

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 КОРПУСУ «В» ЛУЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ**

**DESIGN OF A FIRE ALARM SYSTEM, FIRE NOTIFICATION AND
EVACUATION MANAGEMENT FOR BUILDING «B» OF LUTSK
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY**

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
ГУТКО Роман Андрійович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
ТЕРЛЕЦЬКИЙ Тарас Володимирович

(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

ГУТКУ Роману Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: *Проектування системи пожежної сигналізації, оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей корпусу «В» ЛНТУ*

Керівник роботи: *к.т.н., доцент Терлецький Тарас Володимирович*

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. ДБН В.2.5-67:2013*

Detecto SMK110. Detecto MNL110. Tiras PRIME A. Fire Hub Jeweller. ДСТУ EN 54. Ajax EN54

FireProtect (Sounder/VAD). ПУЕ. М-LTE. ОСЗ-12. ОС 6.4. ДБН В.1.1-7:2021. БЖ 2415.

Ajax ManualCallPoint.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Анотація. Вступ. Розділ 1 Аналітичний огляд стану предметної області (характеристика

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

рішень систем пожежної сигналізації оповіщення та управління евакуацією людей; огляд

сучасних технічних рішень та аналогів систем безпеки; постановка завдань на кваліфіка-

ційну роботу бакалавра. Розділ 2 Обґрунтування вибору засобів та методів реалізації

(вибір типу системи пожежної сигналізації системи: обґрунтування на основі надійності

та економічної доцільності; вибір технічних заходів (апаратне забезпечення); вибір

програмного забезпечення та інструментів проектування. Розділ 3 Практична реалізація

(Розробка структурної та функціональної схем; проектування розміщення обладнання;

розташування сповіщувачів згідно з планом приміщень; розробка та програмна реалізація

алгоритму управління евакуацією; розрахункова частина; особливості програмування

складових інформаційної системи; тестування та оцінка ефективності розробленої

системи). 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>Терлецький Т. В.</i>		
Розділ 2 Обґрунтування вибору засобів та методів реалізації	<i>Терлецький Т. В.</i>		
Розділ 3 Практична реалізація	<i>Терлецький Т. В.</i>		
Загальні висновки та рекомендації	<i>Терлецький Т. В.</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 30.02.2026 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 17.05.2026 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 21.05.2026 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 _____ (Гутко Р. А.)
(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ (Терлецький Т. В.)
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Гутко Р. А. Проектування системи пожежної сигналізації, оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей корпусу «В» ЛНТУ. Рукопис.

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

Кваліфікаційна робота бакалавра складається зі вступу, трьох розділів, загальних висновків та рекомендацій, списку використаних джерел та додатків.

Робота присвячена розробці системи пожежної сигналізації та системи оповіщення про пожежу для лабораторного корпусу «В» Луцького національного технічного університету. У роботі проведено аналіз нормативної бази та архітектурних особливостей корпусу «В» ЛНТУ, а також обґрунтовано вибір адресно-аналогової системи пожежної сигналізації на базі «ППКП Tiras PRIME A» спільно з комплексом світлозвукового оповіщення та управління евакуацією.

Спроектовано структурну схему інформаційно-керуючої системи, розраховано оптимальне розміщення пожежних сповіщувачів та покажчиків напрямку руху на планах об'єкта. Успішно проведено інженерні розрахунки автономного живлення та живучості кабельних трас. Запроектований комплекс у поєднанні з розробленими алгоритмами забезпечує своєчасне виявлення пожежі та ефективну координацію людських потоків під час евакуації.

Ключові слова: пожежна сигналізація, система оповіщення, пожежна безпека, адресна система, Tiras PRIME A, управління евакуацією, протипожежний захист, aLoader, резервне живлення.

ANNOTATION

Hutko R. Design of a fire alarm, fire notification, and evacuation management system for Building B of LNTU. Manuscript.

Bachelor's qualification thesis, Educational Program «Information Systems and Technologies of Security and Protection». Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The bachelor's qualification thesis consists of an introduction, three chapters, general conclusions and recommendations, a list of references, and appendices.

The work is devoted to the development of a fire alarm and fire notification system for laboratory Building B of Lutsk National Technical University. The thesis analyzes the regulatory framework and architectural features of LNTU Building «B», and justifies the choice of an addressable-analog fire alarm system based on the «Tiras PRIME A» Fire Alarm Control Panel (FACP) in combination with an audiovisual notification and evacuation management complex.

A structural diagram of the information and control system has been designed, and the optimal placement of fire detectors and directional signs on the facility's floor plans has been calculated. Engineering calculations for autonomous power supply and the survivability of cable routes have been successfully carried out. The designed complex, combined with the developed algorithms, ensures timely fire detection and effective coordination of human flows during evacuation.

Keywords: fire alarm, notification system, fire safety, addressable system, Tiras PRIME A, evacuation management, fire protection, aLoader, backup power.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 НАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	
1.1 Характеристика об’єкту захисту і оцінка вимог до його пожежної безпеки	8
1.2 Аналіз можливих проектних рішень систем пожежної сигналізації, оповіщення та управління евакуацією людей	11
1.3 Огляд сучасних технічних рішень та аналогів систем безпеки.....	15
1.4 Постановка завдань на кваліфікаційну роботу бакалавра.....	19
РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ РЕАЛІЗАЦІЇ	
2.1 Вибір типу системи пожежної сигналізації: обґрунтування на основі надійності та економічної доцільності	23
2.2 Вибір технічних засобів (апаратне забезпечення)	26
2.3 Вибір програмного забезпечення та інструментів проектування	33
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ	
3.1 Розробка структурної та функціональної схем	37
3.2 Проектування розміщення обладнання: розташування сповіщувачів згідно з планом приміщень.....	40
3.3 Розробка та програмна реалізація алгоритму управління евакуацією...42	42
3.4 Розрахункова частина.....	49
3.5 Особливості програмування складових інформаційної системи	55
3.6 Тестування та оцінка ефективності розробленої системи.....	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	62

ВСТУП

Забезпечення пожежної безпеки закладів вищої освіти залишається пріоритетним завданням при експлуатації будівель. Специфіка об'єктів полягає у складному плануванні, наявності лабораторій та масовому скупченні студентів. Згідно з ДБН В.2.5-56:2014 [13], навчальні корпуси повинні обладнуватися надійними системами протипожежного захисту. Традиційні неадресні сигналізації втрачають ефективність, оскільки не дозволяють точно локалізувати місце загоряння. Перехід на адресно-аналогові комплекси вирішує цю проблему, забезпечуючи швидку фіксацію загрози та управління евакуацією.

Мета роботи полягає у розробці проекту адресної системи сигналізації та управління евакуацією для навчального корпусу «В» ЛНТУ.

Об'єкт дослідження – процес організації пожежної безпеки та управління евакуацією у корпусі «В» ЛНТУ.

Предмет дослідження: апаратно-програмний комплекс, інженерні рішення та програмні алгоритми функціонування системи пожежної сигналізації і управління евакуацією для навчального корпусу.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

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

Проектування ефективної інформаційної системи протипожежного захисту вимагає детального аналізу архітектурно-планувальних, конструктивних та функціональних особливостей об'єкта, оскільки саме вони визначають потенційні ризики виникнення пожежі, динаміку поширення небезпечних чинників та специфіку евакуації людей.

Об'єктом захисту у даній кваліфікаційній роботі є корпус «В» Луцького національного технічного університету (рис. 1.1). За своїм призначенням будівля належить до закладів освіти та є об'єктом із масовим перебуванням людей.



Рисунок 1.1 – Корпус «В» Луцького національного технічного університету
(Google Maps)

Архітектурно-планувальні та конструктивні особливості об'єкта:

а) корпус «В» є триповерховою будівлею зі складною конфігурацією плану. Конструктивна схема будівлі базується на збірному залізобетонному

каркасі із несучими цегляними стінами. Перекриття виконані із залізобетонних багатопустотних панелей. Матеріали основних будівельних конструкцій забезпечують будівлі II або III клас вогнестійкості [12], що визначає нормативний час збереження несучої здатності за умов вогневого впливу;

б) будівля характеризується коридорною системою планування з великою кількістю ізольованих та суміжних приміщень. На кожному поверсі розташована значна кількість кабінетів різного призначення;

в) приміщення великої площі, призначені для одночасного перебування до 30 здобувачів освіти. Вони обладнані дерев'яними та пластиковими меблями, мультимедійною технікою, що створює помірно пожежне навантаження;

г) спеціалізовані лабораторії та комп'ютерні класи характеризуються високою концентрацією радіоелектронної апаратури, обчислювальної техніки, силових кабельних ліній та систем безперебійного живлення. Такі приміщення мають підвищений ризик виникнення загорянь внаслідок короткого замикання або перевантаження електромережі;

д) адміністративні та службові кабінети: робочі місця викладачів, деканатів та технічного персоналу. У них зосереджено значний обсяг паперової документації, оргтехніки та побутових електроприладів;

е) горизонтальні шляхи евакуації представлені широкими лінійними коридорами, які з'єднують усі навчальні кабінети. Вертикальні комунікації забезпечуються кількома внутрішніми сходовими клітками типу СК1 (з природним освітленням через вікна в зовнішніх стінах) [12], що мають прямі виходи назовні або через вестибюль. Будівля оснащена основними та додатковими евакуаційними виходами для забезпечення нормативного часу розсередження людей.

Особливістю об'єкту є висока щільність перебування людей. У пікові години навчального процесу у будівлі одночасно можуть перебувати сотні людей: студенти, викладацький склад, адміністрація, технічний персонал, а також відвідувачі. Попри загальну мобільність студентів, у стресовій ситуації

можливе виникнення паніки, звуження евакуаційних потоків у коридорах та на сходових маршах, що критично збільшує час повної евакуації. Це зумовлює необхідність мінімізації часу від моменту загоряння до подачі сигналу тривоги.

Відповідно до положень ДБН В.2.5-56:2014, оцінка вимог до об'єкта визначає такі ключові положення:

а) згідно з Додатком А [13], триповерхові навчальні корпуси незалежно від їх загальної площі підлягають обов'язковому захисту автоматичними системами пожежної сигналізації. З огляду на велику кількість кабінетів, розгалужену структуру коридорів та поверховість, ймовірним проектним рішенням є впровадження адресної СПС. Вона забезпечує точну ідентифікацію приміщення, де сталося спрацювання, що дозволяє черговому персоналу негайно вжити заходів;

б) згідно з Додатком Б [13], для навчальних закладів такої поверховості та місткості обов'язковим є влаштування системи оповіщення не нижче типу СО-2. Тип СО-2 передбачає подачу звукового сигналу (сирени, тоновані сигнали) у поєднанні зі світлозвуковими покажчиками «ВИХІД» та світловими стрілками напрямку руху;

в) залежно від призначення кабінетів та ймовірного характеру розвитку пожежі на початковій стадії, норми вимагають застосування відповідних типів пожежних сповіщувачів. Для коридорів, лекційних аудиторій, та кабінетів з пожежним навантаженням у вигляді паперу та меблів (де первинним фактором є виділення диму) нормативно приписується встановлення точкових димових пожежних сповіщувачів. У місцях загального доступу та на шляхах евакуації (біля виходів на сходові клітки, біля головних виходів з будівлі) обов'язково передбачаються ручні пожежні сповіщувачі для примусової активації режиму тривоги людиною, яка виявила небезпеку;

г) ДБН В.2.5-56:2014 встановлює вимоги до інтерактивної взаємодії СПС з іншим інженерним обладнанням будівлі. При формуванні сигналу «Пожежа» інформаційна система повинна автоматично реалізувати такі керуючі алгоритми:

1) видачу команд на відключення загальнообмінної вентиляції та кондиціонування для запобігання поширенню диму по повітроводах між кабінетами;

2) управління системами контролю та керування доступом (СКУД) – автоматичне розблокування електромагнітних замків на евакуаційних виходах, турнікетів;

3) увімкнення світлових покажчиків шляхів евакуації;

4) передачу сигналу тривоги на пульт централізованого пожежного спостереження через захищені канали зв'язку мобільних операторів.

Крім ДБН В.2.5-56:2014, під час проектування враховуються вимоги ДСТУ EN 54 [6] (всі профільні частини), що регулює технічні характеристики компонентів сигналізації, ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [14], а також Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) [23] щодо забезпечення надійності електропостачання СПС за першою категорією (наявність основного та резервного джерел живлення).

Таким чином, корпус «В» є складним об'єктом захисту, що характеризується великою кількістю відокремлених кабінетів, високою концентрацією людей та значною насиченістю електрообладнанням. Це вимагає створення адресної інформаційної системи протипожежного захисту, яка здатна виявляти загрози на ранній стадії.

1.2 Аналіз можливих проектних рішень систем пожежної сигналізації, оповіщення та управління евакуацією людей

Вибір архітектури побудови системи пожежної сигналізації та системи оповіщення є ключовим етапом проектування. Від цього рішення залежить не лише відповідність об'єкта нормам, але й надійність функціонування комплексу, загальна вартість монтажних робіт, а також зручність подальшого технічного обслуговування.

Сучасні системи виявлення пожежі за принципом формування та передачі інформаційного сигналу від сповіщувача до ППКП класифікуються на декілька основних типів: неадресні порогові, адресні порогові та адресні аналогові. До того ж, адресні системи можуть бути дротовими та бездротовими.

Варто зауважити, що на сучасному ринку пожежної автоматики спостерігається чітка тенденція до відмови від адресно-порогових систем. Провідні виробники практично припинили розробку нових лінійок у цьому класі, оскільки ці рішення опинилися в «технологічному розриві»: вони не є достатньо дешевими для масового сегмента (як неадресні системи) і не надають функціоналу для інтелектуального моніторингу, притаманного адресно-аналоговим системам. У зв'язку з цим, в рамках нашого проекту доцільно виділити три варіанти пожежної сигналізації: неадресна, адресна аналогова та радіоканальна.

Неадресні (порогові) системи пожежної сигналізації: у системах цього типу сповіщувачі об'єднуються у променеві шлейфи сигналізації. В свою чергу, пристрій приймальний контрольний пожежний здійснює контроль стану не окремого датчика, а всього шлейфу цілком. Сповіщувач спрацьовує при досягненні певного порогу концентрації диму або температури, змінюючи свій внутрішній опір (рис. 1.2).

