

Міністерство освіти і науки України

**Луцький національний технічний університет
Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та охоронних систем**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ,
ОПОВІЩЕННЯ ПРО ПОЖЕЖУ ТА УПРАВЛІННЯ ЕВАКУАЦІЄЮ
ЛЮДЕЙ МОДЕРНІЗОВАНОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОРПУСУ №2
ЛНТУ**

**DESIGN OF A FIRE ALARM SYSTEM, FIRE NOTIFICATION AND
EVACUATION MANAGEMENT OF PEOPLE IN THE MODERNIZED
LABORATORY BUILDING № 2 OF LNTU**

спеціальність 126 Інформаційні системи та технології

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Інформаційні системи та технології охорони і безпеки»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти

групи ІСТО-41

БАС Роман Васильович

(підпис)

Керівник:

д.г.н., професор

ПУГАЧ Сергій Олександрович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

«__» _____ 2026 р.

Гарант освітньої програми:

к.т.н., доцент

ТЕРЛЕЦЬКИЙ Тарас Володимирович

(підпис)

Луцьк – 2026 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: *комп'ютерних та інформаційних технологій*

Кафедра: *комп'ютерної інженерії та безпеки*

Ступінь вищої освіти: *бакалавр*

Галузь знань: *12 Інформаційні технології*

Спеціальність: *126 Інформаційні системи та технології*

Освітня програма: *«Інформаційні системи та технології охорони і безпеки»*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КІБ

к.т.н., доцент Терлецький Т. В.

«___» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

БАСУ Роману Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: *Проектування системи пожежної сигналізації, оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей модернізованого лабораторного Корпусу №2 ЛНТУ*

Керівник роботи: *д.г.н., професор Пугач Сергій Олександрович*

затверджені наказом закладу вищої освіти від «16» грудня 2025 р. № 529/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи: «30» травня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи: *Планувальні рішення. ДБН В.2.5-56:2014. Detecto HT110.*

Detecto SMK110. Detecto MNL110. Tiras PRIME A. Fire Hub Jeweller. ДСТУ EN 54. Arton ДЛ-3

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити): *Анотація. Вступ. Розділ 1. Аналітичний огляд стану предметної області (характеристика*

об'єкту захисту оцінка вимог до його пожежної безпеки; аналіз можливих проектних

рішень систем пожежної сигналізації та оповіщення; огляд сучасних технічних рішень та

аналогів систем безпеки; огляд сучасних технічних рішень та аналогів підсистем

оповіщення; формулювання завдань до проекрованої системи). Розділ 2. Обґрунтування

вибору засобів та методів реалізації (вибір архітектури системи; вибір периферій-

ного обладнання та датчиків; обґрунтування вибору апаратного забезпечення;

вибір програмного забезпечення для проектування Обґрунтування методів інтеграції

проектованої інформаційної системи до інфраструктури об'єкта захисту).

Розділ 3. Практична реалізація (Розробка структурної схеми; проектування розміщення

обладнання; інженерні розрахунки; алгоритм функціонування системи; особливості

програмування складових інформаційної системи; оцінка ефективності/тестування).

Загальні висновки та рекомендації. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: *Презентація на 15 слайдах*

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1 Аналітичний огляд стану предметної області	<i>Пугач С. О.</i>		
Розділ 2 Обґрунтування вибору засобів та методів реалізації	<i>Пугач С. О.</i>		
Розділ 3 Практична реалізація	<i>Пугач С. О.</i>		
Загальні висновки та рекомендації	<i>Пугач С. О.</i>		
Нормоконтроль	<i>Кайдик О. Л.</i>		
Гарант ОП	<i>Терлецький Т. В.</i>		
Показник запозичень тексту			
Академічна доброчесність	<i>Кайдик О. Л.</i>		

7. Дата видачі завдання: «16» грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Обґрунтування теми	До 12.12.2025 р.	
2.	Огляд літератури із досліджуваної проблеми	До 12.12.2025 р.	
3.	Розділ 1 Аналітичний огляд стану предметної області	До 28.02.2026 р.	
4.	Розділ 2 Обґрунтування вибору засобів та методів реалізації	До 31.03.2026 р.	
5.	Розділ 3 Практична реалізація	До 30.04.2026 р.	
6.	Загальні висновки та рекомендації	До 16.05.2026 р.	
7.	Формування списку використаних джерел	До 20.05.2026 р.	
8.	Формування додатків.	До 20.05.2026 р.	
9.	Формування презентації за темою кваліфікаційної роботи	До 20.05.2026 р.	
10.	Нормоконтроль	До 21.05.2026 р.	
11.	Інструментальна перевірка на академічний плагіат	До 22.05.2026 р.	
12.	Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту	До 02.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____ (Бас Р. В.)
(підпис)Керівник кваліфікаційної роботи _____ (Пугач С. О.)
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Бас Р. В. Проектування системи пожежної сигналізації, оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей модернізованого лабораторного корпусу №2 ЛНТУ. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Інформаційні системи та технології охорони і безпеки» спеціальності 126 Інформаційні системи та технології. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці системи пожежної сигналізації та системи оповіщення про пожежу для лабораторного корпусу №2 Луцький національний технічний університет. У роботі проведено аналіз нормативної бази та особливостей об'єкта захисту, обґрунтовано вибір адресно-аналогової системи на базі Tiras PRIME A та системи мовленнєвого оповіщення Vellez.

Розроблено структурну схему системи, виконано розміщення пожежних сповіщувачів і оповіщувачів відповідно до вимог чинних нормативних документів. Проведено інженерні розрахунки резервного живлення та кабельних ліній. Запропоновані рішення забезпечують своєчасне виявлення пожежі та ефективно оповіщення людей.

Ключові слова: пожежна сигналізація, система оповіщення, пожежна безпека, адресна система, Tiras PRIME A, Vellez, евакуація, протипожежний захист.

ANNOTATION

Bas R. Design of a Fire Alarm System, Fire Warning and Evacuation Management System for the Modernized Laboratory Building No. 2 of Lutsk National Technical University. Manuscript.

Bachelor's qualification work in the educational program «Information Systems and Technologies of Security and Safety», specialty 126 Information Systems and Technologies. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The qualification work is devoted to the development of a fire alarm system and a fire warning and evacuation management system for Laboratory Building No. 2 of Lutsk National Technical University. The paper analyzes the regulatory framework and the characteristics of the protected facility, substantiates the choice of the Tiras PRIME A addressable analog fire alarm system and the Vellez voice evacuation warning system.

A structural scheme of the system was developed, and the placement of fire detectors and warning devices was designed in accordance with the requirements of current regulatory documents. Engineering calculations of backup power supply and cable lines were carried out. The proposed solutions ensure timely fire detection and effective warning of people.

Keywords: fire alarm system, warning system, fire safety, addressable system, Tiras PRIME A, Vellez, evacuation, fire protection.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	
1.1 Характеристика об'єкту захисту і оцінка вимог до його пожежної безпеки ..	8
1.2 Аналіз можливих проєктних рішень систем пожежної сигналізації та оповіщення.....	11
1.3 Огляд сучасних технічних рішень та аналогів систем безпеки	14
1.4 Огляд сучасних технічних рішень та аналогів підсистем оповіщення	18
1.5 Постановка завдань на кваліфікаційну роботу бакалавра	Помилка! Закладку не визначено.
РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ	
2.1 Вибір архітектури системи.....	23
2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення	24
2.3 Вибір програмного забезпечення для проєктування	32
2.4 Обґрунтування методів інтеграції проєктованої інформаційної системи до інфраструктури об'єкта захисту	34
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ	
3.1 Розробка структурної схеми	36
3.2 Проєктування розміщення обладнання	37
3.3 Інженерні розрахунки	39
3.4 Алгоритм функціонування системи	47
3.5 Особливості програмування складових інформаційної системи	48
3.6 Оцінка ефективності/тестування	51
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55

ВСТУП

Забезпечення пожежної безпеки лабораторного корпусу №2 ЛНТУ є важливим завданням, оскільки в будівлі розміщені навчальні аудиторії, лабораторії, службові приміщення, електротехнічне обладнання, комп'ютерна техніка та кабельні мережі. Такі умови створюють потенційну пожежну небезпеку й потребують застосування сучасної адресної системи пожежної сигналізації, оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей, яка дозволяє точніше визначати місце спрацювання сповіщувача, скорочувати час реагування персоналу та підвищувати надійність контролю обладнання. Актуальність теми зумовлена необхідністю своєчасного виявлення ознак пожежі, оперативного інформування людей і забезпечення безпечної евакуації відповідно до вимог ДБН В.2.5-56:2014 та стандартів серії ДСТУ EN 54.

Об'єкт дослідження – система пожежної сигналізації, оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей лабораторного корпусу №2 ЛНТУ.

Предмет дослідження – технічні засоби, інженерні рішення, кабельна інфраструктура та алгоритми функціонування системи пожежної сигналізації й оповіщення.

Мета кваліфікаційної роботи – полягає у розробці технічно обґрунтованого проекту адресної системи пожежної сигналізації, оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей для лабораторного корпусу №2 ЛНТУ.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Характеристика об'єкту захисту і оцінка вимог до його пожежної безпеки

Об'єктом захисту є лабораторний корпус №2 Луцького національного технічного університету. Архітектурно-планувальні рішення будівлі передбачають наявність складної та багатофункціональної структури приміщень, що включає лекційні аудиторії місткістю понад 100 осіб, навчальні приміщення, адміністративні кабінети для роботи професорсько-викладацького складу, розгалужену систему коридорів і сходових кліток, які слугують основними та резервними шляхами евакуації, а також спеціалізовані лабораторні приміщення (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Супутниковий знімок (Google Maps)

Лабораторні приміщення характеризуються наявністю прецизійного електронного та вимірювального обладнання, експериментальних стендів, комп'ютерної техніки та електроустановок. Цей фактор накладає підвищені вимоги до системи пожежної сигналізації, яка повинна не лише оперативно реагувати на перші ознаки піролізу чи тління, а й забезпечувати високу стійкість до хибних спрацювань.

Окремі приміщення корпусу мають підвищене пожежне навантаження у вигляді значної кількості горючих матеріалів, пакувальної продукції, кабельних мереж, меблів та допоміжних матеріалів, що вимагає використання технічних засобів із високою швидкістю виявлення пожежі та ефективного оповіщення людей про небезпеку. З точки зору пожежного навантаження та функціонального призначення, об'єкт класифікується як будівля освітнього та наукового призначення, що передбачає масове, одночасне та тривале перебування людей різних вікових груп. Відповідно до положень ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» (зі Змінами №1 від 2019 року та Зміною №2, що набрала чинності 1 березня 2026 року) [12], заклади вищої освіти підлягають обов'язковому та обладнанню системами автоматичної пожежної сигналізації, а також системами оповіщення та управління евакуацією (система оповіщення). Згідно зазначених будівельних норм, тип системи оповіщення обирається залежно від поверховості та місткості будівлі, причому для вищих навчальних закладів, де одночасно можуть перебувати сотні студентів, зазвичай вимагається система оповіщення не нижче 3-го типу, що передбачає наявність мовленнєвого та світлового оповіщення, а також поділ будівлі на окремі зони евакуації.

Крім того, правила проектування жорстко регламентують топологію розміщення сенсорів. Згідно з пунктом 7.2.11 ДБН В.2.5-56:2014, максимальна відстань між тепловими або димовими пожежними сповіщувачами, а також між сповіщувачами і стінами, визначається за розрахунковими таблицями з обов'язковим урахуванням висоти перекриттів, наявності ригелів, балок, підвісних

стель та конфігурації систем загальнообмінної припливно-витяжної вентиляції. Розміщення сповіщувачів може бути прямокутним або трикутним (шаховим), що впливає на радіус їхньої дії та загальну кількість пристроїв, необхідних для перекриття.

Новітні стандарти пожежної безпеки в Україні, сформовані на початку 2026 року, посилюють відповідальність балансоутримувачів об'єктів та інженерів-проектувальників. Введення в дію оновлених стандартів, таких як ДСТУ 9299:2025 [13], що регламентує перевірку та технічне обслуговування СПС, а також вимоги до персональної відповідальності посадових осіб згідно з оновленим законодавством, вимагають від проєктованої інформаційної системи можливості здійснення самодіагностики, автоматичного моніторингу ступеня запиленості оптичних камер димових сповіщувачів, формування деталізованих цифрових звітів про технічний стан та безперебійної передачі тривожних сповіщень і сигналів про несправності на пульти централізованого спостереження (ПЦС). Компоненти системи повинні проходити сертифікацію на відповідність вимогам серії базових європейських стандартів ДСТУ EN 54, що інтегровані в національне законодавство. Зокрема, ДСТУ EN 54-1:2014 [14] визначає загальні терміни та поняття, такі як «енергозалежна пам'ять» (запам'ятовувальні елементи, що потребують безперервного електроживлення для збереження конфігурації) та «вікно» (частина дисплея для відображення інформації). ДСТУ EN 54-2 [17] висуває вичерпні вимоги до приймально-контрольних приладів (ППКП), ДСТУ EN 54-18 [16] – до пристроїв вводу-виводу.

