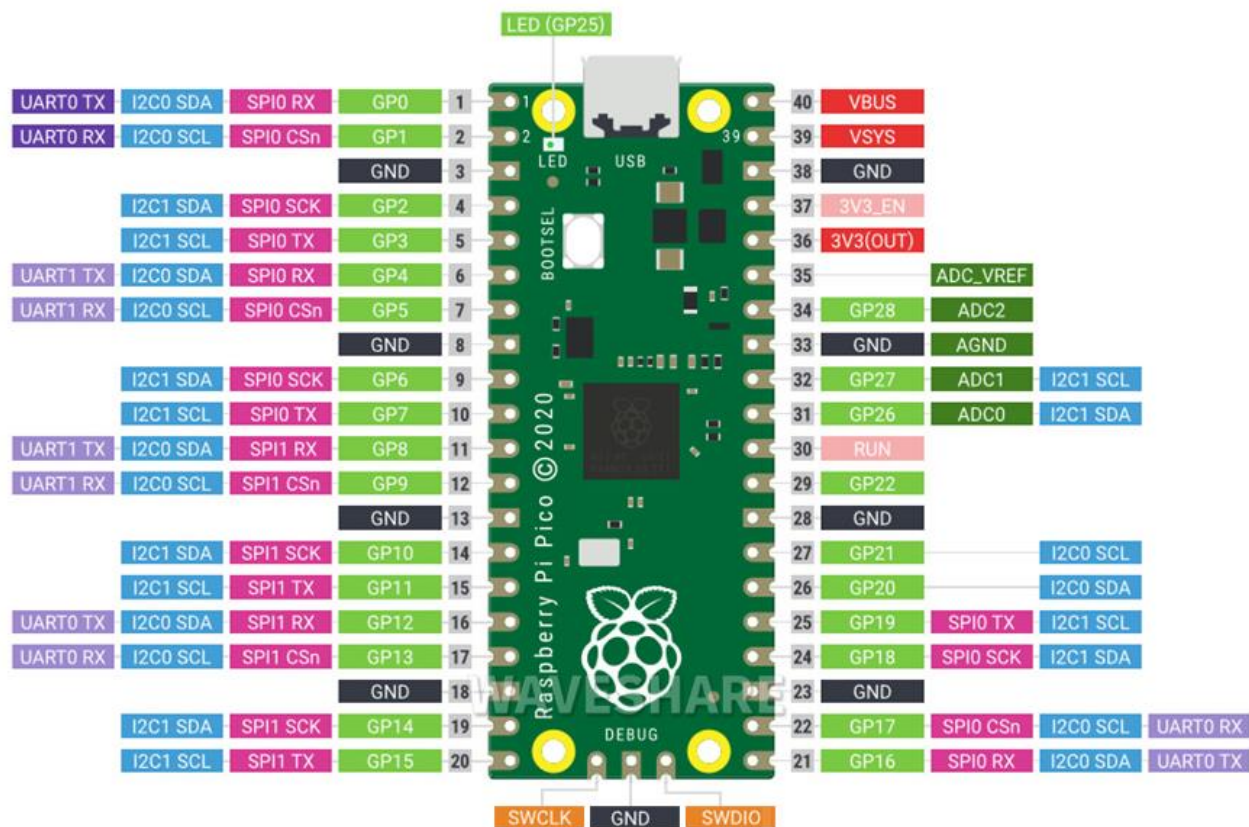


Рисунок 3.13 – Діаграма виводів апаратної платформи

Для коректного підключення всіх датчиків, модулів та інших компонентів, потрібно розібратися з документацією кожного елементу. Всі дані, як підключені елементи в симуляторі занесені до таблиці 3.6. Земля і живлення проведені від платформи Raspberry Pi Pico W до «+» та «-» на макетній платі. Для запобігання згоранню діодів, до кожного з них також додано резистори по 220 Ом.

Готова зібрана схема системи охоронно-пожежної сигналізації в симуляторі зображена на рисунку 3.14.

Таблиця 3.6 – Підключення елементів до Raspberry Pi Pico W

Елемент	Пін
DHT22	GP22
MPU6050	GP4(SDA), GP5(SLC)
PIR	GP14
Red led	GP6
Blue led	GP1
Orange led	GP8
Yellow led	GP7