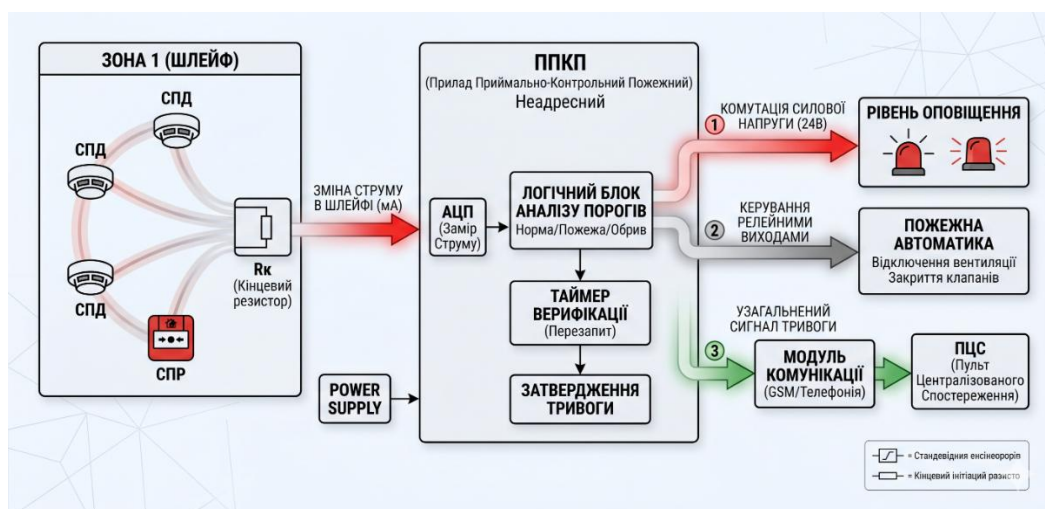


Рисунок 1.2 – Схематичне зображення неадресної СПС (згенеровано за допомогою Google Gemini)

Переваги неадресних систем: низька вартість базового обладнання (ППКП та сповіщувачів) та простота пусконаладжувальних робіт.

Недоліки неадресних систем: низька інформативність, при спрацюванні система вказує лише на номер шлейфу (зони), до якого може бути підключено до 32 сповіщувачів у різних приміщеннях. Для об'єкта з коридорною системою та великою кількістю кабінетів це призводить до втрати часу на пошук реального осередку займання; відсутність автоматичної самодіагностики: система не здатна відрізнити запыленість датчика від його несправності, що призводить до високого відсотка хибних спрацювань; радіальна топологія кабельних трас: обрив шлейфу призводить до втрати зв'язку з усіма датчиками, що знаходяться за місцем обриву. На великих об'єктах використання неадресних систем є недоцільним у зв'язку з тривалим часом визначення точного місця загоряння. Також на великих об'єктах треба ставити виносні пристрої оптичної сигналізації.

Переваги бездротових систем: мінімальний час розгортання системи на об'єкті; відсутність необхідності прокладання кабельних ліній, що важливо для будівель з готовим дорогим ремонтом або пам'яток архітектури; адресність кожного пристрою та гнучкість масштабування (рис. 1.3).

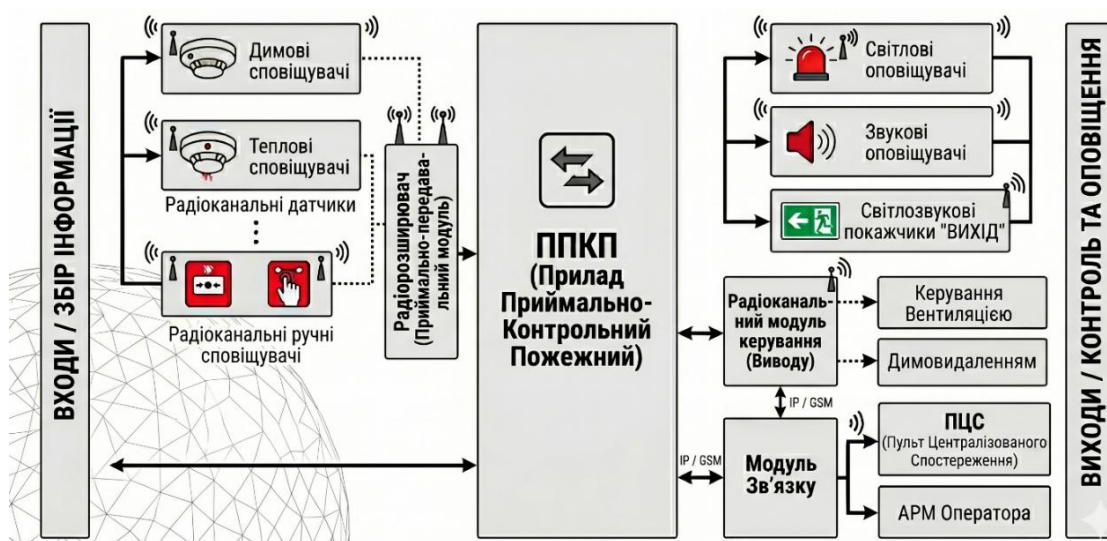


Рисунок 1.3 – Схематичне зображення радіо каналної СПС (згенеровано за допомогою Google Gemini)

Переваги бездротових систем: мінімальний час розгортання системи на об'єкті; відсутність необхідності прокладання кабельних ліній, що важливо для будівель з готовим дорогим ремонтом або пам'яток архітектури; адресність кожного пристрою та гнучкість масштабування.

Недоліки систем: назвичайно висока вартість обладнання (радіоканальні датчики значно дорожчі за дротові аналоги); залежність від радіозавад: в умовах нашого об'єкту (наявність потужного Wi-Fi покриття, лабораторного обладнання, залізобетонних перекриттів, що екранують сигнал) радіус дії та стабільність зв'язку можуть суттєво знижуватися; значні експлуатаційні витрати: необхідність періодичної (кожні 5-7 років, а можливо й раніше) заміни елементів живлення у сотнях датчиків та сирен створює фінансові труднощі. Бездротові рішення є доцільними для локальних зон або приміщень, де прокладання кабелю неможливе. Однак для комплексної побудови системи всієї будівлі корпусу «В» Луцького національного технічного університету це рішення є економічно невиправданим.

Адресні системи пожежної сигналізації: кожен сповіщувач або модуль у такій системі має власну унікальну цифрову адресу (рис. 1.4).

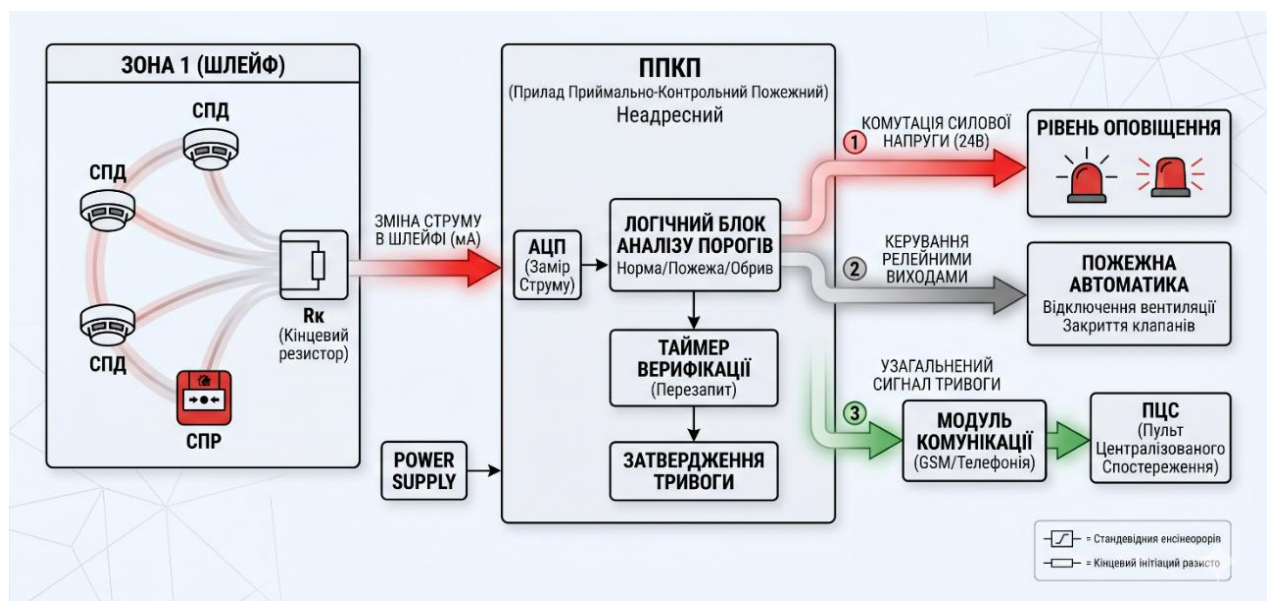


Рисунок 1.4 – Схематичне зображення неадресної СПС (згенеровано за допомогою Google Gemini)

ППКП циклічно опитує пристрої, отримуючи від них відповідні дані (рівень задимленості, температуру, стан живлення). Рішення про формування сигналу тривоги приймається не датчиком, а потужним мікропроцесором централізованого приладу на основі аналізу динаміки зміни параметрів.

Переваги адресних систем: на дисплеї ППКП відображається точне місце виникнення пожежі з деталізацією до конкретного кабінету або зони (наприклад, «Поверх 2, Кабінет 204, Лекційна»); кільцева топологія: сповіщувачі підключаються у кільцевий інтерфейс. У разі обриву кабелю або короткого замикання, вбудовані ізолятори відсікають пошкоджену ділянку, а кільце перетворюється на два незалежні радіальні шлейфи. Усі пристрої залишаються на зв'язку, що гарантує найвищу надійність (вимоги стандарту EN 54); інтелектуальна самодіагностика: система заздалегідь попереджає про необхідність очищення конкретного датчика від пилу, зводячи кількість хибних спрацювань до мінімуму; розширені можливості інтеграції: наявність адресних релейних модулів дозволяє гнучко програмувати сценарії управління евакуацією, вентиляцією та СКУД у прив'язці до конкретних зон; оптимізація кабельних трас: в одну кільцеву лінію (довжиною до 2000 м) може бути включено до 250 різних пристроїв (димових, ручних сповіщувачів, модулів вводу/виводу).

Недоліки систем: вища початкова вартість обладнання порівняно з неадресними системами, проте ця різниця частково компенсується економією на кабелі та монтажі. Крім того, налаштування та технічне обслуговування такого адресного комплексу вимагає залучення більш кваліфікованого інженерного персоналу, який володіє навичками роботи зі спеціалізованим програмним забезпеченням.

1.3 Огляд сучасних технічних рішень та аналогів систем безпеки

Сучасний ринок систем протипожежного захисту та безпеки розвивається в напрямку цифровізації, підвищення завадостійкості, мінімізації хибних

спрацьовувань та спрощення інтеграції інженерних систем будівлі. При проектуванні систем пожежної сигналізації ключовим етапом є вибір архітектури системи (адресна чи безадресна, дротова чи бездротова) та відповідного обладнання: приладів приймально-контрольних пожежних сповіщувачів та оповіщувачів.

1.3.1 Огляд сучасних пожежних сповіщувачів

Головною тенденцією в розробці сучасних сповіщувачів є перехід від детекції одного небезпечного фактора пожежі до комбінованого аналізу середовища за допомогою мікропроцесорної обробки сигналів:

а) неадресні (традиційні) дротові сповіщувачі (на прикладі серії СПД від Тірас) представляють базовий, класичний рівень систем пожежної автоматики. Такі пристрої (наприклад, СПД-2) працюють за пороговим принципом: при досягненні певної концентрації диму в оптичній камері сповіщувач змінює свій внутрішній опір, формуючи сигнал тривоги для ППКП. Вони не здатні передавати інформацію про свій поточний стан (наприклад, рівень запиленості) чи точну адресу спрацювання, а сигналізують лише про стан усього шлейфу (зони). Незважаючи на вищу схильність до хибних спрацювань через пил, вони залишаються поширеним рішенням для невеликих або бюджетних об'єктів завдяки низькій вартості обладнання та простоті налаштування;

б) адресні дротові сповіщувачі (на прикладі серії DETECTO від Тірас): сучасні компоненти адресних систем (наприклад, SMK110 [9]) виконують не просто замикання контактів, а постійно передають на ППКП поточні аналогові значення оптичної щільності повітря. Це дозволяє реалізувати функцію автокомпенсації запиленості димової камери та формувати сигнал про потребу в технічному обслуговуванні до того, як датчик видасть хибну тривогу. Модифікації з вбудованими ізоляторами короткого замикання (ІКЗ) забезпечують живучість кільцевого шлейфу при пошкодженні кабельної лінії;

в) бездротові сповіщувачі (на прикладі серії FireProtect від Ajax Systems) представляють новий етап розвитку автономних засобів виявлення. Сучасні моделі оснащуються двоспектральними оптичними сенсорами (синій та

інфрачервоний світлодіоди), які дозволяють розрізняти геометричні розміри частинок у повітрі, чітко розділяти реальний дим від водяної пари, кухонного чаду чи пилу. Додаткова інтеграція термісторів забезпечує реакцію на швидке зростання температури, навіть якщо видимого задимлення ще немає, це є однією зі значних переваг. Загальні характеристики сповіщувачів представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Загальні характеристики сповіщувачів

Критерій порівняння	Сучасні неадресні дротові сповіщувачі (напр., СПД-2 Тірас)	Адресні дротові сповіщувачі (напр., ДЕТЕСТО SMK110)	Бездротові сповіщувачі (напр., Ajax FireProtect 2)
Принцип передачі даних	Аналоговий (фіксація зміни опору/струму в шлейфі) по дротовій лінії	Цифровий протокол по дротовій лінії (кільцевому шлейфу)	Захищений радіоканал із шифруванням (Jeweller)
Джерело живлення	Від шлейфу пожежної сигналізації ППКП	Від адресної лінії зв'язку ППКП	Вбудовані літєві батареї (термін служби 7-10 років)
Локальне сповіщення	Відсутнє (лише світлодіодна індикація, потребує окремих світлозвукових табло)	Відсутнє (лише світлодіодна індикація, потребує окремих світлозвукових табло)	Вбудована сирена (до 85 дБ на відстані 3 м)
Енергонезалежність зони	Залежить від цілісності кабелю та ППКП. Обрив лінії призводить до втрати зв'язку зі сповіщувачами за місцем обриву	Залежить від цілісності кабелю та резервного живлення ППКП (наявність ізоляторів короткого замикання зберігає працездатність кільця)	Повна автономність кожної точки детекції
Сфера застосування	Невеликі та середні об'єкти з обмеженим бюджетом, склади, невеликі магазини	Великі комерційні, промислові та багатоповерхові об'єкти,	Житловий сектор, об'єкти з готовим оздобленням або складністю прокладання кабелів

Джерела: [1, 4, 9]

1.3.2 Огляд сучасних приладів приймально-контрольних (ППК)

Сучасні ППК еволюціонували з простих панелей індикації у складні обчислювальні центри, здатні керувати суміжними інженерними системами

(витяжною протидимною вентиляцією, підпором повітря, опусканням ліфтів, вимкненням загальнообмінної вентиляції та розблокуванням СКУД:

а) дротові неадресні ППКП (на прикладі серії Tiras PRIME S, M, L): призначені для побудови базових систем пожежної сигналізації на невеликих та середніх об'єктах з нескладною інфраструктурою. Вони використовують радіальну топологію шлейфів, де об'єкт ділиться на узагальнені зони з паралельним підключенням десятків сповіщувачів, що дозволяє фіксувати тривогу лише з точністю до всього шлейфу, без деталізації конкретного датчика. Підтримка сучасних модулів зв'язку забезпечує передачу базової інформації на пульти централізованого спостереження. Прилади обладнані стандартними релейними виходами, проте реалізація складних алгоритмів (наприклад, керування димовидаленням, відключенням системи вентиляції) вимагає встановлення значної кількості додаткових модулів розширення, що ускладнює загальний монтаж системи.