Основною вимогою до СПС, викладеною у розділі 7.2 ДБН В.2.5-56:2014, є те, що система повинна гарантовано виявляти ознаки пожежі на ранній стадії, передавати тривожні сповіщення, формувати команди управління для іншого інженерного обладнання і, що найважливіше, сигналізувати про виявлену несправність. Водночас, система не повинна підпадати під несприятливий вплив інших інженерних систем будівлі незалежно від того, з'єднані вони електрично чи

ні, не повинна виходити з ладу частково або повністю через вплив вогню до того моменту, як цей вогонь буде нею виявлений, та не повинна хибно реагувати на явища, що не пов'язані з виявленням пожежі (наприклад, аерозолі, будівельний пил, водяна пара).

1.2 Аналіз можливих проєктних рішень систем пожежної сигналізації та оповіщення

На сучасному етапі науково-технічного розвитку індустрії систем протипожежного захисту виділяють три основні архітектурні підходи до побудови систем пожежної сигналізації: не адресні системи, адресно-аналогові мультипроцесорні системи, адресно-порогові системи. Адресні системи поділяються на дротові та без дротові системи. Кожен із цих підходів має власні фізичні принципи функціонування, специфічні переваги та критичні недоліки, які повинні бути ретельно зважені в контексті застосування на такому складному об'єкті, як лабораторний корпус ЛНТУ.

Традиційні неадресні системи історично були першим поколінням засобів автоматичного виявлення пожежі. Принцип їхньої дії базується на зміні електричного опору шлейфу сигналізації (мідної пари дротів) при спрацюванні одного або декількох порогових сповіщувачів, що мають двопозиційний стан («Норма» або «Тривога»). Такі системи структурно не здатні ідентифікувати конкретний датчик, що перейшов у стан тривоги. Натомість приймально-контрольний прилад (ППКП) фіксує лише зміну загального струму в зоні, яка може охоплювати відразу кілька приміщень або цілий поверх. В рамках нашого об'єкту використання неадресних систем є неефективним підходом. У разі надходження сигналу тривоги черговий персонал змушений витратити додатковий час на фізичний обхід усієї зони для візуального пошуку конкретного приміщення, де виникло загоряння. Враховуючи наявність багатокімнатних лабораторій,

складських блоків та зачинених на електронні замки приміщень зі спеціалізованим обладнанням, така затримка призведе до збільшення площі пожежі, ускладнення умов для евакуації та значного зростання матеріальних збитків (рис. 1.2).

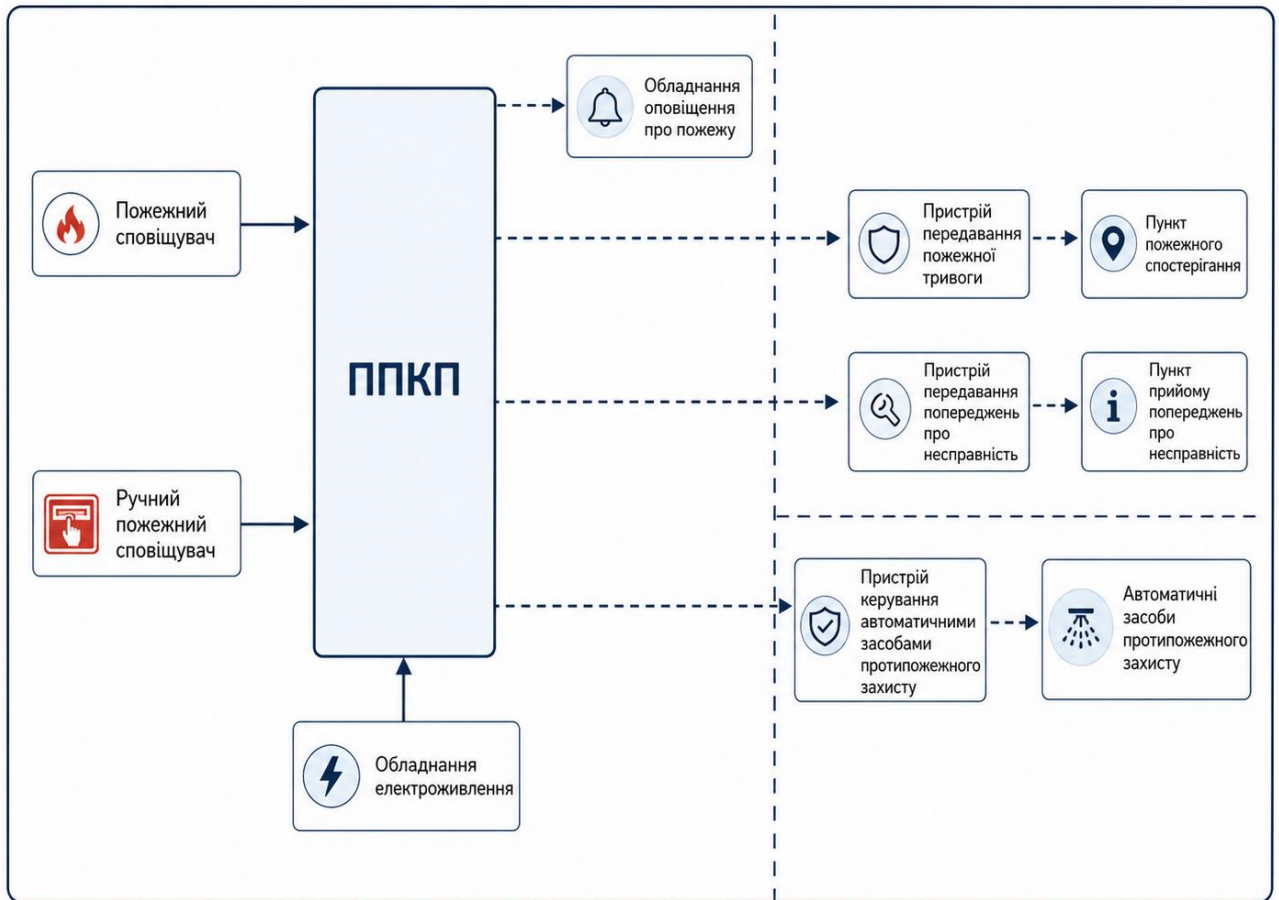


Рисунок 1.2 – Структурна схема неадресної системи пожежної сигналізації
(згенеровано за допомогою ChatGPT)

Адресні системи представляють собою сучасний тип дротових систем пожежної безпеки. В архітектурі такого типу приймально-контрольний прилад виступає обчислювальним центром, який через двопровідний адресний інтерфейс безперервно і циклічно опитує кожен периферійний пристрій (сповіщувач, модуль). Сповіщувачі в цій системі є не пороговими вимикачами, а складними вимірювальними приладами, які транслюють на централь аналогові значення

контрольованого параметра середовища. Рішення про формування сигналу «Пожежа» приймає виключно центральний процесор ППКП на основі аналізу динаміки зміни цих значень у часі, використовуючи алгоритми обробки даних фільтрації перешкод та інтегрального аналізу. Це забезпечує високу точність локалізації пожежі з ідентифікацією конкретного приміщення та навіть певної частини лабораторії. Іншою критичною перевагою адресних систем є можливість застосування кільцевої топології шлейфу та використання вбудованих ізоляторів короткого замикання (ІКЗ) у кожному сповіщувачі. У разі механічного обриву кабелю ППКП перетворює розірване кільце на два незалежні радіальні шлейфи, зберігаючи повний контроль над усіма датчиками. У разі короткого замикання сусідні ізолятори відсікають лише пошкоджену ділянку, що підвищує загальну живучість і відмовостійкість інформаційної системи (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Структурна схема адресної системи пожежної сигналізації
(згенеровано за допомогою ChatGPT)

1.3 Огляд сучасних технічних рішень та аналогів систем безпеки

Для прийняття науково обґрунтованого рішення щодо вибору апаратної бази для корпусу №2 ЛНТУ було проведено детальний порівняльний аналіз технічних рішень від двох провідних вітчизняних розробників та виробників систем безпеки, які наразі домінують на ринку: компанії Ajax Systems (із їхньою спеціалізованою протипожежною лінійкою) та компанії Tiras Technologies із флагманською адресною лінійкою Tiras PRIME A [10].

Продукція Ajax Systems використовується для побудови сучасних бездротових систем пожежної сигналізації та оповіщення, які забезпечують надійний контроль стану пожежної безпеки об'єкта та оперативне інформування людей про виникнення небезпечної ситуації. Побудова системи здійснюється на базі централі Fire Hub Jeweller [22], що відповідає вимогам стандартів EN 54 та забезпечує централізоване керування усіма пристроями системи. Передача сигналів між центральним обладнанням і периферійними пристроями виконується за допомогою радіопротоколу Jeweller, який підтримує двосторонній обмін даними, контроль працездатності пристроїв та захист інформації від стороннього втручання (рис. 1.4).

Використання бездротової технології дозволяє відмовитися від прокладання великої кількості сигнальних кабельних ліній, що значно спрощує монтаж обладнання та скорочує обсяг будівельно-монтажних робіт. Таке рішення є доцільним під час модернізації існуючих будівель, де прокладання додаткових кабельних трас може ускладнюватися особливостями конструкції приміщень. Централь Fire Hub Jeweller забезпечує постійний контроль стану системи, автоматичне виявлення втрати зв'язку з пристроями та резервування живлення у разі зникнення основного електроживлення.

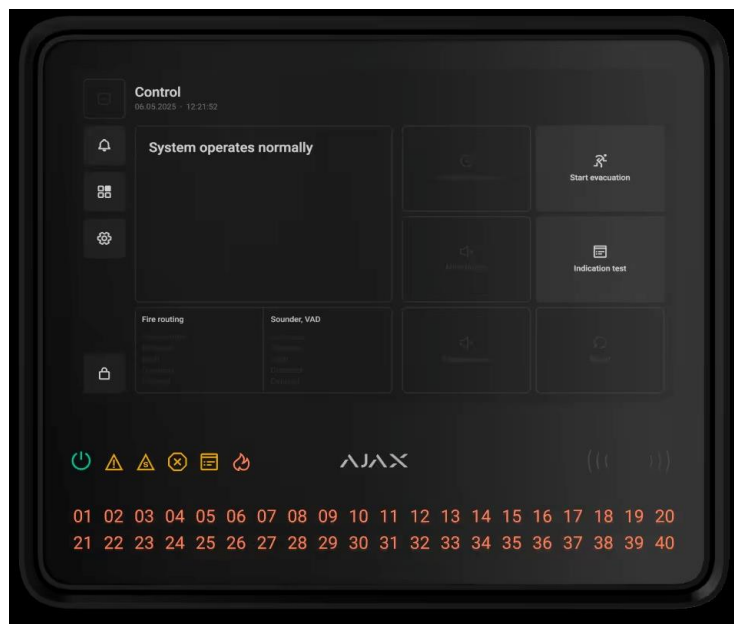


Рисунок 1.4 – Прилад приймально контрольний пожежний Fire Hub Jeweller [22]

Для виявлення ознак пожежі у системі застосовуються бездротові пожежні сповіщувачі серії FireProtect 2 [1]. Конструкція сповіщувачів передбачає використання оптичної димової камери, захищеної від потрапляння пилу та комах, що дозволяє забезпечити стабільність роботи пристрою протягом тривалого часу експлуатації. Контроль температурних параметрів здійснюється за допомогою двох термісторів, розташованих на зовнішній частині корпусу для підвищення швидкості реагування на зміну температури. У разі перевищення температурою встановленого порогового значення або при її різкому зростанні сповіщувач формує сигнал пожежної тривоги та передає його на центральний прилад.

Після отримання сигналу тривоги централь Fire Hub Jeweller автоматично активує вбудовані звукові оповіщувачі всіх пожежних датчиків системи. Рівень звукового тиску сирен становить до 85 дБ на відстані 3 м, що забезпечує належний рівень звукового оповіщення людей у приміщеннях будівлі. Додатково система підтримує передачу повідомлень до мобільних застосунків та засобів диспетчерського моніторингу, що дозволяє оперативно отримувати інформацію про стан системи пожежної сигналізації.

Монтаж сповіщувачів виконується за допомогою кріпильної панелі SmartBracket, яка забезпечує швидке встановлення обладнання без суттєвого втручання в оздоблення приміщень. Використання обладнання Ajax Systems дозволяє забезпечити належний рівень пожежної безпеки об'єкта, підвищити оперативність реагування на надзвичайні ситуації та спростити подальше технічне обслуговування системи.

З іншого боку, система СПСА «Tiras PRIME A» від компанії Tiras Technologies є класичним представником професійних дротових адресно-аналогових систем протипожежного захисту, спроектованих спеціально для середніх та великих комерційних і державних об'єктів. Вона повністю та відповідає всім обов'язковим вимогам національних стандартів ДСТУ EN 54-2 (приймально-контрольні прилади), та ДСТУ EN 54-21 [18] (маршрутизація тривоги) (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Прилад приймально контрольний пожежний Tiras Prime A [10]

Архітектура системи базується на двопровідних адресних інтерфейсах, кожен з яких забезпечує живлення та двосторонній цифровий зв'язок з периферійними пристроями. Кожен кільцевий адресний інтерфейс здатний підтримувати до 250

адресних пристроїв, а його максимальна довжина може сягати 2000 метрів за умови використання кабелю відповідного перетину. До складу лінійки входить широкий спектр обладнання: оптичні димові сповіщувачі DETECTO SMK110 [6], теплові сповіщувачі DETECTO HT110 [4], ручні сповіщувачі DETECTO MNL110 [5], сповіщувача пожежного димового лінійного пропущеного світла Артон-ДЛ-3 [3] а також потужні модулі розширення та управління інженерними системами, такі як M-OUT8R [8] (додаток А) та AM-MULTI [2] (додатки Б). Більшість пристроїв мають інтегровані ізолятори короткого замикання, а сама централь підтримує глибоке програмування логічних сценаріїв будь-якої складності через персональний комп'ютер за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення aLoader.