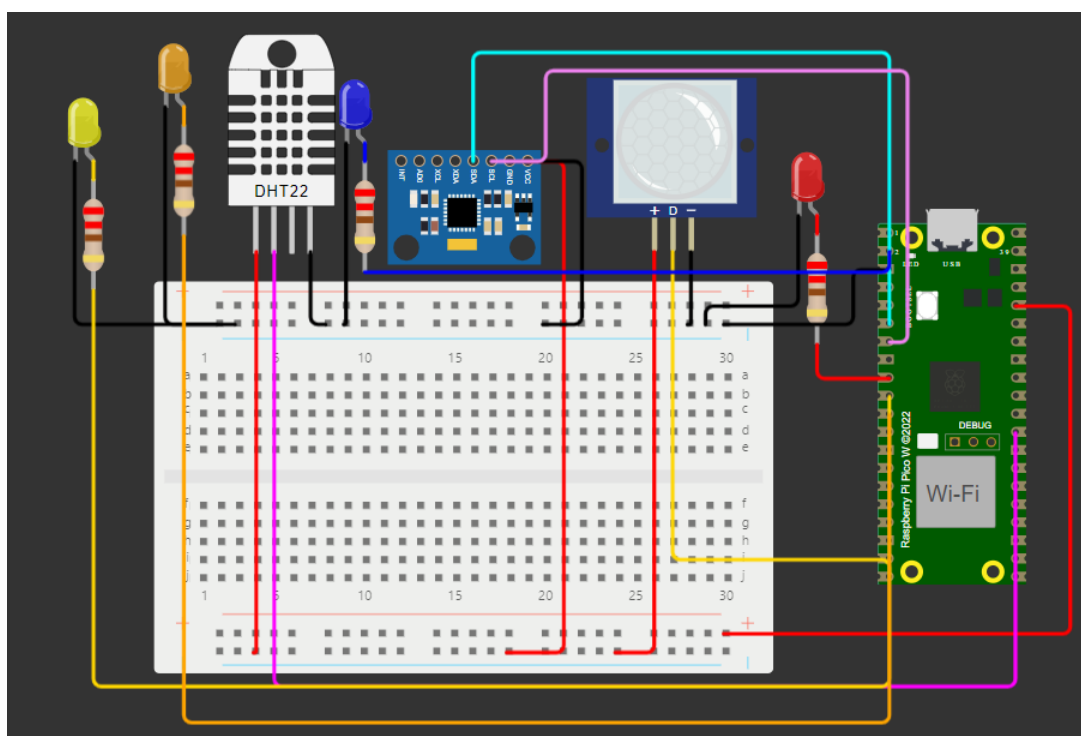


Рисунок 3.14 – Схема підключення всіх компонентів на платі

Для створення фізичної моделі використано 3 діода, 5 резисторів, модуль датчика руху, датчика диму та вібрації, а також датчик DHT22. Для подання потрібної кількості живлення всіх компонентів використано додатковий акумулятор, який підведено до «+» на макетній платі замість живлення самої платформи.

Всі дані, як підключені елементи в фізичній моделі занесені до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Підключення елементів до Raspberry Pi Pico W

Елемент	Пін
DHT22	GP22
MQ-2	GP26
HC-SR501	GP15
SW-420	GP16
Red led	GP10
Blue led	GP17
Orange led	GP6

Візуальне підключення та розташування елементів в моделі, схематичне підключення зображено на рисунках 3.15-3.16.