б) дротові адресні ППКП (Tiras PRIME A [7], [8]): прилади цієї серії орієнтовані на побудову систем пожежної безпеки середніх та великих об'єктів. Завдяки модульній структурі система легко розширюється за допомогою адресних кілець, де кожен пристрій має власну адресу, що забезпечує точну локалізацію місця виникнення пожежі. Водночас наявність програмованих релейних виходів та модулів керування дозволяє гнучко реалізовувати складні алгоритми протипожежного захисту в суворій відповідності до вимог ДБН В.2.5-56:2014;

в) бездротові централі системи безпеки (централі Ajax Hub) це сучасні комплексні рішення, які поєднують у собі функції охоронної сигналізації, пожежної безпеки та елементів автоматизації. Вони використовують захищену радіотехнологію Jeweller з частотною модуляцією, що забезпечує дальність зв'язку до 1700-2000 м на відкритому просторі. Дальність зв'язку в закритому просторі досягається за допомогою відповідних хабів. Висока надійність доставки сигналів тривоги на ПЦС та мобільні додатки користувачів

досягається завдяки одночасному резервуванню кількох каналів зв'язку (Ethernet, Wi-Fi, дві SIM-карти з підтримкою LTE).

Характеристики ППКП представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Загальні характеристики ППКП

Характеристика	Дротові неадресні ППКП (напр., серія «Tiras PRIME»)	Дротові адресні ППКП (напр., серія «Tiras PRIME A»)	Бездротові / гібридні центральні (напр., «Ajax Hub»)
Точність локалізації пожежі	Узагальнена (з точністю до шлейфу/зони, без деталізації датчика)	Висока (точна адреса конкретного сповіщувача)	Висока (точна адреса конкретного сповіщувача)
Топологія та лінії зв'язку	Дротова, радіальні шлейфи	Дротова, кільцева (адресні шлейфи, стійкі до обриву)	Бездротова (радіоканал до 2000 м)
Керування автоматикою (димовидалення, СКУД тощо)	Прості алгоритми. Вимагає додаткових плат розширення та прокладання окремих керуючих кабелів від централі до кожного виконавчого пристрою.	Розподілене та гнучке. Дозволяє налаштувати складну матричну логіку (із затримками та умовами) відповідно до ДБН.	Сценарне (через додаток). Використовуються бездротові розумні реле для швидкого розблокування дверей чи знеструмлення розеток. Не призначене для сертифікованого керування складною промисловою вентиляцією.
Інформативність та зв'язок з ПЩС	Базова деталізація подій (передача через модуль M-LTE)	Висока деталізація подій (протокол Nova через M-LTE/GPRS)	Максимальне резервування (Ethernet, Wi-Fi, дві SIM-карти з LTE)
Оптимальна сфера застосування	Невеликі та середні об'єкти з простою інфраструктурою	Середні та великі об'єкти, складна архітектура, жорсткі пожежні норми	Житловий сектор, офіси, об'єкти з готовим ремонтом

Джерела: [1, 7, 8, 22]

1.4 Постановка завдань на кваліфікаційну роботу бакалавра

Головною метою створення системи пожежної сигналізації (СПС) на об'єкті є забезпечення цілодобового та раннього виявлення ознак пожежі, своєчасне оповіщення людей для їх безпечної евакуації, а також формування керівних сигналів для суміжних систем протипожежного захисту будівлі.

Для досягнення цієї мети перед проектованою системою ставиться низка конкретних завдань та вимог, які поділяються на функціональні (що система повинна робити) та нефункціональні (якою система повинна бути).

1.4.1 Основні завдання системи

Основними завданнями системи є:

а) автоматичний контроль стану навколишнього середовища в захищуваних приміщеннях на предмет появи диму або різкого підвищення температури;

б) точна (адресна) локалізація місця виникнення загоряння з відображенням інформації на панелі приладу приймально-контрольного пожежного

в) автоматичний запуск системи оповіщення та управління евакуацією людей;

г) формування команд для керування інженерним обладнанням (відключення загальнообмінної вентиляції, запуск димовидалення, розблокування дверей контролю доступу);

д) надійна передача сигналів про пожежу та несправності на пульт централізованого спостереження.

1.4.2. Функціональні вимоги

Функціональні вимоги визначають безпосередні робочі процеси та алгоритми СПС:

а) система повинна будуватися на базі кільцевих адресних шлейфів. Кожен пожежний сповіщувач та модуль керування повинен мати власну унікальну адресу;

б) детекція задимлення має здійснюватися за допомогою адресних оптико-електронних димових сповіщувачів (наприклад, з функцією вимірювання оптичної щільності середовища). Ручне формування тривоги має забезпечуватися адресними ручними сповіщувачами на шляхах евакуації;

в) у разі одиничного обриву кільцевого шлейфу система повинна автоматично перетворювати його на два радіальні без втрати зв'язку з жодним

компонентом. При короткому замиканні локалізація пошкодженої ділянки має відбуватися за допомогою вбудованих або окремих ізоляторів короткого замикання (ІКЗ);

г) ППКП повинен підтримувати програмування логічних сценаріїв (затримок, залежностей типу «І» / «АБО») для коректного поетапного запуску автоматики та оповіщення.

1.4.3. Нефункціональні вимоги

Нефункціональні вимоги регламентують експлуатаційні характеристики, надійність та відповідність нормативній базі.

а) нормативні вимоги: обладнання та проектні рішення повинні суворо відповідати чинним будівельним нормам, зокрема ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», а всі компоненти системи повинні мати чинні сертифікати відповідності ДСТУ EN 54.

б) вимоги до електроживлення: система повинна належати до І категорії надійності електропостачання. При зникненні основної напруги мережі (~220 В) ППКП має автоматично, без хибних тривог, переходити на резервне живлення від акумуляторних батарей. Ємність АКБ має забезпечувати автономну роботу системи не менше 24 годин у черговому режимі та додатково розрахунковий час у режимі «Пожежа» (достатній для повної евакуації).

в) експлуатаційна надійність: сповіщувачі повинні мати захист від хибних спрацювань, викликаних електромагнітними завадами або пилом. Бажаною є наявність алгоритмів автокомпенсації запиленості димової камери з передачею попереджувального сигналу про необхідність технічного обслуговування.

На основі проведеного у першому розділі аналізу чинної нормативної бази, архітектурно-планувальних особливостей об'єкту, а також детального огляду існуючих ринкових рішень та еволюції систем протипожежного захисту, виникає необхідність формування чіткої науково-технічної задачі.

Для досягнення поставленої мети в межах даної роботи необхідно вирішити такі послідовні інженерні завдання:

а) проаналізувати нормативну базу та характеристики об'єкта. Вивчити вимоги нормативних документів (зокрема ДБН В.2.5-56:2014) та геометричні параметри приміщень, кабінетів і шляхів евакуації корпусу «В» для точного визначення зон контролю, категорій пожежної небезпеки та специфіки розгортання ліній зв'язку;

б) провести огляд доступних апаратних рішень. Здійснити порівняльний техніко-економічний аналіз сучасного ринку систем безпеки, розглянувши особливості неадресних, адресно-порогових та адресно-аналогових архітектур для виявлення їхніх переваг і технологічних обмежень;

в) обґрунтувати вибір обладнання та програмного забезпечення. На основі аналізу експлуатаційних критеріїв (захист від хибних спрацювань, наявність функцій компенсації запиленості) аргументувати доцільність застосування елементної бази вітчизняного виробника «Tiras Technologies» та супутнього ПЗ;

г) розробити схеми на базі централі «Tiras PRIME A» [7]. Спроекувати та обґрунтувати структурну та функціональну схеми інформаційної взаємодії рівнів збору даних, обробки сигналів та виконавчих пристроїв оповіщення на базі обраного центрального приладу;

д) виконати розрахунки живлення та кабельних ліній: провести інженерні розрахунки загального струмоспоживання системи для підбору ємності резервних акумуляторних батарей (забезпечення 72 годин автономної роботи) та розрахувати падіння напруги в магістралях для підтвердження живучості вогнестійких кабельних трас;

е) запрограмувати логіку системи у середовищі «aLoader»: розробити логіку взаємодії пожежної автоматики, налаштувати багаторівневі сценарії активації показчиків напрямку руху «ОС 6.4» і табла «ОСЗ-12», а також імплементувати алгоритми верифікації подій для виключення людського фактора під час евакуації.

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ РЕАЛІЗАЦІЇ

2.1 Вибір типу системи пожежної сигналізації: обґрунтування на основі надійності та економічної доцільності

Для забезпечення надійного протипожежного захисту корпусу «В» ЛНТУ необхідно обрати архітектуру побудови інформаційної системи виявлення пожежі. Розглянемо концепції побудови систем: традиційну неадресну, сучасну бездротову (на прикладі сертифікованої лінійки «Аҗах») та дротову адресно-аналогову (на базі обладнання «Тігас»).

Традиційні неадресні системи працюють за принципом радіальних шлейфів, до яких паралельно підключається група сповіщувачів. При спрацюванні одного з датчиків прилад приймально-контрольний фіксує лише зміну опору в усьому шлейфі, видаючи тривогу на загальну зону. Для об'єкта масштабу навчального корпусу це рішення є неприйнятним, оскільки персоналу доведеться витратити критично важливий час на фізичний пошук осередку займання. Крім того, відсутність самодіагностики датчиків призводить до частих хибних спрацювань через їх запиленість.

Бездротові системи безпеки демонструють високий рівень технологічності: зв'язок між центральним приладом та периферійними пристроями підтримується по захищеному радіопротоколу «Jeweller». Проте для нашого об'єкту застосування повністю бездротового рішення має суттєві інженерні та експлуатаційні недоліки. Наявність залізобетонних перекриттів та значної кількості джерел електромагнітних завад в умовах технічного університету може створювати ризики для стабільності радіозв'язку. До того ж бездротові сповіщувачі живляться від автономних батарей. Для навчального корпусу, де кількість датчиків становить кілька сотень, періодична заміна елементів живлення перетворюється на значну логістичну та фінансову проблему для університету.

Адресна дротова система «Tiras PRIME A» є найбільш збалансованим інженерним рішенням. Кожен сповіщувач має власну цифрову адресу, що дозволяє миттєво ідентифікувати точне місце виникнення пожежі з точністю до аудиторії. Топологія підключення базується на кільцевому інтерфейсі з вбудованими ізоляторами короткого замикання, що гарантує збереження працездатності системи навіть при обриві або перегоранні кабелю на одній із ділянок. Живлення та передача даних здійснюються по одній парі кабелів від центрального ППКП (з потужним акумуляторним резервом), що виключає потребу в автономних джерелах живлення всередині сповіщувачів.

Для прийняття остаточного рішення необхідно проаналізувати фінансову складову нашого проектного рішення (табл. 2.1). Порівняємо актуальну вартість базового обладнання: дротової адресної системи «Tiras» та сертифікованої бездротової пожежної системи «Ajax». Для коректного порівняння у якості централей обрано виключно спеціалізовані прилади приймально-контрольні пожежні, що сертифіковані згідно з вимогами стандарту EN 54

Таблиця 2.1 – Порівняння цін

Найменування обладнання	Аналог в екосистемі Tiras (дротова адресна)	Орієнтовна вартість, грн	Аналог в системі Ajax (бездротова)	Вартість, грн
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Центральний контролер (ППКП)	«Tiras PRIME A (HW2)»	37000	«Ajax Fire Hub Jeweller»	30000
Модуль зв'язку	«Tiras M-LTE»	4512	Вбудовано в ППКП	–
Димовий сповіщувач	«Tiras SMK110»	1500	«Ajax EN54 FireProtect (Smoke)»	3249
Ручний сповіщувач	«Tiras MNL110»	1440	«Ajax ManualCallPoint»	2599
Оповіщувач світлозвуковий (OC3-12)	«OC3-12»	1200	«Ajax EN54 FireProtect (Sounder/VAD)»	7599
Оповіщувач звуковий (OC)	«OC 6.4»	1000	–	–
Блок живлення	«Tiras БЖ 2415»	8160	Не потребує	–
Елемент живлення (АКБ/Батарей)	12V 7Ah	500	«Ajax EN54 Internal Battery (72h)»	4699

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
Вогнестійкий кабель (2×1,0 мм ²)	FE180/E30-90 (за 1 метр)	35	Не потребує, оскільки радіоканальна система передавання	–
Вогнестійкий кабель (2×0,5 мм ²)	FE180/E30-90 (за 1 метр)	22	Не потребує (радіоканал)	–
Вогнестійкий кабель (2×2,5 мм ²)	FE180/E30-90 (за 1 метр)	73	Не потребує (радіоканал)	–

Джерела: [1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 21, 22, 25, 26]

Згідно з проведеними інженерними розрахунками та планами приміщень [КРБ 034.00.00.000 СПС], для повноцінного захисту корпусу «В» ЛНТУ необхідна наступна специфікація обладнання під дротову систему Tiras: «ППКП Tiras PRIME A (HW2)» – 1 шт.; модуль зв'язку «M-LTE» [22] – 1 шт.; сповіщувач пожежний димовий адресний «SMK110» – 316 шт. (з яких 287 шт. монтуються безпосередньо в приміщеннях об'єкта, а 29 шт. складають обов'язковий 10% нормативний експлуатаційний резерв); сповіщувач пожежний ручний адресний «MNL110» [10] – 15 шт. (13 шт. для встановлення на шляхах евакуації та 2 шт. у резерві); оповіщувач світлозвуковий «ОСЗ-12» [26] – 13 шт.; оповіщувач звуковий «ОС 6.4» [25] – 12 шт.; додатковий блок живлення «БЖ 2415» [11] – 1 шт.; акумуляторні батареї 12V 7Ah – 4 шт. (для забезпечення нормативного часу автономної роботи ППКП та додаткового БЖ).

Для об'єднання в єдину мережу проектується прокладання вогнестійкого кабелю класу E30: кабель FE180/E30-90 [21] 2x1,0 мм² – 1600 м; кабель FE180/E30-90 2x0,5 мм² – 800 м; кабель FE180/E30-90 2x2,5 мм² (для магістралей оповіщення та живлення) – 600 м.

Проведений аналіз чітко визначає економічну доцільність обраного рішення. Головним аргументом на користь бездротових систем зазвичай є економія на кабелі та додаткових джерелах живлення. Дійсно, для дротової системи Tiras необхідно закупити 3000 метрів кабелю (загальна вартість орієнтовно 124700 грн), додатковий блок живлення «БЖ 2415» (8160 грн),

модуль зв'язку (4512 грн) та 4 свинцево-кислотні акумулятори (3000 грн). У системі «Ажах» ці витрати або відсутні, або покриваються однією внутрішньою батареєю «EN54 Internal Battery» [2] (4699 грн).