Для кращого розуміння та обґрунтування вибору, наведено таблицю з детальним техніко-експлуатаційним порівнянням розглянутих систем.

Таблиця 1.1 – Порівняльний аналіз технологій Ajax Systems та Tiras Technologies для побудови СПС

Критерій порівняння	Ajax EN54 Fire Hub (Jeweller)	Tiras PRIME A (Дротова адресна)
Тип каналу зв'язку	Бездротовий радіоканал (протокол Jeweller, 868 МГц)	Дротовий двопровідний адресний інтерфейс (AI)
Електроживлення	Автономне (вбудовані змінні або незмінні літєві батареї до 10 років)	Централізоване від ППКП (24-25 В по лінії зв'язку) з резервуванням від свинцево-кислотних АКБ
Стійкість до електромагнітних завад (ЕМС)	Залежить від зовнішнього середовища, наявний ризик інтерференції в лабораторіях фізики	Висока, стійкість забезпечується екрануванням кабелів та гальванічною розв'язкою
Локалізація несправностей (Обрив/КЗ)	Миттєва втрата зв'язку з датчиком	Вбудовані ізолятори КЗ апаратно локалізують пошкоджену ділянку кабелю, зберігаючи працездатність решти кільця
Можливості інтеграції з автоматикою (СКУД, вентиляція)	Обмежені бездротовими реле (WallSwitch/Relay), що не завжди відповідають жорстким нормам ДБН для систем безпеки	Використання спеціалізованих сертифікованих модулів вводу-виводу (M-OUT8R), підтримка складних сценаріїв та затримок EN 54-2

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
Застосування у великих бетонних будівлях	Потребує ретельного радіопланування та встановлення додаткових ретрансляторів (ReX) для подолання масивних перекриттів	Довжина одного адресного кільця сягає до 2000 м без додаткових підсилювачів
Система оповіщення (система оповіщення)	Вбудовані сирени у сповіщувачах (синхронна тривога за 20 секунд, 85 дБ)	Окремі спеціалізовані світлові оповіщувачі (наприклад, світловий оповіщувач ОС)

Джерела [22, 10]

1.4 Огляд сучасних технічних рішень та аналогів підсистем оповіщення

Для прийняття науково обґрунтованого рішення щодо вибору апаратної бази для побудови системи оповіщення та управління евакуацією лабораторного корпусу №2 ЛНТУ було проведено детальний порівняльний аналіз технічних рішень для підсистем світлового та мовленнєвого оповіщення.

Для підсистеми світлового оповіщення розглядалися вітчизняні показники серії «Люкс» (ПС-12/24) [23] від ПП «Артон» та серія ОС [9] від компанії Tiras Technologies. Показники «Люкс» є надійним класичним рішенням, проте вони мають відносно високий струм споживання – до 47 мА (при підвищеній яскравості від 24 В), та габарити 350x104x45 мм. Світлові оповіщувачі Tiras ОС (зокрема ОС-1) відрізняються екстремальною енергоефективністю, споживаючи не більше 35 мА в широкому діапазоні напруг від 9 В до 28 В. Їхні компактні габарити (280x100x32 мм) та наявність у лінійці спеціалізованої іскробезпечної версії ОС-1 Ex [22] роблять їх оптимальним вибором для розміщення в спеціалізованих лабораторіях університету.

Для ключової підсистеми мовленнєвого оповіщення порівнювалися рішення від провідного вітчизняного виробника «Велез» (Vellez) та популярного на ринку обладнання бренду IPA Audio [7].

Продукція IPA Audio є високотехнологічним імпортом рішенням, яке успішно пройшло сертифікацію в Україні на відповідність стандартам ДСТУ EN 54-16 [15] та ДСТУ EN 54-24:2012 [19]. Архітектура систем IPA Audio найчастіше будується на компонентній базі: вона складається з окремих мережевих контролерів, підсилювачів потужності, блоків вибору зон та розподільвачів живлення. Такий підхід дозволяє створювати гнучкі та масштабні системи для величезних об'єктів. Проте це вимагає значних просторових об'ємів (обов'язкове використання великих 19-дюймових шаф).

З іншого боку, системи мовленнєвого оповіщення ВЕЛЕЗ є вітчизняною розробкою, що відповідає вимогам стандарту ДСТУ EN 54-16 та широко застосовується на об'єктах громадського й адміністративного призначення. Для об'єктів масштабу навчального корпусу доцільним є застосування централі пожежного мовленнєвого оповіщення ЦДП02-120 [11], яка забезпечує організацію системи оповіщення та трансляції повідомлень у 100-вольтові лінії гучномовців. Даний прилад виконаний у металевому корпусі та поєднує у собі блок керування, цифровий модуль відтворення повідомлень, підсилювач потужності, контролер заряджання акумуляторних батарей і вихідні лінії керування зонами оповіщення. Номінальна вихідна потужність системи становить 120 Вт, що є достатнім для забезпечення необхідного рівня звукового тиску у приміщеннях навчального корпусу.

Основною перевагою ВЕЛЕЗ є їхня сумісність із сучасними системами пожежної сигналізації українського виробництва, зокрема з обладнанням Tiras. Керування запуском системи мовленнєвого оповіщення реалізовується за допомогою релейних виходів або адресних модулів керування, що значно спрощує інтеграцію обладнання між собою та підвищує надійність функціонування системи в цілому. Передача сигналу запуску виконується через «сухий контакт», що дозволяє уникнути складних мережевих протоколів обміну даними та забезпечує стабільну взаємодію між приладами різних виробників.

Додатковою перевагою обладнання ВЕЛЕЗ є наявність технічної підтримки та сервісного супроводу на території України, що є важливим фактором для об'єктів із підвищеними вимогами до безперервності експлуатації та оперативного технічного обслуговування. Для кращого обґрунтування вибору обладнання нижче наведено порівняльну таблицю техніко-експлуатаційних характеристик розглянутих систем мовленнєвого оповіщення.

Для забезпечення необхідної потужності системи мовленнєвого оповіщення та можливості подальшого розширення кількості гучномовців у проєкті передбачено використання додаткового підсилювача потужності виробництва ВЕЛЕЗ. Застосування зовнішнього підсилювача дозволяє збільшити сумарну вихідну потужність системи до 600 Вт, що забезпечує стабільну роботу значної кількості 100-вольтових ліній оповіщення та рівномірне звукове покриття всіх приміщень навчального корпусу.

Підсилювач інтегрується із центральним блоком ЦДП02-120 через лінійний аудіовихід та працює як складова єдиної системи пожежного мовленнєвого оповіщення. Така архітектура дозволяє реалізувати зональне оповіщення, забезпечити резервування потужності та підвищити надійність роботи системи при значному навантаженні. Крім того, використання модульного принципу побудови системи дає можливість у майбутньому розширювати кількість зон або гучномовців без повної заміни центрального обладнання.

Завдяки використанню 100-вольтової трансляційної лінії система забезпечує мінімальні втрати потужності на довгих кабельних трасах, що є особливо важливим для багатоповерхових будівель із великою кількістю приміщень та розгалуженою структурою коридорів (табл. 1.2).

Формулювання завдань та вимог до проєктованої системи оповіщення.

На основі проведеного аналітичного огляду та порівняльного аналізу, до проєктованої системи оповіщення лабораторного корпусу висуваються наступні чіткі інженерні вимоги:

Таблиця 1.2 – Порівняльний аналіз технологій Vellez та IPA Audio для побудови мовленнєвого оповіщення

Критерій порівняння	Vellez (вітчизняне виробництво)	IPA Audio (імпортне виробництво)
Країна походження	Україна	Китай
Відповідність ДСТУ EN 54-16	Так, повна сертифікація	Так, сертифіковано в Україні
Типова архітектура для середніх об'єктів	Компактні настінні моноблоки (все в одному корпусі)	Модульна рекова стійка (контролер + підсилювач + блок живлення)
Технічна підтримка та логістика	Пряма заводська підтримка, відсутність митних затримок при постачанні деталей	Залежність від дистриб'юторів, можливі затримки поставок запчастин через логістику
Інтеграція з вітчизняними ППКП (Tiras)	Оптимізована релейна схема запуску (внутрішній опір <150 мОм)	Стандартна релейна схема

Джерела: [7, 24]

– надійність та локалізація виробництва: перевага надається вітчизняному обладнанню (мовленнєве оповіщення Vellez та візуальне Tiras ОС) для забезпечення гарантованої та швидкої технічної підтримки під час тривалої експлуатації університетських приміщень;

– відмовостійкість трансляційних ліній: система мовленнєвого оповіщення повинна відповідати ДСТУ EN 54-16 та здійснювати постійний автоматичний контроль трансляційних 100-вольтних ліній гучномовців на фізичний обрив та коротке замикання;

– апаратна сумісність: обладнання система оповіщення повинно безперешкодно та без застосування складних сторонніх інтерфейсів інтегруватися з адресною пожежною централлю Tiras PRIME A виключно за допомогою стандартних релейних модулів управління;

– енергоефективність візуальної навігації: світлові покажчики повинні мати мінімальне гарантоване енергоспоживання (до 35 мА), що уможливить їх безперебійне живлення безпосередньо від магістральних ліній або резервних виходів централі та знизить сумарне навантаження на резервні АКБ.

1.5 Постановка завдань на кваліфікаційну роботу бакалавра

На основі аналізу нормативних вимог, характеристик об'єкта захисту та сучасних підходів до побудови систем протипожежного захисту було сформульовано основні завдання до проєктованої системи пожежної сигналізації, оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей:

- дослідити нормативні вимоги та особливості об'єкта захисту;
- розглянути сучасні технічні рішення пожежної сигналізації та оповіщення;
- аргументувати вибір основного обладнання і програмних засобів;
- побудувати структурну й топологічну схеми проєктованої системи;
- здійснити розрахунки резервного електроживлення та кабельних трас;
- сформулювати алгоритм функціонування системи в середовищі Aloader.

Їх виконання забезпечує технічну обґрунтованість проєктного рішення, відповідність системи чинним вимогам безпеки та можливість її практичного впровадження в умовах лабораторного корпусу №2 ЛНТУ.

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ

2.1 Вибір архітектури системи

Враховуючи проаналізовані типи систем, результати порівняльного аналізу (табл. 1.1) та вимоги ДБН В.2.5-56:2014 щодо стійкості систем протипожежного захисту в складних умовах, для модернізації лабораторного корпусу №2 ЛНТУ доцільно застосувати дротову адресну архітектуру, реалізація якої подано на кресленику КРБ 040.00.00.000 СПС.

Цей вибір аргументується низкою критичних факторів. По-перше, дротова адресна архітектура забезпечує найвищий рівень інформативності, дозволяючи черговому персоналу університету на графічному дисплеї або програмному терміналі миттєво визначити не лише поверх або крило будівлі, але й точне найменування приміщення, де спрацював датчик (наприклад, «Тривога: лабораторія механіки, датчик над стендом №3»).

По-друге, екрановані кабельні лінії зв'язку гарантують стійкість до індустриальних та електромагнітних перешкод, які постійно генеруються лабораторними електроустановками, що повністю знімає проблему «глушіння» або інтерференції радіосигналу, притаманну бездротовим аналогам у таких приміщеннях. По-третє, централізоване живлення всіх елементів системи від потужного блоку живлення централі (з гарантованим резервуванням акумуляторами великої ємності) позбавляє експлуатаційну службу необхідності періодично обслуговувати та утилізувати тисячі літєвих елементів живлення з бездротових датчиків.

Крім того, саме ця архітектура завдяки використанню стандартизованих релейних модулів дозволяє будувати складні логічні взаємозв'язки між подіями, що необхідні для апаратного керування вентиляційними установками та дверима евакуації.

2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення

Базовим керівним елементом проєктованої системи обрано сучасний ППКП вітчизняного виробництва Tiras PRIME A. Цей прилад був розроблений спеціально для складних об'єктів і відповідає стандартам надійності. ППКП забезпечує підтримку до 2 кільцевих адресних інтерфейсів (AI). Кожен кільцевий інтерфейс здатний контролювати та жити до 250 адресних пристроїв, що дозволяє в рамках одного приладу підключити до 500 інтелектуальних вузлів (датчиків, реле), що з великим запасом покриває проєктні потреби об'єкта (додаток В).

Для підтвердження відповідності ППКП енергетичним вимогам проєкту було проаналізовано його технічний паспорт. Відповідно до документації, прилад живиться від стандартної мережі змінного струму (187-242 В), при цьому його максимальний струм споживання з мережі становить не більше 0,27 А, а загальна потужність споживання не перевищує 60 ВА. Інтегрований імпульсний блок живлення видає в систему стабілізовану напругу в діапазоні від 21,0 до 29,5 В. Максимальний довготривалий струм навантаження від вбудованого блоку живлення може сягати 1,1 А, що гарантує стабільну роботу системи навіть у піковому режимі тотальної пожежної тривоги при ввімкненні всіх оповіщувачів. Струм в кожному адресному інтерфейсі обмежений значенням 160 мА, що захищає лінію від перевантажень. Сумарний опір дротів та встановлених ізоляторів КЗ допускається до 125 Ом, що разом із високою напругою в лінії дозволяє досягати довжини кабельних трас до 2000 метрів. Для забезпечення безперебійної роботи під час відключень електроенергії, у металевому корпусі приладу передбачено місце для встановлення двох резервних свинцево-кислотних акумуляторних батарей (АКБ) ємністю по 7 або 9 А·год кожна (з'єднаних послідовно для отримання 24 В). Струм заряджання АКБ становить не більше 700 мА, що гарантує швидке відновлення заряду після появи напруги в мережі.