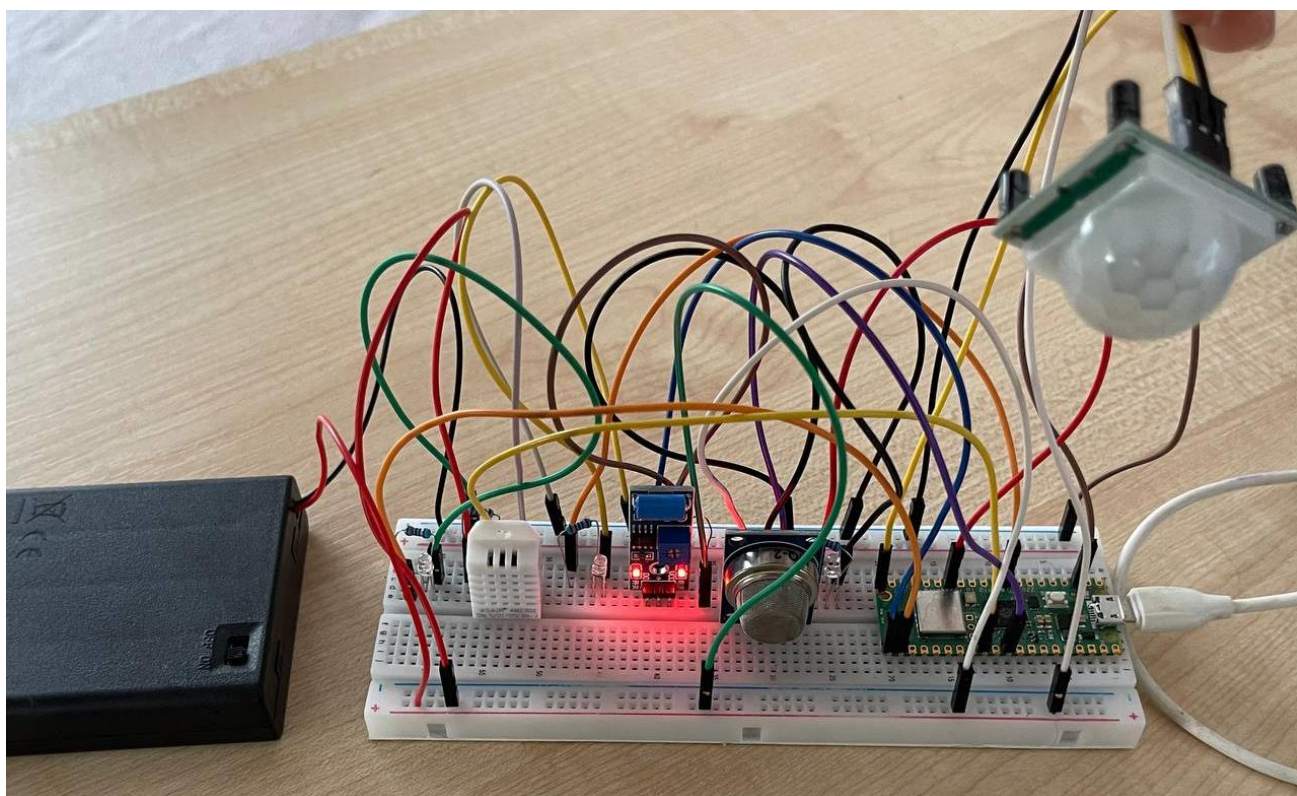


Рисунок 3.15 – Підключення елементів у фізичній моделі

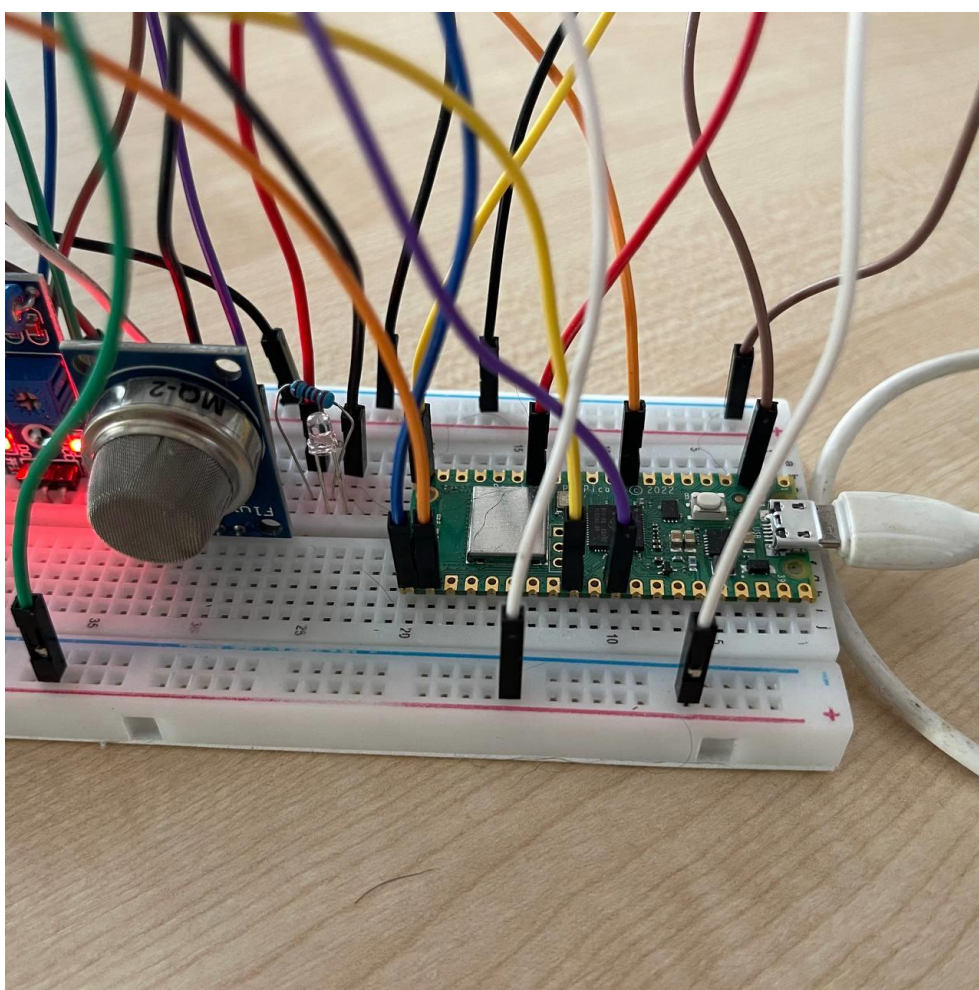
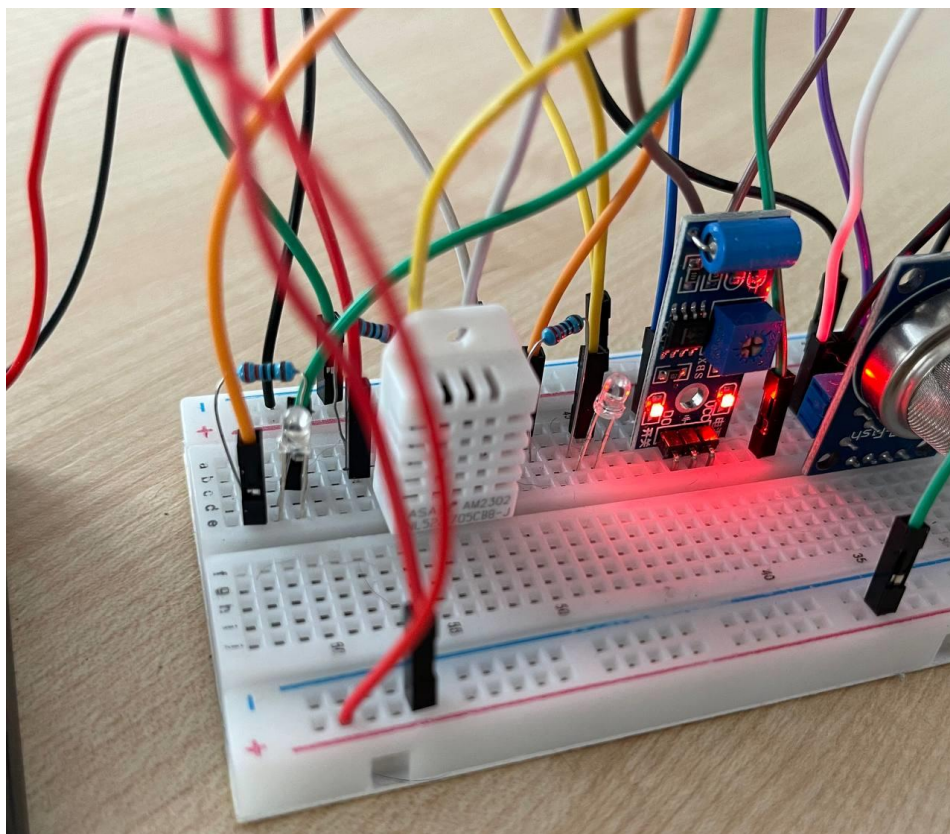


Рисунок 3.16 – Підключення елементів у фізичній моделі

3.4 Розробка модуля зв'язку із об'єктом

Сучасні системи охоронно-пожежної сигналізації мають бути не тільки ефективні та надійні, а ще мати можливість сповіщати про небезпеку по телефону людей, які відповідальні за об'єкт.