Проте на об'єктах великої площі з великою кількістю приміщень визначальним фактором підсумкового бюджету є вартість системи. Для захисту об'єкту необхідно 316 димових сповіщувачів. В системі «Tiras» їх сумарна вартість складе 474000 грн. Закупівля аналогічної кількості бездротових сповіщувачів «Ажах EN54 FireProtect (Smoke)» потребуватиме 1026684 грн, що створює переплату у понад 550000 гривень лише на одному типі датчиків.

Подібна колосальна різниця спостерігається і для елементів оповіщення: 13 світлозвукових сирен «ОСЗ-12» від «Tiras» обійдуться у 15600 грн, тоді як їх аналоги «EN54 FireProtect (Sounder/VAD)» [1] від «Ажах» коштуватимуть 98787 грн.

Таким чином, сумарна вартість базового апаратного комплексу «Tiras» (включно з ППКП, усіма датчиками, сиренами, повним обсягом вогнестійкого кабелю та блоками живлення) орієнтовно складає 700000 грн. Аналогічний сертифікований набір обладнання для бездротової системи «Ажах» обійдеться у понад 1200000 грн. Враховуючи економічну вигоду в півмільйона гривень, високу експлуатаційну надійність дротового кільцевого інтерфейсу, відповідність нормативним вимогам та відсутність потреби у регулярній заміні сотень спеціалізованих елементів живлення, для реалізації проекту автоматичної пожежної сигналізації корпусу «В» було однозначно обрано обладнання «Tiras».

2.2 Вибір технічних засобів (апаратне забезпечення)

Технічна реалізація інформаційної системи протипожежного захисту вимагає ретельного підбору елементної бази. Обране апаратне забезпечення повинно утворювати єдиний сумісний комплекс, здатний функціонувати в умовах розгалуженої архітектури навчального закладу, забезпечувати

безперервний моніторинг приміщень, мінімізувати час прийняття рішень та гарантувати живучість системи при виникненні небезпечних руйнівних факторів.

Відповідно до економічного аналізу, проведеного у попередньому підрозділі, основу апаратного комплексу проекту становить адресне обладнання вітчизняного виробництва серії «Tiras PRIME A». Нижче наведено обґрунтування вибору кожного типу технічних засобів, їхніх характеристик та функціонального призначення.

Первинною ланкою будь-якої автоматизованої системи пожежної сигналізації є сповіщувачі, які здійснюють фізико-хімічний аналіз стану повітряного середовища у зонах захист. Для нашого об'єкту обрано два типи адресних сповіщувачів:

1) сповіщувач пожежний димовий адресний точковий оптичний «Tiras SMK110» (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Сповіщувач «Tiras SMK110» [9]

Вибір димових сповіщувачів як основного засобу виявлення зумовлений характером потенційного пожежного навантаження у навчальних аудиторіях, комп'ютерних класах, лабораторіях та адміністративних кабінетах. Основними матеріалами, що здатні піддаватися займанню або тління в цих приміщеннях, є папір (документація, книги), дерево (меблі, паркет), пластик (елементи оздоблення, корпуси оргтехніки) та ізоляція силових і сигнальних кабелів. Первинним чинником пожежі для таких матеріалів на ранній стадії є виділення диму. Техніко-функціональні переваги «SMK110»: принцип дії базується на вимірюванні оптичного випромінювання, розсіяного частинками диму в чутливій камері сповіщувача; датчик самостійно аналізує швидкість наростання концентрації аерозольних часток, що дозволяє відсікати випадкові короточасні коливання прозорості повітря; «SMK110» автоматично коригує поріг чутливості залежно від рівня запиленості та передає на ППКП сервісне повідомлення про потребу в технічному обслуговуванні; кожен сповіщувач оснащений двостороннім ізолятором лінії зв'язку. У разі фізичного пошкодження або короткого замикання кабелю на певній ділянці, суміжні ІКЗ локалізують несправність, а решта пристроїв продовжує працювати у штатному режимі через кільцеву топологію шлейфу.

2) Сповіщувач пожежний ручний адресний «Tiras MNL110» (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Сповіщувач Tiras «MNL110» [10]

Призначений для примусової ручної активації режиму пожежної тривоги людиною, яка візуально виявила осередок займання до моменту спрацювання автоматичних датчиків. Згідно з вимогами ДБН В.2.5-56:2014, такі сповіщувачі встановлюються на шляхах евакуації – у коридорах, вестибюлях, біля виходів з поверхів та безпосередньо біля евакуаційних виходів з будівлі назовні.

Техніко-функціональні переваги «MNL110»: сповіщувач обладнаний пластиковою відновлюваною робочою шторкою. Активація відбувається шляхом натискання на неї, а повернення у вихідний стан – за допомогою спеціального сервісного ключа, що виключає необхідність заміни тендітного скла; адресна ідентифікація та ІКЗ: наявність унікальної адреси дозволяє чітко визначити, з якої саме точки евакуаційного шляху було подано сигнал тривоги. Пристрій також має вбудований ізолятор короткого замикання.

Центральним керуючим та інформаційним ядром проектованої системи є прилад приймально-контрольний пожежний «Tiras PRIME A» (рис. 2.3).

Схема підключень прилада приймально-контрольного пожежного «Tiras PRIME A» представлена в додатку А.



Рисунок 2.3 – ППКП «Tiras PRIME A (HW2)» [7]

Дана централь спроектована з урахуванням сучасних стандартів ДСТУ EN 54-2 [17] та ДСТУ EN 54-4 [19] і виконує роль головного обчислювального вузла, що збирає дані з пристроїв, обробляє її за заданими алгоритмами та видає відповідні керуючі команди.

Критерії вибору та характеристики ППКП «Tiras PRIME A»: базова конфігурація приладу дозволяє організувати адресні кільцеві шлейфи великої протяжності з можливістю підключення до 250 [7] пристроїв на одне кільце, що повністю задовольняє проектну потребу нашого об'єкту; наявність вбудованого кольорового сенсорного дисплея високої роздільної здатності забезпечує графічне відображення стану системи у реальному часі. Черговий персонал закладу отримує текстову інформацію про стан кожного кабінету; інтегроване устаткування електроживлення відповідає EN 54-4. Воно здійснює керування процесом заряду резервних акумуляторних батарей, контролює рівень їх розряду, внутрішній опір та автоматично перемикає систему на автономну роботу при зникненні основної мережі 220 В.

Для розширення базового функціоналу ППКП та виконання нормативних вимог щодо моніторингу до складу апаратного комплексу включено модуль комунікаційний «M-LTE» (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – модуль комунікаційний «M-LTE» [22]

Це спеціалізована плата розширення, що інтегрується безпосередньо у корпус ППКП. Модуль забезпечує передачу сповіщень про пожежу та технічний стан системи на пульт централізованого пожежного спостереження за допомогою бездротових технологій мобільного зв'язку стандарту 4G/3G/2G. Відповідно до ДСТУ EN 54-21, для забезпечення найвищого ступеня надійності зв'язку модуль підтримує роботу з двома SIM-картами різних стільникових операторів, реалізуючи автоматичне перемикання каналів при втраті сигналу.

З огляду на площу об'єкта і значну кількість пристроїв оповіщення, потужності вбудованого блоку живлення центрального ППКП недостатньо для покриття пікових струмів у режимі тривоги. «БЖ 2415» (рис. 2.5) є блоком живлення з вихідною напругою 24 В та номінальним струмом 1,5 А.



Рисунок 2.5 – Блок живлення «БЖ-2415» [11]

Встановлення «БЖ-2415» дозволяє покращити лінії оповіщення, уникнути критичного падіння напруги на віддалених ділянках та гарантувати одночасне увімкнення засобів евакуації.

Згідно з ДБН В.2.5-56:2014, навчальний корпус підлягає оснащенню системою оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей 2-го типу. Головна мета цієї підсистеми – своєчасне інформування людей про небезпеку та вказування безпечних напрямків руху до виходів.

Для апаратної реалізації СО-2 обрано два типи пристроїв, що працюють у парі:

1) «ОС 6.4». Цей оповіщувач є спеціалізованим світловим таблом, що відображає стрілку для вказування безпечного напрямку руху до найближчих евакуаційних виходів (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Оповіщувач світловий «ОС-6.4» (24V) «Стрілка-показник напрямку руху» [25]

Згідно з вимогами ДБН В.2.5-56:2014, такі покажчики встановлюються у довгих коридорах, на перетинах шляхів, поворотах для формування безперервного та інтуїтивно зрозумілого маршруту евакуації. Головні характеристики: завдяки використанню яскравих LED-матриць зеленого кольору, напрямок руху (стрілка) залишається чітко розрізняваним для студентів та викладачів навіть в умовах сильного задимлення або повного відключення робочого освітлення будівлі; енергоефективність: оповіщувач розрахований на роботу від номінальної напруги 24 В постійного струму. Низьке споживання струму дозволяє підключати велику кількість покажчиків на одну лінію, мінімізуючи втрати потужності у вогнестійких кабелях класу FE180/E30-90 та не перевантажуючи резервні акумуляторні батареї.

2) Оповіщувач світлозвуковий пожежний «ОСЗ-12» (інформаційне табло «ВИХІД») (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Оповіщувач світлозвуковий пожежний «ОСЗ-12» (24V) «ВИХІД» [26]

Комбінований пристрій, який поєднує в собі звуковий генератор та світлове динамічне або статичне табло з написом «ВИХІД». Вони є важливими елементами управління евакуацією, оскільки за умов розвитку пожежі та задимлення приміщень видимість статичних покажчиків різко падає. «ОСЗ-12» монтується безпосередньо над дверними прорізами евакуаційних виходів з поверхів, сходових кліток та головних виходів з будівлі назовні; світлова індикація реалізована на базі енергоефективних та яскравих LED-матриць зеленого кольору, які добре помітні крізь помірний шар диму та вказують точний вектор руху навіть за умов повного знеструмлення загального освітлення корпусу; звуковий супровід додатково дублює роботу світлового табло звуковим сигналом, що полегшує орієнтацію у просторі для людей із вадами зору або при сильній дезорієнтації в умовах паніки.

2.3 Вибір програмного забезпечення та інструментів проектування

Розробка та успішна реалізація сучасного інженерного проєкту інформаційної системи протипожежного захисту вимагає використання відповідного програмного забезпечення. Цифровий інструментарій інженера-

проектувальника на сучасному етапі поділяється на дві ключові категорії: графічні середовища автоматизованого проектування для розробки креслень, схем і планів розташування обладнання, а також спеціалізоване інженерне ПЗ від виробників апаратних засобів для програмування, конфігурування та налаштування логіки роботи мікропроцесорних пристроїв.

Для розробки проекту системи пожежної сигналізації, оповіщення та управління евакуацією було обрано та обґрунтовано наступний програмний комплекс: графічне середовище інформаційного моделювання будівель «Graphisoft Archicad» та спеціалізоване ПЗ конфігурування адресної системи пожежної безпеки «Tiras aLoader» [23].

У сучасній практиці інженерного проектування архітектурних об'єктів традиційні двовимірні креслярські пакети (зокрема «AutoCAD») дедалі частіше поступаються технологіям інформаційного моделювання будівель. Для розробки графічної частини кваліфікаційної роботи було обрано середовище «Graphisoft Archicad» завдяки його розширеним можливостям координації інженерних мереж.

Основними перевагами використання Archicad при проектуванні СПС для корпусу «В» є:

а) робота в єдиному інформаційному просторі: на відміну від плоских лінійних креслень, «Archicad» керує тривимірними елементами будівлі (стіни, перекриття, колони, дверні прорізи). Це дозволяє завантажити точну модель навчального корпусу та враховувати реальні параметри приміщень під час розстановки обладнання;

б) гнучке керування шарами : для створення читабельних та професійних робочих креслень у середовищі «Archicad» організовано розгалужену структуру інженерних шарів. Компоненти протипожежного захисту рознесені за окремими функціональними групами (наприклад, «Пожежна сигналізація – сповіщувачі», «Система оповіщення – покажчики руху», «Кабельні траси Е30»). Це дає змогу гнучко комбінувати види, компувати плани поверхів та уникати візуального нагромодження інформації;

в) точність просторового позиціонування обладнання: використання інструментів точної прив'язки дозволяє розставляти 287 димових сповіщувачів «SMK110» на стелях аудиторій та коридорів із чітким дотриманням нормативних відстаней від стін, будівельних конструкцій та світильників. Ручні сповіщувачі «MNL110» та світлові покажчики «ОС 6.4» розміщуються з урахуванням висотних відміток, що відображається у властивостях об'єктів моделі;

г) автоматизація розрахунку специфікацій: оскільки кожен елемент системи вноситься до моделі як окремий об'єкт із заданими параметрами (назва, марка, ціна), «Archicad» дозволяє автоматично генерувати точні специфікації обладнання та відомості матеріалів (зокрема підраховувати сумарну довжину кабельних трас різного перерізу), повністю виключаючи людський фактор та помилки в розрахунках;

Після завершення етапу графічного проектування та фізичного монтажу обладнання, критично важливим процесом є перетворення набору апаратних компонентів на дієву інформаційну систему. Для налаштування та параметризації обраного адресно-аналогового комплексу Tiras PRIME A використовується спеціалізоване фірмове програмне забезпечення aLoader.

Програма «aLoader» встановлюється на інженерний персональний комп'ютер і взаємодіє з ППКП «Tiras PRIME A» через інтерфейс USB або мережеве з'єднання. Вона є основним інструментом для програмування мікропроцесорного ядра системи.

Основні функціональні можливості та завдання, що вирішуються за допомогою ПЗ «aLoader» у даному проєкті:

а) адресація та топологічна прив'язка пристроїв: програма дозволяє зчитати унікальні заводські номери всіх підключених у кільце пристроїв, присвоїти їм логічні адреси всередині системи та прописати текстові назви-ідентифікатори для кожного з 316 сповіщувачів. Це гарантує виведення точної інформації на дисплей ППКП під час експлуатації;

б) програмування сценаріїв та матриць взаємодії: це ключова функція ПЗ aLoader для реалізації розділу 3.3. Програма має гнучкий інструментарій для створення логічних зв'язків типу «Вхід-Вихід». Інженер налаштовує сценарії, за якими при спрацюванні сповіщувачів у певній зоні ППКП автоматично видає керуючі команди на адресне джерело живлення «БЖ 2415» для активації світлозвукових табло «ОСЗ-12 «ВИХІД», світлових стрілок напрямку руху «ОС 6.4», а також на вимкнення загальнообмінної вентиляції;

в) налаштування каналів зв'язку моніторингу: у середовищі «aLoader» виконується повне налаштування комунікаційного модуля «M-LTE». Програмуються IP-адреси, сервери, паролі та протоколи передачі даних для зв'язку з пультом централізованого пожежного спостереження, а також параметри пріоритетності між двома SIM-картами;

г) діагностика та сервісне обслуговування: програма дозволяє у реальному часі моніторити рівень запиленості димових камер сповіщувачів «SMK110», зчитувати журнал подій із пам'яті приладу, перевіряти поточну напругу на акумуляторах та проводити тестування ліній зв'язку на наявність завад чи падіння напруги.