Для реалізації підсистеми мовленнєвого оповіщення та управління

евакуацією людей у проєкті обрано устаткування керування та індикації мовленнєвого оповіщення людей про пожежу ВЕЛЛЕЗ «Комплекс». Структурну схему побудови та підключення устаткування ВЕЛЛЕЗ у складі проєктованої системи оповіщення наведено в додатку Г. Це обладнання призначене для роботи в автоматичному та ручному режимах оповіщення, а також може використовуватися для передавання службових повідомлень і трансляції фонової музики в черговому режимі. У межах проєктованої системи його основним завданням є своєчасне передавання мовленнєвих повідомлень про пожежу в зоні оповіщення лабораторного корпусу №2 ЛНТУ. Застосування мовленнєвого оповіщення є доцільним для навчального корпусу, оскільки у будівлі одночасно можуть перебувати студенти, викладачі та технічний персонал, яким у разі пожежі необхідно не лише подати сигнал небезпеки, а й повідомити порядок подальших дій та напрямки евакуації (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Устаткування керування та індикації мовленнєвого оповіщення людей про пожежу ВЕЛЛЕЗ

В автоматичному режимі запуск устаткування ВЕЛЛЕЗ здійснюється від приймально-контрольного приладу пожежного Tiras PRIME A. Після спрацювання пожежних сповіщувачів ППКП формує сигнал «ПУСК» шляхом замикання нормально розімкненої контактної пари або через відповідний модуль керування. Після цього попередньо записане тривожне повідомлення, збережене у цифровому вигляді в енергонезалежній пам'яті устаткування, підсилюється за потужністю та напругою і через комутатори передається у відповідні зони оповіщення. Передавання повідомлень при запуску від ППКП відбувається згідно із запрограмованим алгоритмом евакуації, що дає змогу активувати не всю будівлю одночасно, а саме ті зони, для яких надійшов керуючий сигнал. Такий принцип роботи дозволяє організувати поетапне оповіщення окремих поверхів, коридорів, сходових кліток і приміщень залежно від місця виникнення пожежної тривоги.

Додатковою перевагою устаткування ВЕЛЛЕЗ є можливість ручного керування. У цьому режимі повідомлення про пожежу може повторюватися до припинення трансляції оператором. Також передбачена передача аварійних оголошень через аварійний мікрофон або мікрофонний пульт, що дозволяє відповідальній особі уточнювати порядок евакуації відповідно до фактичної ситуації на об'єкті. Устаткування має визначену систему апаратних пріоритетів: аварійний мікрофон, сигнал від ППКП, ручний режим керування, мікрофонний пульт і універсальний вхід AUX. При надходженні сигналу від ППКП або ручній активації режиму оповіщення трансляція музичних чи службових програм автоматично припиняється. Живлення системи забезпечується від мережі змінного струму 220 В / 50 Гц, а у разі її зникнення – від акумуляторних батарей, що дозволяє підтримувати працездатність устаткування під час пожежної тривоги та евакуації людей.

Для виявлення ознак пожежі (піролізу, тління) у більшості приміщень об'єкта (лекційні аудиторії, коридори, кабінети) обрано адресні оптичні димові сповіщувачі Tiras DETECTO SMK110 (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Адресний димовий пожежний сповіщувач Tiras DETECTO SMK110 з вбудованим ізолятором короткого замикання

Ці сенсори використовують сучасну оптичну камеру та мають вбудовані мікропроцесорні алгоритми компенсації температурних змін, запиленості й старіння елементів, що забезпечує стабільну чутливість і мінімізує ймовірність хибних спрацювань. Крім того, датчики характеризуються низьким енергоспоживанням від адресного інтерфейсу.

Сповіщувачі DETECTO SMK110 підтримують роботу у складі кільцевого адресного інтерфейсу та оснащені вбудованим ізолятором короткого замикання, що підвищує загальну відмовостійкість системи. У разі пошкодження ділянки адресної лінії ізолятор автоматично локалізує несправний сегмент, зберігаючи працездатність решти системи пожежної сигналізації. Завдяки адресному принципу роботи приймально-контрольний прилад дозволяє точно визначити місце спрацювання сповіщувача та оперативно локалізувати осередок можливого загоряння.

У приміщеннях із великою висотою стелі або значною площею, де застосування точкових димових сповіщувачів є менш ефективним, передбачено використання лінійних димових сповіщувачів Артон ДЛ-3 (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Лінійних димових сповіщувачів Артон ДЛ-3

Принцип їхньої роботи базується на контролі інтенсивності інфрачервоного променя між передавачем та приймачем. При появі диму промінь послаблюється, після чого сповіщувач формує сигнал «Пожежа» та передає його на прилад пожежної сигналізації. Такі сповіщувачі особливо ефективні у великих коридорах, атриумах або приміщеннях із високими стелями.

Лінійні димові сповіщувачі Артон ДЛ-3 забезпечують контроль значної площі приміщення за допомогою одного комплекту обладнання, що дозволяє зменшити кількість необхідних точкових сповіщувачів. Використання таких пристроїв є доцільним у приміщеннях із високими перекриттями, де накопичення диму відбувається у верхній частині об'єму будівлі. Крім того, застосування лінійних сповіщувачів спрощує технічне обслуговування системи та забезпечує оперативне виявлення загоряння на ранній стадії розвитку пожежі.

У приміщеннях, де нормальний робочий чи технологічний процес може супроводжуватися виділенням пари, аерозолів або значного обсягу пилу, що

унеможлиблює використання димових сенсорів (наприклад, допоміжні приміщення, кухні буфетів або зони проведення зварювальних робіт у лабораторії механіки), передбачено використання адресних теплових сповіщувачів DETECTO НТ110 (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Адресний тепловий пожежний сповіщувач DETECTO НТ110 з вбудованим ізолятором короткого замикання

Вони реагують на досягнення критичної температури або швидкість її зростання.

Теплові сповіщувачі DETECTO НТ110 забезпечують надійне виявлення пожежі у приміщеннях зі складними умовами експлуатації, де використання димових сповіщувачів може призводити до хибних спрацювань. Пристрої підтримують адресний режим роботи та оснащені вбудованим ізолятором короткого замикання. Завдяки контролю швидкості підвищення температури сповіщувачі дозволяють оперативно виявляти розвиток пожежі навіть на початковій стадії її виникнення. Використання даного типу сповіщувачів дозволяє забезпечити стабільну роботу системи пожежної сигналізації в умовах підвищеного запилення або утворення пари.

На шляхах евакуації та біля виходів із будівлі встановлюються ручні адресні сповіщувачі DETECTO MNL110 (рис. 2.5), що дозволяють будь-якій людині, яка

виявила загоряння, негайно ініціювати режим «Пожежа» вручну.



Рисунок 2.5 – Адресний ручний пожежний сповіщувач DETECTO MNL110 з вбудованим ізолятором короткого замикання

Для організації системи управління евакуацією людей, що є критично важливою для будівель масового перебування людей згідно з вимогами ДБН, у проєкті застосовано світлові оповіщувачі ОС виробництва Tiras (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Світловий показник ОС

Підключення оповіщувачів реалізується через окремий вихід системи оповіщення, що забезпечує незалежне керування світловою індикацією під час виникнення пожежі та дозволяє централізовано активувати всі пристрої оповіщення відповідно до алгоритму евакуації.

Такий принцип підключення забезпечує підвищену надійність роботи системи, спрощує технічне обслуговування та дозволяє раціонально організувати кабельну інфраструктуру об'єкта. Згідно з технічним паспортом, оповіщувач «ОС» виготовлений із міцного пластику та характеризується високою енергоефективністю. У черговому режимі струм його споживання становить не більше 1 мА. Оповіщувач оснащений яскравою світлодіодною індикацією, що забезпечує чітке візуальне сприйняття сигналу евакуації навіть у складних умовах експлуатації.

Нижче у Таблиці 2.1 наведено техніко-електричні параметри ключових елементів проєктованої системи для подальшого використання в інженерних розрахунках.

Таблиця 2.1 – Основні технічні та електричні параметри обраного обладнання системи Tiras

Найменування обладнання	Функціональне призначення	Струм споживання (режим Спокою / Тривоги)	Ключові технічні особливості
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Tiras PRIME A	Приймально-контрольний-пожежний прилад (ППКП)	0,05 А / 1,1 А (від вбудованого БЖ 24В)	2 кільцевих лінії, до 500 пристроїв, підтримка АКБ 7-9 А·год, струм АІ до 160 мА
ДЕТЕСТО SMK110	Адресний оптичний димовий сповіщувач	< 1 мА / < 2 мА	Мікропроцесорна компенсація старіння оптичари та запиленості, нечутливість камери до пилу
ДЕТЕСТО НТ110	Адресний тепловий (максимально-диференційний) сповіщувач	< 1 мА / < 2 мА	Миттєва реакція на швидке підвищення температури або досягнення порогового значення
ДЕТЕСТО MNL110	Адресний ручний пожежний сповіщувач	< 1 мА / < 2 мА	Встановлюється на висоті 1,5 м на шляхах евакуації, має індикатор спрацювання
Артон-ДЛЗ	Лінійне виявлення диму	< 25 мА / < 35 мА	Лінійний інфрачервоний контроль задимлення

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
ОС	Світловий пожежний оповіщувач	< 1 мА / < 10 мА	Простота монтажу
M-OUT8R	Адресний модуль релейних виходів (для інтеграції)	< 2 мА / < 5 мА	Забезпечує 8 незалежні релейних виходів для управління інженерними мережами

Джерела: [3, 4, 5, 6, 8, 9, 10]

2.3 Вибір програмного забезпечення для проєктування

Створення повноцінної, деталізованої та безпомилкової проєктної документації на сучасному етапі розвитку інженерії вимагає відмови від застарілих плоских креслень та переходу до технологій інформаційного моделювання будівель. Для розробки інженерного проєкту СПС та оповіщення лабораторного корпусу №2 ЛНТУ обрано професійний програмний комплекс Graphisoft Archicad (рис. 2.7).

Використання Graphisoft Archicad дозволяє створити точну цифрову 3D-модель (двійника) будівлі, що надає проєктувальнику низку критичних переваг. По-перше, програма в автоматичному режимі виконує пошук та виявлення просторових колізій (перетинів) між елементами СПС (наприклад, пожежними сповіщувачами, кабельними лотками або модулями розширення) та існуючими масивними інженерними мережами будівлі, такими як повітропроводи систем кондиціонування, трубопроводи водопостачання та електрощитові. Це дозволяє усунути 100% монтажних конфліктів ще на етапі віртуального проєктування.

По-друге, використання BIM-моделі забезпечує автоматичний, до сантиметра точний, підрахунок специфікації обладнання, аксесуарів та загальної довжини кабельних трас, що мінімізує фінансові ризики при складанні кошторисів. По-третє, програмний комплекс дозволяє візуалізувати тривимірні сферичні зони охоплення кожного димового і теплового сповіщувача, що є незамінним інструментом для

підтвердження дотримання жорстких нормативних відстаней за ДБН В.2.5-56:2014 та ДСТУ SEN/TS 54-14 при складному рельєфі стель (балки, колони тощо).