Для випадку Raspberry Pi Pico W, який має wi-fi модуль, розроблено модуль зв'язку для системи, який має змогу сповіщати через повідомлення на телефон, якщо було зафіксовано тривогу. Дане завдання реалізовано на базі сервісу ntfy

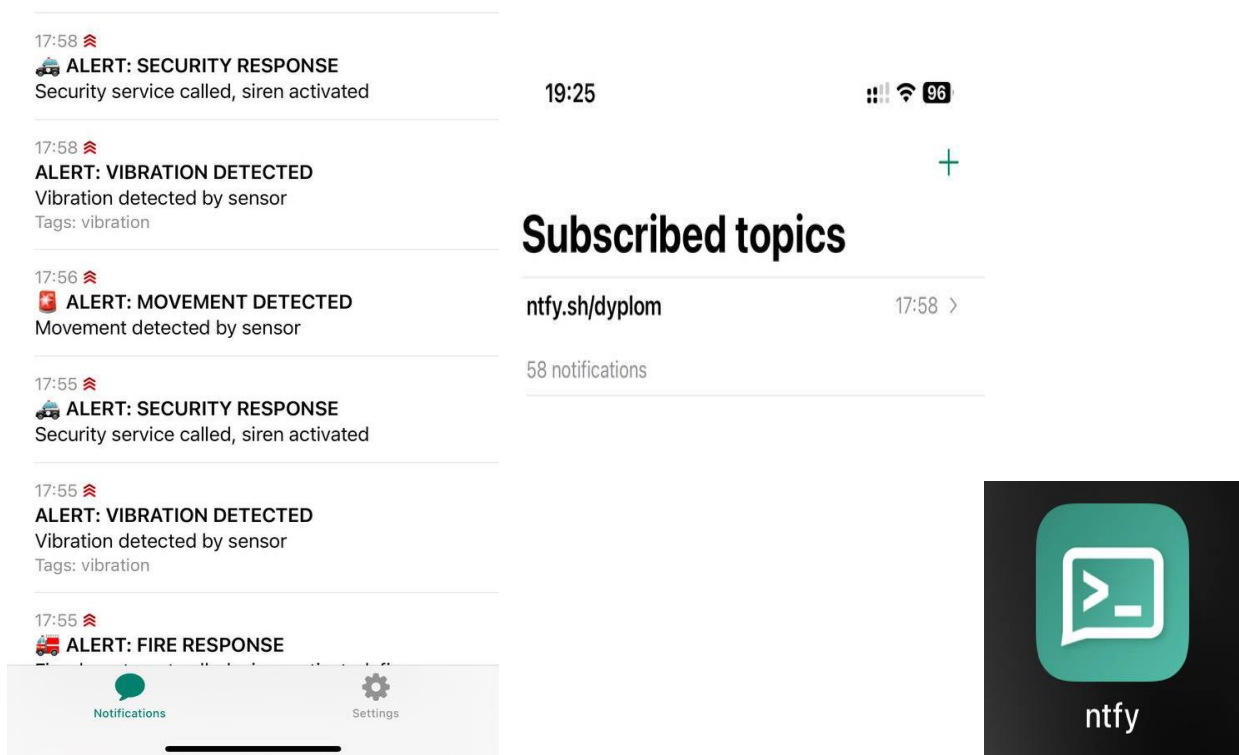


Рисунок 3.17 – Інтерфейс сервісу ntfy

Даний сервіс являється найкращим варіантом для втілення даних сповіщень, оскільки він простий в інтеграції, надає можливість надсилати сповіщення саме на телефон, а також дає змогу модифікувати самі сповіщення (заголовки, теги, пріоритетність).

За допомогою мови програмування MicroPython, бібліотеці urequests розроблений модуль зв'язку. Завдяки бібліотеці urequests створюються HTTP-запити, які надсилаються на сервіс для сповіщень.

Алгоритм роботи модуля складається з декількох етапів:

- підключення Raspberry Pi Pico W до мережі Wi-Fi;
- постійний моніторинг та аналізування усіх датчиків системи;
- сповіщення у вигляді блимання діодів, а також надсилання HTTP-запитів, які у програмному коді модифіковано у потрібний вигляд, до сервісу ntfy.

Для початку потрібно підключитися до мережі Wi-Fi:

```
wlan = network.WLAN(network.STA_IF)
wlan.active(True)
wlan.connect("TP-Link_200E", "14088384")
sleep(3)
print("Wi-Fi connected:", wlan.isconnected())
```

Наступним кроком описується в коді робота датчиків, а також модифікуються сповіщення, які будуть надходити на телефон:

```
requests.post(
    "https://ntfy.sh/dyplom",
    data="Temperature threshold exceeded",
    headers={
        "Title": "ALERT: HIGH TEMPERATURE",
        "Priority": "5",
        "Tags": "thermometer",})
```

В даному прикладі, що наведений вище, задано заголовок, пріоритетність, тег, який відображає символ біля заголовку, дані які виводяться і адреса, куди саме відправляти даний запит. На телефоні в додатку даного сервісу створено

спеціальну адресу для системи охоронно-пожежної сигналізації, куди від усіх датчиків буде надсилатись сповіщення про зафіксовану небезпеку.