Таким чином, інтеграція універсального графічного середовища «Graphisoft Archicad» та профільного інженерного софту «Tiras aLoader» дозволяє реалізувати наскрізний цикл проектування інформаційної системи пожежної безпеки для нашого об'єкту. Використання цих програмних інструментів забезпечує високу точність проектних рішень на етапі створення креслень, виключає помилки при розрахунку кількості матеріалів та дозволяє гнучко запрограмувати складні інтелектуальні алгоритми управління евакуацією людей і протипожежного захисту об'єкта.

РОЗДІЛ 3

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

3.1 Розробка структурної та функціональної схем

Проектування та монтаж сучасної адресно-аналогової системи пожежної безпеки базується на створенні чіткої ієрархічної структури між усіма апаратними компонентами. Системна архітектура повинна гарантувати неперервність інформаційних потоків, стійкість до лінійних пошкоджень (обривів чи коротких замикань) та миттєву швидкість реакції виконавчих пристроїв оповіщення при виявленні первинних факторів загоряння.

Для детального опису побудови комплексу протипожежного захисту розробляються два взаємопов'язані документи: структурна схема (що визначає фізичну та топологічну організацію апаратних засобів, а також кабельних ліній зв'язку) та функціональна схема (яка показує логіку інформаційного обміну, рух сигналів та алгоритми взаємодії елементів у режимах «Черговий» та «Пожежа»).

3.1.1. Розробка структурної схеми

Архітектура розробленої системи протипожежного захисту має відповідну структуру, де кожен рівень закриває окрему функціональну задачу керування та моніторингу:

а) рівень збору даних: цей рівень є джерелом інформації про стан повітряного середовища у кабінетах, лабораторіях та на шляхах евакуації корпусу «В». До його складу входять:

1) адресні точкові димові сповіщувачі «SMK110», які здійснюють постійний моніторинг приміщень на предмет появи часток диму;

2) адресні ручні сповіщувачі «MNL110», розташовані біля евакуаційних виходів та на сходових клітках для примусової ініціації сигналу тривоги людиною. Усі 300 сповіщувачів інтегруються в єдину інформаційну мережу за допомогою кільцевої топології. Кільця формується вогнестійкими кабелем FE180/E30-90 та підключається обома кінцями до відповідних портів

центрального приладу. Така схема підключення у поєднанні із вбудованими у сповіщувачі ізоляторами короткого замикання забезпечує повну живучість сенсорного рівня: при одиничному обриві кабелю кільце розпадається на два радіальні шлейфи, зберігаючи стовідсоткову працездатність усіх датчиків.

б) центральний обчислювально-керуючий рівень: головним елементом цього рівня є прилад приймально-контрольний пожежний «Tiras PRIME A», який встановлюється на першому поверсі. Він виконує роль інформаційного хаба та системного контролера. ППКП здійснює циклічне цифрове опитування кожного датчика в кільці, аналізує отримані аналогові значення задимленості, веде журнал подій та приймає рішення про переведення системи в режим тривоги. До цього ж рівня відноситься комунікаційний модуль «M-LTE», інтегрований безпосередньо у плату ППКП. Його задача – миттєве відправлення кодованих сервісних та пожежних сповіщень через бездротові канали мобільного зв'язку (4G/3G/2G з підтримкою двох SIM-карт) на пульт централізованого пожежного спостереження для виклику підрозділів ДСНС.

в) оповіщувальний рівень: призначений для реалізації алгоритмів безпеки, безпосереднього світлового та звукового інформування людей у будівлі та управління напрямками евакуації. Він включає:

1) світлозвукові покажчики «ОСЗ-12 «ВИХІД», що маркують дверні прорізи евакуаційних шляхів;

2) світлові оповіщувачі «ОС 6.4», які відображають графічні стрілки напрямку руху у коридорах;

3) блок живлення «Tiras БЖ 2415».

Структурна схема представлена в додатку Б

3.1.2. Розробка функціональної схеми

Логіка інформаційного обміну у системі реалізується через наступні послідовні кроки:

а) етап моніторингу (черговий режим): ППКП безперервно надсилає цифрові запити в адресне кільце. Кожен сповіщувач «SMK110» у відповідь передає поточний рівень задимленості своєї оптичної камери та свій статус

(норма, запиленість, несправність). Світлові табло «ОСЗ-12» та покажчики «ОС 6.4» у цей час перебувають у вимкненому стані або працюють у режимі постійного підсвічування (відповідно до налаштувань конфігурації під освітлення шляхів евакуації);

б) етап верифікації (аналіз події): якщо один або кілька димових сповіщувачів фіксують перевищення базового порогу концентрації аерозольних часток, вони передають на ППКП сигнал про зміну стану. «Tiras PRIME A» запускає алгоритм верифікації: порівнює швидкість наростання сигналу та тривалість значення для виключення впливу випадкових чинників (наприклад, потрапляння пилу). При підтвердженні фактора пожежі (або при миттєвому натисканні ручного сповіщувача «MNL110») центральний приладу негайно змінює загальний режим системи на «Пожежа»;

в) етап ініціації та виконання сценаріїв (режим тривоги): при переході в режим тривоги ППКП миттєво активує вбудовану логіку взаємодії та паралельно запускає три процеси:

1) передає через модуль «M-LTE» цифровий пакет «Тривога» із вказівкою адреси та назви об'єкта на пульт пожежного моніторингу;

2) формує по адресному шлейфу команду для підключеного блока «БЖ 2415». Блок живлення миттєво комутує силову напругу 24 В у магістральні кабельні лінії, що призводить до активації звукових сирен у складі «ОСЗ-12» та яскравого увімкнення світлових стрілок покажчиків «ОС 6.4», які починають вказувати вектори руху до виходів;

3) комутує контакти виконавчих реле, що призводить до зупинки припливно-витяжних вентиляторів для запобігання поширенню продуктів горіння між кабінетами поверхів.

Розроблена структурно-функціональна архітектура у поєднанні з сучасною адресною елементною базою «Tiras» забезпечує максимальну швидкість обробки інформації, високу точність локалізації місця загоряння та гарантує автоматизоване виконання всіх необхідних дій для успішної евакуації студентів та співробітників університету.

3.2 Проектування розміщення обладнання: розташування сповіщувачів згідно з планом приміщень

Просторове позиціонування апаратних засобів системи протипожежного захисту на планах поверхів (додаток А) є критично важливим етапом практичної реалізації проєкту. Ефективність виявлення первинних факторів пожежі та надійність управління евакуаційними потоками безпосередньо залежать від дотримання нормативних геометричних параметрів при встановленні кожного пристрою.

Проектні рішення щодо розстановки обладнання розроблено в графічному середовищі інформаційного моделювання будівель Graphisoft Archicad (рис 3.1) із суворим дотриманням вимог ДБН В.2.5-56:2014.

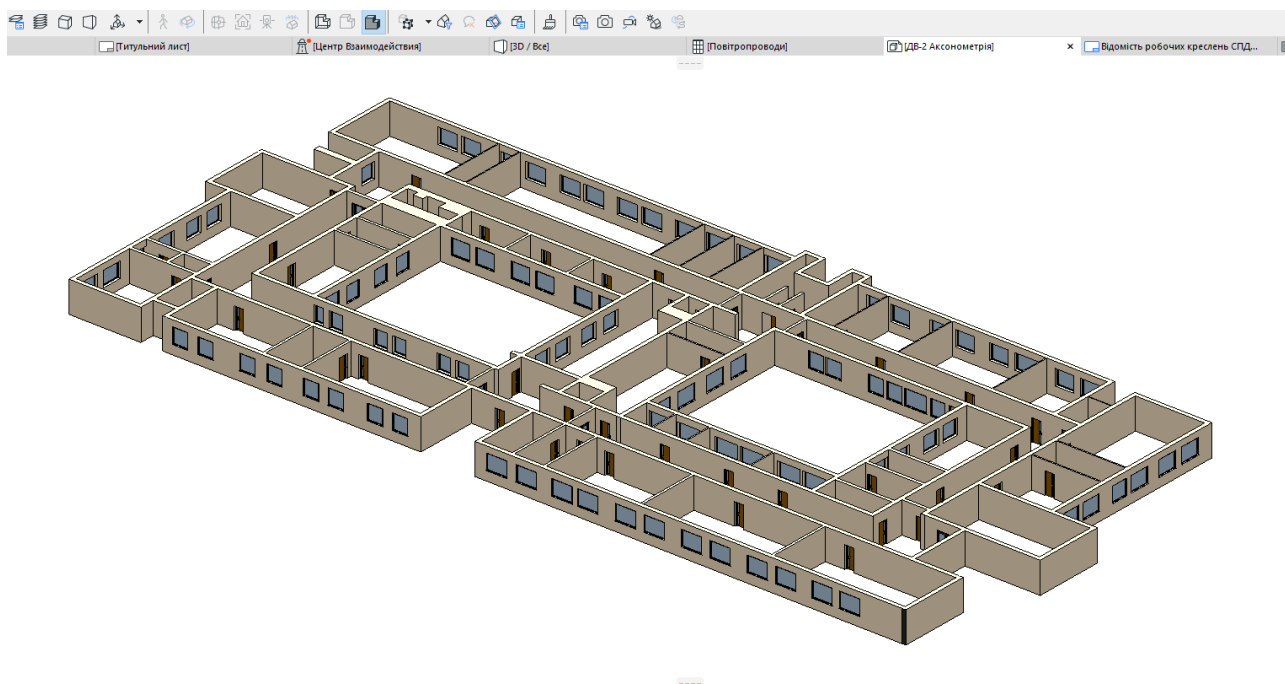


Рисунок 3.1 – Зображення першого поверху корпусу «В»

Автоматичне виявлення пожежі в реалізовано за допомогою 287 адресних точкових димових сповіщувачів «SMK110». Відповідно до нормативних вимог, димові датчики встановлювалися в усіх без винятку приміщеннях навчального корпусу: лекційних аудиторіях, спеціалізованих лабораторіях,

адміністративних кабінетах, коридорах та інших технічних кімнатах. Винятком стали лише приміщення з мокрими процесами (санітарні вузли, душові кімнати, мийки), оскільки відповідно до пункту 7.2.23 ДБН В.2.5-56:2014 «У будівлях та спорудах не підлягають обладнанню СПС приміщення та простори, вказані в 5.3.9 ДСТУ СЕН/TS 54-14, а також: а) приміщення з мокрими процесами (душові, басейни, мийні, умивальні, санвузли), крім санвузлів вокзалів усіх видів транспорту, театрів, критих спортивних споруд, кінотеатрів та підземних споруд, у громадських будівлях з атриумами (за умови виходу із санвузлів до атриуму)...» [13] а також сходові клітки, оскільки відповідно до підпункту г) пункту 7.2.23 ДБН В.2.5-56:2014 не підлягають обладнанню СПС «...простори сходів та сходових кліток, крім сходів типу С...» [13].

При розміщенні димових датчиків на планах суворо дотримувалися нормативні геометричні параметри: максимальна відстань між суміжними сповіщувачами становить не більше 8,8 м; відстань від сповіщувача до стін не перевищує 4,4 м.

Крім того, для забезпечення коректної аеродинаміки та безперешкодного потрапляння диму до оптичної камери, датчики позиціонувалися на відстані не менше 0,5 м від вентиляційних решіток, світильників, декоративних балок та інших виступаючих будівельних конструкцій.

Для забезпечення можливості примусової активації сигналу тривоги людиною передбачено 13 ручних адресних сповіщувачів «MNL110». Вони розміщувалися виключно на шляхах евакуації: у загальних коридорах, біля виходів на сходові клітки та безпосередньо біля евакуаційних виходів з будівлі назовні. Для забезпечення гарантованого та безперешкодного доступу до пристроїв у стресовій ситуації, ручні сповіщувачі встановлювалися на стінах на висоті 1,5 м від рівня підлоги. Місця встановлення обиралися таким чином, щоб вони були добре освітлені та вільні від меблів чи іншого обладнання, що могло б перекрити візуальний контакт або фізичний доступ до пристрою.

Особливу увагу в проєкті приділено розстановці візуальних та акустичних засобів управління евакуацією людей:

а) світлозвукові оповіщувачі «ОСЗ-12» ці комбіновані пристрої встановлювалися безпосередньо на шляхах евакуації для маркування безпечних виходів. Їх монтували на стінах над дверними прорізами (на висоті 2,0-2,2 м) виходів з поверхів на сходові клітки. У разі тривоги вони не лише подають гучний звуковий сигнал, але й чітко підсвічують двері, через які необхідно покинути зону небезпеки.

б) світлові оповіщувачі «ОС 6.4» (покажчики напрямку руху): ці світлодіодні табло зі стрілками встановлювалися спеціально в довгих і розгалужених коридорах корпусу «В». Їхнє головне завдання – візуально показувати учасникам освітнього процесу, де знаходяться безпечні шляхи евакуації. Покажчики монтувалися на стінах у місцях поворотів коридорів, на перетинах маршрутів та на довгих прямих ділянках з таким розрахунком, щоб з будь-якої точки коридору людина бачила стрілку, яка безпомилково вказує напрямом до найближчої сходової клітки чи виходу. Це дозволяє сформувати інтуїтивно зрозумілий маршрут порятунку навіть за умов сильного задимлення та паніки.

3.3 Розробка та програмна реалізація алгоритму управління евакуацією

Перетворення встановленого апаратного комплексу на єдину інтелектуальну систему протипожежного захисту здійснюється на етапі її програмного конфігурування. Конфігурування мікропроцесорного ядра адресно-аналогової системи на базі ППКП «Tiras PRIME A» виконується у спеціалізованому графічному середовищі «aLoade»r. Розробка алгоритму евакуації людей базується на створенні жорсткої логіки взаємодії за принципом «Вхід – Вихід», що дозволяє повністю автоматизувати процес евакуаційного оповіщення без залучення людського фактора.

Нижче наведено послідовний інженерний процес покрокового програмування логіки системи, структурований за основними технологічними етапами програми «aLoader».

Етап 1. Створення конфігураційного файлу та реєстрація обладнання.

Процес налаштування розпочинається з ініціалізації апаратної структури об'єкта. Програма повинна чітко розпізнати всі фізичні компоненти системи, які змонтовані на лініях зв'язку.

1) У середовищі «Loader» створюється новий файл конфігурації, де базовим пристроєм обирається центральний прилад «Tiras PRIME A»(рис. 3.2).