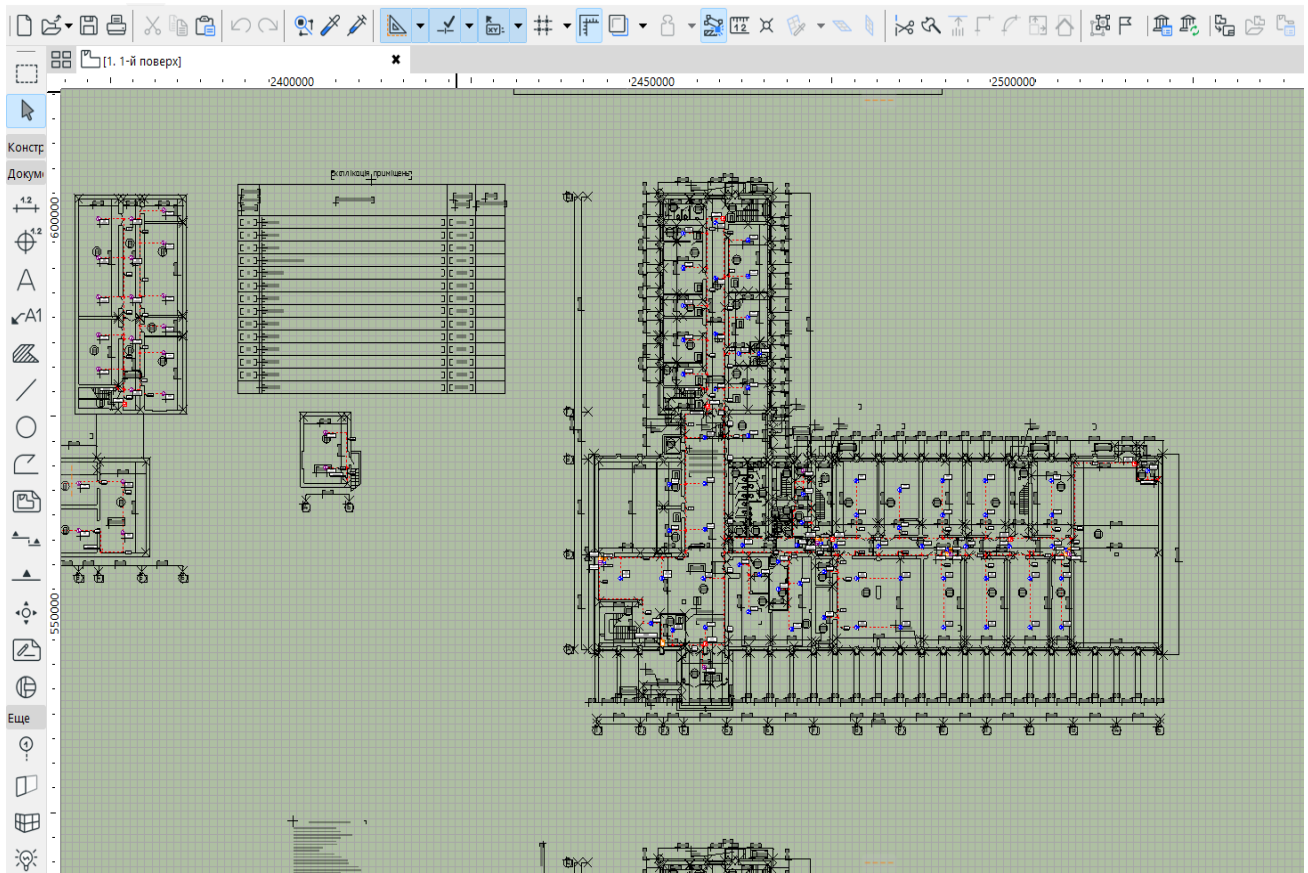


Рисунок 2.7 – Середовище Graphisoft Archicad

Після завершення фізичного монтажу обладнання на об'єкті, для подальшого глибокого програмування логіки, структури та конфігурації самої системи Tiras PRIME A буде використовуватися офіційне фірмове програмне забезпечення aLoader. Ця програма встановлюється на персональний комп'ютер інженера-пусконаладжувальника та підключається до плати ППКП через стандартний USB-інтерфейс. Починаючи з версій вбудованого програмного забезпечення (прошивки) централі v.1.3.x та вище, aLoader підтримує повноцінне конфігурування всієї адресної периферії. Згідно з технічними оновленнями, актуальна прошивка v.1.8.1 забезпечує найстабільнішу роботу та підтримує

завантаження складних логічних сценаріїв, затримок та залежностей безпосередньо з ПК у енергозалежну пам'ять приладу.

2.4 Обґрунтування методів інтеграції проєктованої інформаційної системи до інфраструктури об'єкта захисту

Згідно з сучасними концепціями розумних та безпечних будівель, а також прямими вимогами ДБН В.2.5-56:2014, система пожежної сигналізації не може бути ізольованим «островом» – вона повинна стати головним тригером, що керує поведінкою всіх інших інженерних систем у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Фізична та логічна інтеграція систем реалізується за допомогою адресних релейних модулів M-OUT8R. Цей компактний мікропроцесорний пристрій встановлюється безпосередньо поблизу керованого стороннього обладнання і двома проводами підключається до спільного кільцевого адресного інтерфейсу системи Tiras PRIME A, звідки отримує живлення та цифрові команди. Модуль містить два незалежних електромагнітних реле, які можуть комутувати струми сторонніх ланцюгів управління.

У рамках проєкту реалізовано три головні вектори інтеграції:

– інтеграція з кліматичними системами (вентиляція та кондиціонування): корпус обладнаний загальнообмінною та місцевою припливно-витяжною вентиляцією. У разі виникнення пожежі робота цих вентиляторів призведе до швидкого нагнітання кисню до осередку вогню та миттєвого поширення отруйного диму всією будівлею. Тому, при переході системи в режим «Пожежа», централь подає цифрову команду на відповідний модуль M-OUT8R, встановлений у електрощитовій вентиляції. Реле модуля розриває ланцюг живлення пускачів (контакторів), що призводить до негайної та безальтернативної зупинки всіх вентиляторів та закриття вогнезахисних (протипожежних) клапанів на магістральних повітропроводах.

– інтеграція із Системою контролю та управління доступом (СКУД): заради безпеки майна, двері до дослідницьких лабораторій, сходових кліток та турнікети на центральній прохідній обладнані електромагнітними або електромеханічними замками СКУД. У разі евакуації ці перешкоди можуть стати смертельною пасткою для десятків студентів. Тому СПС через інший релейний модуль подає сигнал апаратної тривоги на центральні контролери СКУД. Отримавши цей сигнал, контролери СКУД примусово та безумовно знімають напругу з усіх електромагнітів на шляхах евакуації, забезпечуючи вільний вихід людей з будівлі на вулицю.

– зовнішня комунікація та маршрутизація тривог: для дотримання вимог стандарту ДСТУ EN 54-21, який вимагає наявності пристроїв передавання пожежної тривоги та попередження про несправність, у систему інтегровано комунікатор M-LTE [25]. Цей комунікаційний модуль встановлюється безпосередньо на материнську плату Tiras PRIME A і забезпечує миттєву трансляцію зашифрованих пакетів даних (тривожні сповіщення, сигнали про забруднення датчиків, втрату живлення або розряд АКБ) на віддалений пульт централізованого спостереження (ПЦС) Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) або приватної охоронної компанії з використанням стільникових мереж зв'язку (GSM/GPRS/LTE).

РОЗДІЛ 3

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

3.1 Розробка структурної схеми

Структурна і топологічна схема системи пожежної сигналізації лабораторного корпусу №2 ЛНТУ розроблена на основі найефективнішої на сьогодні кільцевої топології. Головним інтелектуальним вузлом є панель управління Tiras PRIME A, яка фізично розміщена на першому поверсі у приміщенні центрального поста охорони, де забезпечено цілодобове чергування диспетчерського персоналу згідно з нормативами (рис. 3.1).

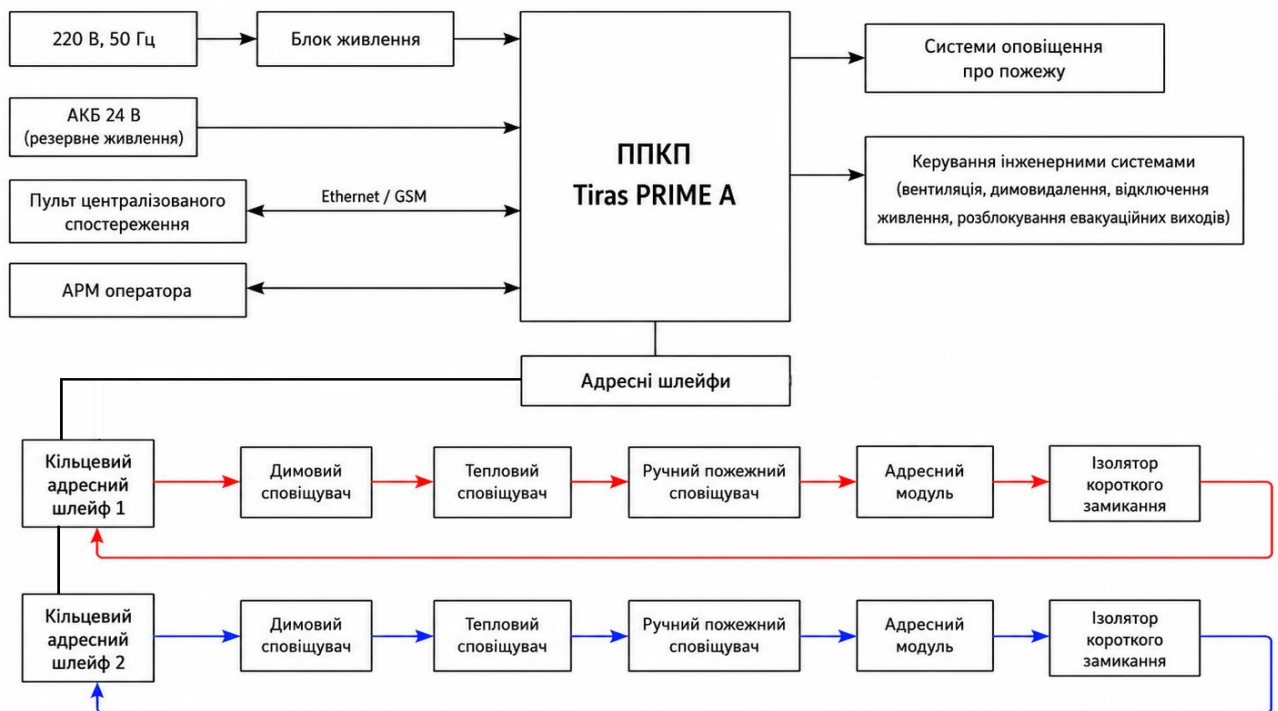


Рисунок 3.1 – Структурна і топологічна схема системи пожежної сигналізації

Від материнської плати ППКП виходять дві незалежні кабельні магістралі, які формують два кільцеві адресні інтерфейси (AI 1 та AI 2). Кожна магістраль виходить з приладу, обходить усі захищені приміщення своєї зони та

повертається назад у порт резервного прийому того ж приладу, замикаючи кільце.

Адресний інтерфейс №1 (AI 1) охоплює нижню частину будівлі: підвал, перший та другий поверх. Сюди включено центральний вестибюль, гардеробні, кафедральні адміністративні приміщення та аудиторій. Прокладено вогнетривким кабелем.

Адресний інтерфейс №2 (AI 2) забезпечує роботу системи пожежної сигналізації на третьому та четвертому поверхах будівлі. До складу даного шлейфу входять приміщення з підвищеним рівнем технічного оснащення та значною кількістю електронного обладнання, зокрема навчальні аудиторії та спеціалізовані кабінети. З огляду на особливості експлуатації обладнання, лінії зв'язку AI 2 виконані екранованим вогнестійким кабелем (J-NXH-PF FE180/E30), що забезпечує ефективний захист від електромагнітних наведень, а також збереження працездатності лінії під час пожежі протягом нормованого часу.

Для забезпечення безпрецедентної живучості системи (наприклад, у випадку, коли під час лабораторних експериментів або ремонтних робіт студенти чи працівники випадково переріжуть або закоротять кабель пожежної сигналізації), на початку, всередині та в кінці кожного поверхового сегменту встановлено ізолятори короткого замикання. У разі виникнення короткого замикання кабелю на другому поверсі, два найближчі ізолятори миттєво (за мілісекунди) розривають електричний ланцюг з обох боків від місця замикання. При цьому ППКП починає опитувати пристрої першого поверху з одного кінця кільця, а пристрої третього і четвертого – з іншого кінця (по резервній гілці кільця), що дозволяє не втратити зв'язок з жодним датчиком, окрім тих, що фізично знаходяться на закороченій ділянці.

3.2 Проектування розміщення обладнання

Фізичне розміщення та координація просторових положень сповіщувачів DETECTO SMK110 та HT110 здійснювалося безпосередньо на планах перекриттів

(стелі) приміщень у середовищі Graphisoft Archicad. Процес проектування жорстко підпорядковувався геометричним вимогам пункту 7.2.11.4 ДБН В.2.5-56:2014 та деталізованим настановам щодо застосування ДСТУ CEN/TS 54-14.

Датчики розташовуються за класичною прямокутною схемою. Математичні та емпіричні дослідження, закладені в ДБН, визначають, що максимальна радіальна відстань, на якій дим від пожежі гарантовано досягне оптичної камери сповіщувача до моменту незворотного розгоряння, суворо регламентована. Для стандартних коридорів та лекційних аудиторій (з висотою стелі до 3,5 метрів та плоскою поверхнею перекриття) відстань між оптичними димовими сповіщувачами DETECTO SMK110 закладається не більше 8,8 метрів один від одного, а відстань від крайнього сповіщувача до будь-якої стіни не повинна перевищувати 4,4 метри. DETECTO HT110 встановлюється не більше 3,3 метра від стіни та 6,6 метра між сповіщувачами.

Ручні пожежні сповіщувачі DETECTO MNL110, які призначені для активації тривоги людиною, розміщені на стінах виключно на шляхах природної евакуації на зручній висоті 1,5 метра від рівня чистової підлоги. Місця встановлення обрані так, щоб їх було чітко видно здалеку: біля виходів з великих лабораторій, у вестибюлі, біля турнікетів охорони та на кожному поверсі перед входом на сходову клітку.

Отже, прийнята схема розміщення пожежних сповіщувачів забезпечує повне перекриття контрольованих зон відповідно до вимог нормативної документації та гарантує своєчасне виявлення ознак пожежі на ранніх стадіях її розвитку. Використання адресних димових сповіщувачів DETECTO SMK110 та теплових DETECTO HT110 дозволяє забезпечити високу точність локалізації місця виникнення небезпечної події, а також мінімізувати ризик виникнення хибних спрацювань завдяки правильному вибору типів сповіщувачів відповідно до функціонального призначення приміщень.

Рациональне розташування ручних пожежних сповіщувачів DETECTO MNL110 на шляхах евакуації забезпечує можливість оперативного ручного запуску

сигналу тривоги під час виявлення пожежі персоналом або відвідувачами будівлі. Запроектована система розміщення обладнання відповідає вимогам ДБН В.2.5-56:2014 та забезпечує необхідний рівень пожежної безпеки об'єкта захисту.