Візуальний вигляд сповіщення на телефоні зображений на рисунку 3.18.

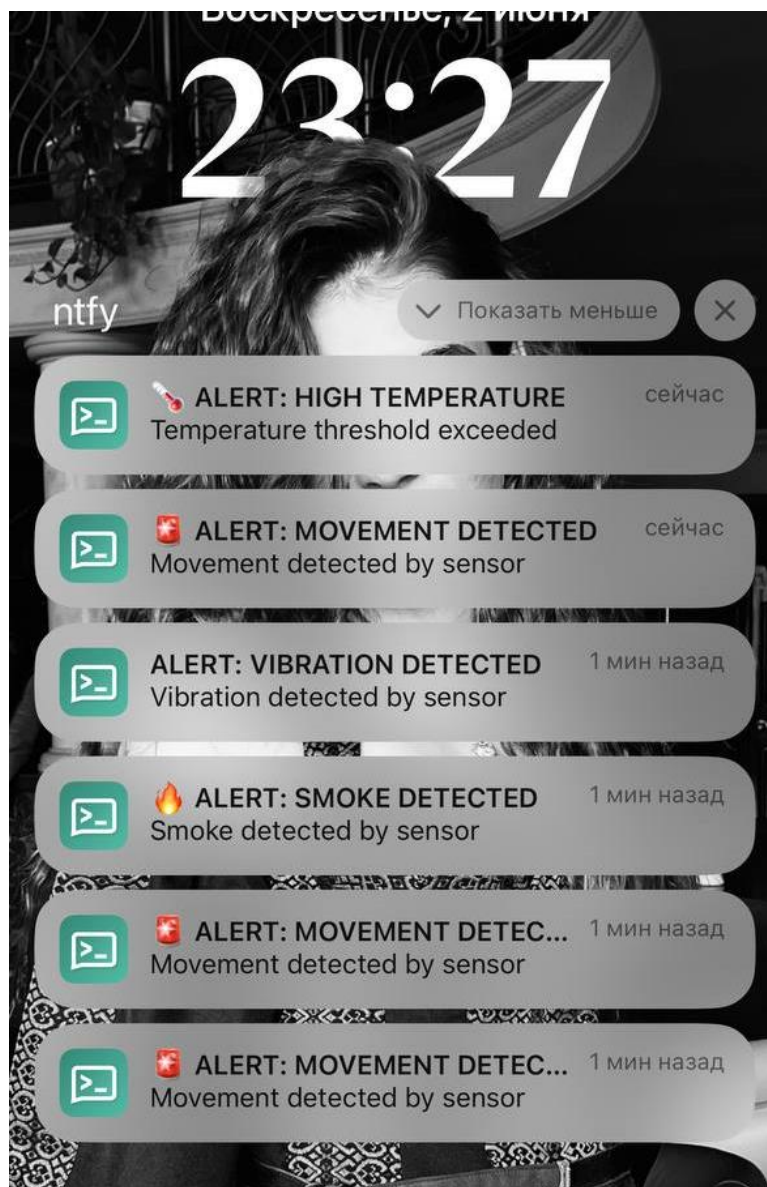


Рисунок 3.18 – Вигляд сповіщення про тривогу

Отже, при фіксуванні датчиками будь-якої загрози (руху, диму, вібрації, підвищення температури), буде надсилатися певне сповіщення на телефон, а також одразу після основного повідомлення буде супроводжуюче, яке наголошує, що включилась сирена, виїхала поліція або включено систему пожежогасіння та вентиляції.

3.5 Тестування роботи системи охоронно-пожежної сигналізації

Програмна частина для даного проекту була написана на мові програмування MicroPython. Для фізичної моделі повний програмний код представлений у додатку А, а для моделі, що створена на базі симулятора Wokwi, лістинг коду наведений у додатку Б.

Для того, щоб провести тестування роботи системи охоронно-пожежної сигналізації в симуляторі, потрібно запустити проект і змінювати значення кожного датчика.

При зміні будь-якого значення в консоль виводиться повідомлення про фіксування певної небезпеки і підсвічується діод. Проводилось фіксування підвищення температури, рисунок 3.19, наявності вібрації, рисунок 3.20, наявності диму, рисунок 3.21 та руху, рисунок 3.22.