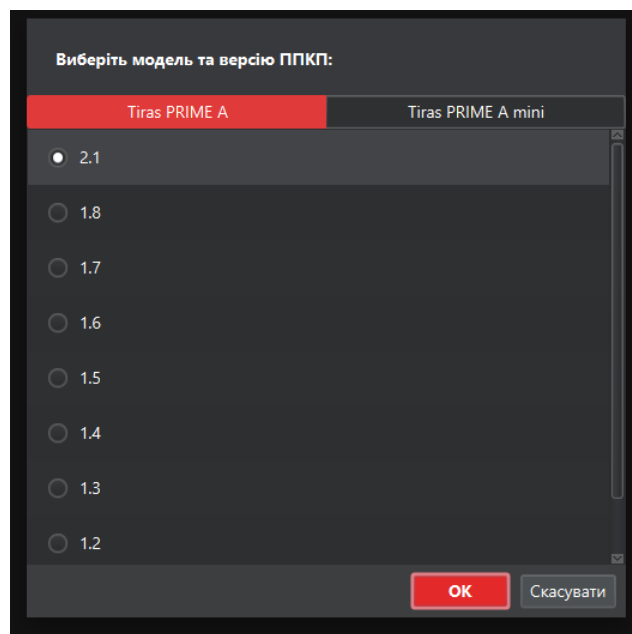


Рисунок 3.2 – Вибір ППКП

2) У налаштуваннях адресних кілець реєструються пристрої: сповіщувачі димової серії «SMK110» та ручні інструменти активації тривоги «MNL110». Кожному пристрою присвоюється індивідуальний опис (дескриптор), що вказує на його точну локацію (рис 3.3).

Етап 2. Конфігурування логічних зон та алгоритмів верифікації.

Для забезпечення точності виявлення пожежі та захисту від хибних спрацювань, пристрої групуються за зонами контролю з особливими часовими параметрами:

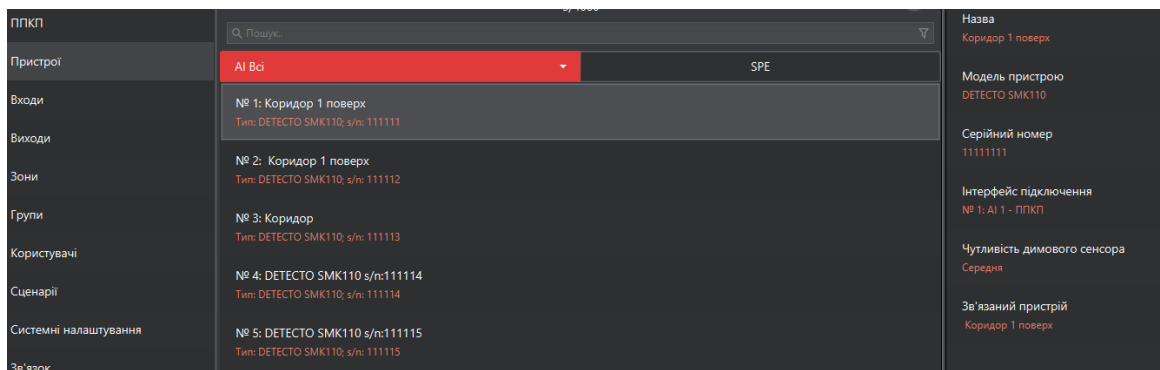


Рисунок 3.3 – Реєстрація пристроїв

а) у вертикальному меню програми здійснюється перехід до розділу «Зони»;

б) шляхом натискання кнопки додавання створюються зони (Зона 1, Зона 2) (рис. 3.4);

в) для кожної створеної зони у правому інспекторі «Властивості» виставляються такі інженерні параметри:

1) спосіб верифікації: з перезапитом (що реалізує нормативну залежність типу В згідно з ДСТУ EN 54-2);

2) час верифікації: 5 хвилин (апаратне вікно очікування підтвердження тривоги від суміжних пристроїв).

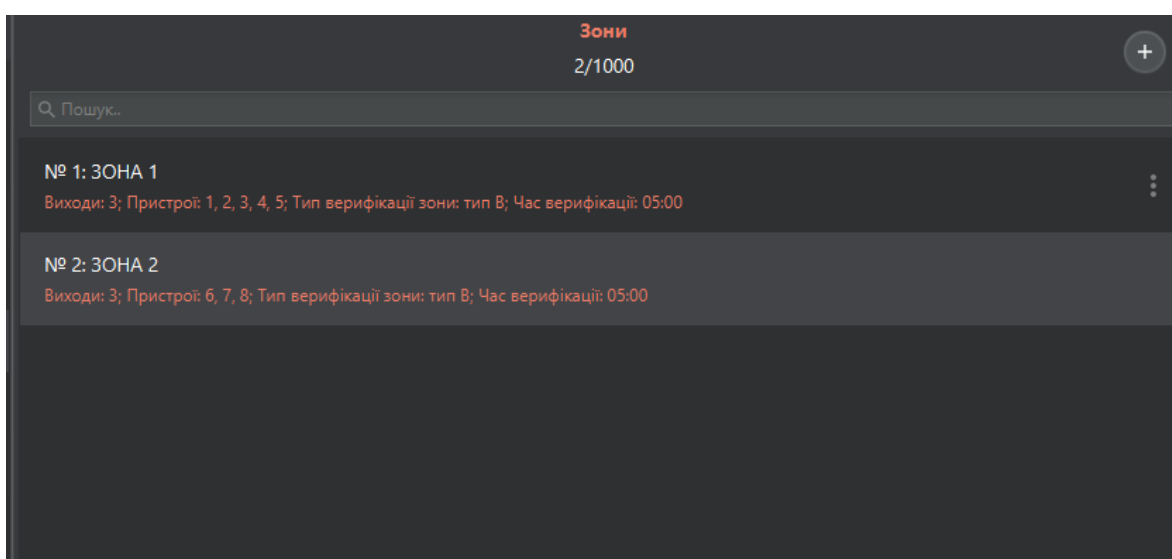


Рисунок 3.4 – Додавання зон

3) у нижньому полі графічного інтерфейсу «Елементи зони» до кожної зони прив'язуються конкретні автоматичні датчики «SMK110» та ручні сповіщувачі «MNL110» (рис. 3.5).

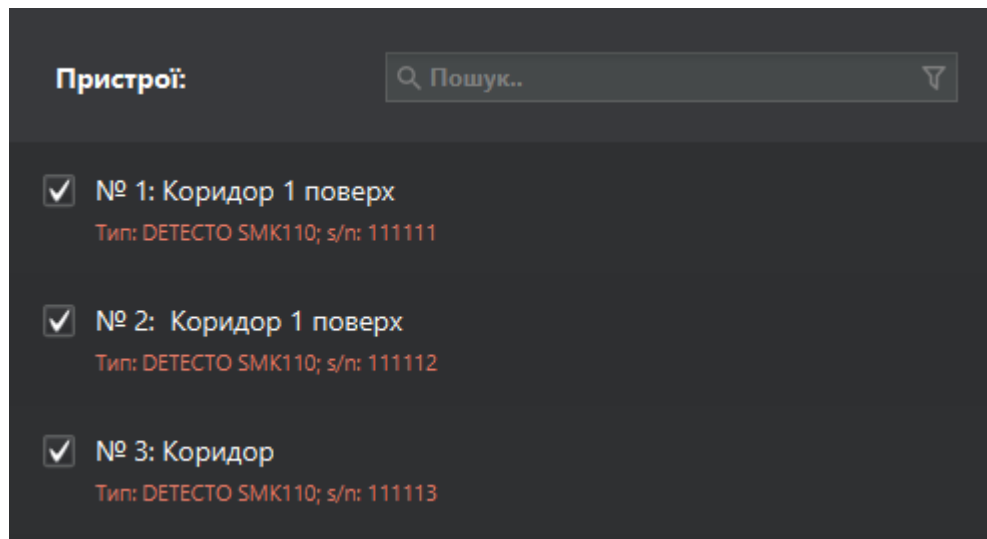


Рисунок 3.5 – Прив'язка давачів

Етап 3. Організація виконавчих елементів та формування груп виходів.

Для керування евакуаційним процесом необхідно погрупувати фізичні виходи живлення за їхнім функціональним призначенням. Це дозволить одночасно подавати команди на однотипні пристрої оповіщення:

- а) у лівому меню програми виконується перехід у вкладку «Виходи»;
- б) шляхом натискання інструменту додавання створюються дві незалежні функціональні групи:

1) група виходів 1: до неї приписується силова лінія OUT1, яка фізично живить першу зону оповіщувачів;

2) група виходів 2: до неї приписується силова лінія OUT2, яка фізично живить другу зону оповіщувачів.

Для обох груп у вікні налаштування параметрів виставляється універсальний режим роботи – «Постійний», а часова затримка активації встановлюється рівною 0 секунд. Це означає миттєве увімкнення пожежної сигналізації при отримання сигналу про режим тривоги. Це дозволить миттєво

евакуювати персонал. В пункті «Режим роботи» обираємо «Сценарій» (рис. 3.6). Це дозволить нам використовувати ці виходи в наших сценаріях, які в свою чергу дадуть нам можливість використовувати автоматику ППКП на максимум.

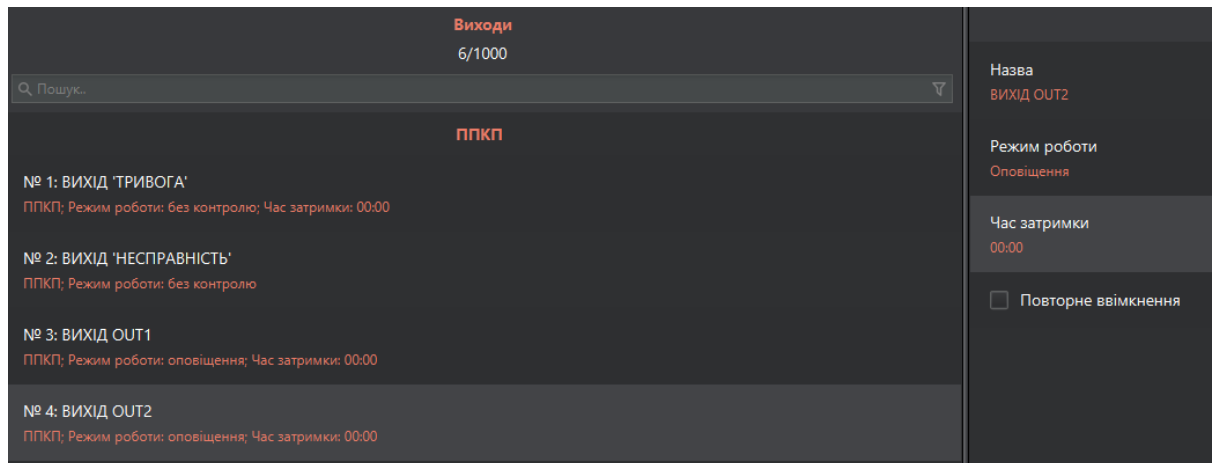


Рисунок 3.6 – Формування груп виходів

Етап 4. Налаштування сценаріїв пожежної автоматики.

Останнім кроком є логічне пов'язування інформаційних сигналів від зон (Етап 2) із виконавчими пристроями (Етап 3) у єдиний алгоритм евакуації. Це дозволить нам зробити повноцінну систему пожежної сигналізації, яка буде відповідати державним нормам:

а) у лівому навігаційному дереві «aLoader» відкривається фінальна вкладка – «Сценарії» (рис. 3.7);

б) створюється новий виконавчий сценарій управління евакуацією. Завдяки цьому ми запрограмуємо нашу СПС відповідно до нормативних вимог;

в) у графічному блоці вікна «Умова (Вхід)» програмується подія-трегер: обирається логічний стан «Загальна тривога» (рис. 3.8). Це означає, що підтверджена тривога у будь-якій точці навчального корпусу запустить цей сценарій;

г) у суміжному графічному блоці «Дія (Вихід)» встановлюються прапорці (галочки) на увімкнення двох створених раніше виходів OUT1 та OUT2 (рис. 3.9).

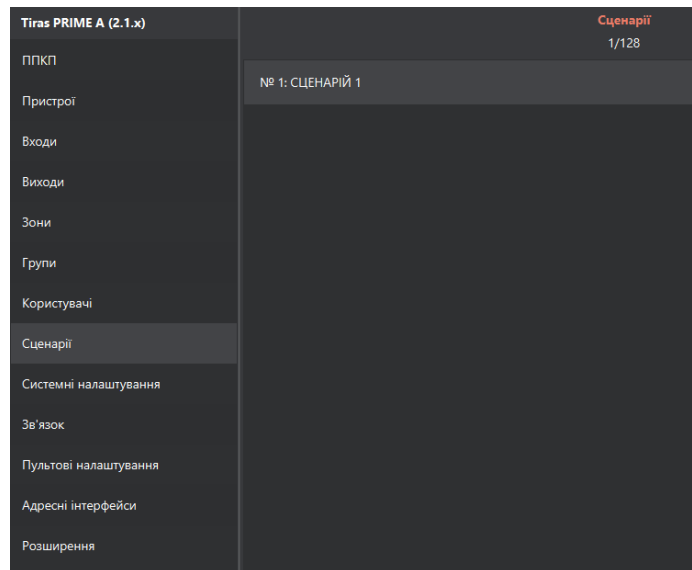


Рисунок 3.7 – Вкладка «Сценарії»

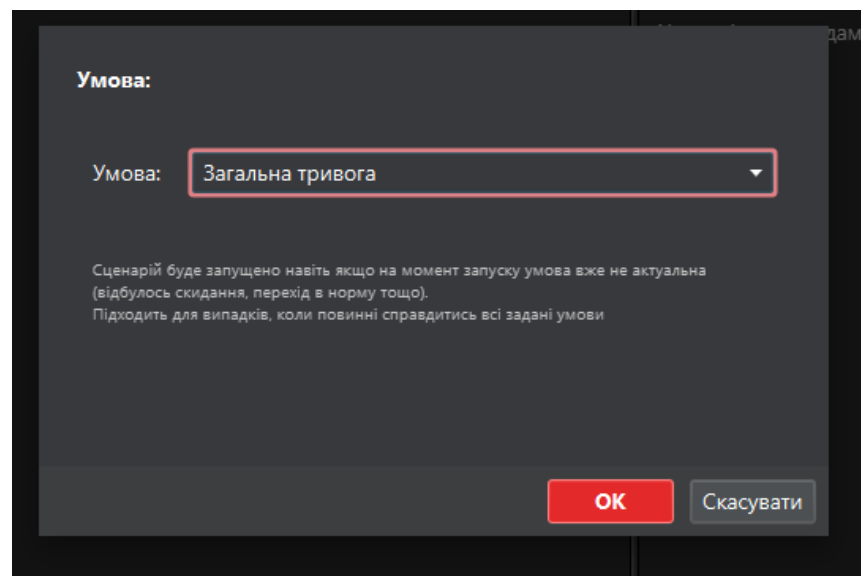


Рисунок 3.8 – Стан «Загальна тривога»

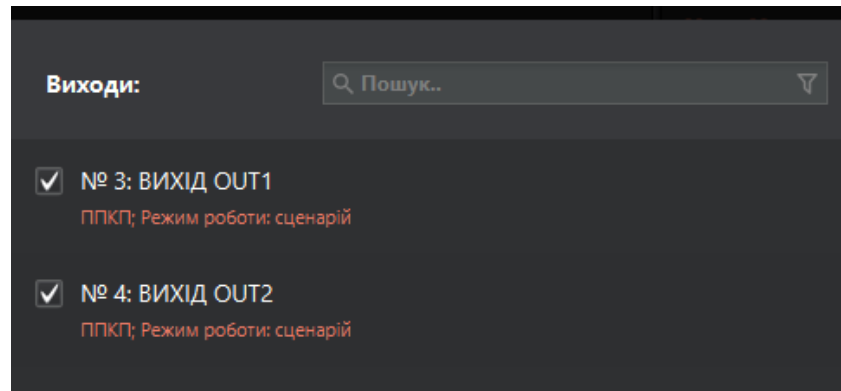


Рисунок 3.9 – Виходи оповіщення

Завдяки реалізованій конфігурації у ПЗ «aLoader», мікропроцесор приладу «Tigas PRIME A» у реальному часі виконує наступну логічну послідовність дій під час надзвичайної ситуації:

а) при фіксації задимлення одним датчиком «SMK110» система переходить у стан «Попередження». На екрані приладу відображається назва кабінету, але сирени мовчать. Вмикається 5-хвилинний таймер. Якщо протягом 5 хвилин дим зникає, система автоматично повертається в режим спокою;

б) якщо протягом 5 хвилин верифікації спрацює другий датчик у цій зоні, або якщо було натиснуто ручний сповіщувач «MNL110», прилад миттєво генерує статус «Загальна тривога»;

в) процесор негайно звертається до завантаженої автоматики і без жодної секунди затримки виконує дві паралельні команди:

1) подає 24 В на світлозвукові покажчики «ОСЗ-12», які починають гучно транслювати звуковий сигнал та підсвічувати напис «ВИХІД»;

2) подає 24 В на світлові покажчики «ОС 6.4», вмикаючи яскраві стрілки напрямку руху по коридорах.