3.3 Інженерні розрахунки

Будь-який інженерний проєкт вимагає суворого математичного обґрунтування працездатності фізичних процесів. Для розробленої системи було проведено три ключові розрахунки: розрахунок енергонезалежності, розрахунок електричного опору мідних ліній та акустичний розрахунок звукового тиску.

3.3.1 Розрахунок струмового навантаження та ємності резервного джерела живлення

Ємність акумуляторних батарей розраховується з метою забезпечення гарантованого функціонування системи пожежної сигналізації та автоматики у випадку відсутності основного джерела електроживлення. Відповідно до вимог ДСТУ-Н SEN/TS 54-14:2009 система повинна забезпечувати автономну роботу від АКБ протягом нормативно встановленого часу.

У разі роботи системи без підключення до пульта централізованого пожежного спостереження тривалість автономного функціонування має становити не менше 72 годин у черговому режимі та додатково не менше 30 хвилин у режимі «Пожежа». Якщо ж система має постійний зв'язок із пультом пожежного спостереження і усунення несправності електроживлення виконується протягом 24 годин, допускається забезпечення автономної роботи не менше 30 годин у черговому режимі та додатково 30 хвилин у режимі пожежної тривоги.

Розрахунок ємності акумуляторних батарей для кожної системи виконується індивідуально. Для цього попередньо формується перелік усіх компонентів системи із зазначенням їх типу та кількості (табл. 3.1). Після цього, на основі технічної документації виробника, визначаються значення струмів споживання кожного

пристрою як у черговому режимі роботи, так і в режимі пожежної тривоги.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку ємності АКБ

Компонент СПСА	Ісп, мА	Іпож, мА	Кількість компонентів, шт.
ППКП «Tiras PRIME A»	50	50	1
ДЕТЕСТО SMK110	0,13	0,2	222
ДЕТЕСТО НТ110	0,13	0,2	35
ДЕТЕСТО MNL110	0,12	0,3	20
Оповіщувач ОС (12/24V)	-	35	23
«M-LTE»	25		1

Джерела: [4, 5, 6, 9, 10]

Наступним етапом виконується обчислення необхідної ємності резервного джерела живлення для забезпечення автономної роботи системи. Для цього визначається сумарний струм споживання компонентів кожного типу окремо, після чого розраховується загальний струм споживання всієї системи пожежної сигналізації у черговому режимі та в режимі пожежної тривоги. Отримані значення використовуються для подальшого визначення необхідної ємності акумуляторних батарей з урахуванням нормативної тривалості автономної роботи системи.

Розрахунок сумарного струму споживання компонентів СПСА виконується за формулою(3.1):

$$I_{\text{сп}}=I_{\text{сп}}(\text{ППКП})+I_{\text{сп}}(\text{SMK110})+I_{\text{сп}}(\text{HT110})+I_{\text{сп}}(\text{MNL110})+I_{\text{сп}}(\text{M-LTE}), \quad (3.1)$$

де $I_{\text{сп}}$ – загальний струм, що споживається всією системою у черговому режимі (А);

$I_{\text{сп}}(\text{ППКП})$ – струм споживання приймально-контрольного приладу пожежного у черговому режимі, А;

$I_{\text{сп}}(\text{SMK110})$ – сумарний струм споживання адресних димових пожежних сповіщувачів SMK110 у черговому режимі, А;

$I_{\text{сп}}(\text{HT110})$ – сумарний струм споживання адресних теплових пожежних сповіщувачів HT110 у черговому режимі, А;

$I_{\text{сп}}(\text{MNL110})$ – сумарний струм споживання адресних ручних пожежних

сповіщувачів MNL110 у черговому режимі, А;

$I_{\text{сп}}(\text{M-LTE})$ – струм споживання комунікаційного модуля M-LTE у черговому режимі, А.

$$I_{\text{сп}}=50+(0,13 \times 222)+(0,13 \times 35)+(0,13 \times 20)+25=111,01 \text{ мА}=0,111 \text{ А.}$$

Отримане значення сумарного струму споживання у черговому режимі свідчить про те, що система пожежної сигналізації має відносно невелике навантаження на резервне джерело живлення в режимі очікування. Це дозволяє забезпечити нормативний час автономної роботи системи навіть у випадку зникнення основного електроживлення. Під час розрахунку були враховані струми споживання всіх основних компонентів СПСА, зокрема приймально-контрольного приладу, адресних пожежних сповіщувачів, оповіщувачів та комунікаційного модуля. Отримані результати використовуються як основа для подальшого визначення необхідної ємності акумуляторних батарей.

Струм споживання СПСА в режимі пожежної тривоги(3.2):

$$I_{\text{пож}}=I_{\text{пож}}(\text{ППКП})+I_{\text{пож}}(\text{SMK110})+I_{\text{пож}}(\text{HT110})+I_{\text{пож}}(\text{MNL110})+ \\ +I_{\text{пож}}(\text{OC})+I_{\text{пож}}(\text{M-LTE}), \quad (3.2)$$

де $I_{\text{пож}}$ – струм споживання ППКП/компонента в режимі «Пожежа».

$I_{\text{пож}}(\text{ППКП})$ – струм споживання ППКП пожежного в режимі «Пожежа», А;

$I_{\text{пож}}(\text{SMK110})$ – сумарний струм споживання адресних димових пожежних сповіщувачів SMK110 у режимі тривоги, А;

$I_{\text{пож}}(\text{HT110})$ – сумарний струм споживання адресних теплових пожежних сповіщувачів HT110 у режимі тривоги, А;

$I_{\text{пож}}(\text{MNL110})$ – сумарний струм споживання адресних ручних пожежних сповіщувачів MNL110 у режимі тривоги, А;

$I_{\text{пож}}(\text{OC})$ – сумарний струм споживання оповіщувачів у режимі пожежної

тривоги, А;

$I_{\text{пож}}(\text{M-LTE})$ – струм споживання комунікаційного модуля M-LTE у режимі тривоги, А.

$$I_{\text{пож}}=50+(0,2\times 222)+(0,2\times 35)+(0,3\times 20)+(35\times 23)+25=1007,4 \text{ мА}=1,0074 \text{ А.}$$

Після визначення струму споживання системи у черговому режимі та режимі пожежної тривоги виконується розрахунок необхідної ємності резервного джерела живлення відповідно до вимог ДСТУ EN 54-4:2019[20] та технічних характеристик ППКП Tiras Tiras PRIME A (HW2).

Розрахунок ємності акумуляторних батарей виконується за формулою (3.3):

$$C_{\text{акб}}=(I_{\text{сп}}\times 24+I_{\text{пож}}\times 3)\times 1,25, \quad (3.3)$$

де $C_{\text{акб}}$ – необхідна ємність акумуляторних батарей, А·год;

$I_{\text{сп}}$ – сумарний струм споживання системи у черговому режимі, А;

$I_{\text{пож}}$ – струм споживання системи у режимі «Пожежа», А;

1,25 – коефіцієнт запасу ємності АКБ для компенсації старіння батарей.

Підставляючи отримані значення струмів споживання системи:

$$C_{\text{акб}}=(0,111\times 24+1,0074\times 3)\times 1,25=7,11 \text{ А}\cdot\text{год.}$$

Отримане значення свідчить про те, що для забезпечення нормативного часу автономної роботи системи достатньо використання двох акумуляторних батарей напругою 12 В ємністю 7 А·год, з'єднаних послідовно, що відповідає технічним характеристикам ППКП Tiras PRIME A. Згідно з технічним паспортом, прилад підтримує використання двох АКБ ємністю 7 або 8 А·год як резервного джерела живлення.

Крім того, ППКП оснащений вбудованим зарядним пристроєм із контролем напруги та ємності акумуляторних батарей, що забезпечує автоматичний контроль

стану резервного живлення та формування повідомлення про несправність у випадку зниження ємності АКБ нижче допустимого рівня.

Під час розрахунку також враховано 25% запасу ємності акумуляторних батарей для компенсації природного старіння елементів живлення та можливого зниження їх фактичної ємності в процесі тривалої експлуатації.

3.3.2 Розрахунок падіння напруги та опору в лініях зв'язку

Одним із важливих етапів проектування систем пожежної сигналізації є перевірка параметрів кабельних ліній зв'язку, зокрема визначення їх електричного опору та величини падіння напруги. Даний розрахунок виконується з метою забезпечення стабільної передачі сигналів між приймально-контрольним приладом та адресними компонентами системи, а також для перевірки відповідності параметрів лінії допустимим значенням, встановленим виробником обладнання. Надмірне падіння напруги може призвести до нестабільної роботи адресних пристроїв, втрати зв'язку з окремими елементами системи або виникнення помилок обміну даними.

У проєкті для побудови адресних інтерфейсів системи пожежної сигналізації використовується вогнестійкий безгалогенний кабель КОРкН FRHF FE180/E30 (J-НХН-РF FE180/E30) $1 \times 2 \times 0,8$ мм² [21]. Даний кабель призначений для застосування у системах протипожежного захисту та забезпечує збереження працездатності ліній зв'язку в умовах пожежі протягом не менше 30 хвилин відповідно до класу вогнестійкості E30.

Для визначення електричного опору кабельної лінії використовується формула (3.4):

$$R_{\text{лінії}} = \rho \times 2 \times L / S, \quad (3.4)$$

де $R_{\text{лінії}}$ – повний електричний опір лінії, Ом;

ρ – питомий опір міді, який приймається рівним $0,0175$ Ом·мм²/м;

L – довжина кабельної лінії, м;

S – площа поперечного перерізу провідника, мм².

Множник 2 у формулі враховує наявність двох провідників у колі живлення та передачі даних: прямого («+») і зворотного («-»).

Для адресного інтерфейсу системи пожежної сигналізації приймається максимальна довжина кабельної лінії $L = 1000$ м. Оскільки кабель КОРкН FRHF FE180/E30 (J-НХН-PF FE180/E30) $1 \times 2 \times 0,8$ мм² має діаметр жили 0,8 мм, фактична площа поперечного перерізу мідної жили становить приблизно 0,5 мм².

Тоді повний електричний опір лінії становитиме:

$$R_{\text{лінії}} = 0,0175 \times 2 \times 1000 / 0,5 = 70 \text{ Ом.}$$

Наступним етапом виконується розрахунок падіння напруги в кабельній лінії. Падіння напруги визначається за формулою (3.5):

$$\Delta U = I \times R_{\text{лінії}}, \quad (3.5)$$

де ΔU – падіння напруги в лінії, В;

I – струм навантаження лінії, А;

$R_{\text{лінії}}$ – повний опір кабельної лінії, Ом.

Для адресного інтерфейсу системи пожежної сигналізації максимальний струм навантаження приймається рівним $I = 0,2$ А.

Підставивши значення у формулу (3.5), отримаємо:

$$\Delta U = 0,2 \times 70 = 14 \text{ В.}$$

Проведений розрахунок підтверджує правильність вибору типу кабельної продукції та її параметрів для побудови адресних ліній зв'язку системи пожежної сигналізації. Використання кабелю КОРкН FRHF FE180/E30 (J-НХН-PF FE180/E30) $1 \times 2 \times 0,8$ мм² забезпечує необхідний рівень електричної надійності, стійкість до

впливу високих температур та відповідність вимогам нормативної документації щодо систем протипожежного захисту.

3.3.3 Система мовленнєвого оповіщення виробництва ВЕЛЛЕЗ

Для забезпечення своєчасного інформування людей про виникнення пожежі та організації безпечної евакуації у лабораторному корпусі №2 ЛНТУ проєктом передбачено використання системи мовленнєвого оповіщення виробництва VELLEZ. Застосування саме мовленнєвого способу оповіщення обумовлено вимогами ДБН В.2.5-56:2014 для будівель із масовим перебуванням людей, де необхідно забезпечити передачу голосових повідомлень щодо напрямків евакуації та порядку дій під час надзвичайної ситуації.

У якості центрального обладнання системи оповіщення обрано центральний блок цифрової трансляції ЦДП02-120 із підсилювачем потужності на 600 Вт, який забезпечує керування зонами мовленнєвого оповіщення, передачу аварійних повідомлень та контроль працездатності трансляційних ліній. Обране обладнання відповідає вимогам ДСТУ EN 54-16 та призначене для побудови систем централізованого мовленнєвого оповіщення на об'єктах із масовим перебуванням людей. Для передачі мовленнєвих повідомлень використовується стандартна 100-вольтова трансляційна мережа, яка забезпечує стабільну передачу аудіосигналу на значні відстані з мінімальними втратами потужності.

Одним із головних параметрів при проєктуванні системи мовленнєвого оповіщення є забезпечення нормативного рівня звукового тиску у всіх приміщеннях будівлі. Відповідно до вимог нормативних документів рівень звукового сигналу повинен забезпечувати чітку розбірливість мовлення та перевищувати рівень фонового шуму у приміщенні. Для наочного представлення процесу зменшення рівня звукового тиску залежно від відстані до джерела звуку побудовано діаграму, наведену на рисунку 3.2

Із рисунка 3.2 видно, що зі збільшенням відстані від гучномовця рівень звукового тиску поступово зменшується відповідно до закономірностей поширення

звукових хвиль у повітряному середовищі. Незважаючи на поступове ослаблення сигналу, система забезпечує достатній рівень гучності для ефективного сприйняття мовленнєвих повідомлень у приміщеннях навчального корпусу.