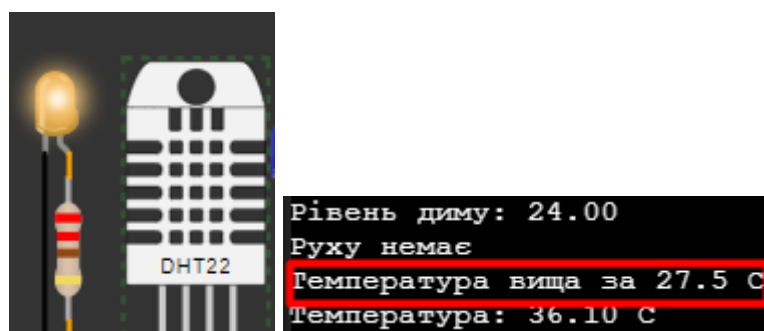


Рисунок 3.19 – Фіксування наявності підвищення температури

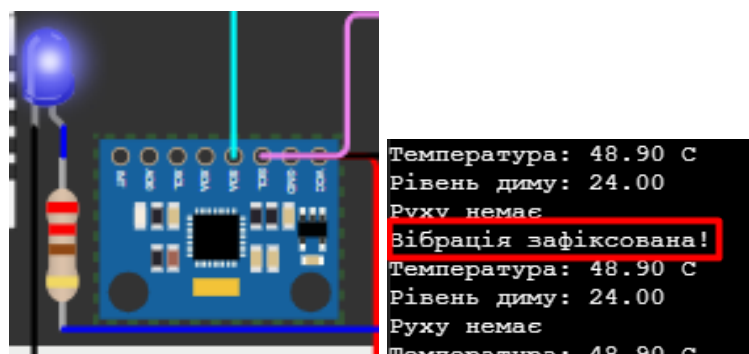


Рисунок 3.20 – Фіксування наявності вібрації



Рисунок 3.21 – Фіксування наявності диму

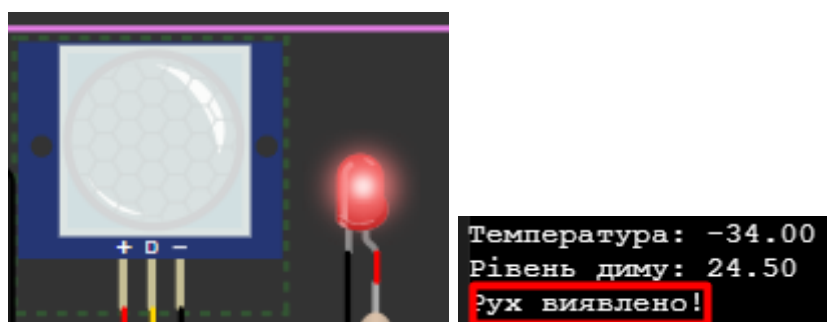


Рисунок 3.22 – Фіксування наявності руху

Для тестування фізичної моделі використовувались сірники, проводилось рукою перед датчиком руху, а також створювалась вібрація стуком по столу. У спокійному стані в консоль виводились значення температури, вологості і відсутність інших загроз, а у випадку фіксування загрози так само загорався потрібний діод і надсилався основне і другорядне сповіщення на телефон. А в консолі прописувалось, що саме сталося.

Під час піднесення запаленого сірника до датчика температури, він має нагрітися і досягнувши поставленого температурного порогу включити блимання діодом, надіслати повідомлення на телефон і написати інформацію про перевищення в консоль. Таким самим чином працюють інші діоди. Для датчика диму застосовано дим від затушеного сірника, перед датчиком руху проведено рукою і датчик вібрації спрацьовує при фіксуванні стука по столу. Всі результати фіксування тривоги зображено на рисунках 3.23-3.25.

```

Humidity: 57.70 % Temperature: 25.60 °C
AO: 40953 Humidity: 58.30 %
Дим зафіксовано! Рух є
Temperature: 25.70 °C
Humidity: 57.80 %
Виявлено вібрацію!
AO: 23829