Такий метод програмування повністю виключає можливість програмних збоїв та гарантує надійність спрацювання систем оповіщення відповідно до вимог ДБН В.2.5-56:2014.

3.4 Розрахункова частина

Важливим етапом практичної реалізації проекту є виконання інженерно-технічних розрахунків, які обґрунтовують працездатність, живучість та енергетичну незалежність інформаційної системи протипожежного захисту. Надійність функціонування аналогової системи сигналізації безпосередньо залежить від стабільності її електропостачання, особливо за умов виникнення надзвичайних ситуацій, що супроводжуються аварійним знеструмленням об'єкта.

Відповідно до вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» та європейського стандарту ДСТУ-Н CEN/TS 54-14 [15], системи протипожежного захисту об'єктів із масовим перебуванням людей (зокрема закладів освіти) повинні мати високий ступінь автономності. Обчислення ємності резервних джерел живлення (акумуляторних батарей) у даному проєкті проводиться з розрахунку забезпечення безперервної роботи системи в черговому режимі протягом не менше ніж 72 годин, із подальшим функціонуванням усіх засобів оповіщення та світлових покажчиків у режимі пожежної тривоги протягом не менше ніж 0,5 години (30 хвилин) під час вимкнення основної мережі 220 В.

Крім розрахунку ємності акумуляторних батарей, у даному підрозділі виконано детальну перевірку електричних та геометричних параметрів ліній зв'язку та живлення. Вона включає:

а) визначення граничної довжини кільцевих адресних шлейфів з урахуванням погонного опору мідних жил та внутрішнього опору вбудованих у сповіщувачі двосторонніх ізоляторів короткого замикання;

б) розрахунок покрокового падіння напруги в силових магістралях світлового та світлозвукового оповіщення, виконаних вогнестійким кабелем серії FE180/E30-90 різного перерізу, для гарантування нормативного рівня робочої напруги на найвіддаленіших пристроях у пікові моменти активації тривоги.

Для проведення інженерних обчислень сформовано базову специфікацію апаратних засобів, які інтегруються в загальну схему корпусу «В». Паспортні характеристики струмоспоживання компонентів у черговому режимі та в режимі тривоги прийняті відповідно до технічної документації виробника обладнання та зведені в Таблицю 3.1. Це дозволить дізнатись про значення струму, які споживає ППКП у відповідних чергових режимах та режимах тривоги. На основі цих показників буде розраховано необхідну ємність резервних акумуляторних батарей, що гарантуватиме нормативну автономність системи при відключенні основного електроживлення.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані та параметри споживання компонентів

Компонент системи	Кількість, шт.	I _{сп} , мА	I _{пож} , мА
ППКП «Tiras PRIME A» (центральна плата)	1	50	50
Адресний інтерфейс (AI)	2	12	12
Зовнішній блок живлення «БЖ 2415» (власне споживання)	1	30	30
Сповіщувач димовий «SMK110» (з ІКЗ)	287	0,13	0,2
Сповіщувач ручний «MNL110» (з ІКЗ)	13	0,12	0,32
Оповіщувач світлозвуковий «ОСЗ-12»	13	0	70
Показчик світловий «ОС 6.4» (стрілка напрямку руху)	12	0	35

Джерела: [7],[8], [9], [25], [26].

Струм споживання системи у базовому стані розраховується як сума всіх активних компонентів (централь, два адресні інтерфейси, датчики та власне споживання зовнішнього блоку живлення) за формулою (3.1):

$$I_{\text{сп}} = I_{\text{ппкп}} + (2 \times I_{\text{ai}}) + I_{\text{бж}} + (N_1 \times I_{\text{smk(ч)}}) + (N_2 \times I_{\text{mnl(ч)}}), \quad (3.1)$$

де $I_{\text{сп}}$ – сумарний струм всієї системи в черговому режимі, А;

$I_{\text{ппкп}}$ – струм центральної плати, А;

I_{ai} – струм одного модуля адресного інтерфейсу, А;

$I_{\text{бж}}$ – власний струм спокою зовнішнього джерела «БЖ 2415», А;

N_1, N_2 – кількість сповіщувачів відповідного типу, шт.;

$I_{\text{smk(ч)}}, I_{\text{mnl(ч)}}$ – струми споживання датчиків у режимі спокою, А.

Підстановка числових значень у формулу:

$$I_{\text{сп}} = 0,050 + (2 \times 0,012) + 0,030 + (287 \times 0,00013) + (13 \times 0,00012) \approx 0,143 \text{ А.}$$

Сумарне навантаження всього об'єкта під час тривоги (включно із запущеними модулями розширення та силовими колами світлових покажчиків і сирен) визначається за формулою (3.2):

$$I_{\text{пож}} = I_{\text{ппкп}} + (2 \times I_{\text{ai}}) + I_{\text{бж}} + (N_1 \times I_{\text{smk}}) + (N_2 \times I_{\text{mnl}}) + (N_3 \times I_{\text{ocз}}) + (N_4 \times I_{\text{oc}}), \quad (3.2)$$

де $I_{\text{пож}}$ – загальний електричний струм системи в режимі тривоги, А;

N_3, N_4 – кількість пристроїв оповіщення (табло та стрілок напрямку), шт.;

$I_{\text{ocз}}, I_{\text{oc}}$ – паспортні струми споживання пристроїв оповіщення, А.

$I_{\text{smk}}, I_{\text{mnl}}$ – струми споживання датчиків у режимі пожежі, А.

Підстановка числових значень:

$$I_{\text{пож}} = 0,050 + 0,024 + 0,030 + 0,0574 + 0,00416 + 0,910 + 0,420 = 1,49556 \text{ А} \approx \\ \approx 1,496 \text{ А.}$$

Визначається сумарна потреба в електричній ємності для забезпечення нормативних 72 годин роботи в черговому режимі та 0,5 години в режимі тривоги за умов повного знеструмлення ліній 220 В. Розрахунок ведеться за формулою (3.3):

$$C_{\text{акб}} = k \times (I_{\text{сп}} \times T_{\text{чр}} + I_{\text{пож}} \times T_{\text{тр}}), \quad (3.3)$$

де $C_{\text{акб}}$ – загальна мінімально необхідна ємність АКБ для всієї системи, А×год;

k – коефіцієнт запасу на старіння батарей (приймається рівним 1,25);

$T_{\text{чр}}$ – час роботи в черговому режимі (72 год);

$T_{\text{тр}}$ – час роботи в режимі тривоги (0,5 год).

Підстановка числових значень:

$$C_{акб} = 1,25 \times (0,143 \times 72 + 1,496 \times 0,5),$$

$$C_{акб} = 1,25 \times (10,296 + 0,748) = 1,25 \times 11,044 = 13,805 \text{ А} \times \text{год.}$$

Обґрунтування технічного рішення щодо вибору АКБ: згідно з проведеними інженерними розрахунками, загальна мінімальна потреба системи в резервній ємності становить 13,81 А·год. За проектом для живлення апаратного комплексу використовуються 4 акумулятори ємністю по 7 А·год кожен (напруга 12В). Оскільки основне обладнання та блоки оповіщення функціонують від напруги 24 В постійного струму, вони розбиваються на дві незалежні пари:

а) дві АКБ по 7 А·год підключаються послідовно (разом 24В, ємність 7 А·год) всередині корпусу ППКП «Tiras PRIME A» для резервування логічної плати та двох адресних кілець;

б) дві АКБ по 7 А·год підключаються послідовно (разом 24В, ємність 7 А·год) всередині адресного блока живлення для забезпечення автономної роботи силових магістралей світлозвукових табло та стрілок покажчиків руху.

Сумарна встановлена ємність акумуляторів складає 14 ампергодин. Оскільки реальна сумарна ємність встановлених джерел перевищує мінімальний розрахунковий показник, обрана конфігурація повністю задовольняє нормативні вимоги ДБН В.2.5-56:2014 та гарантує стабільну роботу системи протягом 72 годин.

Для адресної системи «Tiras PRIME A» максимальний сумарний опір кабелю в кільці з урахуванням втрат на внутрішніх ізоляторах короткого замикання обмежується лімітом у 125 Ом [7]. Розрахунок граничної довжини лінії проводиться за формулою (3.4):

$$L_{\max} = (125 - R_{\text{комп}}) / (2 \times R_{\text{жили}}), \quad (3.4)$$

де L_{\max} – максимальна довжина кабелю, км.

$R_{\text{комп}}$ – сумарний внутрішній опір вбудованих ІКЗ компонентів

$R_{\text{жили}}$ – погонний опір 1 км мідної жили використовуваного кабелю, Ом/км.

Кільце 1 (лінія АІ 1): прокладено вогнестійким кабелем FE180/E30-90 2x1,0 мм² ($R_{\text{жили}} = 22,1$ Ом/км), підключено 201 пристрій.

$$R_{\text{комп 1}} = 201 \times 0,18 = 36,18 \text{ Ом},$$

$$L_{\text{max 1}} = (125 - 36,18) / (2 \times 22,1) = 88,82 / 44,2 = 2,009 \text{ км}.$$

Перевірка: фактична довжина АІ 1 за проектом становить 1600 м.

Кільце 2 (лінія АІ 2): прокладено вогнестійким кабелем FE180/E30-90 2x0,5 мм² ($R_{\text{жили}} = 40,0$ Ом/км), підключено 99 пристроїв.

$$R_{\text{комп 2}} = 99 \times 0,18 = 17,82 \text{ Ом},$$

$$L_{\text{max 2}} = (125 - 17,82) / (2 \times 40,0) = 107,18 / 80,0 = 1,339 \text{ км}.$$

Перевірка: фактична довжина АІ2 за проектом становить 800 м.

4.2. Розрахунок падіння напруги в силових колах оповіщення (кабель 2x2,5 мм²). Для надійної активації табло «ОС3-12» та світлових стрілок «ОС 6.4» залишкова робоча напруга на найвіддаленішому пристрої в лінії не повинна падати нижче порогових 20 В постійного струму ($U_{\text{ост}} \geq 20$ В). Розрахунок втрат напруги (ΔU) проводиться за наступними формулами:

1) розрахунок опору кабельної лінії ведеться за формулою (3.5):

$$R_{\text{петлі}} = 2 \times R_{\text{жили}} \times L, \quad (3.5)$$

де $R_{\text{петлі}}$ – загальний електричний опір двох жил кабельної лінії (магістралей «плюс» та «мінус»), Ом;

$R_{\text{жили}}$ – питомий опір одного кілометра мідної жили перерізом 2,5 мм² (7,41 Ом/км);

L – довжина кабельної магістралі, км;

2) розрахунок втрати напруги ведеться за формулою (3.6):

$$\Delta U = I_{\text{пож}} \times R_{\text{петлі}}, \quad (3.6)$$

де ΔU – падіння напруги на ділянці кабелю через його внутрішній опір, В;

$I_{\text{пож}}$ – сумарний струм споживання пристроїв оповіщення конкретної зони в режимі тривоги, А;

3) розрахунок залишкової напруги ведеться за формулою (3.7):

$$U_{\text{ост}} = U_{\text{бж}} - \Delta U, \quad (3.7)$$

де $U_{\text{ост}}$ – залишкова напруга, що надійде до останнього (найвіддаленішого) пристрою в лінії, В;

$U_{\text{бж}}$ – вихідна напруга адресного джерела живлення «БЖ-2415» (24В).

Розрахунок для зони оповіщення №1:

Вихідні дані: довжина лінії $L = 310$ м (0,31 км), сумарний струм у режимі тривоги $I_{\text{пож}} = 0,70$ А.

Підстановляємо значення:

$$R_{\text{петлі}} = 2 \times 7,41 \times 0,31 = 4,594 \text{ Ом};$$

$$\Delta U = 0,70 \times 4,594 = 3,216 \text{ В};$$

$$U_{\text{ост}} = 24,0 - 3,216 = 20,784 \text{ В}.$$

Перевірка умови: $20,78 \text{ В} \geq 20 \text{ В}$. Залишкова напруга знаходиться в межах норми, що гарантує стабільну та синхронну активацію всіх засобів оповіщення першої зони.

Розрахунок для зони оповіщення №2:

Вихідні дані: довжина лінії $L = 280$ м (0,28 км), сумарний струм у режимі тривоги $I_{\text{пож}} = 0,63$ А.

Підстановляємо значення:

$$R_{\text{петлі}} = 2 \times 7,41 \times 0,28 = 4,150 \text{ Ом};$$

$$\Delta U = 0,63 \times 4,150 = 2,614 \text{ В};$$

$$U_{\text{ост}} = 24,0 - 2,614 = 21,386 \text{ В}.$$

Перевірка умови: $21,39 \text{ В} \geq 20 \text{ В}$. Умова виконується. Параметри лінії повністю відповідають нормативним інженерним вимогам, падіння напруги не перешкоджає штатному функціонуванню світлових показників та сирен. Розраховане падіння напруги є експлуатаційно безпечним: воно не перешкоджає штатному функціонуванню засобів оповіщення навіть за умов їхньої одночасної пікової активації в режимі «Пожежа». Це гарантує, що світлові табло та показники напрямку руху збережуть нормативну контрастність та яскравість світіння в умовах задимленості, а п'єзоелектричні сирени забезпечать необхідний рівень акустичного тиску (не менше 75 дБА) для своєчасного інформування людей.