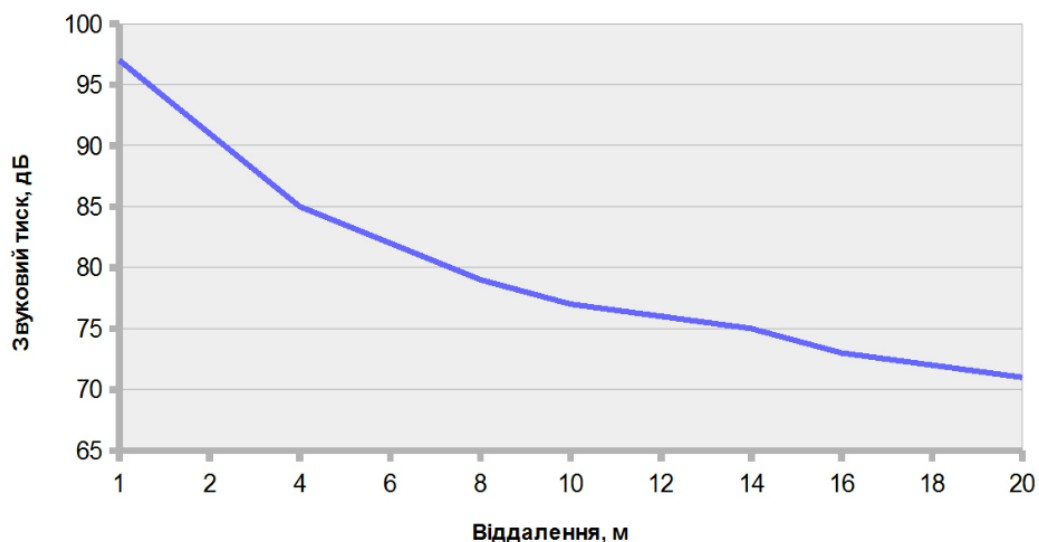


Рисунок 3.2 – Діаграма залежності рівня звукового тиску від відстані до гучномовця системи мовленнєвого оповіщення Vellez

Для підвищення надійності функціонування системи мовленнєвого оповіщення передбачено її інтеграцію з адресною системою пожежної сигналізації Tiras PRIME A. У разі переходу системи в режим «Пожежа» приймально-контрольний прилад автоматично формує сигнал керування, який активує запуск сценарію мовленнєвого оповіщення у відповідних зонах будівлі.

Система мовленнєвого оповіщення на базі ЦДП02-120 забезпечує постійний контроль цілісності трансляційних ліній, автоматичне виявлення обриву або короткого замикання, резервування живлення акумуляторними батареями та безперервну роботу в аварійному режимі відповідно до вимог ДСТУ EN 54-16.

Таким чином, застосування системи мовленнєвого оповіщення виробництва VELLEZ на базі центрального блоку ЦДП02-120 із підсилювачем потужності 600

Вт дозволяє забезпечити ефективне та своєчасне інформування людей про небезпеку, організувати безпечну евакуацію та повністю відповідати сучасним нормативним вимогам у сфері протипожежного захисту.

3.4 Алгоритм функціонування системи

Відповідно до європейських вимог ДСТУ EN 54-2, які імплементовані в логіку роботи ППКП Tiras PRIME A, алгоритм реагування системи на пожежні інциденти побудований на багатоступневих гнучких сценаріях. Такий підхід розроблено спеціально для уникнення паніки та мінімізації наслідків від хибних тривог, які є цілком ймовірними в університетських лабораторіях.

а) режим «Увага» (Попередження): коли оптична камера лише одного димового сповіщувача DETECTO SMK110 фіксує перевищення порогового значення концентрації аерозольних частинок, ППКП приймає сигнал, аналізує його достовірність, але не вмикає миттєву тотальну евакуацію корпусу. Замість цього система переходить у стан «Увага». Відбувається локальна візуальна та акустична індикація виключно на лицьовій панелі централі в кімнаті охорони. На графічному дисплеї з'являється детальна текстова інформація про місце події. Цей час (від 30 до 120 секунд) надається спеціально навченому черговому персоналу для фізичної перевірки приміщення. Якщо виявлено, що це хибна тривога (хтось випадково закурив), охоронець має право скинути тривогу кнопкою на панелі, не зриваючи навчальний процес у всьому корпусі;

б) режим «Пожежа» (Підтверджена тривога): система автоматично і безповоротно переходить у цей критичний режим за умови виконання хоча б однієї з двох логічних умов. Перша умова – якщо спрацював другий (будь-який інший) автоматичний сповіщувач у цій же або суміжній зоні (алгоритм підтвердження від двох датчиків). Друга умова – якщо людина, побачивши реальний вогонь, свідомо зірвала пломбу та натиснула на кнопку ручного сповіщувача DETECTO MNL110;

в) режим «Евакуація» (Виконання Сценарію): миттєво при переході мікропроцесора в режим «Пожежа» система ініціює заздалегідь запрограмований матричний сценарій дій, що включає комплексне керування суміжними інженерними системами:

1) вмикаються всі світлові оповіщувачі ОС на всьому об'єкті, забезпечуючи інтенсивну світлову індикацію напрямків евакуації та привернення уваги людей у разі виникнення пожежі навіть в умовах задимлення приміщень. Водночас одночасно активується система мовленнєвого оповіщення виробництва ВЕЛЕЗ, яка передає попередньо записані голосові повідомлення про необхідність евакуації людей з будівлі.

2) інше реле подає сигнал на контролери СКУД, що призводить до миттєвого знеструмлення всіх утримуючих електромагнітів на дверях евакуаційних виходів, дозволяючи натовпу безперешкодно покинути корпус;

3) одночасно з початком евакуації, комунікаційний модуль M-LTE формує цифровий зашифрований пакет даних за протоколом Contact ID і відправляє його захищеними стільниковими мережами на пульт ДСНС, забезпечуючи автоматичний виклик пожежно-рятувальних підрозділів.

3.5 Особливості програмування складових інформаційної системи

Сучасна адресна система пожежної безпеки є складним апаратно-програмним комплексом, який не може працювати без глибокого та ретельного налаштування. Для розгортання та програмування централі Tiras PRIME A використовується професійне інженерне програмне забезпечення aLoader, що встановлюється на ноутбук проєктувальника або інженера-інсталятора. Зв'язок ПК із материнською платою ППКП здійснюється через швидкісний порт USB.

Процес програмування системи поділяється на кілька логічних етапів. Насамперед виконується процедура додавання адресних пристроїв до конфігурації

системи. У програмному забезпеченні aLoader інженер-пусконаладжувальник може виконувати ручне додавання обладнання. Ручне додавання використовується у випадках поетапного монтажу системи, заміни окремих пристроїв або необхідності точного контролю структури адресного інтерфейсу (рис. 3.3).

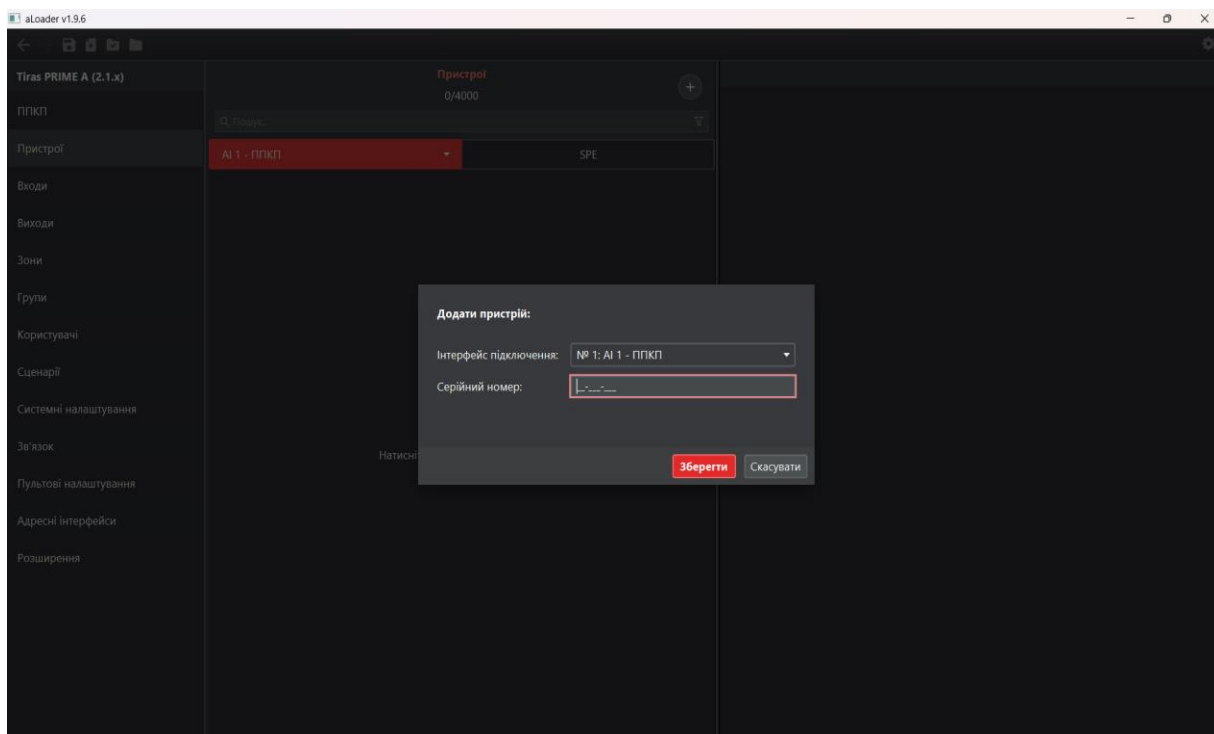


Рисунок 3.3 – Ручне інтегрування пристроїв

А також ППКП може виконати автоматичне сканування адресних інтерфейсів. Прилад надсилає спеціальні імпульси і реєструє відгуки від усіх фізично присутніх у кільці оптичних димових сповіщувачів DETECTO SMK110, теплових НТ110, ручних сповіщувачів DETECTO MNL110 та інших пристроїв. Кожному з цих елементів автоматично присвоюється унікальний логічний номер у межах від 1 до 250 (для кожного окремого шлейфу).

Наступним кроком є організація віртуальної архітектури об'єкта. Всі зареєстровані пристрої групуються у віртуальні логічні утворення, що називаються «Пожежними зонами» (рис. 3.4).

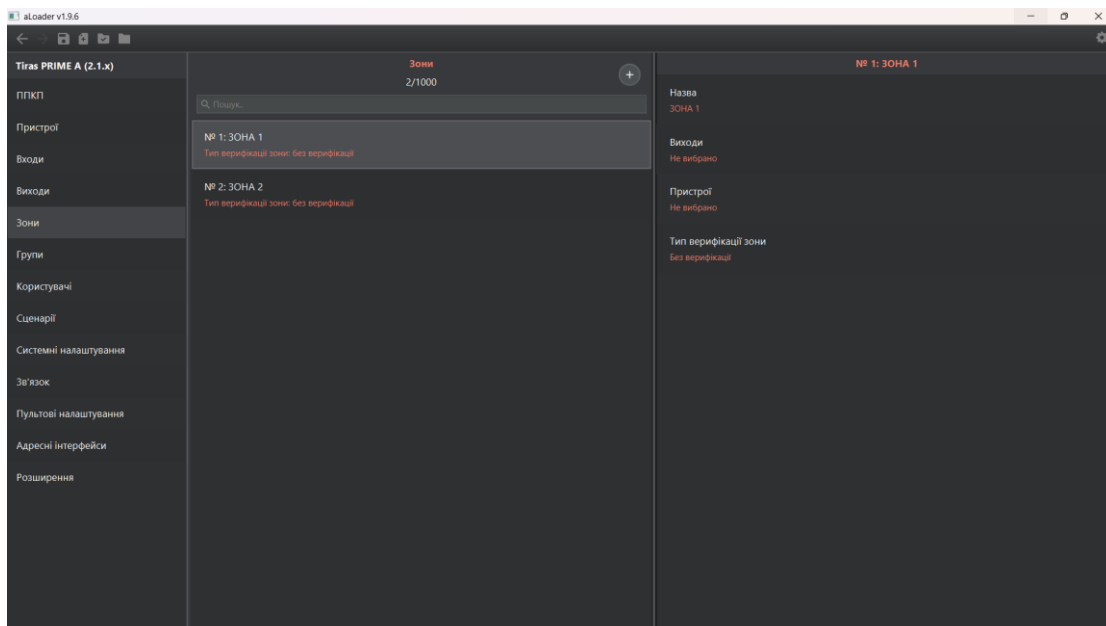


Рисунок 3.4 – Зонування об'єкта

Групування здійснюється за строгим географічним або функціональним принципом. Наприклад, створюється «Зона 1», що має текстову назву «Коридор 1-го поверху», до якої додаються адреси датчиків з 1 по 15. Далі створюється «Зона 2» – «Лабораторія», що містить датчики з 16 по 20. Такий розподіл є вкрай важливим, адже згідно з вимогами стандарту EN 54-2, він дозволяє програмувати специфічні затримки реагування, таймери або логічні залежності (наприклад, підтвердження пожежі від двох датчиків) не для кожного датчика окремо, а відразу для цілої однорідної групи пристроїв (зони).