```

Рисунок 3.23 – Інформація в консолі

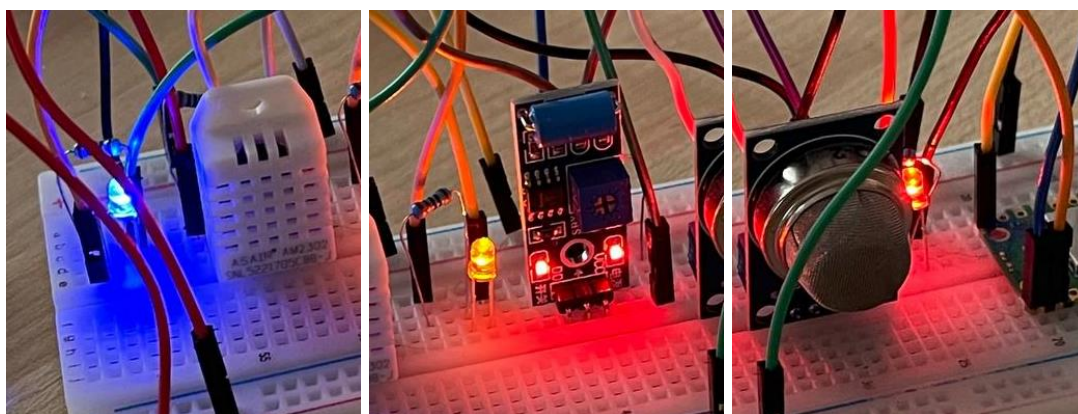


Рисунок 3.24 – Загорання діодів від фіксування небезпеки

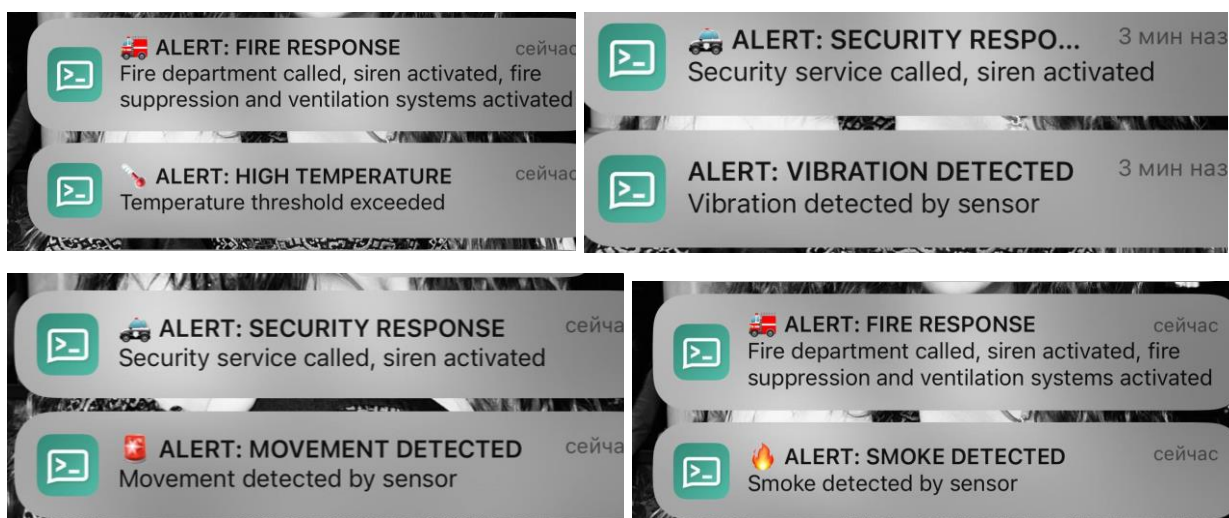


Рисунок 3.25 – Надіслані сповіщення на телефон

3.6 Охорона праці

У сучасному світі, де більшість людей проводять значну частину свого часу в офісних та виробничих приміщеннях, створення комфортних та безпечних умов праці є одним із головних пріоритетів. Одним із важливих аспектів, що впливає на комфорт та продуктивність працівників, є належний рівень освітленості в робочих приміщеннях.

Освітленість має прямий вплив на сприйняття інформації, зорову активність, концентрацію та настрій працівників. Недостатня або некоректна освітленість може призводити до зриву робочого процесу, погіршення зору, збільшення втому та навіть до виникнення професійних захворювань.

Одним з важливих аспектів проектування освітлення є розрахунок оптимального рівня освітленості для конкретного приміщення. У даному розділі розглянуто розрахунок освітленості для об'єкту розміром 50х20 метри, в якій буде функціонувати макет для моніторингу охоронної та пожежної безпеки. За допомогою відповідних формул та рекомендованих стандартів, визначається необхідний рівень освітленості, щоб забезпечити комфортні та безпечні умови роботи.

Вимірювання та врахування правильного рівня освітленості в приміщеннях є важливою складовою процесу планування та розробки робочих місць. Правильне освітлення не тільки сприяє підвищенню продуктивності працівників, але й має позитивний вплив на їхнє фізичне та психологічне самопочуття. Врахування рекомендованих норм та стандартів з освітленості в проектуванні приміщень є важливим етапом для створення безпечного та комфортного робочого середовища.

У цьому розділі будуть наведені необхідні формули та рекомендації для розрахунку освітленості в кімнаті розміром 50х20 метри. Використовуючи ці дані, буде змога визначити оптимальний рівень освітленості для макету, що забезпечити комфорт та безпеку працівників під час виробничих процесів.

Для розрахунку освітленості в кімнаті розміром 50х20 метри потрібно враховувати рекомендований рівень освітленості для даного типу діяльності.

Зазвичай для офісних та виробничих приміщень рекомендована освітленість знаходиться в діапазоні від 300 до 750 люкс [24].

Для розрахунку загальної освітленості можна використовувати наступну формулу:

$$E = A \times E_r$$

де E – загальна освітленість, люкс;

A – площа кімнати, m^2 ;

E_r – рекомендована освітленість, люкс.

Для прикладу, якщо взято рекомендовану освітленість 600 люкс, то розрахунок буде наступним:

$$E = 1000 \times 600 = 600\,000 \text{ люкс.}$$

Відповідно, для приміщення розміром 50х20 з рекомендованою освітленістю 600 люкс буде необхідно забезпечити загальну освітленість в 600 000 люкс.

ВИСНОВКИ

Перший розділ кваліфікаційної роботи налічує огляд та аналіз систем охоронно-пожежної сигналізації. Проаналізовано функції та принцип роботи даних систем, які загрози вони фіксують, які заходи безпеки застосовують. Також розглянуто компоненти систем та розроблено класифікацію пожежних та охоронних засобів системи. В класифікації поділені датчики за типом приведення до дії, як має запускатись сигнал тривоги, яким чином всі датчики зчитують інформацію про тривогу, а також за способом електроживлення і видом контрольованої зони.

У другому розділі вже описано етапи, які потрібні для проектування системи охоронно-пожежної сигналізації. Етапи налічують вивчення об'єкта, розділення його на зони, розуміння видів та кількості датчиків та інших компонентів системи. Розроблено алгоритми роботи системи для кожного випадку. Оскільки система ОПС буде для приладобудівного підприємства, який має велику площу, то було також розраховано споживання енергії, адже використовується багато різних компонентів і потрібно точно розуміти скільки енергії буде споживати система.

Третій розділ роботи полягає у виборі апаратної платформи для системи, аналіз всіх найкращих варіантів та вибір одної більш підходящої. Для заданої задачі обрано Raspberry Pi Pico W. Проведено детальний аналіз компонентів, на базі їх характеристик, для системи і обрано по одному з усіх альтернатив. Описано підключення елементів системи у симуляторі та для фізичної моделі. Наведено зображення, де візуально можна побачити підключення та фінальний вигляд системи.

Для сповіщення людей про будь-яку тривогу розроблено модуль зв'язку, на основі сервісу ntfy, який за допомогою мережі інтернету надсилає на телефон повідомлення про тривогу і запуск певних заходів безпеки.

Унікальність роботи полягає в тому, що у сучасному світі з різними технологіями безпека пожежна та охоронна не втрачають важливості, оскільки несанкціоноване проникнення, пожежа, вибухи або інша небезпека залишається актуальним питанням. Охоронна та пожежна автоматика на виробництві є критично важливою з точки зору забезпечення безпеки працівників та майна.