3.5 Особливості програмування складових інформаційної системи

Фізичне розгортання та монтаж апаратних засобів на об'єкті є лише першим етапом створення системи протипожежного захисту. Перетворення сукупності відокремлених пристроїв на єдиний керуючий комплекс здійснюється на етапі програмного налаштування. Програмування мікропроцесорного ядра системи дозволяє налаштувати параметри кожного пристрою, задати мережеві маршрути передачі сповіщень та реалізувати складні алгоритми автоматизації та управління евакуацією.

Програмне налаштування адресно-аналогового комплексу на базі ППКП «Tiras PRIME A (HW2)» виконується за допомогою спеціалізованого фірмового інженерного програмного забезпечення «aLoader». Робота з цим інструментарієм має низку специфічних особливостей, які визначають логіку функціонування інформаційної системи та забезпечують її високу стійкість до відмов.

Етапи та особливості інженерного конфігурування системи в ПЗ aLoader:

а) ініціалізація проєкту та встановлення зв'язку з ППКП. Процес програмування розпочинається зі створення нового файлу конфігурації у середовищі «aLoader» на інженерному персональному комп'ютері. Зв'язок із

центральною приладом «Tiras PRIME A» встановлюється через інтерфейс USB (при безпосередньому підключенні на об'єкті) або за допомогою мережевого протоколу TCP/IP через вбудований Ethernet-порт. Програма дозволяє виконати повне зчитування поточної архітектури приладу, версій вбудованого програмного забезпечення (прошивок) плат розширення та підключених адресних інтерфейсів AI 1 та AI 2;

б) ідентифікація та параметризація периферійних пристроїв. Оскільки система є адресною, головне завдання софту – зіставити унікальні заводські номери (ID) пристроїв із їхньою реальною топографічною локацією на об'єкті. Програма aLoader підтримує функцію автоматичного сканування адресних кілець, під час якого ППКП циклічно опитує шлейф та виявляє всі активні компоненти. Для кожного з 287 димових сповіщувачів «SMK110» та 13 ручних сповіщувачів «MNL110» в інженерній базі даних прописуються такі обов'язкові параметри: унікальний логічний номер (адреса) визначає порядок опитування пристрою контролером; текстовий ідентифікатор (дескриптор): містить чітку інформацію про місце; прив'язка до логічної зони: сповіщувачі групуються за поверхами та крилами будівлі для локалізації тривожних сигналів; режими чутливості: для димових датчиків «SMK110» індивідуально налаштовується рівень задимленості оптичної камери, при якому генерується сигнал попередження або повної тривоги. ПЗ дозволяє задати різні пороги для денного та нічного режимів, що суттєво знижує ймовірність хибних тривог під час перебування студентів у корпусі;

в) налаштування каналів моніторингу та передачі даних. Особливістю програмування комунікаційного модуля «M-LTE» є налаштування захищеного обміну даними з пультами централізованого спостереження. Налаштування включає кодування наступних параметрів: введення унікального пультавого номера об'єкта; програмування IP-адрес основного та резервного серверів пожежного моніторингу; конфігурування точок доступу для двох SIM-карт різних операторів стільникового зв'язку; визначення інтервалу тестових

опитувань (пінгів), що дозволяє ПЦПС виявити втрату зв'язку з навчальним корпусом менш ніж за 90 секунд (відповідно до вимог ДСТУ EN 54-21);

г) програмування пожежної автоматики та сценаріїв оповіщення. Це найбільш складний та відповідальний етап конфігурування, який безпосередньо реалізує завдання евакуації людей. В «aLoader» створюється логіка взаємодії, де входами є зони сповіщувачів, а виходами – виконавчі пристрої. Програмне забезпечення дозволяє реалізувати такі алгоритми: керування блоком живлення «БЖ 2415»: у конфігурації прописується команда, яка при переході системи в режим «Пожежа» активує релейні виходи «БЖ 2415». Це забезпечує подачу силового живлення 24 В у лінії світлозвукових табло «ОСЗ-12» та світлових стрілок покажчиків руху «ОС 6.4»; програмування часових затримок: для уникнення паніки та оптимізації потоків людей ПЗ дозволяє налаштувати поетапне увімкнення оповіщення (спочатку на поверсі загоряння, а через заданий проміжок часу – на суміжних поверхах); інтеграція із суміжними інженерними системами: програмуються логічні виходи для видачі імпульсів на вимкнення силових шаф загальнообмінної вентиляції та на автоматичне знеструмлення електромагнітних замків дверей евакуаційних виходів.

д) компіляція, завантаження та верифікація налаштувань. Після завершення редагування всіх параметрів у програмі «aLoader» запускається вбудований модуль перевірки помилок. Він аналізує конфігурацію на наявність незадіяних адрес, конфліктів у логічних сценаріях або відсутності обов'язкових пультових параметрів. Після успішного тестування ПЗ компілює бінарний файл прошивки, який завантажується в енергонезалежну пам'ять центрального мікропроцесора ППКП «Tiras PRIME A».

Завдяки використанню професійного інструментарію «aLoader», інформаційна система протипожежного захисту отримує гнучку програмну логіку. Це дозволяє здійснювати безперервний фоновий моніторинг працездатності всієї периферії, вести детальний журнал подій обсягом до кількох тисяч записів та гарантувати миттєве й безпомилкове виконання

розроблених алгоритмів протипожежного захисту в разі виникнення реальної загрози.

3.6 Тестування та оцінка ефективності розробленої системи

Після завершення фізичного монтажу обладнання та завантаження програмної конфігурації з ПЗ «aLoader» у пам'ять приладу «Tiras PRIME A», обов'язковим етапом є проведення комплексних пусконаладжувальних випробувань. Метою тестування є підтвердження коректності розроблених алгоритмів та перевірка загальної надійності системи протипожежного захисту.

Методика перевірки працездатності системи проводиться за наступним алгоритмом:

а) тестування автоматичних сповіщувачів: за допомогою спеціального тестового аерозолю (імітатора диму) проводиться штучне задимлення оптичних камер сповіщувачів «SMK110» у різних логічних зонах. Перевіряється дотримання 5-хвилинного вікна верифікації (відсутність хибного запуску сирен від одного датчика);

б) перевірка ручного пуску: виконується механічне натискання ручних сповіщувачів «ДЕТЕСТО MNL110» на шляхах евакуації для перевірки миттєвого переходу централі в режим «Пожежа»;

в) візуально та інструментально підтверджується активація всіх виходів (увімкнення світлозвукових табло «ОСЗ-12» та стрілок «ОС 6.4» без затримок);

г) контроль передачі сповіщень: спільно з оператором пульта централізованого пожежного спостереження ДСНС перевіряється успішне проходження тестових сигналів та сигналів тривоги через комунікатор «M-LTE»;

Впроваджена адресно-аналогова система демонструє високі показники технічної надійності та економічної доцільності експлуатації:

а) інтегровані акумулятори ємністю 14 А×год гарантують 72 години автономної роботи системи в черговому режимі та 30 хвилин у режимі тривоги при повному знеструмленні будівлі, що відповідає вимогам ДБН В.2.5-56:2014;

б) використання вогнестійкого кабелю FE180/E30-90 перерізом 2,5 мм² для силових кіл оповіщення забезпечило падіння напруги в межах норми (залишкова напруга 21,39 В при нормі ≥ 20 В). Наявність вбудованих ізоляторів короткого замикання у кожному датчику гарантує працездатність кільцевих шлейфів навіть при локальному обриві чи замиканні лінії;

в) застосування адресної топології дозволило значно скоротити витрати на кабельну продукцію (у порівнянні з класичними неадресними системами).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У результаті кваліфікаційної роботи успішно розроблено комплексну інформаційно-керуючу систему протипожежного захисту та управління евакуацією для навчального корпусу «В» Луцького національного технічного університету. Запропоноване адресно-аналогове рішення повністю задовольняє сучасні вимоги щодо швидкості дії, точності виявлення загроз та автоматизації процесів оповіщення.

Відповідно до поставленої мети та завдань отримано такі результати:

а) проаналізовано нормативну базу та характеристики об'єкта. Детально вивчено вимоги чинних нормативних документів, зокрема ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», та геометричні параметри приміщень, кабінетів і шляхів евакуації корпусу «В». Це дозволило точно визначити зони контролю, класифікувати категорії пожежної небезпеки та сформулювати специфіку розгортання ліній зв'язку на об'єкті;

б) проведено огляд доступних апаратних рішень. Здійснено порівняльний техніко-економічний аналіз сучасного ринку систем безпеки. У ході аналізу детально розглянуто конструктивні та експлуатаційні особливості неадресних, адресно-порогових та адресно-аналогових архітектур, що дозволило чітко виявити їхні конкурентні переваги та технологічні обмеження в умовах багатоповерхових будівель;

в) обґрунтовано вибір обладнання та програмного забезпечення. На основі аналізу ключових експлуатаційних критеріїв, таких як надійність захисту від хибних спрацювань та наявність функцій автоматичної компенсації запиленості оптичних камер, повністю аргументовано доцільність застосування елементної бази вітчизняного виробника «Tiras Technologies» та супутнього програмного забезпечення;

г) розроблено схеми на базі централі «Tiras PRIME A» [7]. Спроектовано та технічно обґрунтовано структурну та функціональну схеми комплексу. Створена графічно-логічна архітектура чітко відображає процеси

інформаційної взаємодії між рівнем збору даних (сенсорами), рівнем обробки сигналів (центральною приладом) та виконавчим рівнем пристроїв оповіщення;

д) виконано розрахунки живлення та кабельних ліній. Проведено інженерні розрахунки загального струмоспоживання системи у різних режимах роботи, на основі чого підібрано оптимальну ємність резервних акумуляторних батарей, яка гарантує 72 години автономної роботи комплексу. Також виконано розрахунок падіння напруги в магістралях, що підтвердило високу живучість та ефективність вогнестійких кабельних трас під навантаженням;

е) запрограмовано логіку системи у середовищі «aLoader». Розроблено та імплементовано гнучку матрицю взаємодії пожежної автоматики. У ході конфігурування налаштовано багаторівневі сценарії активації показчиків напрямку руху «ОС 6.4» і світлозвукових табло «ОСЗ-12», а також успішно інтегровано алгоритми верифікації подій, що забезпечує автоматизоване виконання евакуаційних сценаріїв та виключає вплив людського фактора.

Для підвищення ефективності, довговічності та відмовостійкості розробленої системи безпеки під час її практичної експлуатації рекомендується:

- програмний моніторинг та диспетчеризація: впровадити хмарний сервіс Tiras Cloud для віддаленого контролю стану системи в реальному часі та предиктивного обслуговування сповіщувачів за рівнем їх заповненості;

- апаратна інтеграція з суміжними системами: об'єднати пожежну автоматику з локальною СКУД корпусу для автоматичного розблокування турнікетів та електромагнітних замків на шляхах евакуації у разі тривоги;

- масштабування комплексу безпеки: передбачити подальше розширення системи новими кільцевими шлейфами завдяки резерву ємності платформи Tiras PRIME A без потреби заміни базового приладу;

- організація експлуатаційного регламенту: розробити чіткі інструкції та провести навчання чергового персоналу щодо роботи з інтерфейсом ППКП та специфіки відпрацювання алгоритмів верифікації подій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ajax EN54 FireProtect (Sounder/VAD). URL: <https://surl.li/jrjomh> (access date: 14.05.2026).
2. Ajax EN54 Internal Battery. URL: <https://surl.li/qbxwhb> (access date: 12.05.2026).
3. Ajax Fire Hub Jeweller. URL: <https://ajax.systems/products/en54-fire-hub-jeweller/> (access date: 11.05.2026).
4. Ajax FireProtect 2. URL: <https://ajax.systems/ua/products/fireprotect-2-heat-co/> (access date: 10.05.2026).
5. Ajax ManualCallPoint. URL: <https://ajax.systems/products/manualcallpoint-red-jeweller/> (access date: 10.05.2026).
6. EN 54 Fire Detection and Fire Alarm Systems. URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen> (access date: 10.05.2026).
7. Tiras PRIME A (HW2). Настанова з експлуатації. URL: https://tiras.technology/wp-content/uploads/2024/05/primea_hw2_ps_ua.pdf (дата звернення: 10.05.2026).
8. Tiras PRIME A (HW2). Технічний паспорт. URL: <https://tiras.technology/products/tiras-prime-a-hw2/> (дата звернення: 19.05.2026).
9. Адресний димовий пожежний сповіщувач Tiras SMK110. URL: <https://tiras.technology/products/detecto-smk110/> (дата звернення: 19.05.2026).
10. Адресний ручний пожежний сповіщувач Tiras MNL110. URL: <https://tiras.technology/product/mnl110/> (дата звернення: 19.05.2026).
11. Блок живлення БЖ 2415. URL: <https://tiras.technology/products/bzh2415/> (дата звернення: 19.05.2026).
12. ДБН В.1.1-7:2021 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги». URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3080743763845318619 (дата звернення: 19.05.2026).
13. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту». URL: <https://surl.li/fwrpxo> (дата звернення: 19.05.2026).

14. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3873910458809321241 (дата звернення: 19.05.2026).
15. ДСТУ CEN/TS 54-14:2021 «Настанови щодо проектування, монтування, введення в експлуатацію, експлуатування та технічного обслуговування». URL: <https://surli.cc/kiesnl> (дата звернення: 19.05.2026).
16. ДСТУ EN 54-11:2004 «Системи пожежної сигналізації. Частина 11. Ручні пожежні сповіщувачі». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=86832 (дата звернення: 19.05.2026).
17. ДСТУ EN 54-2:2003 «Системи пожежної сигналізації. Частина 2. Прилади приймально-контрольні пожежні». URL: <https://surl.lu/zfcsoz> (дата звернення: 19.05.2026).
18. ДСТУ EN 54-3:2003 «Системи пожежної сигналізації. Частина 3. Оповіщувачі пожежні звукові». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=27887 (дата звернення: 19.05.2026).
19. ДСТУ EN 54-4:2019 «Системи пожежної сигналізації. Частина 4. Прилади приймально-контрольні пожежні». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88853 (дата звернення: 19.05.2026).
20. ДСТУ EN 54-7:2004 «Системи пожежної сигналізації. Частина 7. Димові пожежні сповіщувачі». URL: <https://surl.li/pdtfzg> (дата звернення: 19.05.2026).
21. Кабель вогнестійкий FE180/E30-90. URL: <https://surli.cc/cvsuzp> (дата звернення: 19.05.2026).
22. Модуль зв'язку M-LTE. URL: <https://surl.li/tvjjs> (дата звернення: 19.05.2026).
23. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). URL: <https://surl.li/fpzine> (дата звернення: 19.05.2026).
24. Програмне забезпечення aLoader. URL: <https://surl.li/bstsqm> (дата звернення: 19.05.2026).

25. Світловий оповіщувач ОС 6.4 URL: <https://surl.li/bpddws> (дата звернення: 19.05.2026).

26. Світлозвуковий оповіщувач ОСЗ-12. URL: <https://surl.li/upkgzh> (дата звернення: 19.05.2026).

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.