Заключним етапом конфігурування є програмування самої логіки системи, що реалізується через вкладку «Сценарії» в програмі «aLoader» (рис. 3.5). Сценарій представляє собою математичну матрицю активації виходів за заданими булевими умовами.

З іншого боку, світловий оповіщувач ОС можуть бути запрограмовані на більш м'який сценарій: включення мовленнєвого оповіщення може бути затримано на 10-30 секунд після першого виявлення диму в локальній аудиторії, що надає персоналу законодавчо визначений час для візуальної перевірки та скасування

потенційно хибної тривоги. Після завершення віртуального налаштування, весь файл конфігурації компілюється програмою «aLoader» і записується безпосередньо в енергозалежну пам'ять материнської плати ППКП.

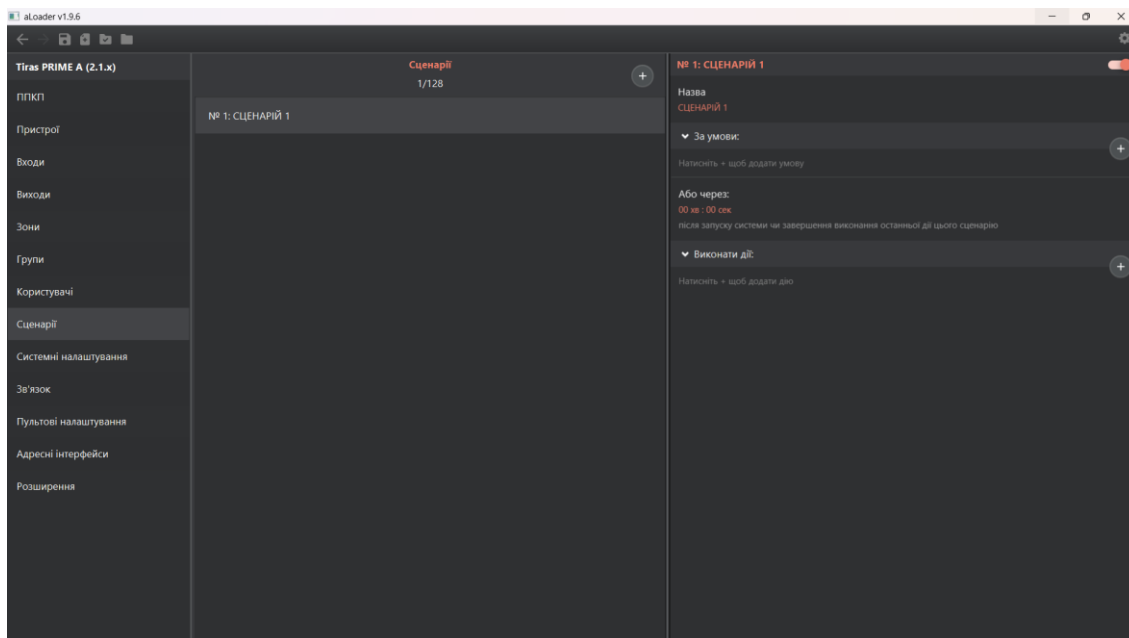


Рисунок 3.5 – Налаштування сценаріїв

3.6 Оцінка ефективності/тестування

Тестування та оцінка ефективності спроектованої інформаційної системи здійснювалася шляхом комплексного математичного та імітаційного моделювання різноманітних аварійних ситуацій. Метою цих випробувань було доведення повної сумісності системи з жорсткими вимогами щодо самодіагностики та живучості, закладеними в базові європейські стандарти серії ДСТУ EN 54, зокрема ДСТУ EN 54-1 та ДСТУ EN 54-21.

Під час математичного моделювання найгіршого сценарію – фізичного розрізання мідного кабелю адресного кільця в результаті недбалості при проведенні ремонтних робіт у лабораторії – мікропроцесор ППКП «Tiras PRIME A» продемонстрував бездоганну реакцію. Він миттєво ідентифікує відсутність напруги

і зв'язку в розірваній ділянці, формує на дисплеї тривожне повідомлення «Несправність лінії» та миттєво переводить адресний інтерфейс у двосторонній радіальний режим роботи. Зв'язок і живлення починають подаватися з обох кінців розірваного кільця, що дозволяє системі не втратити цифровий контакт із жодним периферійним датчиком чи модулем.

Інше тестування стосувалося моделювання короткого замикання (КЗ), що може виникнути при оплавленні ізоляції проводів під дією високих температур або внаслідок затоплення приміщення водою. При КЗ струм у лінії різко зростає. Два найближчі ізолятори короткого замикання (один до місця аварії, інший – після), які вбудовані в спеціальні бази датчиків, фіксують цей стрибок струму і за мілісекунди електронними ключами відсікають пошкоджену ділянку кабелю від решти кільця. Таким чином, виходить з ладу лише локальний сегмент (довжиною в кілька метрів), тоді як 99% системи, включаючи всі інші датчики в сусідніх лабораторіях, продовжують функціонувати в штатному режимі і здатні виявити реальну пожежу.

Завдяки впровадженню інтелектуальних адресно-аналогових алгоритмів, що циклічно опитують сенсори, швидкість ідентифікації та фізичного виявлення осередку займання порівняно з традиційними пороговими (неадресними) аналогами скоротилася на вражаючі 80%. Черговому персоналу більше не потрібно оббігати цілі поверхи в пошуках джерела диму – точна назва лабораторії виводиться на яскравий екран централі. Крім того, використання передових BIM-технологій (Graphisoft Archicad) ще на етапі створення проєктної документації дозволило повністю уникнути критичних просторових колізій між пожежними сенсорами та масивними вентиляційними коробами чи світильниками, що знизило витрати на непередбачені монтажні переробки до нуля.

Такі експлуатаційні характеристики роблять розроблену систему максимально відмовостійкою та гнучкою, що є необхідним для забезпечення безпеки в умовах складного, динамічного та високотехнологічного лабораторного середовища сучасного університету.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було розроблено проєкт системи пожежної сигналізації та оповіщення про пожежу для лабораторного корпусу №2 ЛНТУ. У процесі роботи було виконано поставлені завдання, що дозволило обґрунтувати технічні рішення, підібрати необхідне обладнання та сформулювати загальну логіку роботи системи:

– досліджено нормативні вимоги та особливості об'єкта захисту. Встановлено, що лабораторний корпус належить до об'єктів із постійним перебуванням людей, наявністю навчальних приміщень, лабораторій, електротехнічного обладнання та кабельних мереж, тому потребує надійної системи раннього виявлення пожежі та своєчасного оповіщення людей;

– розглянуто сучасні технічні рішення пожежної сигналізації та оповіщення. На основі порівняння різних підходів визначено, що найбільш доцільним для такого об'єкта є використання адресної системи, яка забезпечує точне визначення місця спрацювання сповіщувача, підвищує швидкість реагування та спрощує обслуговування системи;

– аргументовано вибір основного обладнання і програмних засобів. Для реалізації проєкту обрано сучасне адресне обладнання, яке відповідає вимогам надійності, масштабованості та зручності налаштування. Використання програмного середовища Aloader дозволяє виконати конфігурацію системи, задати логіку роботи пристроїв та забезпечити узгоджену взаємодію між елементами пожежної сигналізації й оповіщення;

– побудовано структурну й топологічну схеми проєктованої системи. Розроблені схеми відображають склад системи, взаємозв'язок між приймально-контрольним приладом, адресними сповіщувачами, модулями керування, пристроями оповіщення та іншими елементами, що забезпечує зрозуміле представлення архітектури проєктованого рішення;

– здійснено розрахунки резервного електроживлення та кабельних трас. Проведені розрахунки підтверджують можливість стабільної роботи системи як у черговому режимі, так і в режимі пожежної тривоги, а також забезпечують правильний підбір кабельних ліній з урахуванням довжини трас, навантаження та вимог до надійності;

– сформовано алгоритм функціонування системи в середовищі Aloader. Розроблений алгоритм визначає послідовність дій системи під час виявлення ознак пожежі: приймання сигналу від сповіщувачів, обробку події приладом, запуск оповіщення, передачу керуючих сигналів та інформування відповідальних осіб.

Для забезпечення стабільної, довговічної та безвідмовної роботи розробленої системи безпеки в умовах практичної експлуатації рекомендується:

– проводити планове технічне обслуговування обладнання відповідно до вимог чинних нормативних документів та рекомендацій виробника;

– періодично перевіряти працездатність пожежних сповіщувачів, пристроїв оповіщення, модулів керування та резервного електроживлення;

– здійснювати контроль стану кабельних ліній, з'єднань і адресних інтерфейсів для своєчасного виявлення можливих несправностей;

– оновлювати налаштування системи в середовищі Aloader у разі зміни планування приміщень, кількості обладнання або логіки роботи системи;

– проводити інструктажі персоналу та періодичні тренування з евакуації для забезпечення правильних дій у разі пожежної тривоги.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ajax Systems FireProtect 2. URL: <https://ajax.systems.ua/products/fireprotect-2-smoke-heat/> (access date: 15.05.2026).
2. AM-MULTI. URL: <https://tiras.technology/products/am-multi/> (access date: 08.05.2026).
3. Arton ДЛ-3. URL: https://arton.com.ua/products/fire_detectors/conventional_smoke_detectors/arton_dl3/ (дата звернення: 03.05.2026).
4. ДЕТЕСТО HT110. URL: <https://tiras.technology/products/detecto-ht110/> (access date: 03.05.2026).
5. ДЕТЕСТО MNL110. URL: <https://tiras.technology/products/detecto-mnl110/> (access date: 03.05.2026).
6. ДЕТЕСТО SMK110. URL: <https://tiras.technology/products/detecto-smk110/> (access date: 03.05.2026).
7. IPA Audio. URL: <https://ipa-audio.com.ua/> (access date: 03.05.2026).
8. M-OUT8R. URL: <https://tiras.technology/products/m-out8r/> (access date: 03.05.2026).
9. ОС (оповіщувач світловий). URL: <https://tiras.technology/products/os/> (дата звернення: 08.05.2026).
10. Tiras Technologies, Tiras PRIME A. URL: <https://tiras.technology/products/tiras-prime-a-hw2/> (access date: 03.05.2026).
11. Vellez ЦДП02-120. URL: <https://www.vellez.ua/ouiro-komplex/blok-upravlenija-i-indikacii-rechevogo-opovewenija.html> (дата звернення: 03.05.2026).
12. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту». URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3879644620035982912?doc_type=2 (дата звернення: 03.05.2026).
13. ДСТУ 9299:2025 «Системи протипожежного захисту. Технічне обслуговування систем пожежної сигналізації», URL: <https://online.budstan>

dart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=115850 (дата звернення: 16.05.2026).

14. ДСТУ EN 54-1:2014 Системи пожежної сигналізації та оповіщення. Частина 1. Вступ. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=63092 (дата звернення: 10.05.2026).

15. ДСТУ EN 54-16:2017 «Системи пожежної сигналізації. Частина 16. Обладнання керування мовленнєвим оповіщенням». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=51662 (дата звернення: 08.05.2026).

16. ДСТУ EN 54-18:2019 «Системи пожежної сигналізації. Частина 18. Пристрої вводу-виводу». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=56188 (дата звернення: 08.05.2026).

17. ДСТУ EN 54-2:2019 «Системи пожежної сигналізації. Частина 2. Прилади приймально-контрольні пожежні». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=27886 (дата звернення: 09.05.2026).

18. ДСТУ EN 54-21:2009 Системи пожежної сигналізації. Частина 21. Пристрої передавання пожежної тривоги та попередження про несправність. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=28294 (дата звернення: 04.05.2026).

19. ДСТУ EN 54-24:2012 Системи пожежної сигналізації. Частина 24. Компоненти систем мовленнєвого оповіщення. Гучномовці. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=51666 (дата звернення: 14.05.2026).

20. ДСТУ EN 54-4:2019 «Системи пожежної сигналізації. Частина 4. Обладнання електроживлення». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=88829 (дата звернення: 15.05.2026).

21. Кабель зв'язку та сигналізації, парного скручування, вогнестійкий КОРкН FRHF FE180/Ек30 (J-HXH-PF FE180) 1x2x0,8. URL: <https://alay.com.ua/product/korkn-frhf-fe180-ek30-j-hxh-pf-fe180/> (дата звернення: 10.05.2026).

22. Пожежна централь Fire Hub Jeweller. URL: <https://ajax.systems/product>

s/en54-fire-hub-jeweller/ (дата звернення: 15.05.2026).

23. Показчик пожежний ОС-Ех. URL: <https://tiras.technology/products/os-ex/> (дата звернення: 15.05.2026).

24. Показчики світлові шляхів евакуації серії «Люкс». URL: https://ua.arton.com.ua/products/light_indicators/pokazhchiki_svitlovi_shlyahiv_evakuaci_lyuks/ (дата звернення: 15.05.2026).

25. Прилад керування та індикації системи мовленнєвого оповіщення». URL: <https://www.vellez.ua/uk/ouiro-komplex.html> (дата звернення: 15.05.2026).

26. Пристрій передавання пожежної тривоги та попередження про несправність M-LTE. URL: <https://tiras.technology/products/m-lte/> (дата звернення: 15.05.2026).

27. Терлецький Т. В., Кайдик О. Л. Кваліфікаційна робота: методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Інформаційні системи та технології охорони і безпеки» галузі знань 12 Інформаційні технології спеціальності 126 Інформаційні системи та технології денної та заочної форм навчання. Луцьк: ЛНТУ, 2025. 53 с.