Такі системи здатні вчасно та швидко виявити небезпеку, запустити в хід потрібні заходи безпеки, сповістити людей, надсилати сповіщення в потрібні служби безпеки і тим самим мінімізувати втрати.

Знання, що були отримані під час виконання даного проекту можуть бути основою для того, щоб покращувати вже існуючі системи безпеки. Робити ці системи більш масштабними, ефективнішими, щоб вони могли виконувати свої задачі у повну силу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до підготовки атестаційної роботи бакалавра для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»/ Упоряд.: І.Ш. Невлюдов, О.В. Токарева. – Харків: ХНУРЕ, – 2019. – 36 с.
2. Освітньо-професійна програма першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування» (Вчена рада ХНУРЕ протокол № 1 від 31.01. 2023 р.). https://nure.ua/wp-content/uploads/Education_programs/2022/2022_bak_151_opp_aktakit.pdf.
3. ДСТУ 3008: 2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [Чинний від 2017 – 07 – 01]. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 26 с.
4. Невлюдов І. Ш. Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва технічних засобів автоматизації. – 2021. – 604 с.
5. Невлюдов І.Ш. Механізми технічних засобів автоматизації (довідкові матеріали з курсового і дипломного проектування): навчальний посібник. / І.Ш. Невлюдов, В.І. Роменський, І.О. Яшков. – Харків: ХНУРЕ, 2021. – 292 с.
6. Невлюдов І. Ш. Технічні засоби автоматизації: Підручник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.І. Филипенко, Н.П. Демська, С.П. Новоселов. – Кривий Ріг : Криворізький коледж НАУ, 2019. – 366 с.
7. Безprozванний М. О. Дослідження технічних особливостей впровадження інтегрованої комплексної системи безпеки спеціального об'єкту : дис. канд. техн. наук : 171 / Безprozванний Микола Олександрович – Київ, 2019. – 104 с.

8. Учасники проєктів Вікімедіа. Димовий сповіщувач – Вікіпедія. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Димовий_сповіщувач (дата звернення: 12.12.2023).

9. Компоненти пожежної сигналізації. Проектирование, монтаж и обслуживание пожарных сигнализаций - ЭКСПЕРТ 112. URL: https://expert112.com.ua/komponenty-pozharной-signalizacii/index_ua.html (дата звернення: 12.12.2023).

10. Ex-Proof Flashing Beacon - Zenith United Electric Corporation. Zenith United Electric Corporation. URL: <https://zenithunited.com/products/720-exproof/> (date of access: 12.12.2023).

11. План евакуації: структура та приклад оформлення. Довідник спеціаліста з охорони праці. URL: <https://pro-op.com.ua/article/560-struktura-ta-priklad-oformlennya-planu-evakuats> (дата звернення: 12.12.2023).

12. Як підібрати акумулятор для генератора: типи, ємність та строк служби - 220volt. Магазин електротехніки 220volt. Продаж електротехніки - Київ, Україна. URL: <https://220volt.com.ua/ua/news/kak-podobrat-akkumulyator-dlya-generatora-tipu-emkost-i-srok-sluzhby/> (дата звернення: 12.12.2023).

13. Види Камер Відеоспостереження • Інтернет Магазин Hikvision. HIKVISION. URL: <https://hikvision.biz.ua/vydy-kamer-videosposterezhennya/> (дата звернення: 12.12.2023).

14. Чому системи пожежної сигналізації повинні відповідати державним нормам пожежної безпеки - УКРАЇНА КРИМІНАЛЬНА. УКРАЇНА КРИМІНАЛЬНА. URL: <https://cripo.com.ua/news/society/chomu-sistemi-pozhezhnoyi-signalizatsiyi-povinni-vidpovidati-derzhavnim-normam-pozhezhnoyi-bezpeki/> (дата звернення: 19.12.2023).

15. Охоронно-пожежне обладнання. centrbox.com.ua. URL: <https://centrbox.com.ua/ohoronno-pozejne-obladnannya-c42/> (дата звернення: 20.12.2023).

16. Васильченко Є. Р. Огляд принципів побудови пожежно-охоронної системи / Є. Р. Васильченко // Автоматизація та Приладобудування («Automation

and Development of Electronic Devices» ADED-2023): збірник студентських наукових статей. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Вип. 2. – С.153-158.

17. Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом МВС України від 30 грудня 2014 р. №1417.

18. ДБН В.2.5-56:2014 "Системи протипожежного захисту" Наказ Мінрегіону України від 13.11.2014 р. № 312

19. Бурич К. О. Вдосконалення системи пожежно-охоронної сигналізації // Пожежна та техногенна безпека: наука і практика / К. О. Бурич, 2018. – С.

20. Моздалевський М.В. Система контролю та безпеки у гуртожитку: магістерська робота /М.В. Моздалевський. – Запоріжжя: НУЗП, 2019. – 100 с.

21. Учасники проектів Вікімедіа. ESP32 – Вікіпедія. Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/ESP32> (дата звернення: 24.05.2024).

22. Учасники проектів Вікімедіа. Arduino Uno – Вікіпедія. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Arduino_Uno (дата звернення: 24.05.2024).

23. Raspberry Pi Pico W - Waveshare Wiki. Waveshare Electronics. URL: https://www.waveshare.com/wiki/Raspberry_Pi_Pico_W (дата звернення: 30.05.2024).

24. Стищенко Т.Є., Пронюк Г.В., Сердюк Н.М., Хондак І.І. «Безпека життєдіяльності»: навч. посібник / Т.Є Стищенко, Г.В. Пронюк, Н.М. Сердюк, І.І. Хондак. – Харків: ХНУРЕ, 2018. 336 с.